

平成 13 年度

閉鎖性海湾の環境モニタリングに関する調査研究

報 告 書

平成 14 年 3 月

財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団

はじめに

本報告書は、競艇公益資金による日本財団の平成 12、13 年度助成事業として実施した「閉鎖性海湾の環境モニタリングに関する調査研究」の成果を取りまとめたものです。

海洋、とりわけ我が国の沿岸域は水産資源の宝庫であり、自国内において動物性タンパク質を確保できる数少ないエリアです。21 世紀初頭には、アジア・アフリカ地域を中心に世界的な人口爆発も予想されている現在、他国からの輸入に依存することなく動物性タンパク源を安定的に確保することは、食糧安全保障の観点からも大変重要なことですが、安定的な確保は、同海域の環境が健全であればこそ持たされるものであり、そのための最も基礎となるモニタリングは、国家戦略から言っても大変重要な行為だと言えます。

このような中であって、我が国では運輸、通産、環境、農林水産の各行政の観点から様々なモニタリングが行われていますが、これらモニタリングはそれぞれの実施体で個別に行われているため、そこで得られたデータは必ずしも包括的に分析されず、また、火山噴火や地震といった国民の財産に直接損害を与える現象のモニタリングに比べてその重要性が認識されてこなかったように思えます。

海は、人体が行う食物の摂取から排出に至る一連の営みにも似て、河川等から流入する栄養塩の流れによって各部へ輸送し、食物網を通じて分解・生産・浄化を行っているほか、一部を漁獲により系外へ排出することによって、全体として環境のバランスを保ち、我々に様々な恩恵を与えています。

しかし近年、沿岸域では生物の生息にとって重要な干潟や藻場を含む浅海域が消失し、生物による浄化や物質循環の働きが阻害されてきているなど、環境のバランスが崩れてきたところが多くなっています。特に閉鎖性の海湾においては、湾外との海水交換が小さいことなどから、この食物網による物質循環機能の低下は深刻な問題です。海洋環境は一旦破壊されるとその回復には多大な費用と歳月を要します。危険をできる限り早期に察知し、環境の維持・改善のため素早い対応をする予防的なセンスは、国家としての危機管理にもつながっていきます。

本事業では、このような観点から、沿岸域の中でも物理的な形状や背後圏に経済活動地帯を抱えるが故に最も環境が破壊されやすい閉鎖性海湾を対象に、これまで個々に分析されてきたモニタリングのデータを相互に関連づけ、環境を包括的に評価する仕組みとそのために必要なモニタリングを『海健康診断』として取りまとめました。

本事業の実施にあたりましては、長崎大学中田英昭教授を委員長とする「閉鎖性海湾の環境モニタリング検討委員会」の皆様の熱心なご議論・ご指導を賜り、これらの方々に対しまして厚く御礼申し上げます。

本報告書が閉鎖性海湾の健康状態を評価する際にお役に立てば幸いです。

平成14年3月

財団法人シップ・アンド・オーシャン財団
会 長 秋 山 昌 廣

閉鎖性海湾の環境モニタリング検討委員会

委員名簿

(順不同、敬称略)

委員長	中田 英昭	長崎大学水産学部 教授
委員	中田喜三郎	東海大学海洋学部 教授
委員	松田 治	広島大学生物生産学部 教授
オブザーバー	城 久	元 大阪府水産試験場 場長
研究担当者	大川 光	財団法人シップ・アンド・オーシャン財団 海洋政策研究部課長代理
研究協力者	細田 昌広	国土環境株式会社環境情報本部 本部長
	平野 拓郎	国土環境株式会社環境技術本部 環境技術グループ長
	畑 恭子	国土環境株式会社水環境解析グループ 研究員
	竹内 一浩	国土環境株式会社水環境解析グループ 研究員
	竹本 昭男	国土環境株式会社環境技術グループ 研究員
	楯 慎一郎	国土環境株式会社環境技術グループ

目 次

はじめに

委員名簿

調査研究の概要	1
I.閉鎖性海湾における環境モニタリング調査のあり方	9
1. 海のあるべき姿	9
1.1 海のあるべき姿	9
1.2 健康な海	15
1.3 海の状態を把握するための視点	21
2. 海湾における環境モニタリングの現状と課題	22
2.1 国内の現状と課題	22
2.2 海外の現状	28
3. 海湾における環境モニタリング調査のあり方 - 「海の状態診断」へ -	37
4. 環境モニタリング調査体制	38
II.海湾における環境モニタリング調査の手法	39
1. 「海の状態診断」の概要	39
1.1 構成	39
1.2 検査体制	41
2. 「海の状態診断」の手法	42
2.1 基本情報	42
2.2 一次検査	53
2.3 二次検査	107
2.4 総合評価	128
3. ケーススタディー	129
3.1 一次検査	129
3.2 二次検査	145
- 付属資料 -	
(1) 海洋環境モニタリング事例	153
(2) 海外事例調査報告	169

調査研究の概要

1. 調査研究の目的

本調査研究は、海洋沿岸域の最重要エリアの一つである閉鎖性海湾を対象に、海洋環境を構成する各要素を総合的、系統的、継続的に把握する分野横断的なモニタリングのマスタープランの作成、具体的な閉鎖性海湾についてマスタープランを適用するためのノウハウをまとめたガイドラインの作成を通じて、モニタリング計画を効果的に実施するための体制やモニタリング情報の統合管理・相互利用のための方策等の研究を行う。また、国内の閉鎖性海湾を選定し、マスタープラン及びガイドラインをもとにケーススタディを行い、同プランの効果的な実施へ向けた方策、情報の統合管理・相互利用について検討し、海洋環境等の機能向上及び保全に寄与することを目的とした。

2. 調査研究の構成

我が国沿岸域の海洋環境モニタリングのあり方を検討するに当たり、海洋環境の污染源監視の従来型考えから、海洋環境汚染を未然に察知する、予防的な本来のモニタリングの姿を提言するため、「海洋環境はどうあるべきか」、その為に「海洋環境モニタリングはどう位置づけられるのか」という基本理念を固めるところから始め、その基本理念に基づくモニタリング計画、モニタリング体制を提言することを目標とした。具体的な提言に当たっては、代表海湾における環境の現状やモニタリング調査の実状を把握し、課題や問題点を抽出し、解決方策を検討することで実践的なモニタリング計画として「海の健康診断」をまとめ、マスタープラン、ガイドラインを作成した。

調査研究の全体構成及び手順を図 2-1 のフローに示す。

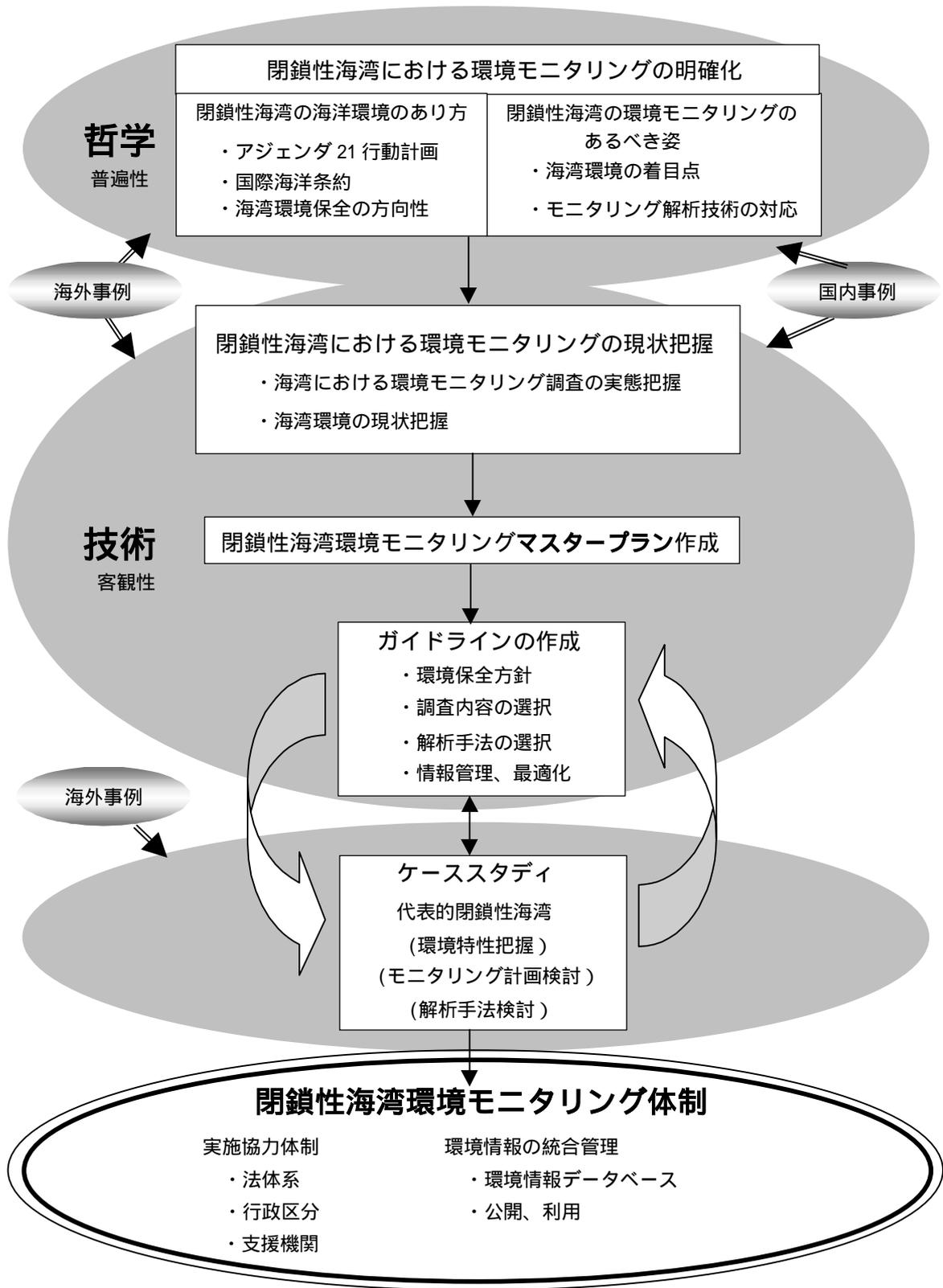


図 2-1 調査研究フロー

3. 調査方針

海洋における調査・研究は、航海の場として航路の安全性を確保することや生物資源の効率的な確保を目的とすることから始まり、人為的な負荷が加わるに至り、恩恵を享受するだけでなく、これらの恩恵を継続するための調査・研究へと変遷してきた。現在でも地球表面の7割を占める海洋は、水圧や光の制約もあり未解明な部分が多く、「海を知る」ための研究が多く続けられている。

一方、人為的な負荷を直接的に受ける沿岸や近海では、様々な負荷によってもたらされる海洋汚染やそれに伴う漁獲資源の変動（減少）が問題であり、我が国でも公害問題が表面化してきた1970年代以降、環境庁（現環境省）を中心とした海洋環境モニタリングが実施されてきた。これらの調査・研究の海洋空間でのスケールと技術レベルの関係を模式的に示したものが図3-1であり、現状においても空間スケールが大きくなるほど研究的な色合いが強くなる。

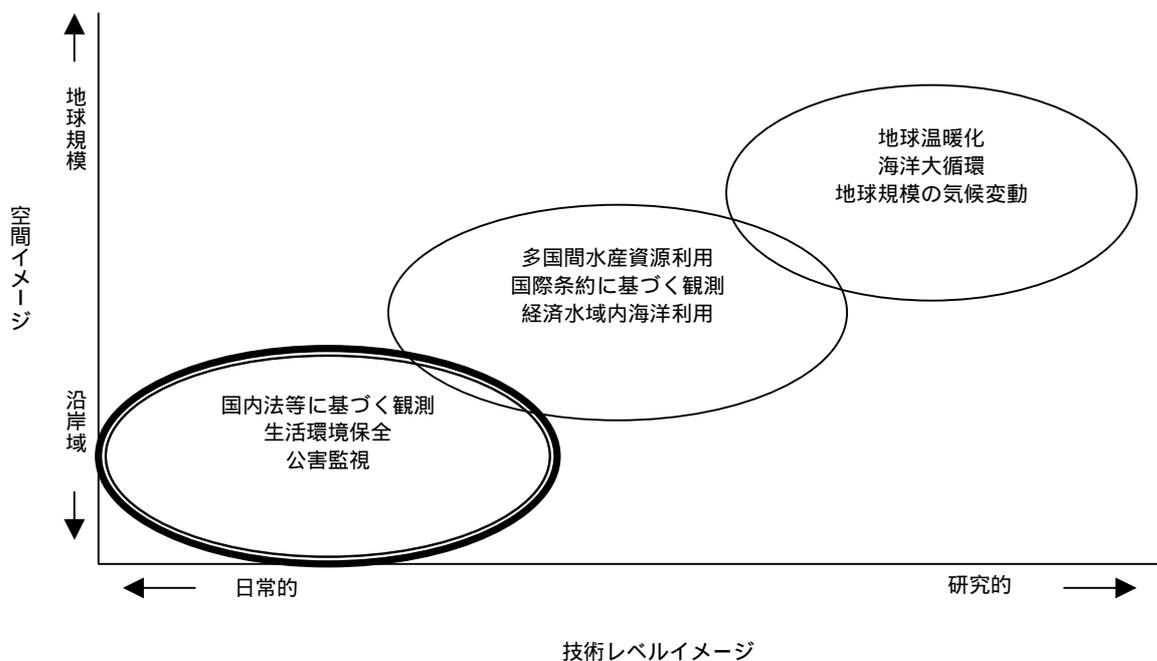


図 3-1 海洋環境モニタリングの空間的・技術的イメージ

様々な要因で複雑に変化する海の状態を知るためには、ある程度確立された技術で継続的に観測する必要がある。特に、刻々と変化する環境を連続情報（積算情報）として捉えるためには生物情報が有効であると考えられる。

このような観点から、海洋環境モニタリングの実状をみると、我が国における沿岸域、閉鎖性海湾の海洋環境モニタリングは、主に陸域から負荷される栄養塩物質や有害物質（重金属な

ど)の海域での分布を把握し、生活排水や工業廃水による流入負荷の対策に寄与してきた。その後も、新たな化学物質が調査の対象となり、近年では外因性内分泌攪乱化学物質(いわゆる環境ホルモン)やダイオキシン類もその対象となっている。

しかし、調査の対象はほとんどが水質や底質の項目であり、クロロフィルや植物プランクトンが一部で観測されている他は、有害物質の生物体内蓄積を対象としており、生物量や生物相を継続的にモニタリングした例は見あたらない。

一方で、漁業資源に対しては、漁海況観測が古くから行われてきたが、餌料の分布の基礎となる水温、塩分や対象資源生物の状態把握が主で、生物群集を俯瞰する調査とはなっていなかった。

また、沿岸域における様々な開発行為では、閣議決定による環境影響評価手続きによって環境現況調査、影響監視調査(環境モニタリング)が行われ、生物量や生物相についても多くの情報を得ているが、これらは事業海域周辺に視点を据え、ある一定の期間だけの調査に限定されているため空間規模や継続性に乏しい。

本調査研究が目指すモニタリング調査は、“人間にとって身近で人間の活動に対して感度が高い閉鎖性海湾に焦点を当て、確立された技術を用いて継続的に必要な情報を取得する調査”とし、取得した情報を効率的に活用できる管理体制を含めたモニタリングのあり方を検討した。検討に当たっては、アジェンダ 21 行動計画第 17 章及び国連海洋法条約の趣旨を十分に踏まえた。

4. 調査研究の実施内容

4.1 閉鎖性海湾における環境モニタリングの明確化

4.1.1 海湾のあるべき姿の検討

海湾の営みや仕組みを整理し、「海のあるべき姿」と「海の高い健康な状態」を定義した。「海の高い健康な状態」の定義に当たっては、国際海洋法条約、アジェンダ21行動計画第17章の趣旨を踏まえ、学識経験者等の既往文献、講演内容、海外事例を収集整理して検討した。

4.1.2 海の高い健康を診断するモニタリングの検討

海の高い健康状態を診断するための着眼点とそれに沿った項目（評価項目）を検討した。さらに、海の高い健康状態を診断する評価項目が実際の海湾のどのような事象、海象で判断できるかを整理し、海の高い環境モニタリングのあり方をとりまとめた。

4.2 閉鎖性海湾における環境モニタリングの現状把握

4.2.1 海湾における環境モニタリング調査の実態把握

国内外の海湾における環境モニタリング事例及び海湾の環境情報を収集整理した。

国内の海湾については、主要海湾である東京湾、伊勢湾、瀬戸内海、有明海を調査対象とした。

諸外国の海湾については、既往文献、学術レポートの収集によって、我が国における海湾の環境モニタリングに参考となる事例を抽出した。また、具体事例として必要な調査体制、情報管理などのあり方については、現地調査によって事例を収集し、とりまとめた。

4.2.2 海湾環境の現状把握

海湾の環境の現状、特性（体質）を把握するために代表海湾を選定し、海湾の健康状態を診断するための評価項目に沿って、収集資料に基づいて代表海湾を整理した。

4.2.3 現行の環境モニタリングの問題抽出

代表海湾で行われている環境モニタリング調査について、海の高い健康状態を測定する評価項目が調査されているのかどうかを検討した。さらに、その結果得られた現行モニタリングの問題点を抽出した。

4.3 閉鎖性海湾環境モニタリングマスタープランおよびガイドラインの作成

4.3.1 マスタープランの作成

「海の健康な状態」の定義、海の健康状態を知るための海洋環境モニタリングのあり方を踏まえ、さらに、現状の環境モニタリング調査及び海湾環境の現状から抽出された課題、問題点に留意して、閉鎖性海湾における環境モニタリング「海の健康診断」のコンセプト、仕組み、検査の内容についてマスタープランを作成した。

4.3.2 ガイドラインの作成

「海の健康診断」の具体的手法として、一次検査と二次検査の内容を中心に、ガイドラインを作成した。一次検査については、手法、評価基準、事例、注意点を、二次検査については、専門的調査の構成を記載した。

4.3.3 ケーススタディ

(1) 環境モニタリング計画の策定

有明海を対象に、海洋汚染の可能性を指摘し、その原因を究明するための二次検査の方法を提案した。

(2) 代表海湾の「健康診断」

有明海を対象に、生態系の安定性と物質循環の円滑さに係る一時審査を実施し、有明海の健康状態を診断した。

(3) 閉鎖性海湾環境モニタリング体制

「海の健康診断」が、継続的に実施され、環境情報が蓄積され有効に利用される体制について検討した。

5. 調査研究のスケジュール

5.1 第1回委員会

開催日；平成12年11月1日

議 題；・全体事業計画及び実施計画について

5.2 第2回委員会

開催日；平成12年12月22日

議 題；・閉鎖性海湾における環境モニタリングの明確化について

・閉鎖性海湾における環境モニタリングの現状について

・環境モニタリングに関する海外研究事例について

5.3 第3回委員会

開催日；平成13年3月6日

議 題；・海の健康度について

・海の健康度を診断するモニタリングの検討について

・海湾環境の現状把握について

・海湾における環境モニタリング調査の実態について

・マスタープランについて

5.4 第4回委員会

開催日；平成13年4月27日

議 題；・平成12年度調査研究報告書について

・平成13年度事業計画について

・平成13年度実施計画について

・海外事例調査について

5.5 第5回委員会

開催日；平成13年7月13日

議 題；・第5回世界閉鎖性海域環境保全会議への発表要旨の応募について

- ・「海の健康度」の評価項目について
- ・ケーススタディ海湾の選定について
- ・海外事例調査について

5.6 第6回委員会

開催日；平成13年12月27日

議 題；・第5回世界閉鎖性海域環境保全会議発表報告

- ・「海の健康診断」マスタープランについて
- ・「海の健康診断」一次診断項目および診断方法等について
- ・海外事例調査について

5.7 第7回委員会

開催日；平成14年3月1日

議 題；・平成13年度調査研究報告について

I 閉鎖性海湾における環境モニタリング調査のあり方

1. 海のあるべき姿

海を健康な状態に保つことが重要である。そのためには、海の状態を的確に把握し、必要な措置を講じていかなければならない。海の状態を的確に把握する方法としてモニタリング調査が有効であるが、効果的にモニタリング調査を実施し、海を健康な状態に把握するためには、健康な海そのものを理解していなければならない。

そこで、健康な海を理解するため、アジェンダ 21 行動計画第 17 章、国連海洋法条約及び環境基本法といった国内外の法規の趣旨、学識経験者等の既往文献及び講演内容、海外事例を参考にして、まず、海のあるべき姿について検討した。

1.1 海のあるべき姿

1.1.1 国内外の法規等における海的位置付け

国内外において、海はどのように捉えられているのかを把握するため、海洋環境についての代表的な法規として、国際的には「アジェンダ 21 行動計画」の第 17 章及び国連海洋法条約を、国内的には「環境基本法」の目的（第 1 条）及び基本理念（第 3 条）を整理した。

(1) アジェンダ 21 行動計画

第 17 章 海洋、閉鎖性及び準閉鎖性海域を含む全ての海域及び沿岸域の保護及びこれらの生物資源の保護、合理的利用及び開発

A . 沿岸域及び排他的経済水域を含む海域の統合的管理及び持続可能な開発

B . 海洋環境保護

我が国は、「環境基本法」により、水質の汚濁について、人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準を定めている。これを達成するために「水質汚濁防止法」により、工場、事業場から河川、湖沼、沿岸海域等の公共用水域へ排出される水の水質規制及び生活排水対策の実施を推進している他、特に瀬戸内海においては「瀬戸内海環境保全特別措置法」により、水質に対するより厳しい規制、自然海浜の保全等の措置を講じている。また、「MARPOL 73/78 条約」を踏まえた「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」により、船舶、海洋施設等に起因する海洋汚染の防止を図っている。さらに、「下水道法」により公共用水域の水質保全に資することを目的として、下水道整備による環境への負荷削減策を講じてい

る。

陸上に起因する海洋汚染の防止のために有害物質等の排水規制を順次強化、実施しているほか、下水道をはじめ、地域の実情に応じて合併処理浄化槽等の整備、沿岸海域における汚泥浚渫等の海域浄化対策事業を推進している。

C．公海の海洋生物資源の持続可能な利用及び保全

海洋生物資源は、21世紀へ向け今後とも人口増加を続ける人類への安定的な食料確保という観点から、適正な科学的管理の下で持続的利用を前提とした開発が促進されるべきと考える。

D．領海内の海洋生物資源の持続可能な利用及び保全

我が国周辺水域は寒・暖流が交錯し、漁場としての好条件に恵まれ、また豊かな海洋生物資源も存在し、世界有数の漁場となっている。この海洋生物資源を適切な保存と持続的生産を図りつつ効率的に活用することは、我が国に課せられた責務である。

E．海洋環境の管理及び気候変動に関する不確実性への対応

気候変動の海洋環境に与える影響に関する不確実性に対応するため、海流、水温、塩分、海氷、風、波浪等海洋環境に関する系統的な観測を推進するとともに、得られたデータをユネスコ（UNESCO）、世界気象機関（WMO）、国連環境計画（UNEP）等で国際的に位置づけられている「国際海洋データ交換システム（IOD E）」、「全世界海洋情報サービスシステム（IGOSS）」等のネットワークに提供しているところである。

F．地域協力を含む国際協力及び調整の強化

海洋生物資源の保全と海洋汚染防止の問題は性質の異なる問題であり異なるアプローチが必要である。海洋生物資源に関しては、これまで、国際的あるいは地域的漁業機関の下で、漁業資源の保全と持続可能な開発を目的とした効果的な管理が行われてきており、他の環境分野に比較してかなりの効果を挙げてきた。我が国としても世界有数の漁業国としてこれら機関の下で積極的に海洋生物資源の保全に貢献してきており、今後これら既存の機関の一層の機能強化が望まれる。また、今後生じることが予想される機関間での調整を要する問題については、国連食糧農業機関（FAO）のように漁業に関する科学的・専門的知見を備えた国際機関が調整機能を果たすべきであり、国連総会に調整を委ねるのは適切ではないと考える。なお、国連高度回遊性魚種等会議に関しては、漁業資源管理の問題の一環として科学的知見に基づいた対応が必要であり、「国連海洋法条約」の趣旨に合致したレジームの尊重が適当と考える。

一方、海洋汚染防止の問題については、これまで国際海事機関（IMO）、国連環境計画（UNEP）が中心となって取り組んできた。大規模海洋汚染問題等新たな対応が必要とされる事項についても、これら機関が引き続き積極的な役割を果たすことが期待される。

G．小規模な島嶼諸国の持続可能な開発

島嶼諸国は、それぞれが特異な生物相・生物多様性、また、それらと結びついた独自の文化を持っていることが多い一方、その地政学的関係により気候変動の影響や自然災害を被りやすい状況にあり、その持続可能な開発のための国際協力が期待されている。国連では 1994 年 4 月に小島嶼諸国の持続可能な開発に関する世界会議が開催される予定である。

(2) 国連海洋法条約

第 12 部 海洋環境の保護及び保全

・海洋環境の汚染の定義

生物資源及び海洋生物に対する害、人の健康に対する危惧、海洋活動（漁業その他の適法な海洋の利用を含む）に対する障害、海水の利用による水質の悪化及び快適性の減少というような有害な結果をもたらす又はもたらすおそれのある物質又はエネルギーを、人間が直接又は間接に海洋環境（河口を含む）に持ち込むこと

・海洋汚染の原因

陸からの汚染、海底資源探査や沿岸域の開発などの活動による生態系の破壊、汚染物質の海への流入、投棄による汚染、船舶からの汚染、大気を通じての汚染

(3) 環境基本法

(目的)

第 1 条

この法律は、環境の保全について、基本理念を定め、並びに国、地方公共団体、事業者及び国民の責務を明らかにするとともに、環境の保全に関する施策の基本となる事項を定めることにより、環境の保全に関する施策を総合的かつ計画的に推進し、もって現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与するとともに人類の福祉に貢献することを目的とする。

(環境の恵沢の享受と継承等)

第 3 条

環境の保全は、環境を健全で恵み豊かなものとして維持することが人間の健康で文化的な生活に欠くことのできないものであること及び生態系が微妙な均衡を保つことによって成り立っており人類の存続の基盤である限りある環境が、人間の活動による環境への負荷によって損なわれるおそれが生じてきていることにかんがみ、現在及び将来の世代の人間が健全で恵み豊かな環境の恵沢を享受するとともに人類の存続の基盤である環境が将来にわたって維持されるように適切に行われなければならない。

1.1.2 既往文献等における海の位置付け

国内では、海の環境保全について、環境関連の雑誌や講演会等をとおして、学識者から様々な考えが示されている。それらの内容は以下のようにまとめることができる。

- ・人間は海から多くの恩恵を受けている^{1,2,3}
- ・海洋環境を保全し、健全なかたちで将来に引き継ぐ責任がある^{1,2,3}
- ・海運・交通の場である^{1,3}
- ・人に安らぎを与えてくれる¹
- ・埋立てなど陸地造成の場である¹
- ・持続的に食料を供給してくれる^{1,2,3}
- ・あらゆる物質を循環させる³
- ・多種多様な生物が食物連鎖や生態系を構成している^{2,3}
- ・地球規模で気象・気候に影響を与えている³
- ・エネルギーを供給してくれる¹

また、海外では「Ocean health」とか「Ecosystem health」といった言葉が使われており、国際的にも、環境に対して、「Human health」という考え方から「Ecosystem health」という考え方に変わってきている。「Ocean health」とか「Ecosystem health」について明確に定義されているものは見あたらず、評価手法についてはいくつかの論文が公表されている。例えば、「What is a health ecosystem?」(Robert Costanza and Michael Mageau(1999)Aquatic Ecology 33:105-115)では、「Healthy ecosystemは継続可能なもの、即ち、外部ストレスに曝されても、その構造(organization:生物体)と機能(vigor:活力)を維持する能力を有している(resilience:復元力)ということ」とし、この3つの生態系属性(organization、vigor、resilience)を定量化するいくつかの手法について論じている。

「Ocean health」あるいは「Ecosystem health」に関して収集した海外の資料及び書籍は次のとおりである。比較的、陸上の生態系についての内容が多かった。

¹ 清水 誠(2000): 海洋環境保全のあり方を考える. かんきょう第 25 巻 4 号,6-9

² 中田英昭(2000): 海洋環境モニタリングの意義と手法. かんきょう第 25 巻 4 号,10-13

³ 平野敏行(2000): 海の利用と保全を考える. EMECS NEWSLETTER No.15,4

- 収集した資料および書籍等 -

< 資 料 >

生態系の健全国際協会 (International Society for Ecosystem Health (ISEH)) に
関する資料

GOOS (Global Ocean Observing System) に関する資料

The Danish Marine Environment : Has Action Improved its State?

1998、Danish Environmental Protection Agency

Quality Status Report 2000

2000、OSPAR COMMISSION

< 書 籍 >

ECOSYSTEM HEALTH

Edited by : David Rapport、Robert Costanza、Paul R. Epstein、Connie Gaudet、
Richard Levins

1998、Blackwell Science, Inc. (ISBN 0-632-04368-7)

Integrated Assessment of Ecosystem Health

Edited by : Kate M. Scow、Graham E. Fogg、David E. Hinton、Michael L.
Johnson

1999、LEWIS PUBLISHERS (ISBN 1-56670-453-7)

Ecosystem Health. New Goals for Environmental Management

Edited by : Robert Costanza、Bryan G. Norton、Benjamin D. Haskell

1992、ISLAND PRESS (ISBN : 1-55963-140-6)

Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystem

Edited by : David J. Rapport、Connie L. Gaudet、Peter Calow

1993、Springer-Verlag (ISBN : 3-540-58805-1)

1.1.3 海のあるべき姿の定義

国内外の法規と学識者の考え方には、“人間は海から多くの恩恵を受けていること”、“海洋環境を保全し継続的に恩恵を受けること”が趣旨として伺える。

海は地球表面の約7割を占める圧倒的な規模と容量を持った水の貯蔵庫であり、“気候調節”、“生物生産”、“物質循環”及び“アメニティー”等の地球上の生物にとって重要な機能を担っている。これらの機能が正常に働くことにより、人間を含むすべての生物は、“生息環境(地球環境)の維持”、“食糧資源の供給”、“海運”及び“アメニティー”等の自然の営みによって生じる多くの恩恵を享受し、生活している(図I-1)。

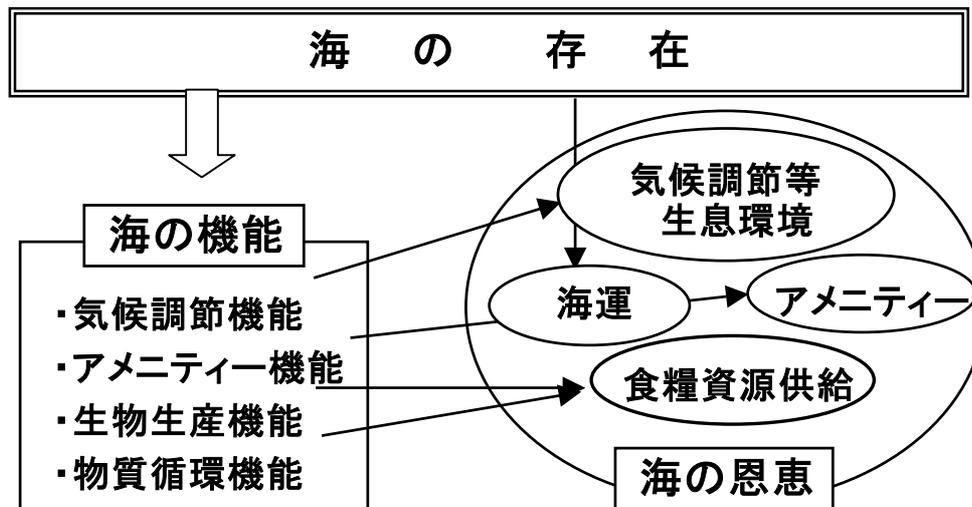


図 I-1 海の機能と恩恵の概念

海を含む地球環境保全の必要性は、国際的には「アジェンダ 21 行動計画」、「国連海洋法条約」及び「生物多様性条約」等、国内では「環境基本法」等の条約及び法規、学識経験者の意見として、国内外を通じて共通の認識である。

私たちは、海を保全し、海の自然の営みによる恩恵を継続的に受けることができるように海を大切にすることが必要である。

以上のことから、海のあるべき姿は“自然の営みによる海からの恩恵を継続的に享受できる状態”と定義した。

“海のあるべき姿”とは、“自然の営みによる海からの恩恵を継続的に享受できる状態”である。

1.2 健康な海

地球上の生物が海から受けている多くの恩恵のうち、食糧資源供給に関係深い生物生産機能の海域（外海、湧昇域、沿岸域）による違いを植物プランクトンの平均生産力でみると、広大な面積を持つ外洋よりも面積的には狭いが我々に身近な沿岸域が多い(図 I-2)。

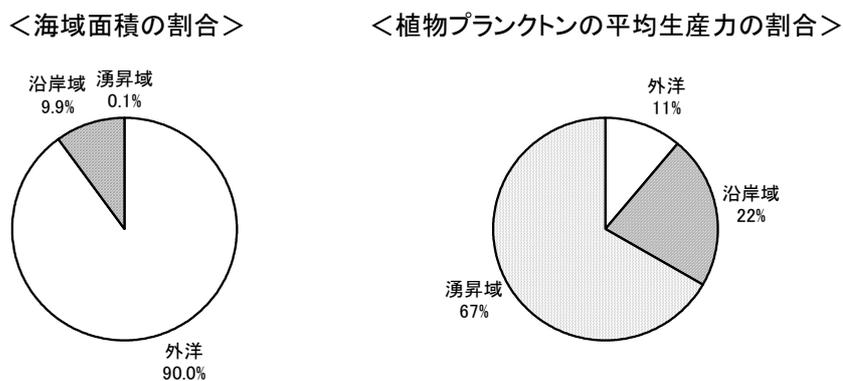


図 I-2 海域別面積割合及び植物プランクトンの平均生産力の割合(Ryther,1969)

沿岸域は、食糧資源供給という恩恵にとって重要な海域であるといえる。一方で、沿岸域、特に閉鎖性海湾は、比較的静穏な海域であること等から港湾が発達する等の人間の利用度が高く身近な海域であり、環境保全を必要としている海域である。

そこで、人間活動の影響を最も受ける沿岸域を対象に、健康な海について検討することとした。

1.2.1 沿岸域の特徴

沿岸域を開放性で区分したときの閉鎖海域を閉鎖性海湾、開放海域を開放性沿岸域とし、閉鎖性海湾が有する特徴を開放性沿岸域の特徴と比較した(表 I-1)。

閉鎖性海湾も開放性沿岸域も沿岸域の一部であることから共通する特性も多いが、閉鎖性海湾は、地形的に奥まっており、比較的波が穏やかであることから、古くから港湾を中心とする都市が発達し、その結果、負荷が多くなった。閉鎖性海湾は、地形的に海水交換が悪く、陸域からの負荷などの物質が滞留する特性を持っている。また、都市化の影響で藻場や干潟が消滅する場所が多い。

表 I-1(1) 開放性沿岸域及び閉鎖性海湾の特徴

開放性沿岸域の特徴	閉鎖性海湾の特徴
・ 外海の影響を受けやすい 比較的波が荒い、鉛直循環が起こりやすい	・ 外海の影響を受けにくい 比較的波が穏やか、鉛直循環が起こりにくい
・ 海水交換が良い 移流・拡散が活発	・ 海水交換が悪い 物質が滞留する

表 I-1(2) 開放性沿岸域及び閉鎖性海湾の特徴

開放性沿岸域と閉鎖性海湾とが共通して持つ特徴（沿岸域の特徴）
・ 比較的浅い 底層まで光が届く、藻場が発達しやすい、基礎生産が活発、溶存酸素量の増加
・ 淡水流入がある 土砂が供給される、干潟が発達しやすい
・ 陸域からの負荷を直接受ける 流入負荷（栄養塩類、重金属、環境ホルモン等）の流入
・ 潮汐がある
・ 表層から底層まで魚介類が分布している 生物の多様性が高い、多様性の高い生態系・食物連鎖の形成
・ 漁業活動が盛ん 系外への物質移動

カッコ内は、特徴に起因する海湾の現象を示す。

1.2.2 健康な海

1.2.1で整理した特徴を踏まえ、沿岸域では、図 - 3 に示すような基本構造が成立していると考えられる。ここで、藻場及び干潟は、条件の揃った特定の沿岸域に形成されるものであり、沿岸域の特徴的な構造である。そこで、藻場及び干潟の基本構造についても別途、図に示した。

陸域から流入する栄養塩を藻場や干潟に代表される浅海域で受け止め（緩衝機能）、そこで生物による浄化 - 生産が起こり、海水中では、光合成による基礎生産が始まる、食う、食われるの食物連鎖によって生物資源が生産され（生物生産機能）、鳥や漁業によって系外への除去が行われている（除去機能）。底層に入った栄養物質は、固着性の強い底生魚介類の餌となるとともにバクテリアなどの微生物によって分解され、底泥からの溶出により再び海水中に循環している（分解機能）。この時、酸素が消費される。このような内部循環の一方で、潮汐などの物理的な作用で外海へ移流・拡散している（海水交換機能）。

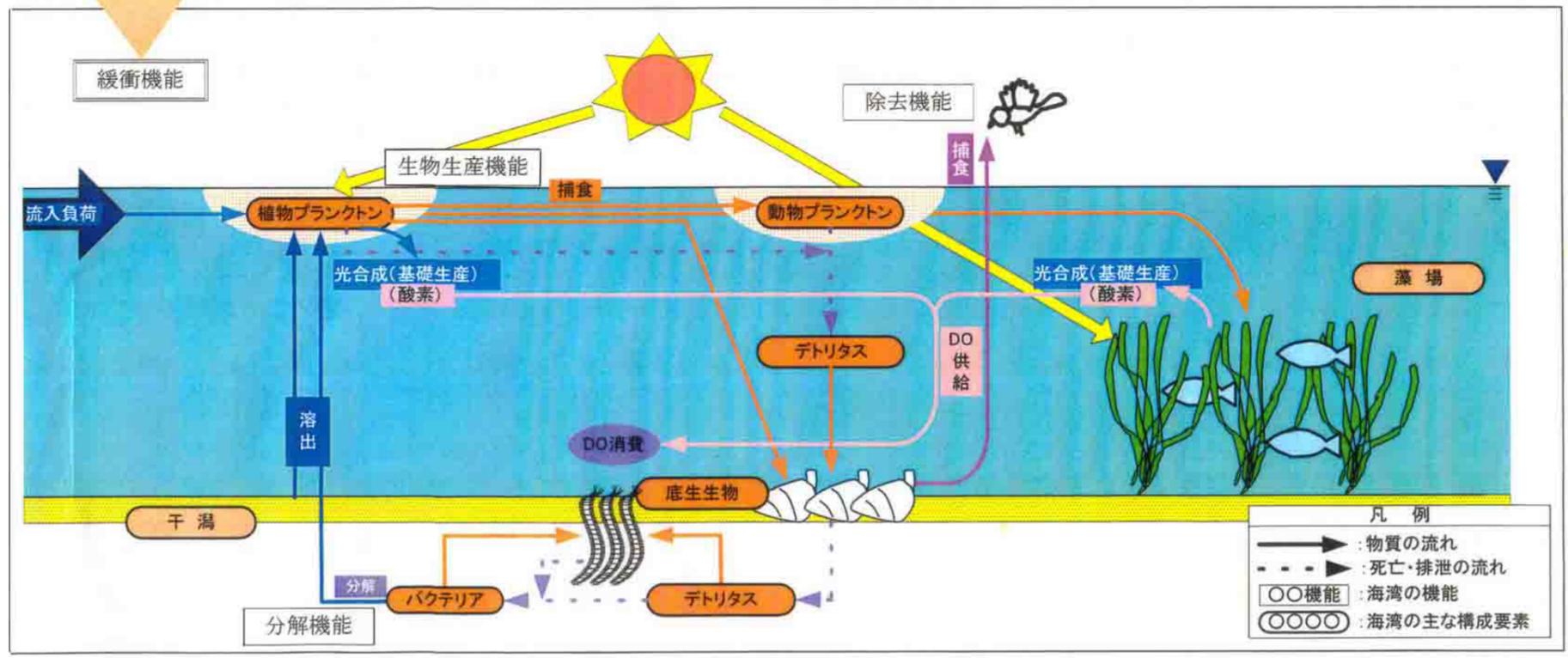
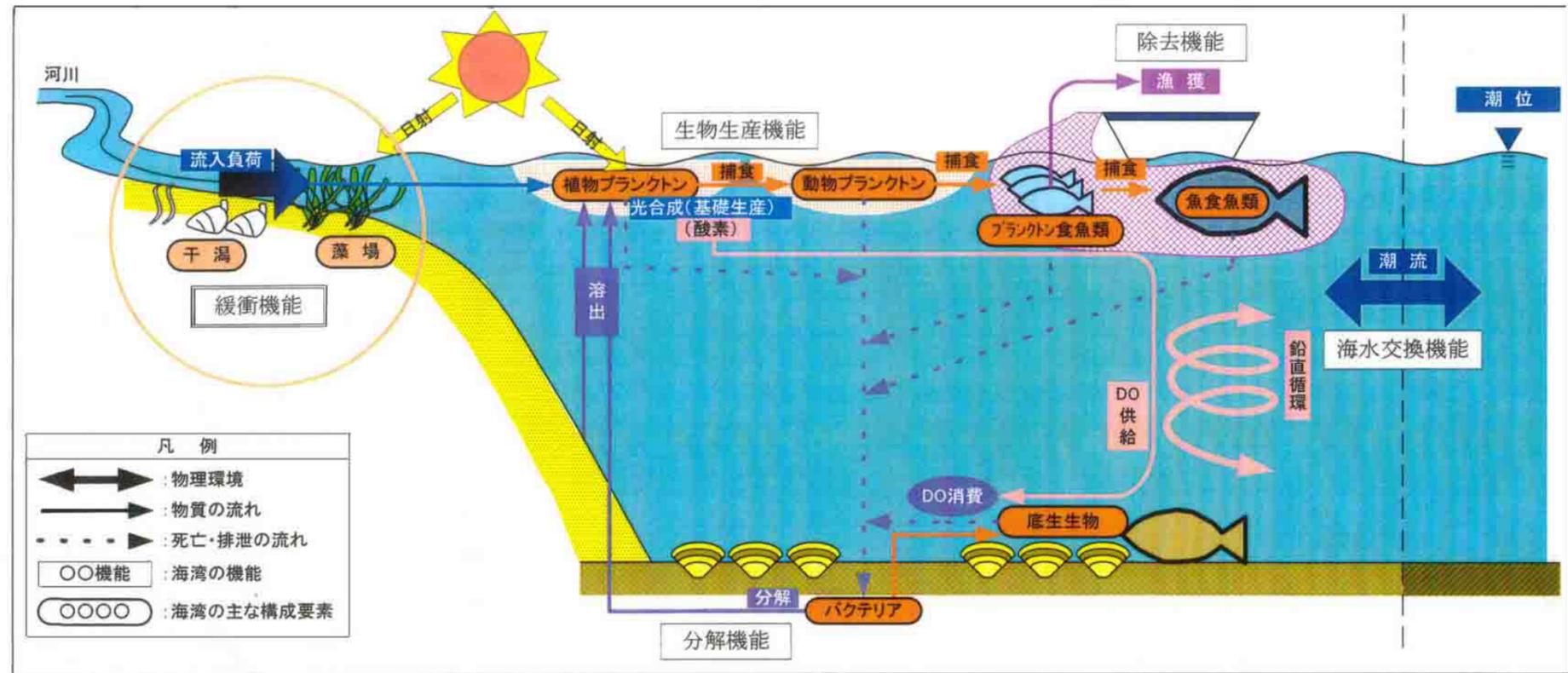
この構造の中で、物質の循環を補助している生物群集や生物の生息空間、生息環境が

「生態系」である。本来、生態系を構成する生物の種構成及び生物量は、季節の変化や、大雨等による突発的な気象条件等、自然条件下での生息環境の変動に左右され、ある一定の幅で変動する。そのように、一定の幅で変動している状態が生態系が安定している状態である。人の活動等によって海域環境が悪化してくると、この変動幅は崩れてくる。この状態が不安定な状態である。生態系が安定していることが海洋の営みにとって重要なことであると考えられる。

一方、負荷、海水交換、基礎生産、沈降、分解、除去といった物質の動きが「物質循環」である。物質循環が滞ることなく円滑であることが海の営みにとって重要であると考えられる。

以上のことから、健康な海は“生態系の安定性が大きく、物質循環が円滑であること”と定義できる。

“健康な海”とは、“生態系の安定性が大きく、物質循環が円滑な海”である。



- 「生態系の安定性」の視点
- 生物組成
 - 生息空間
 - 生息環境
- 「物質循環の円滑さ」の視点
- 負荷
 - 海水交換
 - 基礎生産
 - 堆積・分解
 - 除去

図 I-3 沿岸域の基本構造

1.1 海の健康状態を把握するための視点

前章で、健康な海とは、“生態系の安定性が大きく、物質循環が円滑な海”と定義した。この定義を受けて、海の状態を的確に把握するためのモニタリング調査は、“生態系が安定しているかどうか（生態系の安定性）”、“物質循環が円滑に行われているかどうか（物質循環の円滑さ）”が把握できるものである必要がある。

海の健康状態を把握するに当たっては、まず、地理的情報、気象的条件、社会的情報、歴史的情報及び管理的情報といった海湾の基本情報を十分に把握し、図 I-4に示した2つの視点で調査を構成する必要がある。すなわち、図 I-3 に示した沿岸域の基本構造に基づき、生態系の安定性については、「生態系」を表す“生物群集（組成）”、“生息空間”及び“生息環境”の3つの視点、物質循環の円滑さについては、「物質循環」を表す“負荷”、“海水交換”、“基礎生産”、“堆積・分解”及び“除去”の5つの視点でそれぞれの調査を行うこととする。

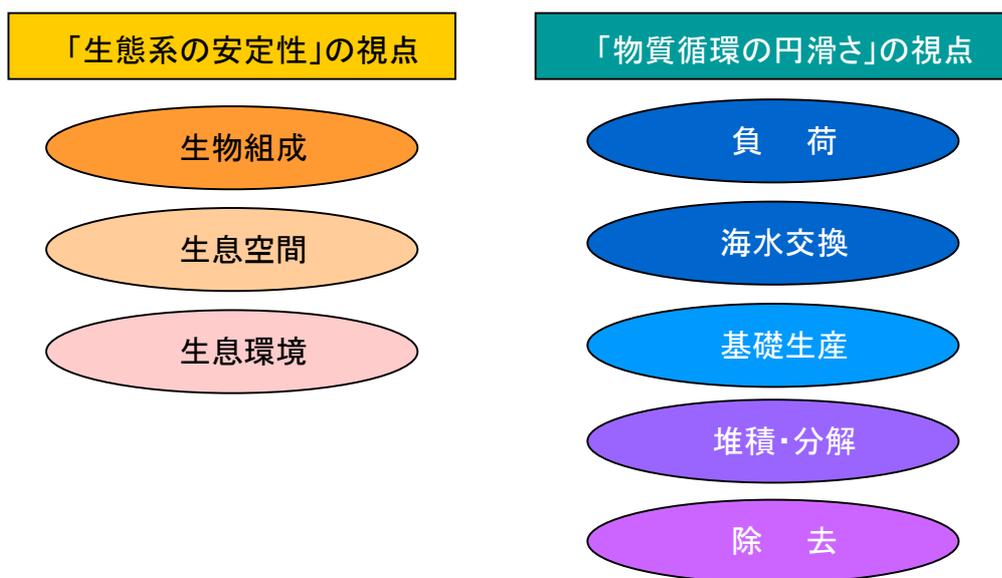


図 I-4 海の健康状態を把握するための視点

2. 海湾における環境モニタリングの現状と課題

国内外における現行の環境モニタリング事例を収集、整理した。国内の事例については、海湾における生態系の安定性や物質循環の円滑さを把握する際に利用可能な環境情報かどうか、また、それらの情報はどのような形で整備されているのかという視点で整理を行った。海外の事例については、既往文献及び学術レポート等を収集し、我が国における海湾の環境モニタリングに参考となる事例を抽出した。また、南仏及び北海沿岸等におけるモニタリングの実態を訪問調査し、生態系の変化が「海健康度の指標の一つ」として着目されていること、潮間帯などの生物分布のモニタリングが地道に継続されており、生物調査が海の変化をとらえる上で重要な役割を担っていることが確認できた。国内の環境モニタリング事例の内容及び海外事例の調査報告は付属資料(3)及び(4)に示した。

2.1 国内の現状と課題

2.1.1 国内の現状

国内の環境モニタリング調査については、調査結果が公表されているものと非公表のものがあった。ここでは、主要海湾である東京湾、伊勢・三河湾、瀬戸内海、有明海を調査対象とし、調査結果が入手できた調査について、モニタリング名称、実施機関、概要・目的、調査測点、測定項目、調査年、調査頻度及び情報公開性について整理した。整理に用いた資料は以下のとおりである。現在行われている主要海湾の主なモニタリング調査の概要を表 2-2 に示す。詳細は付属資料(3)に示した。

海湾でのモニタリング調査の特徴は以下のように整理できる。

- ・調査結果が公開されている調査と公開されていない調査がある。
- ・調査結果が公開されているものでも、印刷物等によって公表されている調査と、調査主体に問い合わせることにより公表となる調査とがある。
- ・大きく3つに分類できる。それは、海洋汚染調査及び公共用水域測定等のように環境省及び海上保安庁等の中央省庁が実施機関となって全国的に行っている調査、漁海況予報事業に関わる海洋調査のように自治体が実施機関となって行っている調査、大規模事業に伴って行っている調査である。
- ・調査地点は、沿岸域に多い。(付属資料のモニタリング調査地点図参照)
- ・調査項目は水質が多く、物理環境及び生物を対象とした調査は少ない。
- ・1970年以降に始まった調査が多い。

表 I-2 主要海岸における主なモニタリング調査の概要

海域	モニタリング名称		実施機関	測点	調査項目								調査年	調査頻度	情報公開性*		
					物理環境	水質	底質	化学物質	有害物質	重金属	生物	その他			公表	非公表	
東京湾	海洋汚染調査		海上保安庁	[水質]表層8点 [底質]6点		○	○						1972~	1回/年	○		
	公共用水域水質測定		環境庁	[水質]99点 [底質]8点、(東京都のみの地点数)		○	○		○	○			1971~	水質:1回/月 底質:1回/年(東京都) 1回/5年(千葉県)	○		
	化学物質に関する環境調査	化学物質環境安全性総点検調査	化学物質環境調査	環境庁	市原・姉崎海岸(1988~) 川崎港、横浜港、東京湾中ノ瀬(~1988) 東京湾内 市原・姉崎海岸、横浜港、東京湾中ノ瀬 12地域:底質19検体、魚類18検体、貝類1検体 2地域:底質2検体、魚類2検体				○				1974~(1979~1988: 第1次化学物質環境安全性総点検調査 1989~:第2次~)	1回/年	○		
		指定化学物質等検討調査	生物モニタリング														
		非意図的生成化学物質汚染実態追跡調査	モニタリング												1985~ 毎年(1985~ 1992:有害化学物質汚染実態追跡調査)		
	広域総合水質調査		環境庁	[水質]28点、[底質]8点、[フランク]10点		○	○						1971~	4回/年		○	
	漁海況予報事業に関わる海洋調査(水産庁、各都道府県水産試験場)		東京都赤潮調査 神奈川県沿岸定線調査	東京都 神奈川県	東京湾 東京湾		○							1回/月		○	
東京湾横断道路環境検討		環境庁	日本道路公団東京第一建設局 東京湾横断道路株式会社	34点	○	○	○		○	○		1987~1999	水質:1回/日 底質:1回/週 物理環境:1回/月 海域生物:4回/年 干潟生物:2回/年		○		
伊勢・三河湾	海洋汚染調査		海上保安庁	伊勢湾内5点(1991)		○	○					1972~ 毎年	1回/年	○			
	公共用水域水質測定		環境庁	愛知県:39点、三重県:19点		○	○		○				1971~	1回/月	○		
	化学物質に関する環境調査	化学物質環境安全性総点検調査	化学物質環境調査	環境庁	名古屋港、名古屋港外、衣浦港、四日市港、鳥羽港 伊勢湾(1989追加) 名古屋港、四日市港 名古屋港(1991) 名古屋港、四日市港				○				1974~(1979~1988: 第1次化学物質環境安全性総点検調査 1989~:第2次~)	1回/年	○		
		指定化学物質等検討調査	生物モニタリング														
		非意図的生成化学物質汚染実態追跡調査	モニタリング												1985~ 毎年(1985~ 1992:有害化学物質汚染実態追跡調査)		
	広域総合水質調査		環境庁	[水質]20点、[底質]5点、[フランク]13点		○	○						1971~	4回/年		○	
	漁海況予報事業に関わる海洋調査		愛知県沿岸定線調査 三重県沿岸定線調査	愛知県 三重県	三河湾、濃美湾外海 尾鷲~沖島沖 伊勢湾内20点		○							1回/月上旬		○	
中部新国際空港建設に関する環境調査		環境庁	愛知県	22点	○	○						1992~	1回/月		○		
瀬戸内海	海洋汚染調査		海上保安庁	27点		○	○					1972~	1回/年	○			
	公共用水域水質測定		環境庁	[水質]503点		○	○		○	○			1971~	1回/月	○		
	化学物質に関する環境調査	化学物質環境安全性総点検調査	化学物質環境調査	環境庁	大阪港、神戸港、姫路沖、水島沖、呉港、徳山港、高松港、新居浜港(1989~)、高砂沖(~1983)、福山沖(~1983)、宇部沖(~1983)、広島港 大阪湾、鳴門 大阪港、姫路沖、水島沖、呉港、広島港、徳山港、高松港 大阪港、播磨灘姫路沖(~1986) 大阪湾、水島沖、紀伊水道、広島湾 大阪湾				○				1974~(1979~1988: 第1次化学物質環境安全性総点検調査 1989~:第2次~)	1回/年	○		
		指定化学物質等検討調査	生物モニタリング														
		非意図的生成化学物質汚染実態追跡調査	モニタリング												1986~ 1985~ 毎年(1985~ 1992:有害化学物質汚染実態追跡調査)		
	広域総合水質調査		環境庁	[水質]89点、[底質]3点、[フランク]44点		○	○						1971~	4回/年		○	
	漁海況予報事業に関わる海洋調査		和歌県 大阪府 兵庫県	和歌県 大阪府 兵庫県	紀伊水道和歌山県沿岸 大阪湾 淡路島沿岸 淡路島西岸 淡路島東岸		○							1回/月 1回/月 4~9月、20回		○	
			岡山県	岡山県	瀬路島西岸 瀬戸内海岡山県沿岸		○							8~9回/月		○	
			香川県	香川県	播磨灘~徳島		○							1回/月		○	
			愛媛県	愛媛県	豊後水道、伊予灘		○							11回/年		○	
		広島県	広島県	広島県沿岸		○							4回/年		○		
関西国際空港建設に関する環境調査		関西国際空港株式会社 関西国際空港用地造成株式会社	関西国際空港株式会社	大阪湾内 3~13点	○	○	○		○				[水質]1回/日~4回/年 [底質]2~4回/年 [海域水象]2回/年 [海域生物]4回/年		○		
有明海	公共用水域水質測定		環境庁	[水質]39点		○	○					1971~	1回/月	○			
	化学物質に関する環境調査	化学物質環境安全性総点検調査	環境庁	有明海、大牟田沖				○				1974~(1979~1988: 第1次化学物質環境安全性総点検調査)	1回/年	○			
		指定化学物質等検討調査	環境庁	大牟田沖				○									
漁海況予報事業に関わる海洋調査		福岡県有明水産試験場 佐賀県有明水産試験場 熊本県水産試験場	福岡県有明水産試験場 佐賀県有明水産試験場 熊本県水産試験場	18点 11点 22点	○	○							1回/月		○		

情報の公開制について、調査結果が印刷物等により公開されているものは"公表"、印刷物等によって公開されていないが調問合わせることにより結果が分かるものは"非公表"とした。

参考資料

- ・海洋汚染調査報告 第 12 号 昭和 59 年調査結果，海上保安庁，昭和 61 年 3 月
- ・公共用水域及び地下水の水質測定結果，東京都環境保全局
- ・公共用水域水質測定結果及び地下水の水質測定結果，千葉県環境部
- ・神奈川県水質調査年表，神奈川県
- ・公共用水域等水質調査結果，愛知県
- ・公共用水域及び地下水の水質測定結果，三重県
- ・公共用水域の水質測定結果報告書，兵庫県
- ・公共用水域水質測定結果，岡山県
- ・公共用水域の水質測定結果，広島県
- ・大気の汚染・公共用水域の水質測定結果，徳島県
- ・大気汚染・水質汚濁調査結果，香川県
- ・公共用水域の水質測定結果，愛媛県
- ・公共用水域の水質測定結果，大分県
- ・公共用水域及び地下水の水質測定結果，佐賀県
- ・公共用水域水質測定結果，長崎県
- ・化学物質と環境，平成 11 年，環境庁環境保健部環境安全課
- ・平成 6 年度 広域総合水質調査データ集（東京湾、伊勢湾、瀬戸内海），平成 8 年 3 月，環境庁水質保全局
- ・千葉県浅海定線調査結果（沖合点）昭和 45 年～57 年，千葉県水産試験場（のり分場）
- ・昭和 59 年度 漁況海予報事業結果報告書，昭和 60 年 4 月，神奈川県水産試験場
- ・平成 2 年度 漁況海況予報事業結果報告書，平成 3 年 3 月，愛知県水産試験場
- ・瀬戸内海浅海定線調査 特殊項目測定資料 昭和 52～56 年，昭和 62 年 1 月，水産庁南西海区水産研究所
- ・東京湾横断道路 環境保全へのとりくみ，平成 6 年 7 月，日本道路公団・東京湾横断道路株式会社
- ・東京湾アクアライン 開通後の環境保全へのとりくみ，平成 12 年 3 月，日本道路公団東京第二管理局
- ・中部新国際空港の漁業に関する調査報告書（平成 5 年度調査報告），平成 6 年 3 月，社団法人 日本水産資源保護協会
- ・中部新国際空港の漁業に関する調査報告書（平成 7 年度調査報告），平成 8 年 3 月，社団法人 日本水産資源保護協会

- ・ 中部新国際空港の漁業に関する調査報告書 平成 7 年度調査報告（4 か年とりまとめ）,
平成 8 年 3 月, 社団法人 日本水産資源保護協会
- ・ 関西国際空港 2 期事業の実施に伴う環境監視計画、平成 11 年 6 月、関西国際空港株式会
社・関西国際空港用地造成株式会社

2.1.2 現行の環境モニタリング調査の課題

2.1.1 で整理した国内の環境モニタリング調査の現状から、課題を整理した。

海の状態を把握するためには、生態系及び物質循環について平面的及び鉛直的に捉える必要があるが、現行のモニタリング調査はこのような観点で調査が計画及び実施されていないことが分かった。

< 現行の環境モニタリング調査の問題点 >

- ・モニタリング調査が行われ始めたのが、高度経済成長期以後の、環境悪化が表面化し始めた 1970 年以降であり、環境悪化が始まる前の環境の状態を示す情報が無い。

(例) 海洋汚染調査：1972～

公共用水域水質測定：1971～

化学物質に関する環境調査（化学物質環境安全性総点検調査）：1974～

非意図的生成化学物質汚染実態追跡調査：1985～

指定化学物質等検討調査：1988～

- ・調査項目は水質が中心であり、物理及び生物環境についての調査が非常に少ない。

(例) 海洋汚染調査、公共用水域水質測定、漁業海況予報事業に関わる海洋調査

- ・代表 4 海湾の環境特性を整理し、海の状態を把握する際に利用できるモニタリング調査結果は、透明度、クロロフィル、底質の強熱減量、有害物質といった程度である。

生態系及び物質循環を把握する際に利用できる調査が少ない。

- ・調査水深が比較的表層に設定されており底層の情報が少なく、海湾の鉛直構造を捉えるための調査が行われていない。

- ・流入負荷を把握することが特に重要であるが、これが把握できる調査は行われておらず、既存資料でも統一性に欠け、人によって様々である。

- ・海域によるが、地点数が少ない。

(例) 周防灘（海洋汚染調査）、有明海（すべてのモニタリング）

- ・地点数が沿岸に集中しており、湾中央の状態がわからない。

(例) 公共用水域水質測定

- ・調査頻度が少ない。

(例) 海洋汚染調査

化学物質に関する環境調査

- ・資料収集に手間がかかるものや、一般公開されず、詳細が不明なものがある。

(例) 漁業海況予報事業に関わる海洋調査

事業者レベルの環境モニタリング

2.2 海外の現状

2.2.1 海外における環境モニタリング調査の文献整理

海外における海域の環境モニタリング事例を調査するために、文献検索を行った。検索条件等については、以下に示すとおりである。

- ・検索データベース：JICST（科学技術事業団）
- ・検索キーワード：（海洋 or 沿岸域）and（モニタリング）and（環境）
- ・検索対象年および記述言語：1981年以降、英語

上記の条件で検索を行った結果、129件の文献が示された。129件の内容は以下のように大別することができる。

モニタリング事例（71件）

生物、一次生産、生物資源のモニタリング（6件）

排水・廃水、ごみのモニタリング（19件）

環境中の化学、金属、放射能物質、石油系炭化水素のモニタリング（24件）

浚渫行為の影響モニタリング（1件）

海岸変形のモニタリング（3件）

海洋構造物の腐食モニタリング（6件）

雨水、地下水のモニタリング（3件）

大気エアロゾル、紫外線、CO₂、気候変動のモニタリング（9件）

モニタリング手法の開発、検証事例（34件）

衛星、リモートセンシングデータ利用の有効性

生物指標の選定、検証

モニタリング計画の提唱（11件）

その他（13件）

上記のように、科学論文として公表されているものの多くは“モニタリング事例”について書かれたものであり、その大半がモニタリングの対象を一つの構造や機能に絞った調査がもしくはあるインパクトに対する環境の応答をみるためのモニタリング調査となっている。その一方で、モニタリング調査のツールや手法の開発に関する論文も多く、特に衛星やリモートセンシングを用いた広範囲な地域を同時に調査するための研究が盛んに行われているこ

とが窺える。また、“モニタリング計画の提唱”として区分したのものには、実際に包括的なモニタリング調査を行った結果の報告と必要と思われるモニタリング計画の提唱に関して書かれた論文が含まれている。

本調査において、参考になるとと思われる“モニタリング計画の提唱”から 9 件を選んで、以下に簡単な紹介を行う。

文献中の記号の意味は次のとおりである；TI 日本語タイトル、ET 英語タイトル、AU 著者、JN 資料番号、VN 巻・号・ページ・発行年、AB 概要、KW キーワード。

----- 文献 1 -----

TI メキシコ湾東北部沿岸および海洋の生態系計画 生態系モニタリング、ミシシッピーノアラバマ大陸棚 第二年次中間報告書 (報告書 1997 年 10 月 1 日～1998 年 9 月 30 日)

ET Northeastern Gulf of Mexico Coastal and Marine Ecosystem Program : Ecosystem Monitoring, Mississippi / Alabama Shelf, Second Annual Interim Report. (Rept. For 1 Oct 97 - 30 Sep 98.)

AU (Continental Shelf Associates, Inc., F L)

JN P0999A PB Rep RP PB-99-134090 VN PAGE . 226p 1998

AB この年次中間報告書は、ミシシッピーノアラバマ外洋大陸棚の堅い底土層の特性を把握し、モニターを行う四年計画の二年目(フェーズ2)の結果を要約した。フェーズ2には、以前に設定した9サイトを再訪する2回のモニタリング航海があった。航海M2は、1997年10月に実施された。航海M3は、1998年4月に開始されたが、悪天候のため延期され、1998年8月に終了した。2回の係留調査も、1998年1月と7月に実施された。モニタリング計画の項目は、地質の特性評価、堆積物動特性、地球化学、海洋物理学および水路学、堅い底土層中の群落、魚類群落、および2件の関連調査(微小生息場所調査および寄生有機体集ぞく調査)等である。各項目に関して、調査原理、現地および研究室内調査手法、今日までの結果とこれに関する議論を示した。

KW メキシコ湾；生態系；海洋物理学；沿岸帯；底生生物；環境モニタリング；大陸棚；生息場所；海洋生物；汚染監視；油汚染；浅海堆積物；現地調査；海洋汚濁

----- 文献 2 -----

TI 北海におけるモニタリング計画

ET Monitoring Programmes in the North Sea .

AU LAW R J (Fisheries Lab. , Ministry of Agriculture , Fisheries and Food , Essex)

JN A0624B (ANPRD) (0144-557X) Anal Proc VN VOL . 29 , NO . 10 PAGE . 442 443 1992

AB 英国の農漁食糧省の漁業研究所が関係しているモニタリングを紹介した。対象試料は食用魚類・貝類，海洋ほ乳類の組織，魚類の病気，貝中の藻類毒素，海洋の下水汚泥投棄サイト，石油・天然ガス開発サイト，堆積物ベースライン，放射能である。北海特別調査団によるモニタリングマスタープランについても述べた。

KW 北海；イギリス；環境モニタリング；汚染監視；二枚貝類；魚類；鯨類；貝類毒；海洋汚濁；汚染源；下水スラッジ；油田開発；天然ガス基地；海底堆積物；放射能

----- 文献 3 -----

TI 米国における廃水の流入する沿岸海水のモニタリング 米国国立研究協議会（国立科学アカデミー及び国立工学アカデミー）の1990年の二つの刊行物のレビュー

ET Monitoring of coastal ocean waters receiving wastewaters in the USA: review of two 1990 publications of the USA National Research Council National Academy of Sciences and National Academy of Engineering .

AU GARBER W F (Loyola Marymount Univ., CA, USA)

JN A0070A (WSTED) (0273-1223) Water Sci Technol VN VOL . 25 , NO . 9 PAGE . 49 57 1992

AB 沿岸海水のモニタリングに1955年以来，米国は莫大な資金を消費しているので，国立研究協議会の海洋部門は国家的モニタリング成果を評価する委員会を設置した。35年間のデータの情報価値は低く，また，排水口付近のデータに欠けていた。委員会は，資金の配分を含めて計画の見直しを提言した。本レポートは米国以外の国にとっても有用性が高い。

KW 海洋汚濁；海洋投棄；廃水；廃水処理水；縁海；環境モニタリング；水質試験；環境アセスメント；調査計画；基金；業績評価；アメリカ

----- 文献 4 -----

TI 環境汚染防止に関する測定の保証

ET Measurement assurance for environmental control .

AU TARBEYEV YU V (VNIIM , Leningrad , USSR)

JN K19890413 (0-941743-60-8) Proc 2nd Symp Metrol Ass ur Environ Control 1988 VN PAGE . 5 25 1988 CO Symposium on Metrological Assurance for Environmental Control(2nd)Helsinki

AB 「環境汚染防止の計量学的保証」に関する国際測定連合・計量技術委員会の第2回シンポジウム（1988年8月22-24日，フィンランド，ヘルシンキ）の基調論文。標題に関する一

般的問題を，過去の会議での著者の主張を再現しつつ述べ，各論として大気汚染物測定，河川，湖沼，海洋など水圏のモニタリングおよび環境放射能測定における国家的保証や国際的比較のための測定値の均質性の必要性を論じた。

KW 公害計測；計量管理；環境汚染；放射能汚染；保証；均質化；汚染監視

----- 文献 5 -----

TI MONOC 計画 地球規模での海洋生態系の科学的な総合モニタリングシステムの実現

ET MONOC programme : Scientific substantiation of the integrated global ocean ecological monitoring system .

AU TSYBAN A V (Natural Environment and Climate Monitoring Lab., SUN); IZRAEL Y A (USSR State Committee for Hydrometeorology and Control of Natural Environment, SUN)

JN D0789B (EMASD) (0167-6369) Environ Monit Assess VN VOL . 11 , NO . 3 PAGE . 279
292 1988-1989

AB 海洋資源の利用と汚染物質による反生産的要素の増加に対して必要となっている地球規模での総合的海洋モニタリングシステムについて，USSR の主唱の下に 1983 年に開始された標記の計画の基本概念，汚染物質の生化学的循環，海洋環境の同化能力，生態学的モニタリングの基本要素および方法の選択などを科学的な視点から論述。

KW 海洋汚濁；海洋生物；生態系；汚染監視；海洋環境；環境容量；調査計画；汚染物質；
CIS【ソ連】

----- 文献 6 -----

TI IOC (政府間海洋学委員会) の海洋汚染モニタリングシステム (MARPOLMON) の発展の目標，構成要素および経験

ET Objectives, components and experiences in the development of the IOC marine pollution monitoring system (MARPOLMON) .

AU ANDERSEN N R (National Science Foundation, USA); DAWSON R (Univ. Maryland, MD, USA); DUINKER J C (Kiel Univ., DEU); FAR RINGTON J W (Woods Hole Oceanographic Institution, MA, USA); KNAP A H (Bermuda Biological Station for Research, GBR); KULLENBERG G (Intergovernmental Oceanographic Commission)

JN D0789B (EMASD) (0167-6369) Environ Monit Assess VN VOL . 11 , NO . 3 PAGE . 299
314 1988-1989

AB 地球規模での環境モニタリングシステム (GEMS) の中で海洋の化学成分の調査と測定に携わる MARPOLMON の活動に関して，その方針，モニタリング内容，データの処理について述

べるとともに活動経験からの問題点などについて提言。

KW 海洋汚濁；水質汚濁質；汚染監視；国際協力；水質試験；水質管理；国際機関；観測網；データ処理

----- 文献 7 -----

TI 海洋の健康とそのモニタリングの必要性

ET The health of the oceans and the need for its monitoring .

AU KULLENBERG G (Univ . Copenhagen)

JN D0789B (EMASD) (0167-6369) Environ Monit Assess VN VOL . 7 , NO . 1 PAGE . 47
57 1986

AB 海洋モニタリングは、人間の健康を守るための生物の汚染質濃度の監視、環境管理を目的とする監視、水、堆積物、生物中の汚染物の分布と拡がりの情報を得るための監視、不自然な変化を検出するための監視の 4 目的があるが、総合監視計画の策定には、海と大気を含め、環境の重要な成分を同時に観測する必要がある。海洋の作用と人間活動との相互作用を決定する界面フラックスモデルを、生物地球化学的循環を取り入れて開発した。監視の対象として下水、有機塩素化合物、石油、金属及び放射性核種を選び、これらにつき論述。

KW 海洋汚濁；汚染監視；方法論；環境アセスメント；海洋環境；下水；有機塩素化合物；石油；金属；放射性同位体；水質汚濁質；海洋観測；循環

----- 文献 8 -----

TI 世界の海洋の生態学ならびに統合された地球規模モニタリングの諸問題

ET Ecology and the problems of world ocean integrated global monitoring .

AU IZRAEL Y A (U.S.S.R. State Committee for Hydrometeorology and the Control of the Natural Environment); TSYBAN A V (U.S.S.R. Academy of Sciences)

JN D0789B (EMASD) (0167-6369) Environ Monit Assess VN VOL . 7 , NO . 1 PAGE . 5
23 1986

AB 現在世界の海洋が、主として人為的排出物すなわち、石油、塩素化有機物ならびに重金属等により汚染され海洋生物ならびに生物群より成る生態系が悪影響を受けている状態を分析し、標記モニタリングの必要性を強調。同モニタリングは各地域ごとのモニタリング結果の集積ではなく世界規模の統合されたものであるべしとし、その地球物理学的ならびに生態学的な両面につき論述した。一方海洋の生態系には流体力学的な輸送、生物学的な沈降ならびに濃縮等による自浄作用があり、これによる生態系保存作用が働き上記汚染を軽減する面もありとした。しかし全体として 2000 年までに現在の基準を超える汚染が予測されるので適

切な対応が必要と警告。

KW 海洋汚濁；海洋環境；生態系；汚染監視；海洋生物；生態学；生物濃縮；自浄作用；海洋物理学；大気海洋間相互作用；重金属汚染；有害物質；油汚染；有機塩素化合物；環境インパクト

----- 文献 9 -----

TI 沿岸の計画と管理 III 国際協力 欧州共同体の環境政策

ET Coastal planning and management. III . International cooperation. The European Community 's environmental policy .

AU SCHNEIDER G (Directorate Central " Environment , Consumer Protection and Nuclear Safety ")

JN A0651B (0013-2942) Ekistics VN VOL . 49 , NO . 293 PAGE . 165 167 1982

AB 1977 1981 年環境計画に従い，沿岸域の総合管理を共同体間で行うための方策として，
1) データの入手，2) データの配布，3) 総合的集中的計画過程，4) 効果のある規制，5) 分野間，行政機関間の協力，6) 選択的経済投資，7) 連続モニタリングの 7 策が提示された。
1982 年の欧州計画閣僚会議，1983 年の環境閣僚会議の議題にあげられている

KW 沿岸地区；ヨーロッパ共同体；環境管理；経済性

FT [船体構造要素]

次に、現在、収集した資料および書籍等について紹介を行う。

資料

生態系の健全国際協会 (International Society for Ecosystem Health (ISEH)) に関する資料

GOOS (Global Ocean Observing System) に関する資料

The Danish Marine Environment : Has Action Improved its State?

1998、Danish Environmental Protection Agency

Quality Status Report 2000

2000、OSPAR COMMISSION

書籍

ECOSYSTEM HEALTH

Edited by : David Rapport、 Robert Costanza、 Paul R. Epstein、 Connie Gaudet、
Richard Levins

1998、 Blackwell Science, Inc. (ISBN 0-632-04368-7)

Integrated Assessment of Ecosystem Health

Edited by : Kate M. Scow、 Graham E. Fogg、 David E. Hinton、 Michael L. Johnson

1999、 LEWIS PUBLISHERS (ISBN 1-56670-453-7)

Ecosystem Health. New Goals for Environmental Management

Edited by : Robert Costanza、 Bryan G. Norton、 Benjamin D. Haskell

1992、 ISLAND PRESS (ISBN : 1-55963-140-6)

Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystem

Edited by : David J. Rapport、 Connie L. Gaudet、 Peter Calow

1993、 Springer-Verlag (ISBN : 3-540-58805-1)

2.2.2 海外における環境モニタリング調査の実態把握

海外事例調査は、フランス、オランダ、ドイツ及びデンマークの研究機関や公的機関を対象とし、各国沿岸域における海洋環境モニタリング調査の実態及び海洋環境の考え方等について情報収集した。海外事例調査の詳細は付属資料(4)に示した。

<海の健康>

「海の健康」については、明確な考えを得るにはいたらなかった。「海洋環境の何を優先させるのか」、「経済（産業活動）との関わりをどのように考えるのか」というように基本的な考え方が十分に議論されていないのが現実のようである。しかし、欧州諸国の海洋環境モニタリング調査が古くから生物や生態系に着目して継続してきていることもあり、生物・生態系の調査の重要性を改めて認識した。

相反するコメントではあるが、「全体的な生物相を調査し、食物連鎖やエネルギーフローを見ることが重要である」、「特定の種について出現状況を継続的に観察することが重要である」は、海洋環境の状態は生物を通じて知ることができることの裏づけでもある。

<海洋環境モニタリング調査>

身近な課題、簡便な手法、分かり易い評価、情報公開、教育・啓蒙活動がポイントであり、生物・生態系に着目した海洋環境モニタリング調査の長期的な継続性を確保している。

身近な課題を的確に選定し、簡単な方法で、継続的に実施していることが特徴であり、結果も分かり易く整理されている。生物相を対象としている調査が多く、専門家による分類、同定が必要ではあるが、映像の利用、マッピング、アメーバ法などによる評価が適切に取り入れられ、一般にも分かり易い整理がされている。

海洋環境モニタリング調査の結果が、わかり易くまとめられているのは、目的が簡潔、明瞭であるからであり、調査を継続させる重要な要因でもある。また、情報の共有化と公開性が特筆される。インターネットを活用して情報が公開され、公開された情報の利用に制限は加えられていない。ヨーロッパは複数の国が隣接し、海洋環境を当該国だけで管理していても限界があることから、情報の共有化が進んだものと考えられるが、我が国でも自治体レベルで考えると同じことが指摘でき、EU諸国における環境情報を共有化するネットワークは参考になる。

海洋環境モニタリング調査の主要な特徴は以下のとおりである。

- ・ 目的；明瞭、簡潔な目的を設定している。

「外来種の進入」、「潮間帯の生物相変化」、「水塊の鉛直構造変化と基礎生産」、「負

荷と底層系環境」などモニタリング調査の視点が明瞭であり、簡潔である。

- ・手法；比較的簡単な手法で、継続可能な方法を採用している。
潜水観察（ビデオ撮影）、海岸線踏査（観察）、自動測器による鉛直観測など比較的簡単な手法が採用されている。
- ・頻度；時空間的な連続性のうち優先すべきものを考慮した測定、観測頻度を採用している。
1年間の観測頻度は必ずしも多くはないが、モニタリング調査が10年以上の長期に及び、変化の過程が把握しやすい。また、鉛直構造が必要な場合は、徹底した鉛直断面の観測が繰り返されるなど、目的に応じた測定計画が採用されている。
- ・対象；鉛直構造、底層環境、底生生物相などが調査の対象となっている。
物理、化学的な観測にとどまらず、生物相の変化や生物生産活動によってもたらされる底層環境を対象に調査が継続している。
- ・情報；共有化、公開性が進んでいる。
取得した環境情報の公開がモニタリング調査のもうひとつの目的でもあり、関係機関、研究機関相互の情報の共有化にとどまらず、ホームページを活用して情報を公開している。また、情報の公開は迅速に行われている。
- ・その他；環境教育、啓蒙活動が平行して進められている。

<モニタリング調査項目>

負荷、栄養塩類、基礎生産、底層の溶存酸素、底生生物、底質汚濁、有害物質が共通して出てくる調査項目であり、生物・生態系に着目した調査が実施されている。

調査については限定したポイントで時間的に連続したものや面的には一定の範囲をカバーしているものの頻度は年1回であるようにまちまちであるが、モニタリングという観点からは環境が変化する原因やその過程を調査するというよりも結果を把握することに重点がおかれているようである。唯一、負荷は原因となる項目であり、河川や下水などからの流入負荷に限らず、大気中からの負荷も対象としている。底質や生物を中心とした調査の構成は、変化を確実に捉えるための有効で合理的なものであり、変化や汚染の原因を把握し、解決していくプログラムとモニタリングとは別の位置付けとなっているようである。

海洋環境モニタリングでは、変化を明確に把握することを第一の目的とし、変化が生じる前兆をいかに早く察知するかが重要と思われる。そのためにも、継続した調査が必要である。変化の前兆が現れた段階で、原因を究明し、改善に向けての検討が必要になる。

3. 海湾における環境モニタリング調査のあり方

- 「海健康診断」へ -

沿岸域、特に閉鎖性の強い海湾では人間活動の影響を強く受けることから、過剰な負荷の流入及び埋立て等により赤潮の発生や貧酸素水塊の発生等の不具合を生じている。

現在行われている海のモニタリング調査は、高度成長期に公害問題が表面化してから急速に整備されたもので、人間に例えると、体調が悪い場合の診察や治療に該当するものである。さらに、現在のモニタリング調査は、人にとって海が安全かどうかを監視するための調査であり、調査項目及び調査地点等に偏りのある調査となっている。

海健康状態を把握するためには、日常的な健康管理が大切であり、人間に例えると「健康診断」がそれに該当する。「健康診断」は悪くなりそうな場所や自覚症状のない患部を早期に発見し、予防措置を講じたり軽症のうちに治療したりするもので、健康状態を維持するために重要な調査である。

日常の健康管理を怠り、プランクトンの異常発生、過剰な栄養塩の海底への蓄積、底層の貧酸素化及び底生生物の死滅等の環境悪化が表面化してから、環境改善を図ろうとすると、負荷の削減、堆積した汚泥の除去、生物生息場の造成等、多くの時間と費用（労力）が必要となる。

このような治療も大切であるが、常日頃から海健康状態を監視することにより、巨額の費用を必要とする環境修復事業を最小限にとどめることが可能となる。

以上のことから、海の状態を把握するためのモニタリング調査は、海の状態を日常的に監視できる調査である必要がある。即ち、海健康診断的な調査が必要であるといえる(図 I-5)。

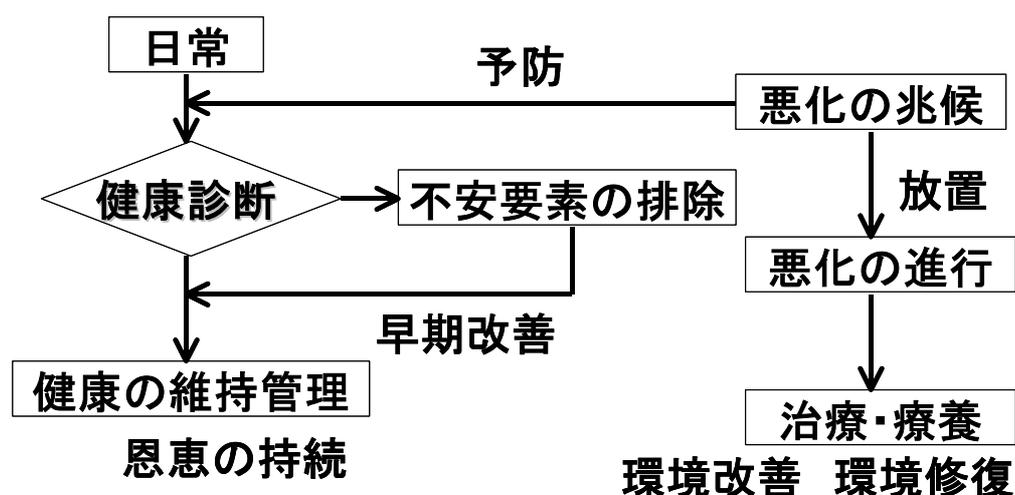


図 I-5 「海健康診断」の必要性

4. 環境モニタリング調査体制

海湾における環境モニタリング調査は、人と同様に定期的に継続して行うことが大切である。継続的に調査を行うためには、海外の環境モニタリング調査でみられるように、比較的身近な課題について、簡便な手法で調査を行うことが重要となる。

一方、海湾の環境モニタリング調査は、海湾の健康状態を把握することが最終的な目的であり、そのためには詳細な調査及び専門的な知識が必要となる。海湾の情報を取得するためには、現地調査と資料調査が必要であるが、詳細な調査を行う場合には、現地調査では、研究機関が有する調査機材等が必要となる。また、資料調査では海湾の環境情報、土地及び海面の利用状況等についての詳細な情報が必要となる。

したがって、海湾の健康状態を把握することを目的としたモニタリング調査は、ある程度組織力を持った自治体等を中心とした体制を組んで行い、健康状態の評価等の専門的な知識を必要とするものについては学識者等の意見を踏まえて行うことが望ましい。

現行のモニタリング調査を整理した結果、現行では調査結果が公表されていないものもあり、情報収集に時間が掛かるといった問題点があった。この問題点を解決するためにも、調査結果及び得られた環境情報については、すべての情報を一般に公開することを原則とし、誰もが簡単に入手することができ、入手した情報から海湾の健康状態を判断できるような、わかりやすい形にして提供することが大切である。情報公開に当たっては、インターネットを利用する等、利用しやすさも考慮する必要がある。

また、情報の管理に当たっては、取得した環境情報の結果だけが残り、取得した時の様々な情報が消失しないようデータの質及び精度を統合して管理する仕組みを整備する必要がある。そのためにも、関係省庁及び自治体等により第三者機関を設置し、データの統一を促進する必要がある。

II 海湾における環境モニタリング調査の手法

海の健康状態を的確に把握するためには、海の健康状態を日常的に監視する、健康診断的なモニタリング調査が必要であることから、本研究調査ではこのようなモニタリング手法の検討を行った。

検討を行ったモニタリング手法は「海の健康診断」と名付け、海の健康状態を簡便な手法で継続的に監視することが可能なモニタリング調査とした。したがって、健康状態の維持・管理、不安定要素の排除・改善、環境改善及び環境修復といった方策、いわゆる治療法までは含んでいない。

1. 「海の健康診断」の概要

1.1 構成

「海の健康診断」の構成を図 II-1に示す。「海の健康診断」を行うに当たっては、まず、対象とする海湾の基本情報を整理し、海湾の概要を把握しておくことが重要大切である。検査は比較的簡易な一次検査、専門的な知識と技術を必要とする二次検査で構成し、検査結果と海湾の基本情報とから対象海湾の健康状態を総合的に評価するものである。

基本情報は対象海湾の地理的条件、気象的条件、社会的条件、歴史的条件及び管理的条件といった基本的な情報を整理し、海湾の概要を把握するものである。また、整理した内容は一次検査及び二次検査の調査計画立案及び総合評価に利用する。

一次検査は、簡便な手法により海湾が健康か不健康かを評価する検査であり、誰にでも簡単にできる検査とした。検査手法は、簡単に入手できる資料を使った経年変化の整理や現場に出て生物の観察や底質の採集を行うものである。

検査結果は評価基準に照らし合わせて、調査主体が、健康状態を評価することとなる。評価基準は、実際は不健康であるのに健康であると評価する、いわゆる誤診を防止するため、明らかに健康である場合を除いてすべて不健康と判断する厳しいものとした。一次検査の診断で“不健康”と評価された場合は、二次検査で詳細な検査を行うこととなる。一次検査の診断で“健康”と評価された場合は、持続的な健康維持及び管理を続けていくことが必要となるが、その内容は本調査研究では対象外である。

二次検査は、再検査と精密検査とで構成する。再検査とは、一次検査で“不健康”と評価された項目について、詳細な検査を行い本当に不健康かどうか確認を行う検査のことである。再検査の結果、“健康”と評価される場合もある。再検査でも“不健康”と評価された場合には、原因究明を目的とした精密検査を行う。いずれの検査も詳細に行う検査であり、二次検査は専門的な知識と技術を必要とする内容となっている。

検査結果から、一次検査で“不健康”と評価された項目の原因を診断することとなる。原因究明のための診断は、ガイドラインに沿って調査主体が行うこととした。二次検査の診断

の結果から、不安要素の排除及び改善の努力をしていく場合と、環境修復及び改善といった外科的な治療を行う場合とに分かれるが、その内容は本研究調査では対象外である。

総合評価は、二次検査の精密検査まで行われた後に、基本情報を踏まえて、海湾の健康状態を最終的に評価するものである。一次検査で不健康と診断され二次検査の精密検査まで行った場合でも、基本情報を考慮することにより健康と評価されて可能性もある。総合評価は、非常に高度な判断を必要とすることから、学識者で構成された検討委員会等によって評価を行うことが望ましい。

海湾の健康状態を総合的に把握した後は、健康の維持・管理、不安定要素の排除・改善、環境改善及び環境修復といった方策を検討する必要がある。しかし、「海の健康診断」は対象海湾の健康状態を評価することを目的としており、いわゆる治療方法まで示すものではない。

検査結果及び得られた環境情報は、すべて公開することが原則である。公開する情報は、誰もが簡単に入手することができ、入手した情報から海湾の健康状態を判断できるような、わかりやすい形にして提供することが大切である。情報公開に当たっては、インターネットを利用する等、利用しやすさを考慮した体制を構築することが大切である。

データの質及び精度を統合して管理する仕組み（データベース等）を構築する際は、取得した時の様々な情報が消失しないように留意することが重要である。そのためにも、関係省庁及び自治体等により第三者機関を設置し、データの統一を促進する必要がある。

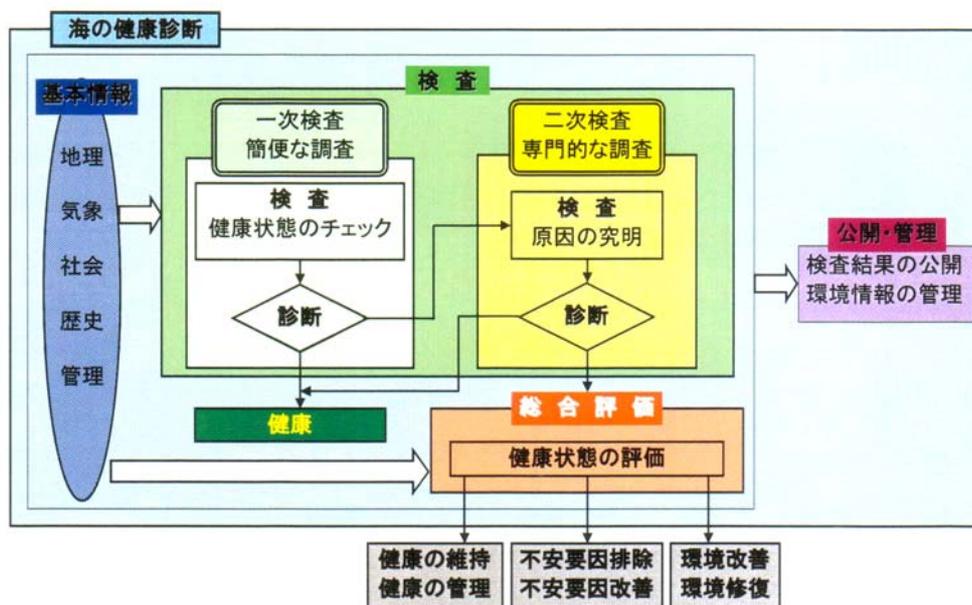


図 II-1 「海の健康診断」の構成

1.2 検査体制

「海健康診断」は人と同様に定期的に継続して行うことが大切である。この考え方に基づき、二次検査以外の基本情報の収集及び一次検査は簡便な方法で構成している。しかし、基本情報には土地や海域利用の変遷、汚水処理場の整備状況及び人口分布等、一次検査には、公共用水域の調査結果及び過去数十年分の統計資料等の様々な既存資料の収集及び整理が必要である。また、対象とする海湾によっては複数の自治体の協力が必要となる場合もある。

検査結果及び得られた情報は、誰もが海湾の健康状態を判断できるよう、公開することを原則とし、利用面を考慮した情報公開の構築が必要となる。また、データの質及び精度を統一的に管理する仕組みを整備することも必要となる。

以上のことから、「海健康診断」はある程度組織力を持った自治体を中心とした検査体制を組んで行い、健康状態の評価等の専門的な知識を必要とするものについては学識者に依頼することが望ましいと考えられる。

2. 「海健康診断」の手法

2.1 基本情報

2.1.1 調査趣旨

「海健康診断」を行うに当たっては、まず、対象とする海湾の基本情報を整理し、概要を把握しておくことが重要であり、健康診断の第一歩である。整理した内容は、海湾の概要把握だけでなく、一次検査及び二次検査の調査計画立案及び総合評価を行う際の判断材料として活用する。

収集する基本情報は、地理的条件、気象的条件、社会的条件、歴史的条件及び管理的条件で構成する。

- ・地理的条件：海湾の位置、形状、水深、面積、容積
- ・気象的条件：気温、降水量、日照時間、風向
- ・社会的条件：流入負荷に係る情報（流入負荷、土地利用、污水处理場整備状況、人口分布）
- ・歴史的条件：陸域の土地利用の変遷、海域の海域利用の変遷及びイベント（油の流出、有害物質の流入）
- ・管理的条件：海湾に隣接する自治体（都道府県、市町村）

2.1.2 調査手法

(1) 地理的条件

人間に例えると、身長と体重にあたる情報で、海湾の基本的な情報について把握し、一次検査及び二次検査の調査計画立案における調査地点の配置、総合評価における海湾環境への影響等の判断材料として活用する。

(A) 使用データ

- ・海湾の位置、形状、水深、面積、容積及び底質・基質分布が整理されている既存資料
- ・上記資料がない場合は海上保安庁水路部が発行している海図

海図の購入先：財団法人日本水路協会

〒104-0045 東京都中央区築地 5-3-1 水路部庁舎内

TEL03-3543-0689 FAX03-3543-0142

(B) 調査手法

既存資料もしくは海図を用いて、以下の7項目について整理を行う。

・海湾の位置 ・海底地形 ・水深 ・面積 ・容積 ・湾口幅 ・底質分布

(C) 調査結果の事例

東京湾（狭義）、伊勢湾（狭義）、三河湾、大阪湾、周防灘及び有明海（広義）の地理的条件について表 II-1 に示す。

環境省（当時、環境庁）が指定した 88 の閉鎖性海湾の地理的条件及び水質環境の概要について表 II-2 に示す。

表 II-1 (1) 海湾の地理的条件(東京湾、伊勢・三河湾)

海湾	東京湾（狭義）	伊勢湾（狭義）	三河湾
基本情報	三浦半島観音崎と千葉県富津岬を結ぶ線以北の海域		
海湾形状、水深	三浦半島観音崎と千葉県富津岬を結ぶ線以北の海域		
水面積	1,000 km ²	1,738 km ²	604 km ²
平均水深	18.0 m	19.5 m	9.2 m
容積	17.9 km ³	33.9 km ³	5.5 km ³
湾口幅	7 km	12 km	7 km

表 II-1 (2) 海湾の地理的条件(大阪湾、周防灘)

海湾	大阪湾	瀬戸内海
基本情報	瀬戸内海	
海湾形状、水深	友ヶ島水道及び明石海峡に囲まれる海域	山口県火ノ山下燈台から福岡県門司崎燈台に至る直線と大分県国東町から山口県上関町に至る直線により囲まれる海域
水面積	1,529 km ²	3,805 km ²
平均水深	27.5 m	24.1 m
容積	41.8 km ³	92 km ³
湾口幅	友ヶ島水道 7 km 明石海峡 4 km	関門海峡 1 km 豊予海峡 12 km

表 II-1 (3) 海湾の地理的条件 (有明海)

海湾	有明海(広義)
基本情報	有明海(広義)
海湾形状、水深	<p>早崎瀬戸で区切られる海域。海図上は、湾全体を島原湾、湾奥部を有明海としているが、一般には湾全域を有明海としている</p> 
水面積	1,700 km ²
平均水深	20.0 m
容積	34 km ³
湾口幅	5 km

表 II-2 日本の閉鎖性海域（88 海域）の諸元

No.	湾名	湾口幅(km)	面積(km ²)	湾内最大水深(m)	湾口最大水深(m)	閉鎖度指標	備考	水質(主に1985~1988年COD年平均値)
1	函館湾	8.4	8.4	85	58	0.86	環境基準類型指定水域	1.3~2.6mg/L、減少傾向
2	札幌湾	30.2	2485	107	93	1.90	環境基準類型指定水域(一部)	
3	能取湾	0.324	59	21	10	49.79	環境基準類型指定水域	1.6~3.0mg/L、5.2mg/L(河口)、上昇傾向
4	コムケ湾	0.015	5.81	3.8	3	203.54	なし	海水交換を促進し、湾内環境が次第に変化
5	風連湾	0.8	56	11	10	18.72	環境基準類型指定水域	汽水、「富栄養化」の湖沼型
6	サロマ湾	0.285	150	22	22	42.97	環境基準類型指定水域	2.0~3.4mg/L、上昇傾向
7	厚岸湾	9.15	102.64	24	24	1.11	なし	
8	厚岸湖	0.4	32	9	9	14.14	環境基準類型指定水域	3.0~5.0mg/L、6.8mg/L、上昇傾向
9	野付湾	4.33	57	4.3	4	1.87	環境基準類型指定水域	良好
10	陸奥湾	14	1687.99	75	75	2.92	環境基準類型指定水域	1.3~1.9mg/L、若干上昇傾向
11	宮古湾	4.8	4.8	76	76	1.02	環境基準類型指定水域	1.2~1.4mg/L、上昇傾向
12	大船渡湾	0.2	7.89	38	38	14.04	環境基準類型指定水域	1.6~2.1mg/L、一部では富栄養化が進行
13	広田湾	4.75	87.18	56	56	1.28	環境基準類型指定水域	1.6~1.8mg/L
14	釜石湾	2.3	8.7	49	49	1.28	環境基準類型指定水域	0.7~1.4mg/L、若干減少傾向
15	大槌湾	4.1	20.2	77	77	1.10	環境基準類型指定水域	0.7~1.0mg/L、減少傾向
16	越前湾	2.2	18.8	33	33	1.97	環境基準類型指定水域	1.2mg/L、減少傾向
17	船越湾	3.1	9.4	55	55	0.99	環境基準類型指定水域	0.9mg/L、若干上昇傾向
18	山田湾	3.84	31.96	90	90	1.43	環境基準類型指定水域	0.8~1.2mg/L
19	万石湾	0.46	7.4	3.9	3	7.89	環境基準類型指定水域	2.8mg/L、上昇傾向、汽水、「富栄養化」
20	松島湾	1.7	35.3	4	4	3.49	環境基準類型指定水域	0.6~1.0mg/L、2.4~3.2mg/L、上昇傾向
21	気仙沼湾	2.6	15.4	29	21	2.08	環境基準類型指定水域	0.7~1.0mg/L、1.3~3.4mg/L、上昇傾向
22	雄勝湾	3.01	19.82	46	46	1.48	環境基準類型指定水域	1.5mg/L
23	女川湾	2.5	12.1	36	36	1.39	環境基準類型指定水域	1.8~2.8mg/L、上昇傾向
24	鮎ノ浦湾	2	8.6	34	34	1.47	環境基準類型指定水域	全般に良好
25	志津川湾	6.6	48.0	54	54	1.04	環境基準類型指定水域	0.6mg/L、1.5~2.2mg/L、若干上昇
26	小名浜湾	1	3.97	20	20	1.99	環境基準類型指定水域	1.4~3.0mg/L
27	松川湾	0.06	6.46	4	4	42.36	環境基準類型指定水域	1.6mg/L、若干上昇傾向
28	鹿島湾	0.8	5.18	22	22	2.84	総量規制区域環境基準類型指定水域	2.4mg/L、上昇傾向
29	東京湾	20.9	1380	700	700	1.78	環境基準類型指定水域	2.4~8mg/L程度
30	両津湾	0.35	5.69	11	11	8.78	環境基準類型指定水域	0.9~1.4mg/L
31	加茂湾	0.03	4.95	8.7	5.5	117.81	環境基準類型指定水域	2.2~2.5mg/L、貧酸素水塊の抑制措置
32	真野湾	6.81	51.99	39	39	1.06	環境基準類型指定水域	1.3~1.5mg/L
33	七尾湾	11.58	182.92	58	46	1.47	環境基準類型指定水域	1.7~2.9mg/L、若干上昇傾向
34	敦賀湾	7.3	57.8	51	51	1.04	環境基準類型指定水域	1.2~1.6mg/L、若干上昇傾向
35	矢代湾	3.57	15.88	43	43	1.11	環境基準類型指定水域	0.6~1.8mg/L、若干上昇傾向
36	世久見湾	3.6	4.4	44	44	0.97	環境基準類型指定水域	0.7~1.8mg/L、若干上昇傾向
37	小浜湾	2.4	58.7	35	35	3.19	環境基準類型指定水域	0.7~2.5mg/L
38	内浦湾	1.2	7.8	44	44	2.33	環境基準類型指定水域	0.8~1.2mg/L
39	浜名湖	0.2	72.9	18.6	8.1	115.96	環境基準類型指定水域	1.0~2.3mg/L、上昇傾向
40	伊勢湾	34.7	2130	49	49	1.52	総量規制区域環境基準類型指定水域	2.3~3.2mg/L、若干上昇傾向
41	尾鷲湾	2.6	19.85	58	58	1.70	環境基準類型指定水域	1.6~2.0mg/L、水質悪化が進んでいる
42	賀田湾	2.82	12.6	82	82	1.26	なし	H2~11年D0年平均値：6.6~7.8ppm
43	新鹿湾	2.26	5.43	47	47	1.03	なし	1.6mg/L、下水処理が課題
44	五ヶ所湾	2.6	22.2	27	27	1.91	環境基準類型指定水域	2.1mg/L、上昇傾向
45	神前湾	2.68	9.75	53	53	1.17	なし	魚類養殖が水質に影響を与えている
46	塾湾	3.25	12.24	58	58	1.08	なし	流入河川が水質に影響を与えている
47	英虞湾	5.7	42.23	37	29	1.54	環境基準類型指定水域	2.0~2.8mg/L、上昇傾向
48	舞鶴湾	2.7	22.87	30	30	1.77	環境基準類型指定水域	1.0~2.5mg/L、減少傾向、夏季に貧酸素
49	阿蘇海および宮津湾	2.5	26.08	30	30	2.04	環境基準類型指定水域	1.5~2.7mg/L、上昇傾向
50	久美浜湾	0.05	6.88	20	2	528.50	環境基準類型指定水域	1.8~2.0mg/L、若干減少傾向
51	瀬戸内海	130.3	21827	105	105	1.13	総量規制区域環境基準類型指定水域	大阪湾：2~5mg/L、周防灘：2mg/L以下
52	田辺湾	4.05	17.95	28	28	1.05	環境基準類型指定水域	1.2~1.4mg/L、貧酸素水塊・赤潮発生
53	仙崎湾	2.89	27.22	37	37	1.74	環境基準類型指定水域	1.2~1.5mg/L、水質悪化の傾向
54	深川湾	3.8	22.4	44	44	1.91	環境基準類型指定水域	1.2~1.7mg/L
55	油谷湾	4.54	45.89	40	37	1.61	環境基準類型指定水域	1.1~1.5mg/L
56	瀬戸湾	0.25	7	22	10	23.28	環境基準類型指定水域	3mg/L以下で推移
57	瀬戸内湾	1.24	12.37	20	9	6.30	環境基準類型指定水域	1.7~3.0mg/L、底質環境悪化
58	博多湾	7.7	134.2	23	17	2.04	環境基準類型指定水域	1.4~2.8mg/L、若干減少傾向
59	有明海および鳥居湾	4.5	170.0	144.6	117	12.89	環境基準類型指定水域	概ね0.5~2.5mg/L、赤潮増加傾向
60	唐津湾	10.7	150	32	32	1.14	環境基準類型指定水域	1.8mg/L
61	伊万里湾	4.2	120	58	58	2.61	環境基準類型指定水域	1.8~2.4mg/L、増加傾向
62	飯屋湾	0.5	6.3	25	25	5.02	環境基準類型指定水域	底質環境悪化、赤潮発生
63	長崎湾	0.45	10.79	45	45	7.90	環境基準類型指定水域	1.0~2.4mg/L、富栄養化対策
64	大村湾	0.33	321	54	54	54.29	環境基準類型指定水域	2.2~3.0mg/L、若干増加傾向
65	佐世保湾	2.39	42.98	25	25	2.74	環境基準類型指定水域	2.0~3.2mg/L
66	橋湾	11.59	130.92	39	39	0.99	環境基準類型指定水域	1.2~1.8mg/L
67	志々伎湾	1.74	7	21	21	1.52	環境基準類型指定水域	概ね良好
68	郷ノ浦湾	2.05	5.19	37	37	1.11	環境基準類型指定水域	1.2mg/L
69	半城湾	2.34	8.97	25	25	1.20	環境基準類型指定水域	全般に良好
70	内海	1.82	5.91	20	20	1.94	環境基準類型指定水域	1mg/L前後、全般に良好
71	三浦湾	3.22	10.68	36	29	1.26	環境基準類型指定水域	
72	浅茅湾	4.18	53.81	80	80	1.75	環境基準類型指定水域	魚類養殖による水質悪化、赤潮発生
73	八代湾	1.3	1200	89	73	32.49	環境基準類型指定水域	1.0~2.2mg/L、上昇傾向、赤潮
74	羊角湾	1.48	11.28	21	21	2.27	環境基準類型指定水域	1.3~1.8mg/L、緩やかに上昇傾向
75	入津湾	1.42	5.28	25	20	2.02	環境基準類型指定水域	2.2mg/L、水質悪化→浄化対策
76	尾末湾	1.85	10.28	20	20	1.94	環境基準類型指定水域	0.8~1.1mg/L、若干上昇傾向
77	鹿島湾	11	1040	237	111	6.28	環境基準類型指定水域	1.1~2.4mg/L、上昇傾向
78	名瀬湾	1.78	5.02	50	50	1.27	環境基準類型指定水域	1.3~1.8mg/L、緩やかに上昇傾向
79	中瀬湾	2.42	8.47	60	60	1.20	なし	良好な状態を保っている
80	焼内湾	2.53	25.76	84	84	2.01	環境基準類型指定水域	1.5mg/L、魚類養殖により上昇傾向
81	久慈湾および鶴川湾	2.79	11.17	76	76	1.20	環境基準類型指定水域	1.4mg/L
82	薩川湾	2.13	15.59	74	74	1.85	環境基準類型指定水域	良好
83	諸鈍湾	3.13	10.89	43	43	1.04	なし	良好
84	三浦湾	1.2	6.19	60	60	2.07	環境基準類型指定水域	1mg/L程度、良好
85	笠利湾	3.23	14.7	85	65	1.19	環境基準類型指定水域	良好に保たれている
86	金武湾	5.66	109.58	56	56	1.85	環境基準類型指定水域	0.6~0.8mg/L
87	与那覇湾	1.71	6.36	2	2	1.47	なし	1.8~2.5mg/L、上昇傾向
88	羽地内海	1.6	10.9	10	10	2.01	環境基準類型指定水域	1.4~1.7mg/L、緩やかに上昇傾向

(出典：「日本の閉鎖性海域（88 海域）環境ガイドブック」財団法人エメックスセンター）

(2) 気象的条件

気象は、海水温、降雨による淡水流入量、波浪（風浪）及び水中の光条件等、海域環境と密接な関係にある。

ここでは、気象条件のうち気温、降水量、日照時間及び風向について整理し、気象的条件海湾とどのように関係しているのかについて、季節的な傾向を把握する。

(A) 使用データ

・アメダス観測データ

作成機関：気象庁

入手方法：財団法人 気象業務支援センターへ問い合わせる。

財団法人 気象業務支援センター

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-17 東ネンビル

TEL. 03-5281-0440 FAX. 03-5281-0445

<http://www.jmbse.or.jp>

使用データ：過去 10 年間の気温、降水量、日照時間及び風向のアメダス観測データ

(B) 調査手法

(i) 気温、降水量、日照時間

- ・年ごとに月別平均気温、月別降水量、月別日照時間を計算する。計算方法は以下のとおりである。

	月別平均気温	月別降水量	月別日照時間
作業 1	1 日の 24 回の観測値を平均し、日平均気温を計算する。	1 日の 24 回の観測地を合計し日降水量を計算する	1 日の 24 回の観測値を合計し、日日射量を計算する。
作業 2	1 ヶ月分の日平均気温を平均し、月平均気温を求める。	1 ヶ月分の日降水量を合計し、月降水量を求める。	1 ヶ月分の日日射量を合計し、月日射量を求める。

欠測があった場合の取扱い

日別の値に欠測があり、欠測日数が月の日数の 20%以下の場合、欠測の日を除いて平均・合計を求める。20%を越える場合はデータとして取り扱わない。

- ・年ごとに求めた月別平均気温、月別降水量、月別日照時間からグラフを作成し、年による変動幅及び季節的な変動傾向等について把握する。

(ii) 風向

- ・10 年間の月別最多風向及び頻度(%)を求め、風の状況を把握する。求め方は以下のとおりである。

・風は、風によって生じる波（風浪）と密接に関係している。

作業 1：日別時間別風向から 1 ヶ月分の風向別に頻度を年ごとに求める。アメダスのデータでは風向は 16 方位を数字で表している（01:NNE、2:NE ~ 15:NNW、16:N）。

作業 2：10 年分の月別風向別頻度を合計して 10 年合計の月別風向別頻度を求める。

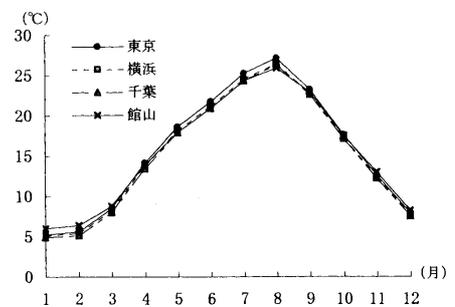
作業 3：10 年合計の月別風向別頻度から最も頻度の多い風向を月別に求め最多風向及び頻度を表にまとめる。頻度は割合（％）としておくと風向の状況が把握しやすい。

(C) 調査結果の事例

事例として、1961～1990 年の東京湾に面した都市の月別気温、月別降水量、最多風向(16 方向)及び頻度を示す。

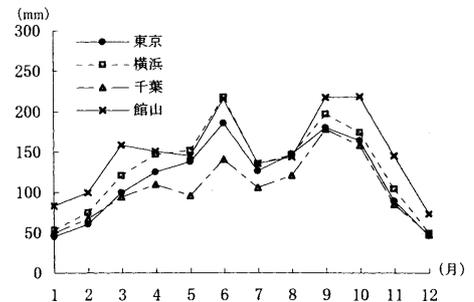
・気温

東京湾周辺の都市の気温は、8月に最も高く 25～30、1、2月に最も低く約 5 である。地域差はみられず、湾奥から湾口までほぼ同じである。



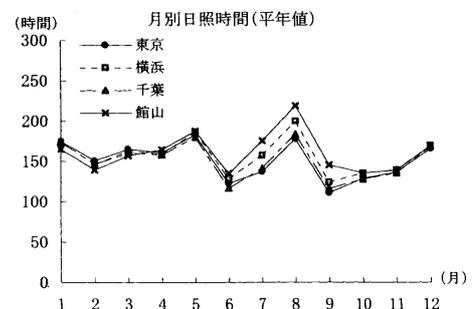
・降水量

東京湾周辺の都市の降水量は冬季に少なく、梅雨及び台風シーズンに多い。湾口部で多く、湾奥部で少ない傾向がみられる。



・日照時間

東京湾周辺の都市の日照時間は、月 100～250 時間であり、梅雨及び台風シーズンに短い傾向がみられる。地域差はほとんどみられないものの、夏季に湾奥部よりも湾口部で長い傾向がみられる。



注) 1961年～1990年までの30年間の平年値で示した。
出典: 日本気候表 その1、平成3年3月、気象庁

・風 向

東京湾周辺の都市の風向春から夏には南から南西方向の海からの風が多く、秋から冬には北から北北西の陸からの風が多く吹く。

(1961~1990)

地点	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	統計年
東 京		NNW 37	NNW 35	NNW 29	NNW 14	S 17	S 15	S 17	S 17	N 19	NNW 26	NNW 32	NNW 37	NNW 21	16
横 浜		N 35	N 35	N 33	N 19	N 14	SSW 13	SSW 13	SSW 17	N 25	N 34	N 33	N 35	N 24	16
千 葉		NNW 18	NNW 16	NNW 14	NNE 12	SE 12	SSW 14	NE 11	S 11	NNE 17	NNE 19	NNE 20	NNE 20	NNE 13	9
館 山		SSE 13	NNE 12	NNE 11	SW 10	SW 13	SW 14	SW 16	SW 15	SW 10	NNE 14	SSE 113	SSE 18	SSE 10	16

出典：気象海象要覧 東京湾（改訂版），1994年，（財）日本気象協会研究所

(3) 社会的条件

負荷は、光合成による基礎生産に始まる食物連鎖の源であり、物質循環の駆動源である。海健康状態を把握する上で重要な項目である。

ここでは、人間活動によって海域に供給される負荷について、流入負荷量の算定を行うとともに、土地利用、污水处理場整備状況及び人口分布といった流入負荷に関する情報について経年的に整理する。

整理した負荷についての情報は、一次検査の物質循環の円滑さを評価する滞留時間と負荷に関する指標の検討に利用される。また、総合評価における海湾環境への影響等の判断材料として活用する。

(A) 使用データ

- ・ 流量年表
- ・ 公共用水域調査結果（河川）の COD、T-N、T-P
- ・ 土地利用に関する資料
- ・ 污水处理場の整備状況に関する資料
- ・ 人口分布に関する資料

(B) 調査手法

(i) 流入負荷

河川からの流入負荷について、年間総量の経年変化を整理する。流入負荷は、海湾に流入する河川から、比較的規模の大きな河川を抽出し算定する。

海湾に流入する厳密な負荷量を算定するには、河川に加えて、下水処理場や工場・事業所の排水をも積算する必要がある。これらのうち一般に公表されているデータは河川流量のみであり、しかも比較的容易に入手できるデータは一級河川に限られてしまう。一級河川の場合は、次式に示すように、一級河川の流量に河川水質濃度を掛け合わせた総和を流入負荷量として算定する。流量は流量年表から月ごとの流量を整理する。水質

濃度は公共用水域調査結果から月ごとの COD、T-N、T-P の濃度を整理する。流量と水質濃度を掛け合わせて月ごとの流入負荷量を算定し、合計したものを年間流入負荷量とする。

$$\text{〔流入負荷量〕} = \sum \text{〔一級河川流量〕} \times \text{〔一級河川水質濃度〕}$$

一級河川以外の河川の場合は、河川流量及び COD、T-N、T-P の現地調査を行い、年間流入負荷量を算定する。調査頻度は月ごとが望ましいが、四季調査で算定しても良い。

(ii) 土地利用の変遷

土地利用に関する資料を収集し、陸域の森林、畜産、宅地及び工業用地等の土地利用の変遷を 10 年間隔で整理する。

(iii) 汚水処理場整備状況

汚水処理場の整備状況に関する資料を収集し、整備率及び処理能力について経年的に整理する。

(iv) 人口分布の変遷

河川から流入する負荷は、人間活動によるものが多いことから、人口分布に関する資料に基づき、海湾周辺の人口分布の変遷を整理する。

(C) 調査結果の事例

流入負荷について、例として有明海のデータを整理した。図 II-2には、COD、T-N および T-P の流入負荷量と湾内平均濃度の推移をあわせて表示した。近年、流入負荷量は減少傾向にあるものの、水質濃度は横ばいもしくは微増している傾向がみられる。

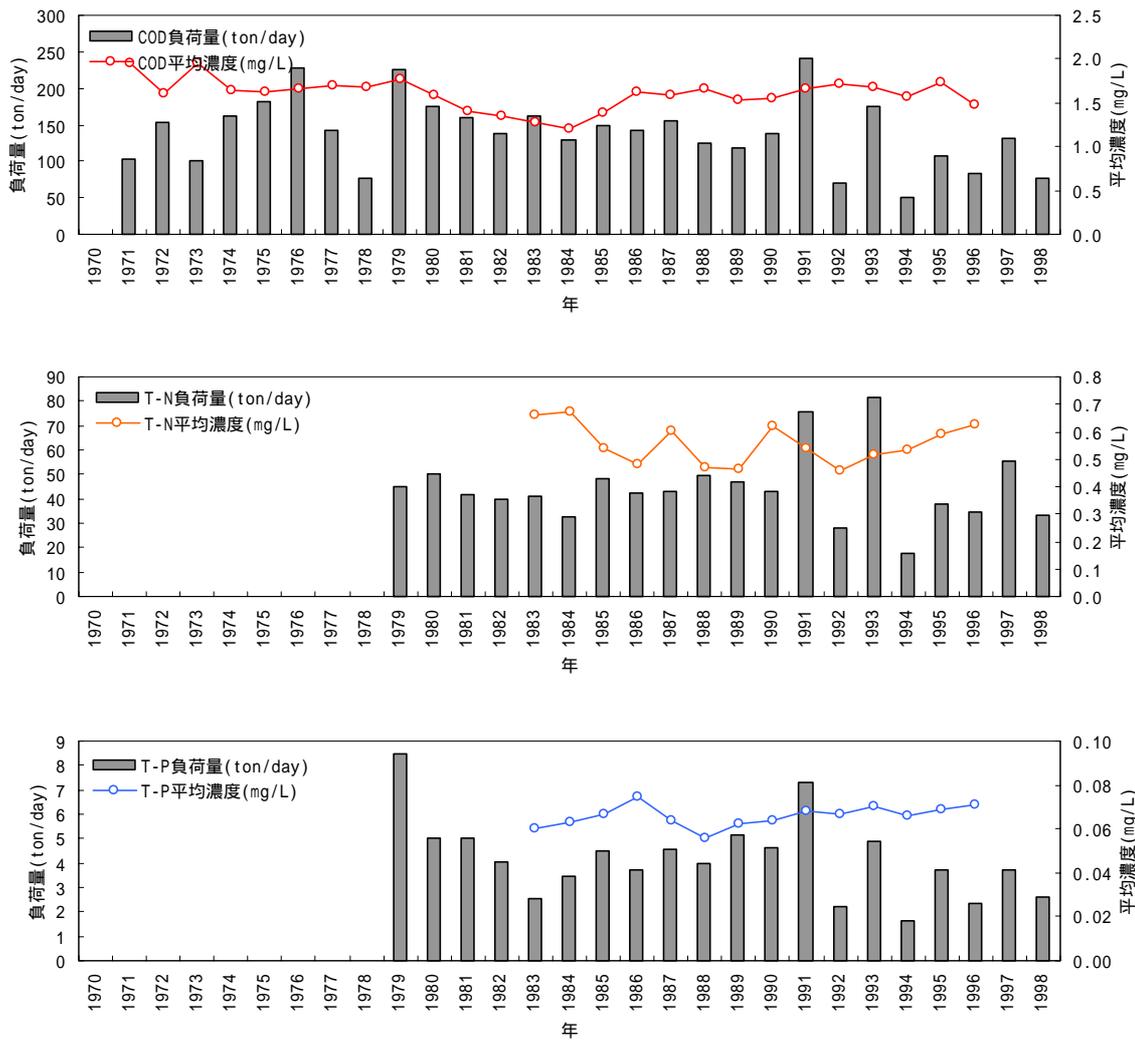


図 II-2 有明海における流入負荷量と水質濃度の経年変化

(D) 注意点

流量年表を用いて流入負荷量を算定する場合は、経年的な推移の傾向は把握できるが、流入負荷量が過小評価される場合があるので注意する必要がある。

(4) 歴史的条件

陸域における土地利用、海域利用及び有害物質等による海域汚染に関する資料を収集し、利用の変遷及び海域汚染の履歴について整理し、総合評価における海湾環境への影響等の判断材料として活用する。

(A) 使用データ

- ・土地利用に関する資料
- ・農林水産統計年報

作成機関：農林水産省統計情報部

入手方法：社団法人全国農林統計協会連合会へ注文する。

社団法人全国農林統計協会連合会

〒153-0064 東京都目黒区下目黒 3-9-13

TEL03-3495-6761 FAX03-3495-6762

使用データ：漁業地区別養殖業別漁獲実績

(漁業地区別のデータがない場合がある)

・油の流出及び有害物質の流入に関する資料

(B) 調査手法

(i) 土地利用の変遷

土地利用の変遷については、社会的条件で整理した内容を利用する。

(ii) 海域利用の変遷

海域利用については、農林水産統計年報に基づき養殖施設の設置数及び収穫量について経年的に整理し、海域環境の変化についての判断材料とする。

(iii) 有害物質等による汚染履歴

船舶事故等による油の流出及び工場排水等からの有害物質の流入について、資料を整理し、海湾における有害物質等の汚染状況を把握する。

(5) 管理的条件

調査対象とする海湾に隣接する自治体（都道府県及び市町村）、海湾に位置する港湾等の管理者を整理し、対象海湾の利用者を把握するとともに、「海の健康診断」の検査体制を検討するための検討材料とする。

2.2 一次検査

一次検査は、簡便な手法により海湾が健康か不健康かを評価する。

検査項目は「生態系の安定性」の指標となる項目と「物質循環の円滑さ」の指標となる項目で構成する。一次検査の検査項目を図 II-3 に、一次検査項目の概要を表 II-3 に示す。

「生態系の安定性」については“生物組成”、“生息空間”及び“生息環境”の3つの視点から以下の6つの検査項目で検査を行う。

「物質循環の円滑さ」については、“負荷”、“海水交換”、“基礎生産”、“堆積・分解”及び“除去”の5つの視点から7つの検査項目で検査を行う。

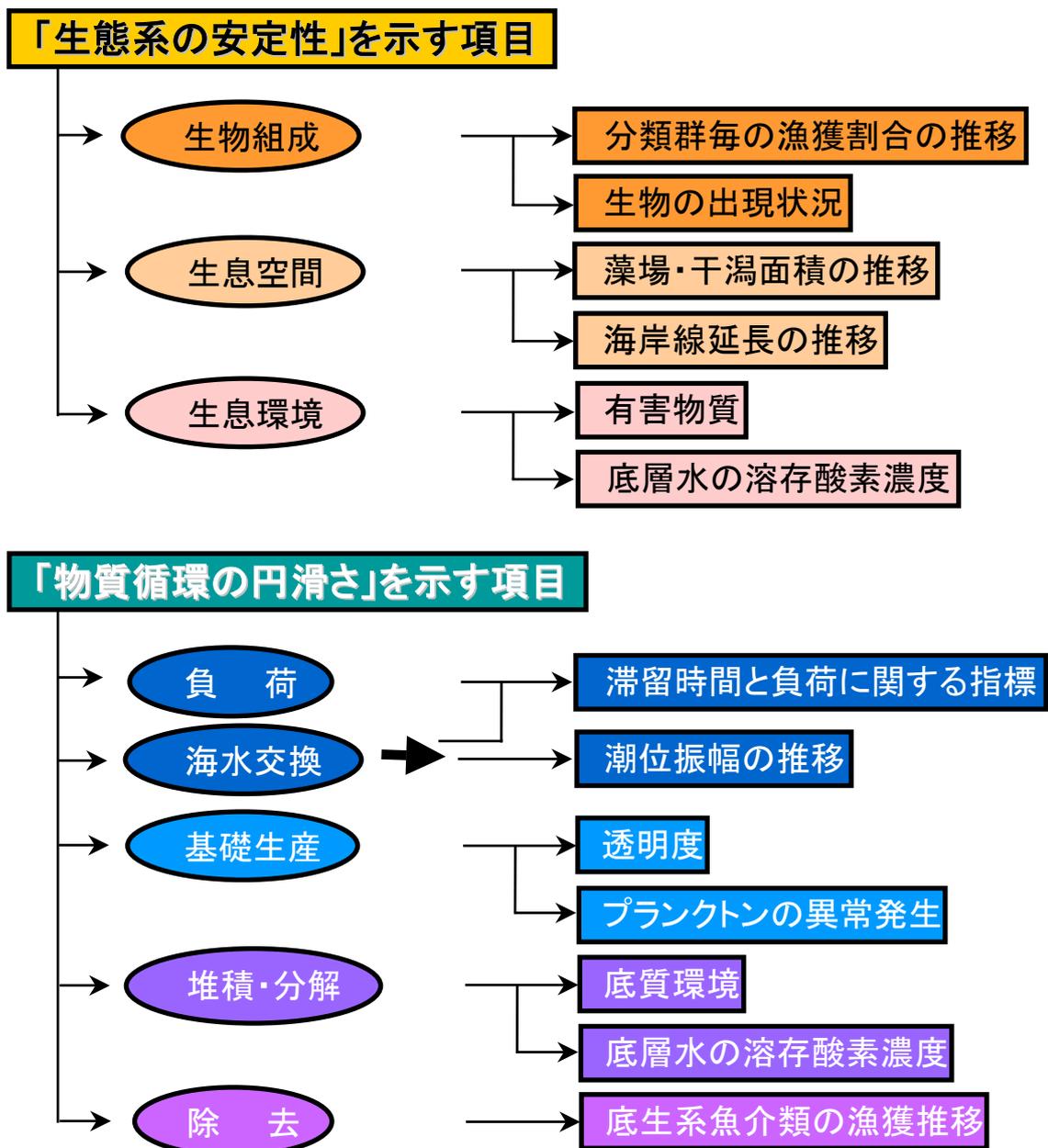


図 II-3 健康診断項目

表 II-3 一次検査項目の概要

	視 点	番 号	評価項目	調査方法	調査結果の見方	評価方法
【生態系の安定性】を示す項目	生物組成	生態-1	分類群毎の漁獲割合の推移	農林水産統計年報に基づき最近 10 年間の魚種別漁獲量を整理する。最近 10 年の平均値と最近 3 年間の平均値を整理し、分類群毎の漁獲割合を比較する。分類群は浮魚、底魚、底生生物、貝類、海藻類、海藻養殖とする。	漁獲割合の一番大きい分類群の割合の変化に着目する。	・最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値とを比較し、漁獲割合の一番大きい分類群の割合が 20% 以上変化していれば×
		生態-2	生物の出現状況	干潟や岩礁域等の沿岸域を目視及び聞き取り調査を行い、生物の生息をチェックする。	良好な環境を好む生物がどの程度生息しているのかに着目する。	・生物チェックシートに記載された生物が生息していなかったら×
	生息空間	生態-3	藻場・干潟面積の推移	環境省の自然環境保全基礎調査に基づき、藻場及び干潟の面積の推移を整理する。 面積についてのデータがない場合は、聞き取り調査を行う。	藻場・干潟の面積の変化に着目する。	・藻場・干潟のそれぞれの面積が 20% 以上減少していれば×
		生態-4	海岸線延長の推移	環境省の自然環境保全基礎調査に基づき、海岸線の形状(自然・人工)の推移を整理する。	海岸線の形状の変化に着目する。	・人工海岸が 20% 以上存在していれば×
	生息環境	生態-5	有害物質	公共用水域水質測定結果に基づき健康項目を整理する。 生物については、奇形等の異常個体、有害物質が原因で個体数が減少した種の報告例等を整理する。	水質基準等と照らし合わせる。 異常個体等の報告例の有無に着目する。	・最近5年間で(環境)基準値もしくは評価値を上回ってれば×
		生態-6	底層水の溶存酸素濃度	公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査に基づき底層の溶存酸素濃度の経年変化を整理する。	溶存酸素濃度が 3mL/L 以下を貧酸素状態とし、貧酸素状態の頻度に着目する。	・貧酸素比率が最大で 50% を超えていけば×
【物質循環の円滑さ】を示す項目	負荷 海水交換	物循-1	滞留時間と負荷に関する指標	湾内に流入する単位体積あたりの負荷量と海湾の平均滞留時間との関係を 2 次元のグラフ上で整理する。	C ₀ というパラメータで適正な負荷量を判断するとともに、高負荷滞留型・低負荷交換型という海湾の特徴を捉える。	・各水質項目の C ₀ が以下の基準値を越えていけば×
		物循-2	潮位振幅の推移	気象庁の潮位表などから検潮所における潮位データを整理する。整理する項目は朔望平均の満潮位と干潮位でその差を持って潮位振幅とする。またそれらの経年変化を整理する。	潮位振幅の変化に着目する。	・COD 0.2mg/L、T-N 0.2mg/L、T-P 0.02mg/L ・潮位振幅の減少が 10 年間で 5cm 以上であれば×
	基礎生産	物循-3	透明度	公共用水域水質測定結果に基づき透明度の経年変化を整理する。	透明度の変化に着目する。	・最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値との差が±20cm 以上であれば×
		物循-4	プランクトンの異常発生	既存資料に基づき、赤潮の発生件数の経年変化を整理する。 赤潮調査を行っていない場合は、聞き取り調査を行う。	赤潮の発生の有無に着目する。	・赤潮が発生していれば×
	堆積・分解	物循-5	底質環境	底質をコアサンプラーや採泥器で採集する。	性状や生物の有無を中心に底質の臭いや色にも着目する。	・底質の臭い及び色調に異常があれば×
		物循-6	底層水の溶存酸素濃度	公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査に基づき底層の溶存酸素濃度の経年変化を整理する。	溶存酸素濃度が 0.5mg/L 以下を無酸素状態とし、無酸素状態の頻度に着目する。	・生物がいなければ×
	除去	物循-7	底生系魚介類の漁獲推移	農林水産統計年報に基づき最近 10 年間の底生系魚介類の漁獲量を整理する。整理する底生系魚介類は底魚、底生生物、貝類とする。	漁獲量の変化に着目する。	・無酸素比率が 0 でなければ×(無酸素水塊(溶存酸素濃度 0.5mg/L 以下)が出現していれば×) ・最近 10 年間の平均漁獲量と最近 3 年間の平均漁獲量を比較して、20% 以上変化していれば×

2.2.1 【生態系の安定性】を示す項目

以下には【生態系の安定性】を示すそれぞれの項目について評価・解析方法を示す。さらにデータが存在する項目については、代表6海湾について具体的な数値を示す。

【生態系の安定性】を示す項目は合計6項目で評価を行うが、

1. 生物組成
2. 生息空間
3. 生息環境

という3つの観点から評価項目を選定している。【生態系の安定性】を示す項目の一覧を表II-4に示す。

表 II-4 【生態系の安定性】を示す項目の一覧

観点	番号	指標項目	調査方法	調査結果の見方
生物組成	生態 - 1	分類群毎の漁獲割合の推移	農林水産統計年報に基づき最近10年間の魚種別漁獲量を整理する。最近10年の平均値と最近3年間の平均値を整理し、分類群毎の漁獲割合を比較する。分類群は浮魚、底魚、底生生物、貝類、海藻類、海藻養殖とする。	漁獲割合の一番大きい分類群の割合の変化に着目する。
	生態 - 2	生物の出現状況	干潟や岩礁域等の沿岸域を目視及び聞き取り調査を行い、生物の生息をチェックする。	良好な環境を好む生物がどの程度生息しているのかに着目する。
生息空間	生態 - 3	藻場・干潟面積の推移	環境省の自然環境保全基礎調査に基づき、藻場及び干潟の面積の推移を整理する。面積についてのデータがない場合は、聞き取り調査を行う。	藻場・干潟の面積の変化に着目する。
	生態 - 4	海岸線延長の推移	環境省の自然環境保全基礎調査に基づき、海岸線の形状（自然・人工）の推移を整理する。	海岸線の形状の変化に着目する。
生息環境	生態 - 5	有害物質	公共用水域水質測定結果に基づき健康項目を整理する。生物については、奇形等の異常個体、有害物質が原因で個体数が減少した種の報告例等を整理する。	水質基準等と照らし合わせる。異常個体等の報告例の有無に着目する。
	生態 - 6	底層水の溶存酸素濃度	公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査に基づき底層の溶存酸素濃度の経年変化を整理する。	溶存酸素濃度が3mL/L以下を貧酸素状態とし、貧酸素状態の頻度に着目する。

(1) 分類群毎の漁獲割合の推移(項目番号:生態-1)

(A) 調査趣旨

漁獲割合は海湾に生息する生物構成の指標となり、分類群(後述)ごとの構成が安定していれば生態系の擾乱が少ないということを意味する。

(B) 使用データ

農林水産統計年報

作成機関：農林水産省統計情報部

入手方法：社団法人全国農林統計協会連合会へ注文する。

社団法人全国農林統計協会連合会

〒153-0064 東京都目黒区下目黒 3-9-13

TEL03-3495-6761 FAX03-3495-6762

使用データ：漁業地区別魚種別漁獲量及び養殖業別漁獲量

(漁業地区別あるいは魚種別のデータがない場合がある)

(C) 調査手法

農林水産統計に基づき、最近 10 年間の魚種別漁獲量を整理する。最近 10 年の平均値と最近 3 年間の平均値を整理し、分類群毎の漁獲割合を比較する。分類群は浮魚、底魚、底生生物、貝類、海藻類、海藻養殖とする。漁獲対象種を分類する方法は表 II-5 に示すとおりである。

表 II-5 漁獲対象種の分類

浮魚	イワシ類、アジ類、サバ類、ブリ類などの回遊性の魚類で遠洋・沖合漁業で漁獲されるマグロ類やカジキ類は除外している。
底魚	上記、浮魚を除く魚類で同様に遠洋・沖合漁業で漁獲されるマグロ類やカジキ類は除外している。ヒラメ類やタイ類など。
底生生物	エビ類、カニ類、タコ類、イカ類、ウニ類やその他の水産動物。
貝類	アワビ類、サザエ類、ハマグリ類、アサリ類
海藻類	ワカメ類、テングサ類などの採藻による漁獲
海藻養殖	ノリ養殖などの海藻類の養殖

一方、構成割合の算定にあたっては、構成要素の推移を認識しやすいように、上記のように分類した分類群をさらに組み合わせて、以下の 3 つに分類する。

浮遊系 = 浮魚

底生系 = 底魚 + 底生生物 + 貝類

海藻 = 海藻(漁獲) + 藻類養殖

分類群毎の漁獲割合の推移をみることにより、魚類を中心とした高次の海生生物の生息状況やそれらを取り巻く生態系の安定性を把握することができる。しかしながら、漁獲量はその海湾の健康状態を反映する一方で、浮魚などの外海からの移入が大きく変化することにより変動する。このような影響を除くために過去 10 年間にわたる平均的な漁獲割合を算定しておき、その平均値と調査対象年次の漁獲割合の比較して評価を行うこととする。

(D) 調査結果の評価手法

調査結果の評価に際しては、「分類群別の漁獲割合が大きく変化していないか。」という観点で評価を行うものとする。

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値とを比較し、漁獲割合の一番大きい分類群の割合が、20%以上変化していないこと。

ここで、分類群のうちイワシ類等のように一般に自然状態で資源量の変動が大きい種を含んでいる浮魚類についても、一次検査では、上記の評価基準を適応し、二次検査の再検査で照査に検討することとする。

(E) 調査結果の事例

分類群毎の漁獲量の推移を図 II-4 に示す。ここでは、昭和 55 年(1980 年)、平成元年(1989 年)および平成 10 年(1998 年)のおよそ 10 年ごとの 3 つの年代で算定した。一方、図 II-5 には漁獲割合の変遷を整理した。算定した年代は分類群別の漁獲量と同年代である。円グラフの大きさは昭和 55 年に対する相対的な漁獲量を示す。

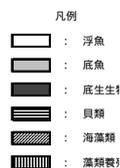
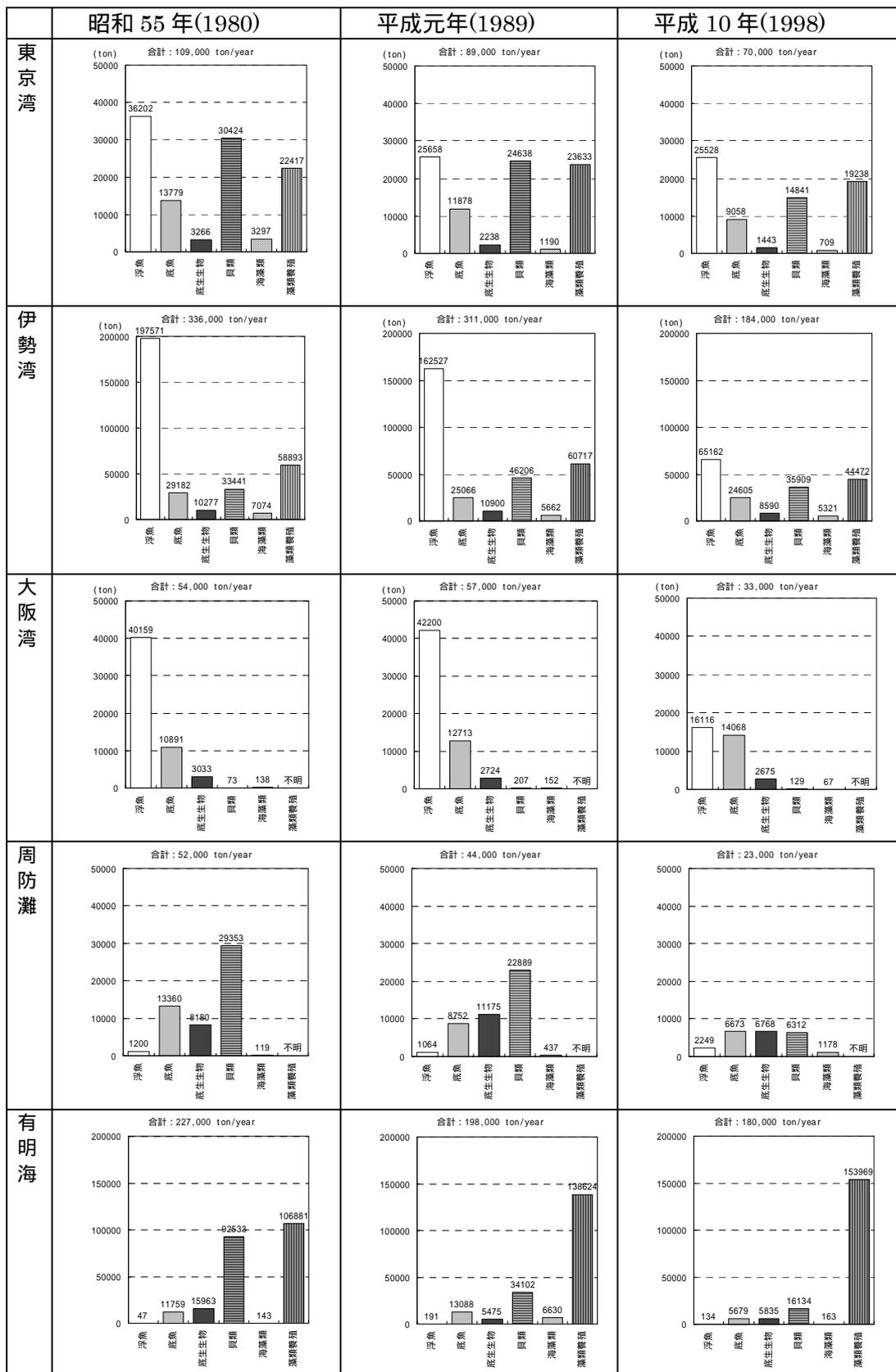
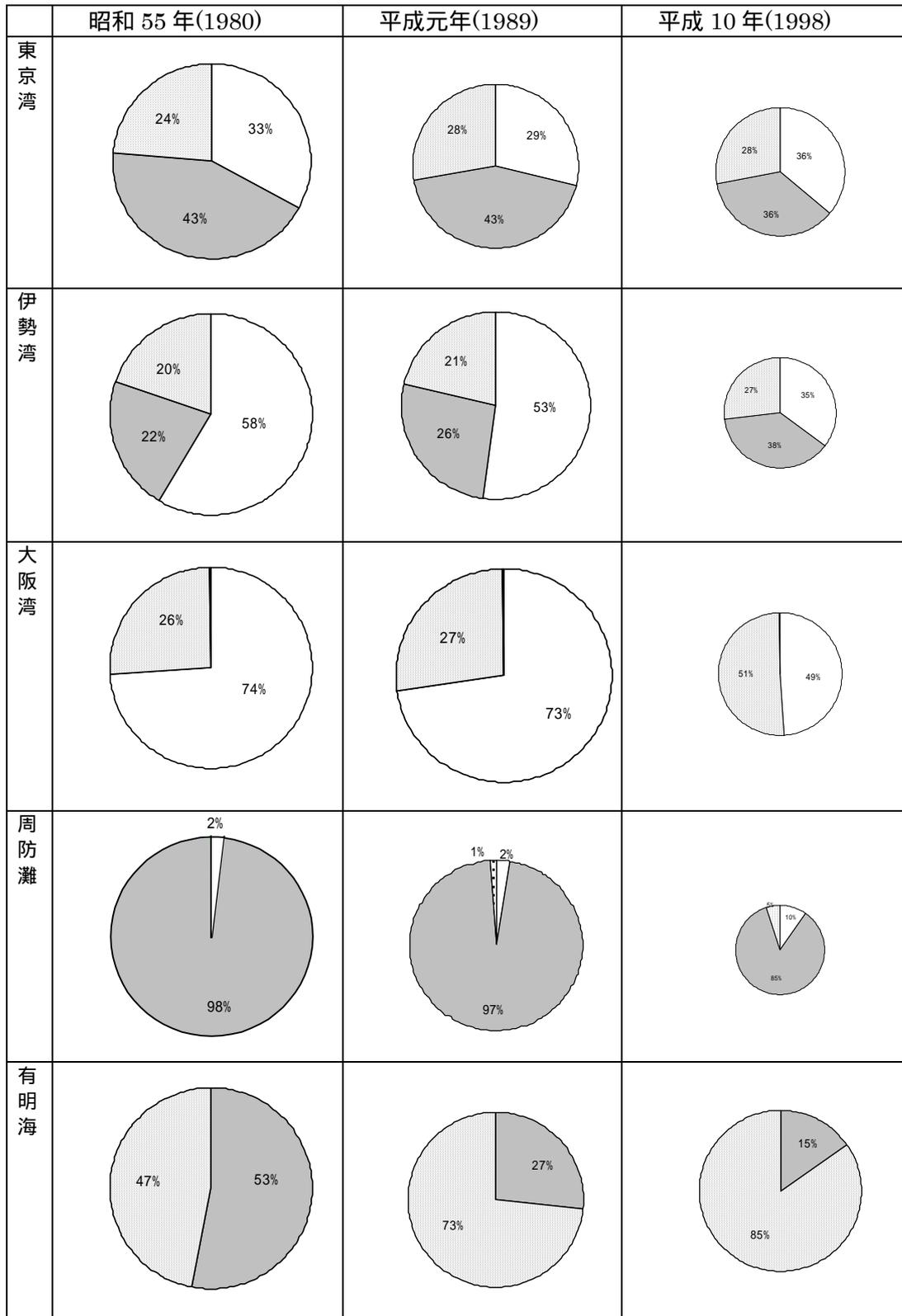


図 II-4 分類群別漁獲量の変遷



凡例

- : 浮遊系
- : 底生系
- : 海藻

図 II-5 漁獲割合の変遷

(F) 注意点

まず、海湾に生息する魚類の資源量に関わらず漁業者数の変化などの社会的要因によりデータが影響を受ける点が挙げられる。この点については、漁獲努力等で補正しても正確な見積もりが困難であることから、注意しながらデータを取り扱うこととする。

また、対象海湾の空間的なスケールが小さくなると、海湾内の漁業者による水揚げ高が対象海湾内の資源量を反映していない場合も想定される。この場合は、対象海湾で操業している漁業者へ聞き取り調査を行い、対象海湾での漁獲量が総漁獲量占める割合を把握し、対象海湾での漁獲量及び漁獲割合を推定する。

(2) 生物の出現状況(項目番号:生態-2)

(A) 調査趣旨

環境に対応して生物が生息していることから、生物の生息の状況や変化から環境の状況や変化を評価できる。さらに、生物の食物連鎖構造はピラミッドで表現でき、低次ほど生物量が多く、高次ほど生物量が少ないピラミッド型が理想であり、安定しているといえる。ここでは、海湾に生息する海洋生物の出現状況を簡単に把握することで、その海湾における比較的低次の食物連鎖構造が安定しているかどうかをチェックする。

(B) 使用データ

対象海湾において現地調査を行い、データを取得する。

(C) 調査手法

(i) 調査対象とする海域環境

海湾が保持している磯や干潟といった「場」は、生物にとってその生息を決定付ける重要な要素であり、同じ海湾でも場所によって生息する生物が多種多様である。直立した基質の表面には、潮がごくわずかにかかるだけの潮上帯から、潮が常にかぶっている潮下帯までの、ほんの1~2mほどの高さではあるが、それぞれの環境を好む多様な生物が層状に群集を構成している。また、傾斜のゆるい干潟などでは、同様な環境が水際線まで延々と連続しているが、磯の下や隣接する構造物の陰、地盤が砂か泥かの違いで様々な生物が潜んでいる。このように、環境や基質の違いによって様々な生物が生息しているので、調査をするときはできるだけ多様な環境を調べることが必要である。

一般的に、内湾域にみられる基質といえば、1. 磯場、2. 砂浜 3. 干潟(泥干潟・砂干潟)、4. 人工護岸、5. 海底(泥・砂)、6. 海草場(アマモ・コアマモ場)、7. リーフ、8. マングローブの8つほどが考えられる。6の海草場(アマモ・コアマモ場)はアマモ・コアマモ場は、多くの魚介類が摂餌、産卵、幼稚魚の育成場として利用しており、アマモ・コアマモが存在するということが、そこに依存する生態系が健全であると判断される。また、7の熱帯・亜熱帯地方の内湾域におけるリーフでは、造礁サンゴやウミトサカなどが群生し、生息する生物も多種多様で、生態系の安定性が非常に高いものであると判断できる。さらにヒルギやオヒルギといった8のマングローブと称される植物が群生する熱帯地方の河口域では、複雑に入り組んだ根の隙間や樹上を生活の場として、海洋生物に限らず、様々な生物が生活している。サンゴ礁域と全く正対的な富栄養環境であるが、この生態系が成立している背景には、リターなどの有機物とそれらを消費するマングローブをはじめとする植物やデトリタス食生物が、絶妙のバランスを保ちながら共存していることの証しでもある。従って、これらの3つの環境が存在すれば、その場の生態系は安定に保たれていると判断できるので、調査は行わない。

調査を行う際には、前に挙げた5つの場（磯場、砂浜、干潟、人工護岸、海底）をできるだけ含むようにすることが望ましい。

(ii) 調査対象とする生物

内湾環境における食物連鎖の中で発生、あるいは生産され、多くの生物の餌となっているものは、1. 動・植物プランクトン、2. 懸濁物および堆積物中の有機物、3. 海藻類および小型の動物の3つに代表される。これらは内湾で消費されないと、環境に様々な弊害をもたらすものもある。つまり、これらを消費する生物が生息していることで食物連鎖が正常に行われ、内湾の生態系は安定を保つことができる。

(a) プランクトンを食べる生物

フジツボなどの甲殻類は触手を利用してプランクトンを食べる。アサリなどの二枚貝は、海水をろ過することにより、プランクトンを濾しとって食べる。これらの生物の生息をチェックすることにより、プランクトンを食べる生物がきちんと生息しているかどうかを確かめる。

(b) 懸濁物および堆積物中の有機物や、死肉などを食べる生物

干潟や海底に生息するゴカイ類は、泥や砂といっしょに有機物を取りこんで、栄養分だけを吸収する。また、フナムシは打ち上げられた魚の死肉や海藻類などを食べて分解する働きをしている。これらの有機物を利用する生物をチェックすることで、分解者としての働きをする生物が生息しているかどうかを確かめる。

(c) 海藻（草）類や貝類を食べる生物（および海藻類の生息）

ウニ類や巻貝の仲間は、海藻（草）類を主食にしているものが多い。これらの動物の生息をチェックし、海藻（草）類を食べる生物がきちんと生息しているかどうかを確かめる。しかし、ウニ類などによる海藻（草）類の食害により、磯焼け現象が起きていることも考えられるので、海藻（草）類の生息状況もあわせてチェックする。

(D) 調査時期

生物は水温が高い夏季に活発に活動する。岩の隙間に生息する生物や穴の中に棲む生物は地表に出てきて活動するため、夏季に調査をすると生物も見つけやすい。従って、基本的には6月から9月ごろにかけて調査をすることが望ましい。しかし、アラメやカジメなどの海藻類は、秋から冬にかけて繁茂するため、海藻をチェックする磯場では秋季または冬季にも調査を行う。

(E) 調査範囲および時間帯

(i) 磯場

磯場の形態にもよるが、少なくとも潮上帯から潮間帯を含む 20m × 20m ほどのエリアを調査する。時間帯はできるだけ潮間帯が露出している干潮時を狙って行う。

(ii) 砂浜

調査エリアは、砂浜が始まる場所から水際線まで、幅約 20m くらいの範囲を歩き、ところどころ砂を掘り返したり、漂着物をどこかしてみたりしながら行う。

(iii) 干潟

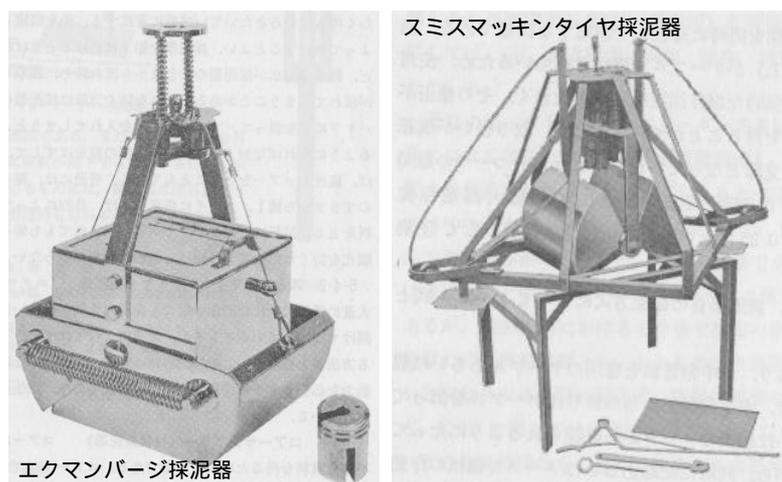
調査エリアは、干潟が始まる場所から水際線までを歩き、底質（砂か泥か）を確かめながら、幅 20m くらいを調査する。時間帯は、潮間帯が露出している干潮時でなければならない。

(iv) 人工護岸

護岸形状にもよるが、潮上帯から潮下帯を含む海岸線の 20m ほどを調査する。時間帯はできるだけ潮間帯が露出している干潮時を狙って行う。

(v) 海底

1 地点につき、最低 0.1 m²（エクマンバージ採泥器：15cm × 15cm なら 5 回分、20cm × 20cm なら 3 回分；スミスマッキンタイヤ型採泥器：22cm × 22cm なら 2 回、33cm × 33cm なら 1 回分 [図 II-6] ）の分量を調査する。



（出典：「水質汚濁調査指針」日本水産資源保護協会、1980）

図 II-6 エクマンバージ採泥器およびスミスマッキンタイヤ採泥器

(F) 調査手法

図 II-7 に示した生物チェックシートを持って、選定した場に出かけ、表に載っている生物が生息しているかどうか調べる。

出典：奥谷喬司「海辺の生きもの」山と溪谷社、1994
「決定版 生物大図鑑 貝類」株式会社世界文化社、1986
峯水亮「海の甲殻類」文一総合出版、2000
西村三郎「日本海岸動物図鑑〔 〕」保育社、1992
内海富士夫「標準原色図鑑全集 16 海岸動物」保育社、1971

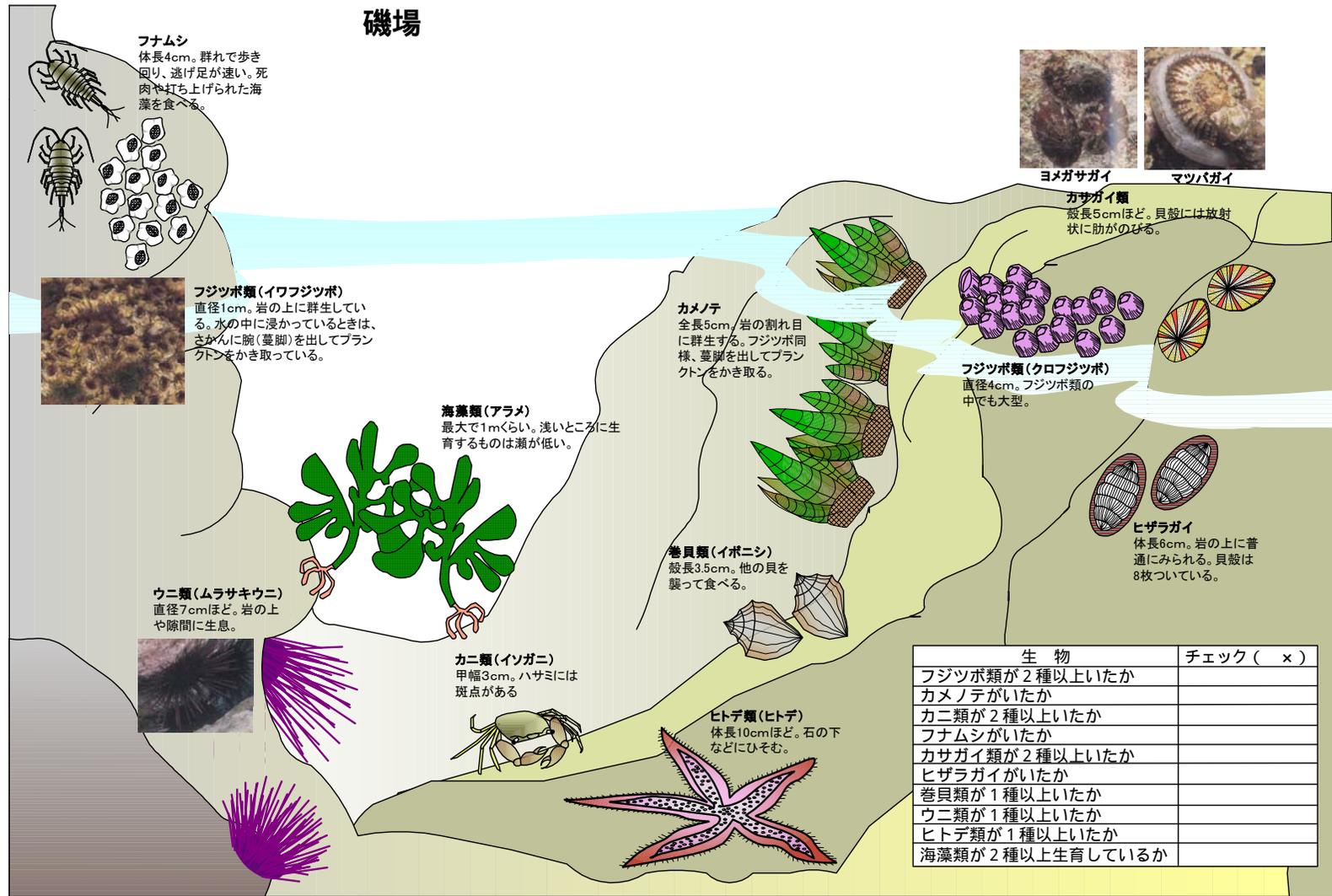


図 II-7(1) 生物チェックシート(磯場)

砂浜

カブトガニ
 全長60cm。潮下帯に生息し、夜行性。カブトガニが生息している砂浜は、生態系が良好な証である。

ハマダンゴムシ
 体長1.5cmくらい。指でつつくと死んだふりをする。浜に打ち上げられた海藻などの下に生息している。

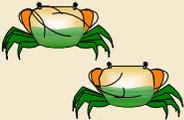
ハマトビムシ
 体長1cmくらい。素早く砂の上をとびはねる。

フナムシ
 体長4cm。群れて歩き回り、逃げ足が速い。死肉や打ち上げられた海藻を食べる。

生物	チェック (×)
フナムシがいたか	
ハマダンゴムシがいたか	
ハマトビムシがいたか	

図 II-7 (2) 生物チェックシート (砂浜)

干潟
砂質
砂泥質
泥質



カニ類(アカテガニ)
甲幅3.5cm。ハサミが赤い。干潟の奥の淡水域によく生息する。



巻貝類(ヘナタリガイ)
高さ4cmくらい。泥の場所に来る。よく似たなかま、フトヘナタリ、ウミミナなどがある。



カニ類(アシハラガニ)
甲幅3cm。がっちりした体つき。ヨシ原の中に生息。比較的簡単に見つかる。



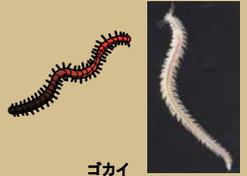
カニ類(ヤマトオサガニ)
甲幅3.5cm。泥の場所に生息。



二枚貝類(アサリ)
殻長2cm。砂の中に生息。



カニ類(コメツキガニ)
甲幅1cm。巣穴のまわりに食べカスの砂をだんごにしてばらまく。



ゴカイ
6~10cmくらい。泥の中にすむ。様々な種類がある。



カニ類(テゴガニ)
甲幅1cm。砂中の有機物を食べる。はさみを上下にふる動作をくりかえす。



トビハゼ
全長10cmくらい。泥干潟をはったりとびはねたりしている。トビハゼが見つければ、その干潟は生態系が良好であるといえる。



二枚貝類(ヤマトシジミ)
殻長1cm。泥の中に生息。



フジツボ類(シロスジフジツボ、ドロフジツボ)
甲幅1.5cmくらい。ヨシの根元や礫に付着。



礫



ヨシ原

生物	チェック (×)
フジツボ類が2種以上いたか	
二枚貝類が2種以上いたか	
巻貝類が1種以上いたか	
ゴカイ類が1種以上いたか	
カニ類が3種類以上いたか	

図 II-7(3) 生物チェックシート(干潟)

人工護岸

巻貝類 (タマキビガイ)
殻長1cmほど。潮上帯に集団で生息。水の中に入れてもすぐに這い出す。付着藻類などを食べている。

フナムシ
体長4cm。群れて歩き回り、逃げ足が速い。死肉や打ち上げられた海藻を食べる。

(フジツボ類) イワフジツボ
直径1cm。岩の上に群生している。水の中に浸かっているときは、さかんに腕(蔓脚)を出してプランクトンをかき取っている。

ムラサキイガイの群集

アナアサ

ヒトデ類 (ヒトデ)
色は変化に富む。岸壁の側面についていることが多い。

カニ類 (ヒライソガニ・トゲアシガニ)
ヒライソガニ: 甲幅3.5cmほど。
ショウジンガニ: 甲幅6cmほど。
ムラサキイガイ群集の中やアナアサに隠れていることがある。

ムラサキイガイを除く二枚貝類 (マガキ)
殻高6cmほど。岸壁や防波堤などに固着している。殻の形は変化に富む。

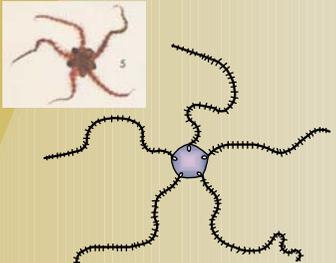
生物	チェック (×)
フジツボ類が1種以上いたか	
ムラサキイガイを除く二枚貝類が1種以上いたか	
カニ類が2種以上いたか	
フナムシがいたか	
ヒトデ類が1種以上いたか	
巻貝類が1種以上いたか	

図 II-7 (4) 生物チェックシート (人工護岸)

海底
砂質
砂泥質
泥質



ナメクジウオ
体長最大5cm。砂の中にもぐりこんで生活している。ナメクジウオが見つければ、海底の生態系は健全であるといえる。



ウニ・ヒトデ類
・クモヒトデ: 盤の直径3cmほど。長い腕を持つ。
・モミジガイ: 6cmほど。色は茶褐色や灰色をしている。
・オカメフンブク: 直径3cmほど。泥の中に生息するウニ。



オカメフンブク



甲殻類
ヨコエビ類: 体長1~2cmくらい。
イッカクモガニ: 甲長1.5cmくらい。

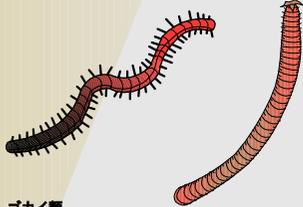


イッカクモガニ



ヒメカノコアサリ
マメグルミガイ

二枚貝類(マメグルミガイ・ヒメカノコアサリ)
4~10mmくらい。小型の二枚貝。細かい砂のところに生息している。



ゴカイ類
小さいものは1cmから、大きいものは20cmくらい。砂泥~泥質に多い。

底質		生物	チェック (×)
砂	砂	甲殻類が2種以上いたか	
	砂	二枚貝類が2種以上いたか	
泥	泥	ウニ・ヒトデ類が2種以上いたか	
	泥	ゴカイ類が2種以上いたか	

図 II-7 (5) 生物チェックシート (海底)

(G) 調査結果の評価手法

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

生物チェックシートに記載された生物が生息していること。

生物チェックシート下部のチェック欄には、場ごとに生息しているべき生物は何か、何種類くらい出現すればよいのかということが記載されている。実際に調査手法に従って調査を行い、各条件を満たしていれば、チェック欄に をつけ、条件に満たない場合は×をつけてゆく。また、砂浜のカブトガニや干潟のトビハゼ、および海底のナメクジウオなど、ある特定の種が一つ見つければ、その場の生態系が安定していると判断できるものもある。その場合は、他の生物の出現に関係無く、無条件に全て をつけることができる。

選定した場での調査が全て終了し、一つでも×がついていれば、二次検査に進む。

(H) 注意点

内湾の中には、場のバリエーションが単調で、砂浜のみしか存在しないといったような海湾もありえる。そのような場合は、同じ砂浜でも湾奥と湾口、河口に近いものと遠いものの双方を調査場に設定したりするなど、できるだけ多様な環境を調査することを心がける。

また、干潟や海底では、底質の違いで出現する生物が異なるため、砂の干潟ならチェックシートの砂の部分の生物を、泥の干潟なら泥の部分の生物を、すべての底質が揃っているなら全ての生物をチェックする。海底も同様に取り扱う。

生物チェックシートでは、汚染度が高い海域に生息するような、環境適応能力が優れている生物（例えばムラサキイガイやミドリイガイなど）は対象に設定していない。そのような生物は、二次検査で調査を行う。また、生物チェックシートでとりあげた生物は、基本的には全国のどの海湾にもたいてい生息しているであろうことを想定して記載してある。しかし、内湾に限らず、生物群集は気候や周辺の環境によって出現種がかなり異なることが多い。そのような場合は、地域特性に合わせて生物種を一部設定し直す必要もありうる。

調査場所の数が少なすぎると、診断の精度に支障がある可能性がある。どのような海湾でも、少なくとも 10 ヶ所程度は調査場所を選定し、一次診断を行うことが望ましい。また、調査範囲(エリア)の設定も、調査対象とする海湾の形状や規模などを考慮し、その海湾に応じた方法で設定する必要がある。

磯場などでは藻類の付着などで滑りやすく、砂浜や干潟では貝殻の破片が落ちていたりするなど、危険な場所での調査には特に注意を払い、怪我や事故に留意することが必要である。さらに、調査を行う場所では、漁業権などが関係する海域もあるので、事前に確認しておく必要がある。

(3) 藻場・干潟面積の推移(項目番号:生態-3)

(A) 調査趣旨

藻場や干潟は水生生物の重要な生息場であり、藻場・干潟の消長は海湾の生態系に大きな影響を与える。藻場や干潟などの生物の生息場が海湾内に安定して存在しているかどうかを簡易的に判断するために面積に着目する。

(B) 使用データ

環境省では、自然環境保全基礎調査において日本全国の藻場・干潟面積の集計を実施している。自然環境保全基礎調査は全国的な観点から我が国における自然環境の現況及び改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備するために、環境省が昭和 48 年度より自然環境保全法第 4 条の規定に基づきおおむね 5 年ごとに実施している調査である。

(i) 干潟

第 2 回基礎調査においては、現存するか、昭和 20 年までに存在していた面積 1 ha 以上の干潟を、主として地形図、空中写真の読み取りその他既存資料の収集により、また必要に応じて現地確認等を行って、その位置、面積、タイプ、環境の現況等を調査した。

第 4 回基礎調査においては、最新の分布状況と前回調査時以降の消滅状況を把握した。

(ii) 藻場

第 2 回基礎調査においては、おおむね 20m 以浅の沿岸において、現存するか、昭和 48 年までに存在していた面積 1 ha 以上の藻場について、干潟と同様の調査を実施した。

第 4 回基礎調査においては、最新の分布状況と前回調査時以降の消滅状況を把握した。

(C) 調査手法

この調査では干潟に関しては最も古いデータが 1945 年という古いデータであり、過去のデータは高度成長に伴う激しい開発以前の海湾が本来「あるべき姿」を検討する際の有効なデータとなる。干潟に関しては 1945 年時点でのデータと比較し、藻場に関しては 1978 年時点のデータと比較し、現状(最新データとして 1993 年)の藻場および干潟面積の減少率を算定する。

(D) 調査結果の評価手法

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

藻場・干潟のそれぞれの面積が20%以上減少していないこと。

(E) 調査結果の事例

図 II-8 には海湾ごとの藻場・干潟面積の推移を示した。いずれの海湾でも、藻場・干潟面積とも減少傾向にあることがわかる。干潟に関しては、かつての東京湾などは、単位海面積で評価すると、有明海などにも匹敵するような非常に干潟の多い海湾であったと推定できる。一方、大阪湾はもともと干潟面積の少ない海湾であると考えられる。

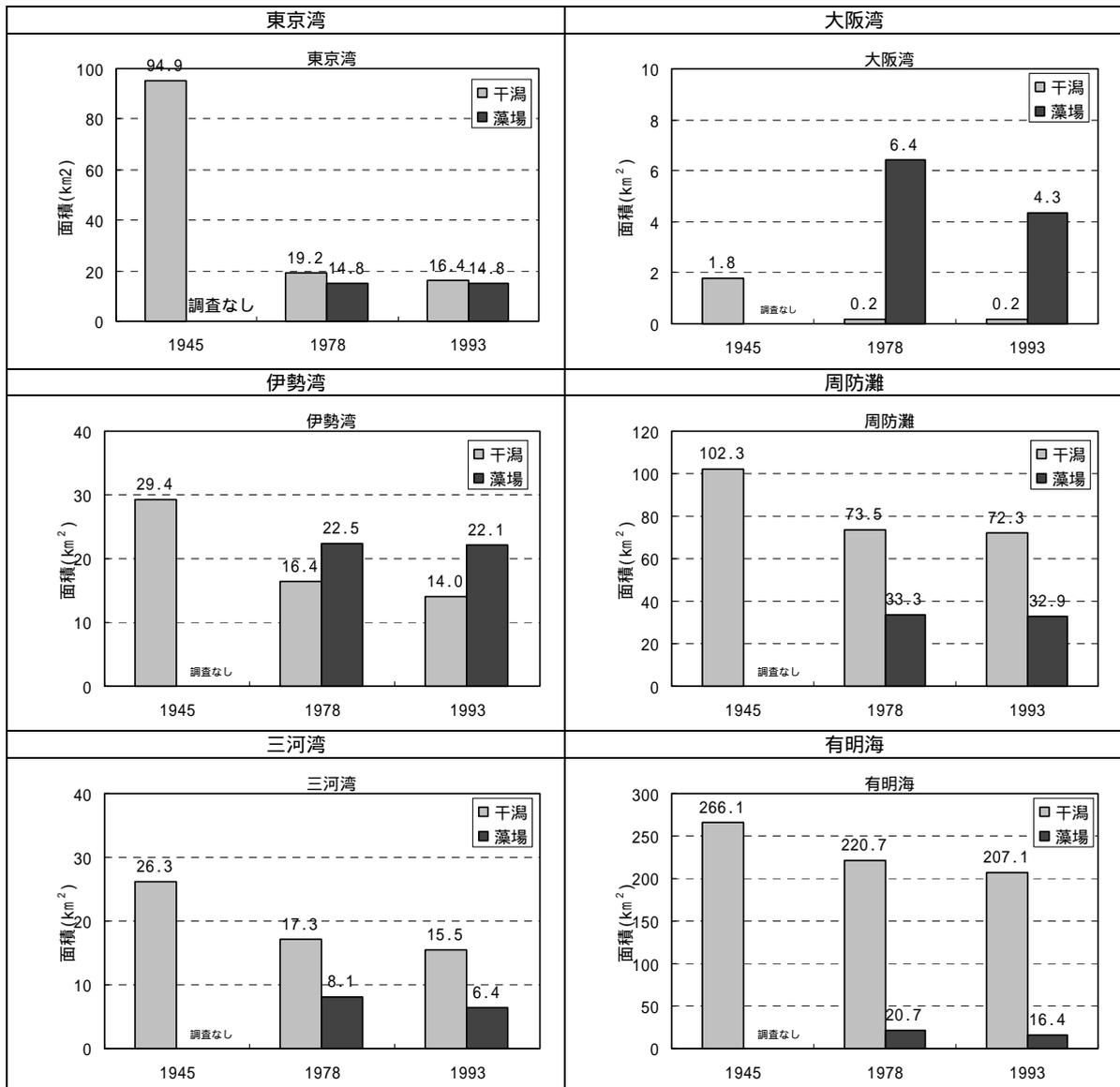


図 II-8 藻場・干潟面積の変遷

(4) 海岸線延長の推移(項目番号:生態-4)

(A) 調査趣旨

自然海岸線延長が減少している場合には、埋立てや護岸整備があり、自然海岸線特有の生態系が失われていることを意味している。これは生物の生息場所の増減を評価する指標となると考える。また同時に自然海岸線の延長を把握することにより海湾の持つ自然度を評価することができると考えて導入する。

(B) 使用データ

環境省では、自然環境保全基礎調査において日本全国の海岸線の延長をその形態別に集計を行っている。自然環境保全基礎調査は全国的な観点から我が国における自然環境の現況及び改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備するために、環境省が昭和 48 年度より自然環境保全法第 4 条の規定に基づきおおむね 5 年ごとに実施している調査である。

調査対象となった海岸線は、「全国海岸域現況調査」(建設省、昭和 50 年度)の「海岸区分計測図」に表示されている海岸線で、短径 100m以上の島を含む全国の海岸線を対象としたものである(ただし、いわゆる北方領土を含まない)。該当する都道府県は全国で 39 都道府県であった。

(C) 調査手法

環境省においては海岸線形態を自然海岸、半自然海岸、人工海岸および河口部の 4 つに整理しておりそれぞれの海岸線は表 II-6 に示すように定義されている。

表 II-6 海岸線の形態別の定義

1)自然海岸	海岸(汀線)が人工によって改変されないで自然の状態を保持している海岸(海岸(汀線)に人工構築物のない海岸)
2)半自然海岸	道路、護岸、テトラポット等の人工構築物で海岸(汀線)の一部に人工が加えられているが、潮間帯においては自然の状態を保持している海岸(海岸(汀線)に人工構築物がない場合でも海域に離岸堤等の構築物がある場合は、半自然海岸とする。)
3)人工海岸	港湾・埋立・浚渫・干拓等により人工的につくられた海岸等、潮間帯に人工構築物がある海岸
4)河口部	河川法の規定(河川法適用外の河川にも準用)による「河川区域」の最下流端を陸海の境とする。

ここでは、上記のデータを用いて全海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合を算定する。

(D) 調査結果の評価手法

人工海岸は人間社会の活動が始まる以前には、本来存在しないものである。そこで人工海岸の存在自体を重要視して、「海健康度」の評価基準は以下のように設定する。

人工海岸が 20%以上存在しないこと。

(E) 調査結果の事例

図 II-9 には、全海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合の海湾ごとの比較図を示す。ここで、各海岸の定義は以下に示すとおりであり全海岸線は自然海岸、半自然海岸、人工海岸および河川部の 4 つに整理されており、その中の 3 つを図示したものである。

海湾ごとに比較すると、周防灘では自然海岸が最も多く、人工海岸が最も少ない結果となっている。逆に大阪湾では自然海岸が最も少なく、人工海岸が最も多い結果となっている。また、1973 年に比べて 1993 年では、三河湾において自然海岸線が激減しており、自然度の急速な減少が懸念される。一方で東京湾や大阪湾は、古くから非常に自然海岸線が少なく自然度が低い海岸であることがわかる。

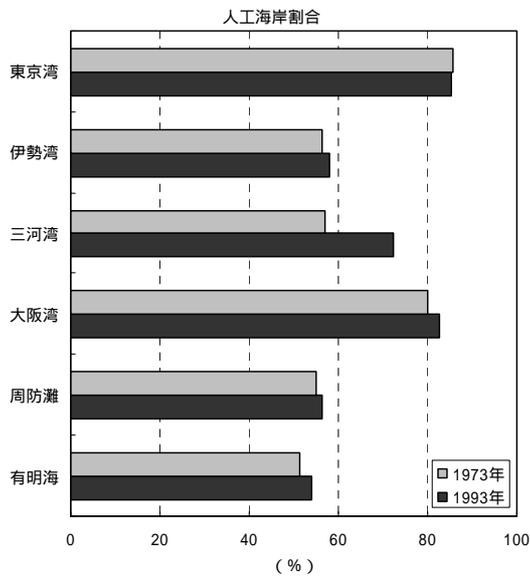
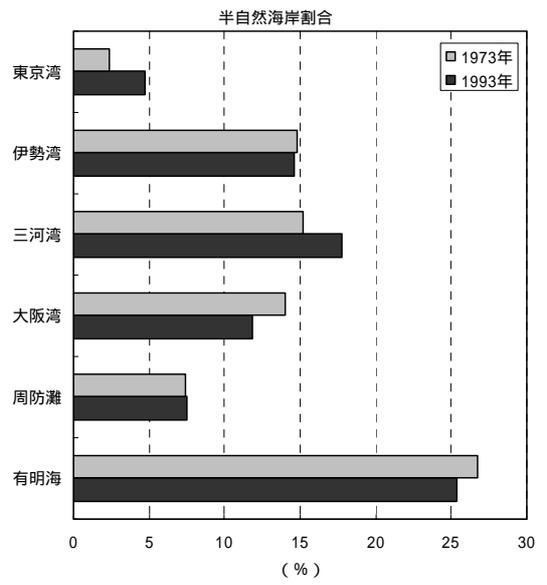
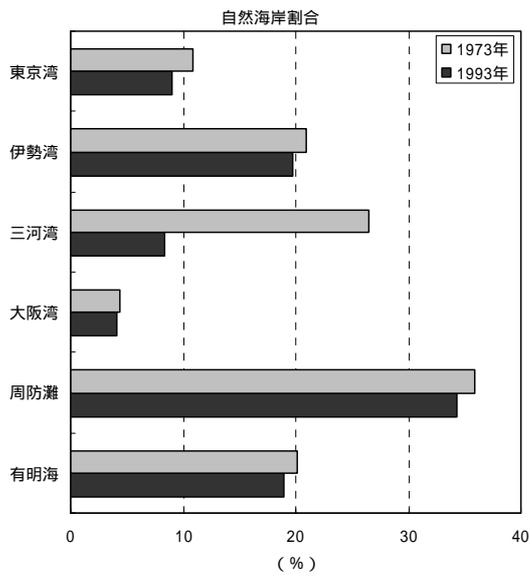


図 II-9 全海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合の海湾ごとの比較

(5) 有害物質(項目番号:生態-5)

(A) 調査趣旨

有害物質は重金属やダイオキシン類などで、そのほとんどが自然界に存在しない“体内の異物”であり、存在自体が不健康と言える。さらに、斃死や奇形など生物に悪影響を及ぼすことから、生態系の安定性を崩すものであるため、指標となりうる。

(B) 使用データ

有害物質に関しては、人体への直接的な影響も問題となるため、公共用水域水質測定調査(健康項目)、化学物質環境安全性総点検調査(水質・底質、生物モニタリング)を中心に各地方自治体主体の調査結果が比較的速やかに公表されている。特にダイオキシン、環境ホルモン等について、各自治体が積極的に情報公開しているだけでなく、一般的な新聞等でも情報を得ることができる。

(i) 公共用水域水質測定結果

作成機関：国立環境研究所 環境情報センター

入手方法：水質の年間値については、環境情報センターのホームページの「オンライン・データベース - 環境数値データベース」において全都道府県の値が公開されている。財団法人環境情報普及センターに申し込めば年間値もしくは元データが実費頒布で磁気情報として入手可能である。また、各都道府県の刊行物として各年度の調査結果が販売されているが、発行部数はあまり多くはないようである。

(ii) 化学物質環境安全性総点検調査

作成機関：環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課

入手方法：「化学物質と環境」という年次報告書が市販されており、その中に調査結果が掲載されている。また、環境省のホームページにおいても「化学物質と環境」の概要が掲載されている。

(C) 調査手法

一次診断では、既存の情報を整理し、直近5年間の実測値と生物の奇形個体の報告例について調査する。二次診断への判定については以下に示すとおりとする；

- ・基準値が設定されている項目については、その値と直近5年間の実測値を比較し、上回っていれば二次診断において、より詳細な調査を行う。基準値がない項目(例えば環境ホルモンや底泥中のダイオキシン濃度)については、一般的に判断に用いられている値を目安とする。

- ・海湾および流入河川に生息する生物種について、過去 5 年以内に奇形個体の報告例が確認された場合は、二次診断において、より詳細な調査を行う。また、オスのメス化（またはその逆）等により個体数が減少もしくは姿を消した生物種についての報告例も調査対象とする。

調査範囲は、河川水、海水、底泥、生物とする。

(D) 調査結果の評価手法

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

- ・最近 5 年間で（環境）基準値もしくは評価値を上回っていないこと。
- ・最近 5 年間で奇形等異常個体の報告例がないこと。
- ・最近 5 年間で有害物質が原因で個体数が減少もしくは姿を消した種の報告例がないこと。

(E) 調査結果の事例

基準値による判断の例として、図 II-10 に各健康項目別の不適合率の推移を示す。これによると、昭和 60 年以降、不適合率はほぼ横這いであり、平成 9 年については、全項目の達成率は 99.5%であった。不適合項目としては、鉛、砒素、ジクロロメタン、トリクロロエチレンがあげられる。健康項目の調査結果において不適合項目がみられた海域については、二次診断の対象とする。環境ホルモンについては、東京都内分泌かく乱化学物質専門化会議の発表によると、東京都では平成 10、11 年の調査において、水・底質中で 19 物質（調査項目 66 物質）検出され、魚介類で PCB 等 6 項目（調査項目 13 物質）検出された。また、有明海では環境省の平成 11 年度調査で河川から PCB 等 5 種類の環境ホルモン物質が検出され、タイラギ、アサリの個体からも TBT が検出されている。このような公表結果から一次診断の評価を判定する。

(6) 底層水の溶存酸素濃度(項目番号:生態-6)

(A) 調査趣旨

貧酸素、無酸素状態は生態系を構成する全ての生物に深刻なダメージを与える。特に海湾において底層ほど溶存酸素濃度は低く、底層の溶存酸素濃度は底生系生物の生息環境の状態を示す指標として評価可能である。ここでは、生物の生息環境の観点から生息に決定的なダメージを与えると考えられる値として、貧酸素水塊の定義は 3ml/L (= 4.2mg/L) 以下とする。

(B) 使用データ

公共用水域水質測定結果および各自治体の実施している浅海定線調査を使用する。

公共用水域水質測定結果とは、水質汚濁防止法により義務付けられた自治体の公共用水域の水質調査であり、その公表も義務付けられているものである。調査対象の水質項目は多岐にわたり非常に多いが、同じ観測点では鉛直方向の観測層数が少ない。原則として月に1回程度実施されている。

浅海定線調査は、各自治体の水産部局において実施されている漁況海況予報事業の一部であり、沿岸域の定点観測を実施しているものである。調査項目は水温・塩分等であるが、一部 DO 等の実施も行われている。鉛直方向の観測層数が多いことが特徴であり、各自治体により実施頻度は異なるが、概ね月に1~2回実施されている。

(C) 調査手法

これらのデータはおよそ1ヶ月程度の間隔で定点調査を実施しており。調査定点が対象とする海湾に存在していれば、経年的に溶存酸素の推移をも把握できる。また、対象とする深度は海底直上のデータが望ましい。

公共用水域水質測定結果では上層・中層・下層という分類の仕方で行っているが、調査点の水深条件などにより全ての調査地点で全ての層の観測結果があるわけではない。ここでは、下層のデータのみを対象としてデータの整理を行う。一方、浅海定線データは水温・塩分については5~6層程度の観測が行われているが、その他の項目については、実施主体によって大きく異なる。浅海定線データを用いる場合は最下層のデータを対象として整理を行う。

調査手法としては、溶存酸素濃度の全湾平均値を算定しその経年変化を把握するとともに、貧酸素水塊がどの程度の広がりをもって存在しているかを評価することが必要であり、貧酸素水塊が海湾の面積に占める割合を算定する。ただし、ここでは次式に示す手法で簡易的に貧酸素水塊が占める割合を算定するものとする。

$$\text{貧酸素比率 (\%)} = \frac{\text{貧酸素になっているサンプル数}}{\text{対象とする全サンプル数}} \times 100$$

(D) 調査結果の評価手法

東京湾や大阪湾など、調査や知見が蓄積されている海湾のデータをもとに、「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

貧酸素比率が最大で 50%を超えないこと。

(E) 調査結果の事例

(i) DO の経年変化

各海湾における DO の平均値、最大値、最小値の経年変化を図 II-11に示す。データは公共用水域水質測定結果を用い、1ヶ月ごとの下層のデータのみを対象に全サンプルを単純平均することにより算定した。

DO の経年変化からは全ての海湾で、夏季に低く冬季に高い明瞭な季節変化がみられる。海湾ごとに比較すると、周防灘、有明海は夏季の最低 DO をみても 3ml/L を下回るような貧酸素水塊はあまりみられないが、東京湾、伊勢湾および三河湾は夏季には貧酸素、無酸素水塊の出現がみられる。また、これらの季節的な特徴は経年的にほとんど変化なく、1970 年代から貧酸素水塊の挙動はあまり改善されていないことが推定される。

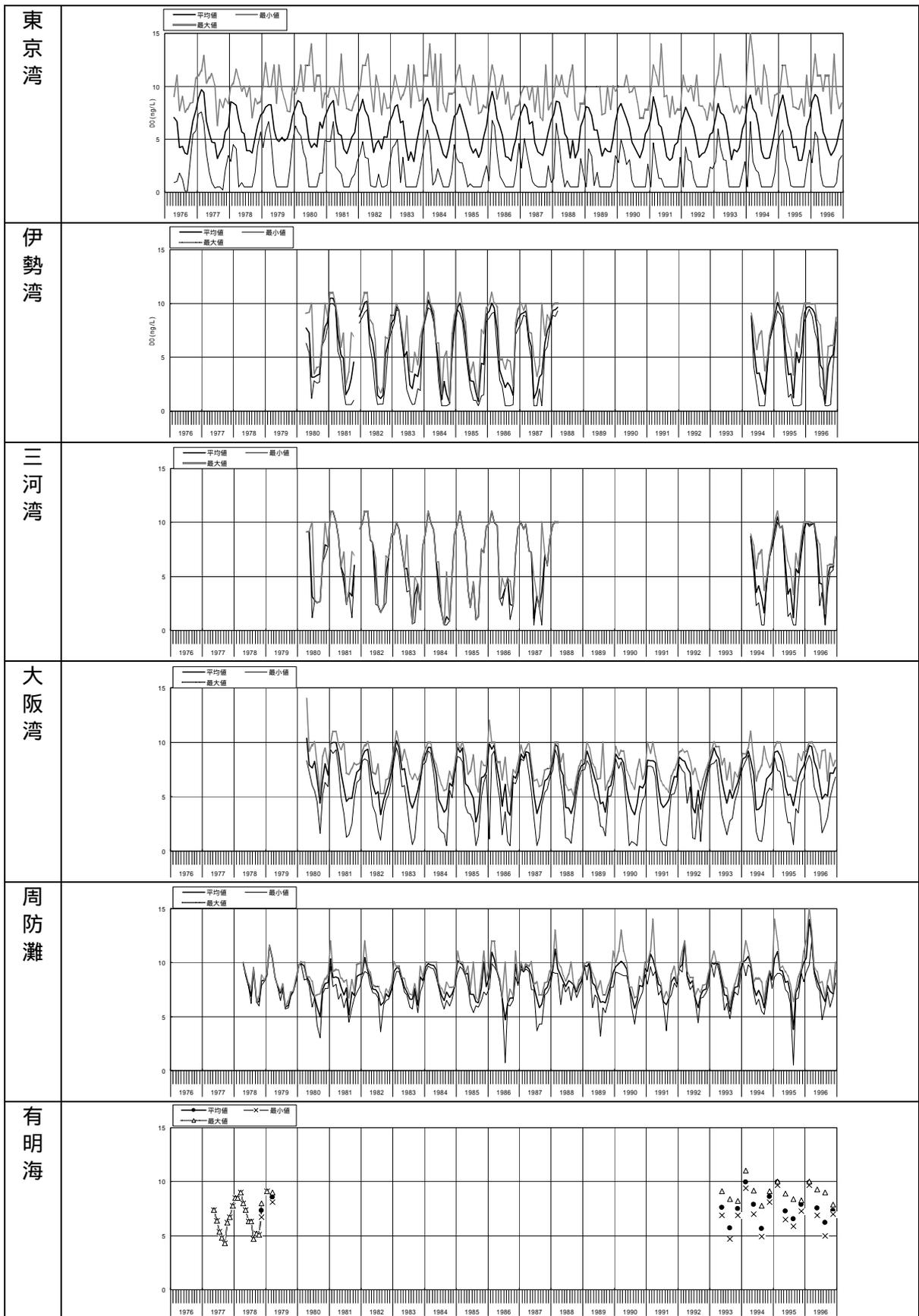


図 II-11 DO の経年変化(下層のサンプルの単純平均)(公共用水域水質測定結果より)

(ii) 貧酸素水塊が海湾面積に占める割合

DO 濃度の経年変化をみることによりある程度海湾の貧酸素の状態を把握することができるものの、貧酸素水塊の広がり方などの空間的な規模等を把握することはできない。

そこで、簡単に貧酸素水塊の空間的な広がり进行评估する手法として、貧酸素になっているサンプルが全サンプルに対して幾つあるかを計数した。

また、ここでは貧酸素水塊の定義として生物の生息が危ぶまれる 3ml/L (=4.2mg/L) として算定を行った。図 II-12 には底層における貧酸素比率の経年変化を示す。

底層における貧酸素比率ではデータ不足が否めない。しかしながら、東京湾では夏季には 50～60%の面積が貧酸素水塊に覆われる結果となり、既往の知見と矛盾しない。さらに、伊勢・三河湾はデータが少ないのでデータの信頼性には乏しいものの、夏季には 100%近い面積で貧酸素が生じている結果となった。それに対して周防灘・有明海はほとんど貧酸素水塊があらわれない特徴がみとれる。

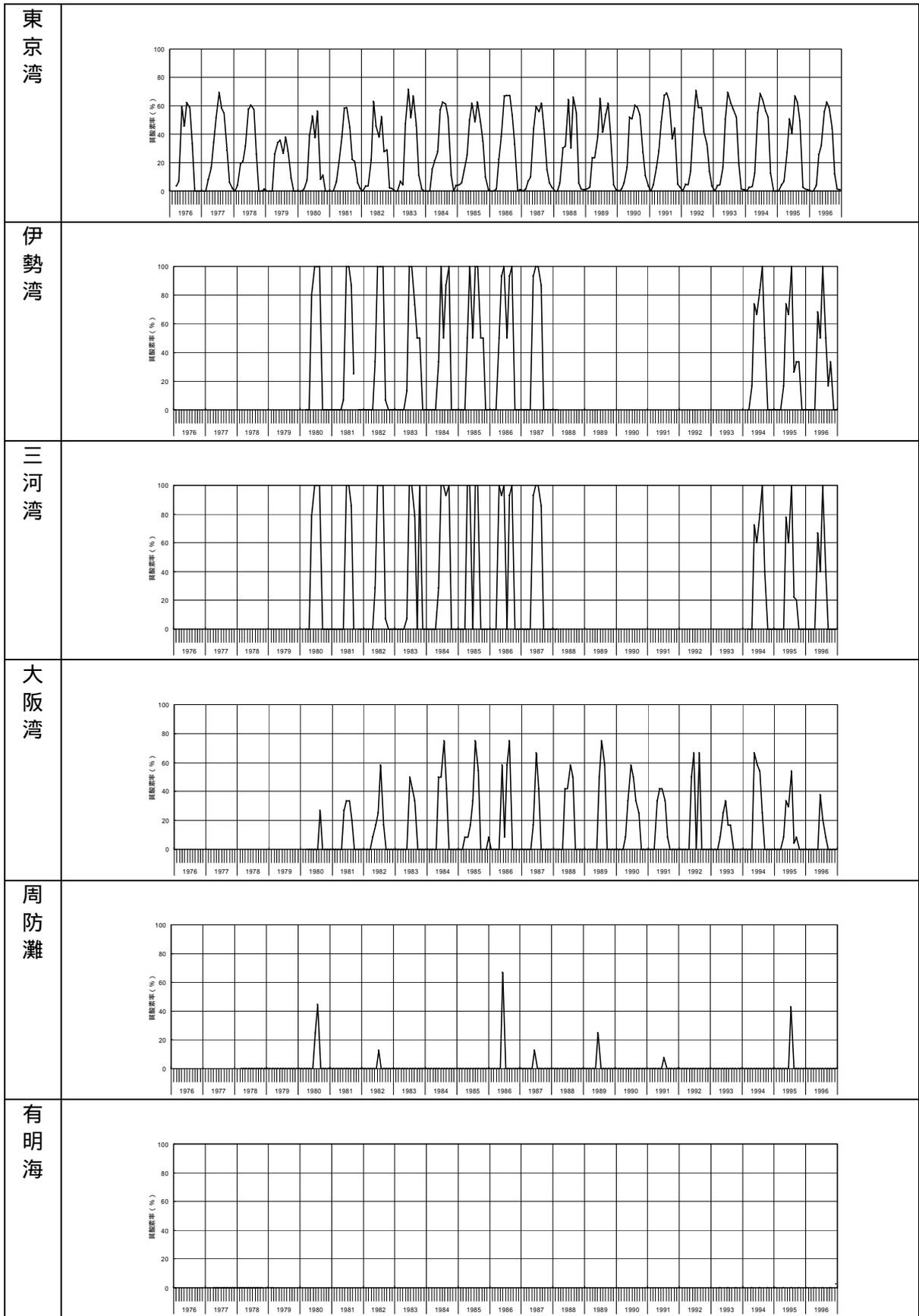


図 II-12 底層における貧酸素比率(3ml/L 以下のサンプルの割合%)

(F) 注意点

ここでは公共用水域水質測定結果のデータを用いて整理したが、底層におけるデータの不足が否めない。また、同データは水質汚濁の監視を目的に調査を実施されており、水質汚濁が懸念される沿岸部に調査点が偏って配置されている。そのため湾中央部のデータも不足している。これらの理由から底層の貧酸素比率といっても全湾の平均的な値に比べてある程度の誤差が含まれている可能性がある。

今回は使用していないが、浅海定線データでは、上記の問題が一部解消されている。浅海定線データは湾中央部の調査点が多く含まれており、公共用水域の測点配置と比べると、均一に配置されていると言える。しかしながら、浅海定線は公共用水域水質測定結果に比べて、データの公共性が低いため、データ収集が困難であり利用しづらい現状がある。

2.2.2 【物質循環の円滑さ】を示す項目

以下には【物質循環の円滑さ】を示すそれぞれの項目について評価・解析方法を示す。さらにデータが存在する項目については、代表 6 海湾について具体的な数値を示す。

【物質循環の円滑さ】を示す項目は合計 7 項目で評価を行うが、

1. 負荷
2. 海水交換
3. 基礎生産
4. 堆積・分解
5. 除去

という 5 つの観点から評価項目を選定している。【物質循環の円滑さ】を示す項目の一覧を表 II-7 に示す。

表 II-7 【物質循環の円滑さ】を示す項目の一覧

観点	番号	指標項目	調査方法	調査結果の見方
負荷	物循 - 1	滞留時間と負荷に関する指標	湾内に流入する単位体積あたりの負荷量と海湾の平均滞留時間との関係を 2 次元のグラフ上で整理する。	C_0 (負荷滞留濃度) というパラメータで適正な負荷量を判断するとともに、高負荷滞留型・低負荷交換型という海湾の特徴を捉える。
海水交換	物循 - 2	潮位振幅の推移	気象庁の潮位表などから検潮所における潮位データを整理する。整理する項目は朔望平均の満潮位と干潮位でその差を持って潮位振幅とする。またそれらの経年変化を整理する。	潮位振幅の変化に着目する。
基礎生産	物循 - 3	透明度	公共用水域水質測定結果に基づき透明度の経年変化を整理する。	透明度の変化に着目する。
	物循 - 4	プランクトンの異常発生	既存資料に基づき、赤潮の発生件数の経年変化を整理する。赤潮調査を行っていない場合は、聞き取り調査を行う。	赤潮の発生の有無に着目する。
堆積・分解	物循 - 5	底質環境	底質をコアサンプラーや採泥器で採集する。	性状や生物の有無を中心に底質の臭いや色にも着目する。
	物循 - 6	底層水の溶存酸素濃度	公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査に基づき底層の溶存酸素濃度の経年変化を整理する。	溶存酸素濃度が 0.5mg/L 以下を無酸素状態とし、無酸素状態の頻度に着目する。
除去	物循 - 7	底生系魚介類の漁獲推移	農林水産統計年報に基づき最近 10 年間の底生系魚介類の漁獲量を整理する。整理する底生系魚介類は底魚、底生生物、貝類とする。	漁獲量の変化に着目する。

(1) 滞留時間と負荷に関する指標(項目番号:物循-1)

(A) 調査趣旨

単純に負荷量の絶対値(もしくはその増減)では、その海湾にとっての適正量を評価することが難しい。そこで、海湾の物質循環に対するインプットの多くを占める負荷量と海水交換機能のバランスにより決まる、海湾ごとの適正量を把握するためのパラメータを導入した。

(B) 使用データ

必要なデータは、淡水の平均滞留時間、負荷量および海湾の容積である。

(i) 淡水の平均滞留時間

既往調査や既往文献によって淡水の平均滞留時間を調査する。ただし、調査や文献がない場合には、淡水の平均滞留時間を淡水流入量および海湾の平均塩分より簡易的に算定する。

水は自然界で生成も消滅もしないで、保存される。すなわちモデル化した閉鎖性海湾の水量の時間変動は、モデル領域への水流入量から水流出量を引いたものに等しい。

$$\frac{dV}{dt} = Q + P + G + O - E - R \quad (1)$$

ここで、 dV/dt はモデル化した沿岸海域の水量の時間変動量 ($m^3/month$)、 Q は河川水の流入量、 P は海面への降水量、 G は地下水の流入量、 O は工場排水・下水などによる水流入量、 E は海面からの蒸発量、 R はモデル化した沿岸海域の外洋境界を抜ける水流出量を表す。通常、 O や G は他の項と比較すると無視できるほど小さいことが多い。

一般に1年間など、適当な平均時間スケールを考えると、平均水位は一定とみなせるので、(1)式の左辺は0となり、右辺の中で直接観測データから見積もることのできない淡水流出量 R が求められることになる。ここで、淡水の平均滞留時間 f は、問題としている海湾域内の淡水存在量 V_f を淡水流出量 R で割ることにより求められ、次式のように定義される。

$$\tau_f = \frac{V_f}{R} \quad (2)$$

湾内の淡水存在量(V_f)は次式で求めることができる。

$$V_f = \frac{S_o - S_i}{S_o} V \quad (3)$$

ここで S_o は湾外水の平均塩分、 S_i は湾内水の平均塩分、 V は海湾の体積である。

(ii) 負荷量

負荷量は基本情報の収集においてすでに調査されているものを用いる。基本情報の章においても述べたが、詳細な負荷量が算定されていることが望ましいが、そのようなデータがない場合は、流量年表（上述）から得られた一級河川流量に公共用水域水質測定結果（上述）の水質濃度を掛けたものから算定する。

(iii) 容積

負荷量と同様に基本情報の収集においてすでに調査されているものを用いる。

(C) 調査手法

海湾に流入する負荷量が適正であるか、過大／過小であるかを判断する指標として、次式に示す指標を導入する。

$$C_0 = \frac{F\tau_f}{V} \quad (1)$$

ここで、 C_0 は「負荷滞留濃度」と呼ぶこととする。 F は物質の負荷量、 τ_f は淡水の平均滞留時間、 V は海湾の容積を示す。この C_0 は濃度の次元を持ち、流入負荷量起源による物質の湾内の平均濃度とも言える。このパラメーターを用いることにより異なるスケールや異なる海水交換特性を持つ海湾での平均濃度を同等に評価できる。このパラメーターは、河川負荷量 F が多いほど、また τ_f が長いほど、大きな値となり、逆に、 V が大きいほど小さな値となる。

この C_0 を算定することにより湾の規模や海水交換を考慮した上での海湾固有の負荷量を評価することが可能となる。

(D) 調査結果の評価手法

後述する主な海湾のデータとその海湾の環境情勢を勘案して、「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

各水質項目の C_0 （負荷滞留濃度）が以下の基準値を越えないこと。

COD : 0.2mg/L T-N : 0.2mg/L T-P : 0.02mg/L

(E) 調査結果の事例

算定結果を表 II-8 に示す。

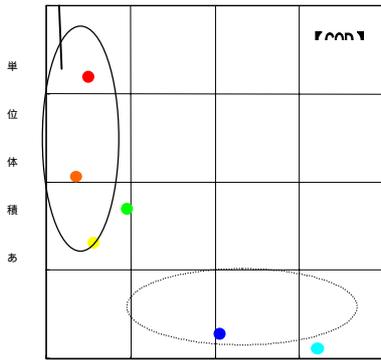
表 II-8 C_0 (負荷滞留濃度)の算定結果

		東京湾	伊勢湾	三河湾	大阪湾	周防灘	有明海	博多湾	洞海湾
τ_f (月)		1.0	0.7	1.1	1.9	6.4 ^(注)	4.1	0.5	0.2
湾容積(km ³)		17.9	33.9	5.5	41.8	92.0	34.0	0.67	0.09
COD	負荷量(t/day)	286	351	36	352	52	47	-	-
	C_0 (mg/L)	0.48	0.22	0.22	0.48	0.11	0.17	-	-
T-N	負荷量(t/day)	281	189	19	198	49	31	10.4	11.4
	C_0 (mg/L)	0.47	0.12	0.11	0.27	0.10	0.11	0.22	0.91
T-P	負荷量(t/day)	23.0	16.0	1.0	15.0	3.5	1.8	1.26	0.53
	C_0 (mg/L)	0.039	0.010	0.006	0.041	0.013	0.007	0.027	0.042

注) 周防灘の値は算定方法が異なるため、参考データ

算定結果から、COD でみると、東京湾、大阪湾で高い数値を示すが、伊勢湾は東京・大阪湾とほぼ同程度の負荷であるのに半分以下の値となっている。これは伊勢湾における淡水の平均滞留時間が最も小さいことに起因している。つまり、海水交換能力が高く、海湾としては負荷に対する許容量が高い。周防灘や有明海は平均滞留時間が大きいので、負荷された物質は海湾内にとどまりやすい。しかし、 C_0 の濃度は比較した海湾の中で最低レベルであり、負荷に起因する水質濃度は高くない。つまり相対的には負荷は過大ではないことがわかる。

この C_0 に関する諸量の関係を視覚的に理解するために、図 II-13 に示すように諸量をプロットした。この図は、縦軸に海湾の単位体積あたりの負荷量を取り、横軸に淡水の平均滞留時間をとったものである。図中に負荷滞留濃度の基準値を曲線で示すことにより各海湾の負荷に対する評価が直感的にも理解できる。曲線より外側の領域は基準値を超えており、曲線の内側(原点や軸に近い領域)は基準値を満たしていることを示している。



凡例

- ： 東京湾
- ： 伊勢湾
- ： 三河湾
- ： 大阪湾
- ： 周防灘
- ： 有明海
- ： 博多湾
- ： 洞海湾

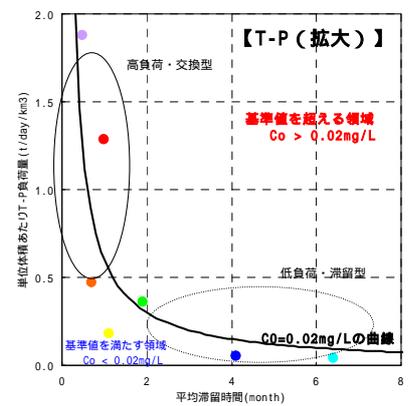
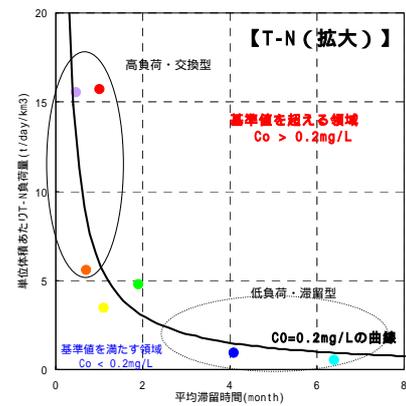
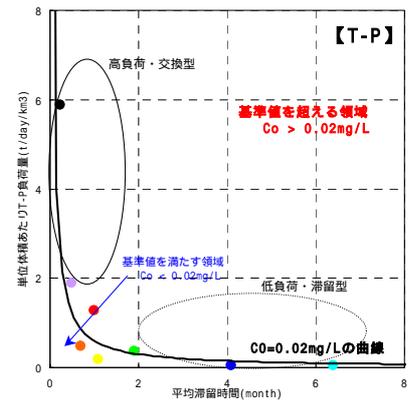
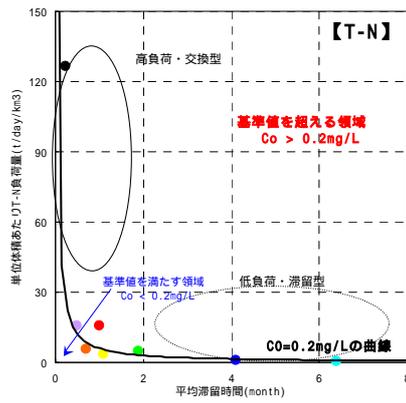


図 II-13 C₀(負荷滞留濃度)と諸量の関係図

(2) 潮位振幅の推移(項目番号:物循-2)

(A) 調査趣旨

潮汐流が卓越する海湾では、海水交換の大きさを代表するパラメーターとなりうる。また、データが蓄積されている点、平均滞留時間より簡易に表現できる点などから、海水交換能力のトレンドを評価する際に有用である。

(B) 使用データ

潮位データは気象庁の検潮所の記録が一般に入手可能である。特に毎年発行される「潮位表」には、過去 5 ヶ年間の実測潮位の統計値が記載されており、これを用いることにより容易に潮位差を知ることができる。気象庁以外では海上保安庁等の検潮所記録も同様に入手可能であり、データもある程度蓄積されている。

(C) 調査手法

ここでは、海水交換という観点から海湾内の潮位振幅の推移を算定する。図 II-14 に示すように、各検潮所での朔望平均満潮位（大潮時の満潮位の平均値）と朔望平均干潮位（大潮時の干潮位の平均値）の差をとって潮位振幅とし、その推移を整理した。

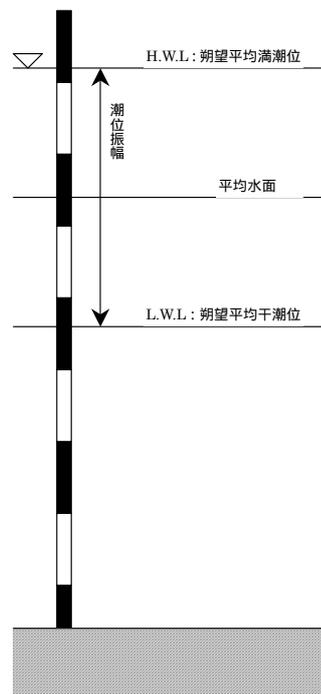


図 II-14 潮位の関係

(D) 調査結果の評価手法

現在、東京湾や有明海などの潮位振幅の減少が問題として取り上げられている。これらの事例を参考として「海健康度」の評価基準は以下のように設定する。

潮位振幅の減少が10年間で5cm以下であること。

(E) 調査結果の事例

図 II-15 には、潮位振幅の変遷を示す。周防灘については、検潮所として下関のデータを採用したが、1993年にデータの不連続が見られる。これは下関検潮所が壇ノ浦から弟子待に移設されたことによる。

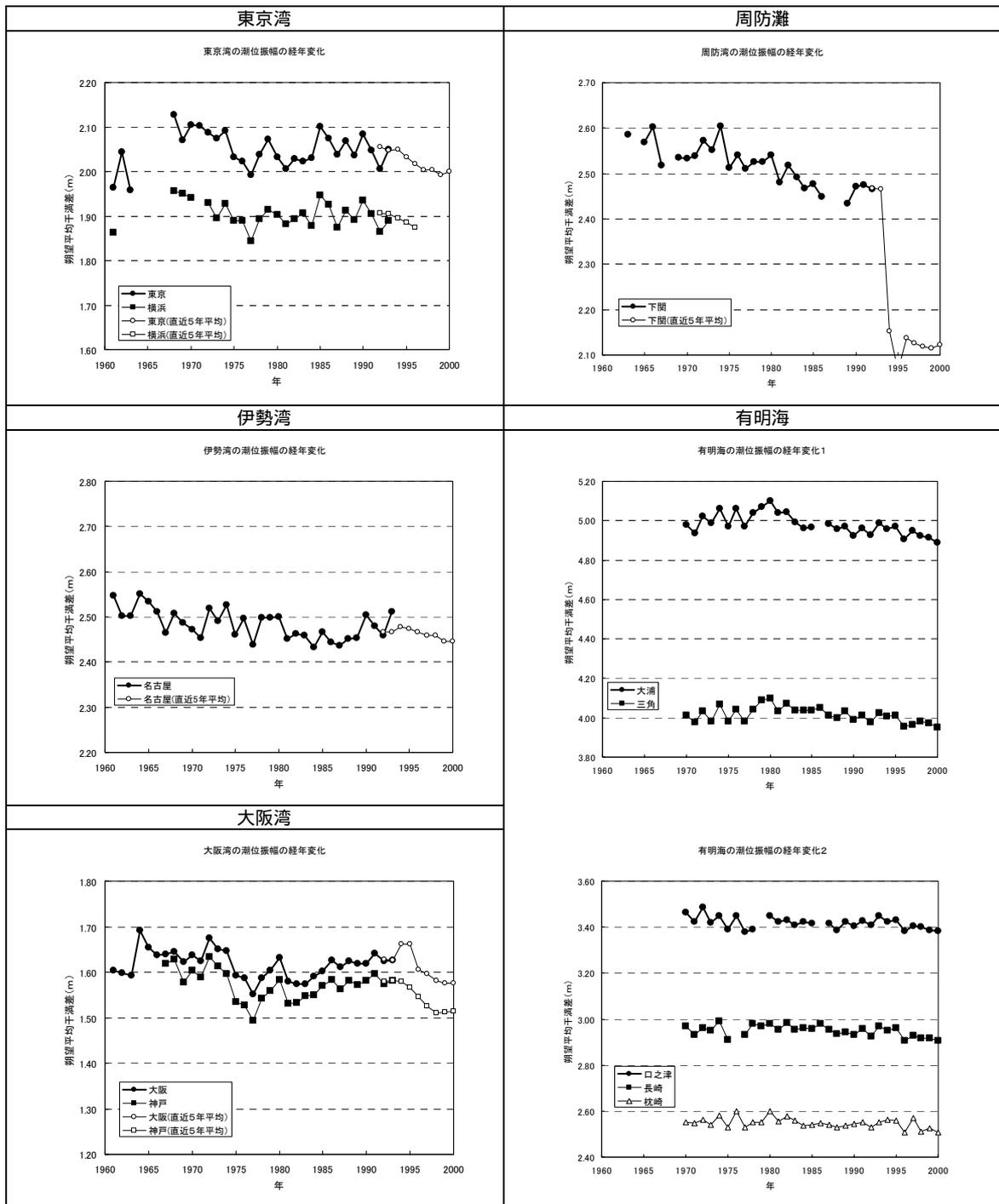
1960年以降のデータのみであるが、全海湾において潮位差が下降している傾向が見て取れる。この傾向は宇野木・小西(1998)⁴においても、東京湾、伊勢湾、大阪湾に関して報告されている。宇野木・小西(1988)によると、東京湾、伊勢湾では埋め立ての進行に伴って1960年頃より潮位差の減少が顕著であるが、大阪湾に関しては、背後に瀬戸内海が控えていること等により、東京湾、伊勢湾とは振る舞いが多少異なり、潮位差の減少傾向も少なめであるとしている。さらに、東京湾では潮位振幅が5%程度減少しており、この値は岸ら(1993)⁵の数値計算による潮汐残差流が10%程度減少しているという知見と併せても妥当な値であると述べられている。

図 II-15 には周防灘および有明海についても整理を行っているが、同様な傾向がみられ、同じく潮汐流の大きさの低下が示唆される。当然のことながら、潮汐流が弱くなることにより、海水交換が悪くなっていることが考えられ、物質循環への影響が懸念される。さらに、大西ら(1997)⁶によると、東京湾の場合において、潮位差の減少に伴う富津岬周辺の堆積物の変化を検討しており、埋め立てによる潮流の減少が底質に及ぼす影響も懸念される。

4 宇野木早苗,小西達男(1998):埋め立てに伴う潮汐・潮流の減少とそれが物質分布に及ぼす影響.海の研究,7,1-9

5 岸道郎,堀江毅,杉本隆成(1993):東京湾をモデルで考える.東京湾-100年の環境変遷(小倉紀雄編),恒星社厚生閣,139-153

6 大西和徳,柳哲雄,郭新宇(1997):東京湾の潮汐・潮流の経年変動.1997年度日本海洋学会春季大会講演要旨集,171.



【データ出典】

有明海以外：JODC ホームページおよび気象庁潮位表

有明海：1970～1972 気象庁データ

1973～1996 気象庁「潮汐概況」

1996～2000 気象庁「潮汐観測原簿」

注) 朔望平均干満差とは朔望平均満潮位(H.W.L)から朔望平均干潮位(L.W.L)を引いたものを示す。

図 II-15 海湾ごとの潮位差の経年変化

さらに、各海湾での潮汐減少を比較するために、各海湾における最も古い順に5ヵ年平均値から直近の5ヵ年平均値の潮位振幅がどの程度減少したかを算定して比較した。その結果を減少率に関しては図 II-16 に、潮位減少の絶対値は図 II-17 に示す。

全ての海湾で潮位振幅の明瞭な減少がみられその大きさは有明海を除くとおよそ2~6%程度である。有明海は潮汐振幅が著しく大きいので、減少率で見ると小さな値となる。また、潮位減少の絶対値は大きいところで10cm程度に達する。

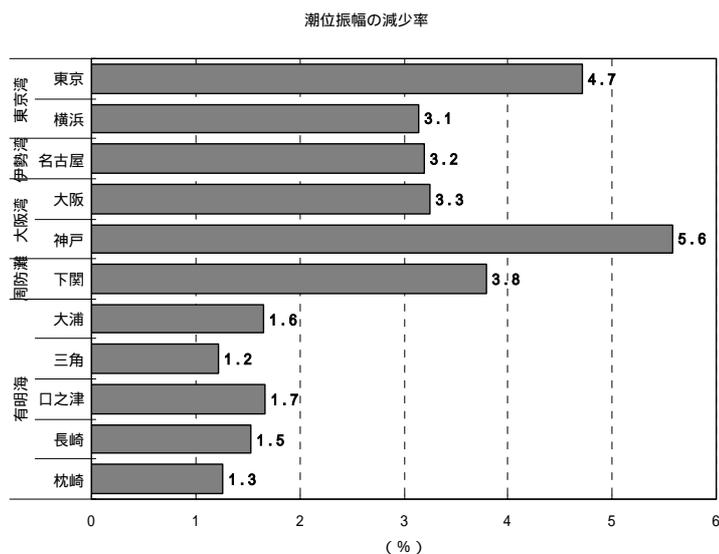


図 II-16 海湾ごとの潮位振幅の減少率比較

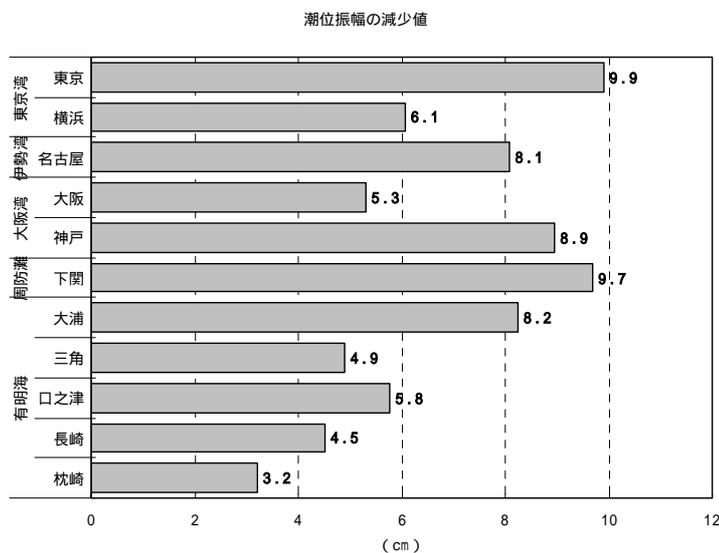


図 II-17 海湾ごとの潮位振幅の減少値比較

(3) 透明度(項目番号:物循-3)

(A) 調査趣旨

現場海域において、もっとも簡易にデータが取得可能であり、海湾の物質循環において大きな役割を果たす基礎生産の変化を把握する指標となりうる。

(B) 使用データ

公共用水域水質測定結果を用いる。

(C) 調査手法

各海湾の透明度データを月ごとに単純平均することにより算定し、その変遷を整理する。

(D) 調査結果の評価手法

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値との差が $\pm 20\text{cm}$ 以下であること。

(E) 調査結果の事例

図 II-18 には透明度の経年変化を示す。伊勢湾の 1979 年度～1986 年度までのデータは異常に高い値(例:透明度 80m など)を含んでおり問題があるので欠測扱いとした。

(F) 注意点

東京湾、大阪湾、周防灘および有明海で近年透明度が高くなっている傾向がみられる。一般に、富栄養化が進んだ閉鎖性の強い海湾では、透明度を下げる要因として、高密度のプランクトンの存在があげられる。そのような海域では、透明度の減少は、よりいっそうの富栄養化の進行を意味し、透明度の増加は水質の向上と一般的に考えられている。しかし、透明度の増加は基礎生産の低下を意味するものであり、高次捕食者への影響も懸念される。

一方、非生物起源の懸濁粒子の浮遊が透明度を支配している有明海のような海域では、透明度が高くなると基礎生産が活発になり、系内の物質循環が変化することが考えられる。

したがって、対象海湾の透明度が、植物プランクトンと相関が高いのか、主に鉱物由来の SS と相関が高いのか把握した上で、透明度の増減を解釈する必要があり、二次検査で調査を行う。

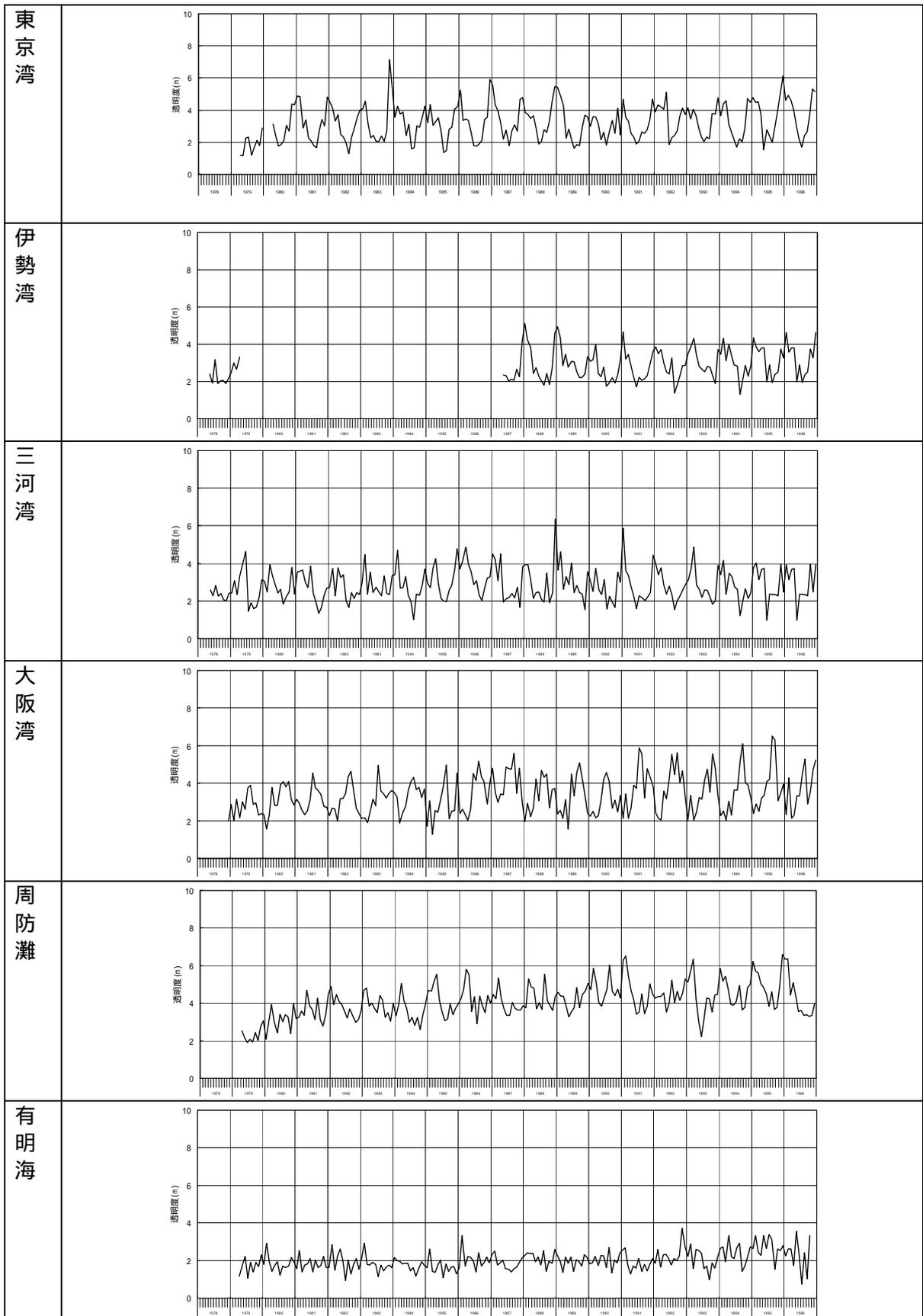


図 II-18 各海湾の平均透明度の経年変化

(4) プランクトンの異常発生(項目番号:物循-4)

(A) 調査趣旨

赤潮に代表されるプランクトンの異常発生は、海湾の富栄養化の度合いを示す重要な項目として、従来のモニタリングでも考慮されている。また、透明度のデータと同様に海湾の基礎生産の観点から基礎生産の異常性を評価する項目となる。

(B) 使用データ

赤潮発生件数のデータは各自治体の水産部局で整理しているはずであり、これらの組織から入手可能であると考えられる。またそれ以外でも主な海湾であれば環境省発行の環境白書等に整理されていることがあるので、これらから入手する。

(C) 調査手法

整理する項目は赤潮発生件数および赤潮発生のべ日数とする。

(D) 調査結果の評価手法

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

赤潮が発生していないこと。

(E) 調査結果の事例

赤潮発生の推移を検討するために図 II-19 には赤潮発生件数の推移を、図 II-20 には赤潮発生のべ日数の推移を示した。その結果、発生件数で見ると東京湾では横ばいもしくは微増であり、伊勢湾・大阪湾・周防灘では減少傾向にある。しかしながら有明海では近年増加傾向であった。

延べ日数を合わせてみると、伊勢湾では件数は減少しているのにも関わらず、延べ日数はあまり変化していない。これは赤潮減少の長期化を示している。また、有明海では延べ日数も件数同様に増加している傾向にある。

(F) 注意点

赤潮発生件数やのべ日数の調査は、各自治体で独自の方法により行われている。そのため、各海湾の情報を横並びに評価することは難しく、あくまで、その海湾におけるトレンドとして評価を行う。

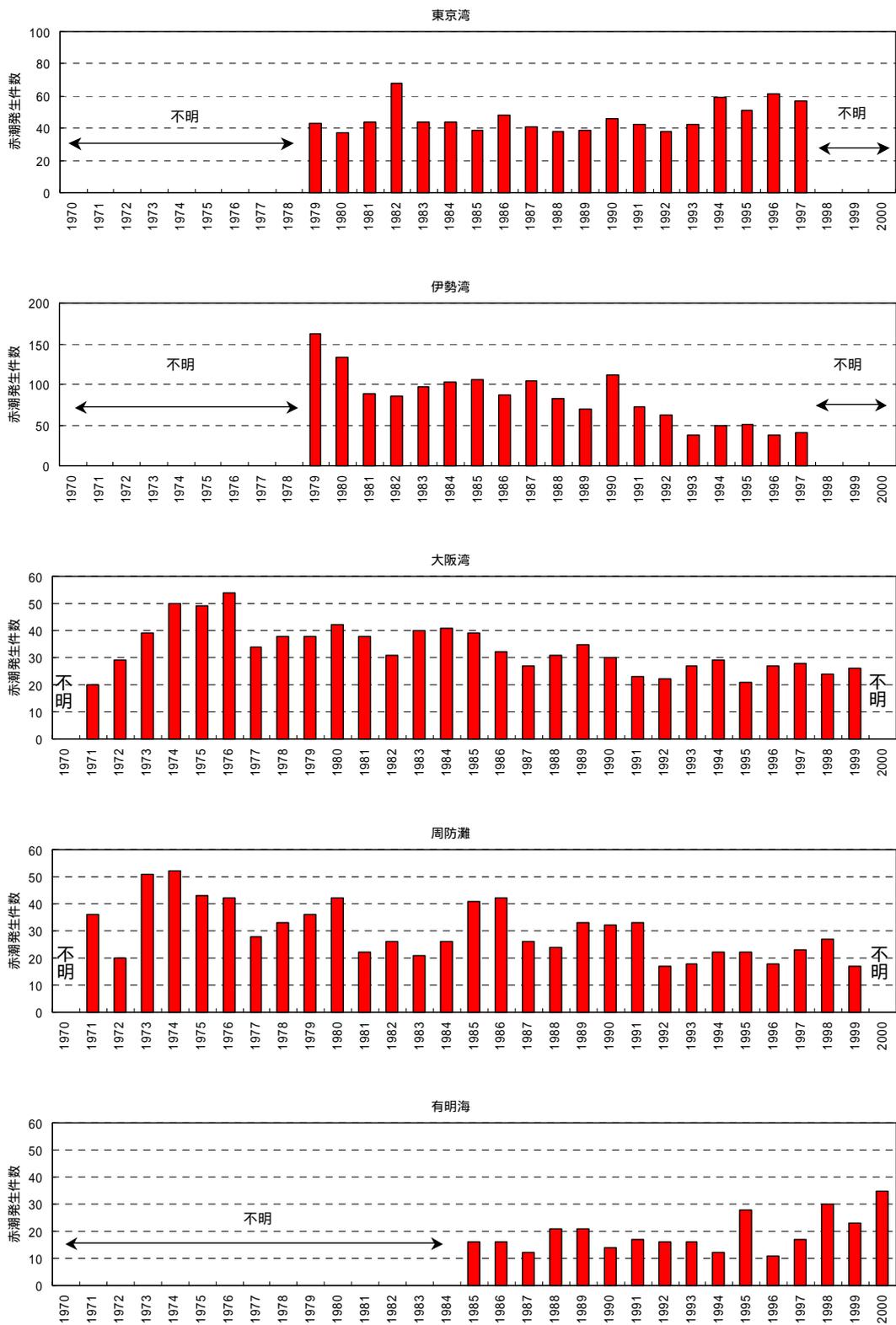


図 II-19 各海湾における赤潮発生件数の推移

【データ出典】

東京湾、伊勢湾：「第5次水質総量規制のあり方について」、環境庁ホームページ
 大阪湾、周防灘：「瀬戸内海の赤潮」、水産庁瀬戸内海漁業調整事務所
 有明海：「第1回第三者委員会資料」、水産庁増殖推進部漁業資源課

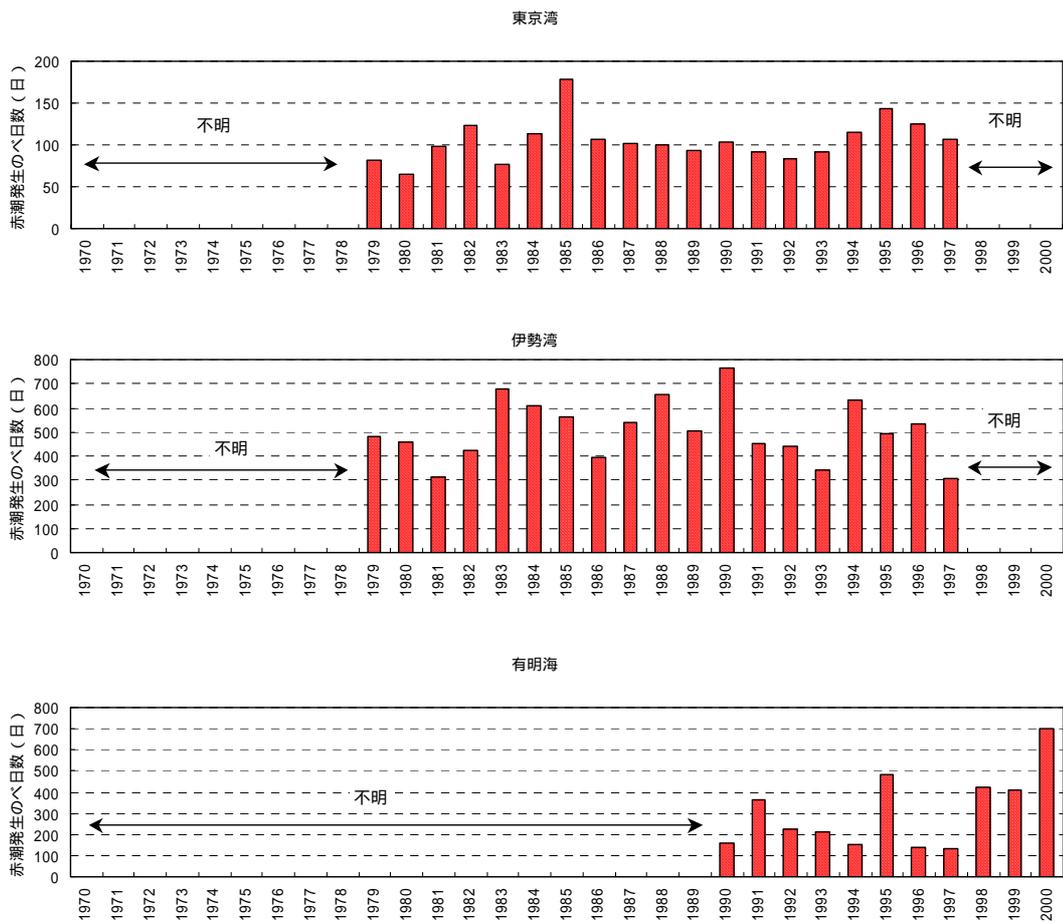


図 II-20 赤潮発生の日数の推移

【データ出典】

東京湾、伊勢湾：「第5次水質総量規制のあり方について」、環境庁ホームページ

有明海：「第1回第三者委員会資料」、水産庁増殖推進部漁業資源課

(5) 底質環境(項目番号:物循-5)

(A) 調査趣旨

分解能力を超えた負荷が底層に蓄積し、底質の悪化や低酸素の要因となることから、底質は物質循環の指標となりうる。しかしながら、全国の底質を経年的に評価できるような既存の資料は、現在のところ簡単に入手することは困難である。

(B) 使用データ

対象海湾において現地調査を行い、データを取得する。

(C) 調査手法

(i) 調査器具

底質の調査は、採泥器(生態-2参照)を用いて行う。1地点につき、少なくとも0.1 m²は底質試料を採取するようにする。

(ii) 調査地点

調査地点の設定は、海湾の規模にもよるが、少なくとも湾奥・湾央・湾口の3地点は行うようにする。一般的に、代表的な内湾では、湾口の潮通しのよい地点などでは砂質中心の底質となり、湾奥に近づくにつれて泥分が増加する傾向にある。従って、砂質中心のところと泥質中心のところとできるだけ多くの環境を抽出して地点を設定することが望ましい。

(iii) 調査時期

成層化して、底層の直上が貧酸素化し、嫌気的条件になっている可能性がある夏季(6月~9月)に1回行うようにする。

(D) 調査結果の評価手法

「海の健康度」の評価基準は以下のように設定する。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・底質の臭い及び色調に異常がないこと。・生物がいること。 |
|---|

(i) 底質サンプルの臭気

硫化水素臭などは、底質が嫌気的環境になっていることが原因であり、一方、無臭は物質循環が正常に行われている証拠である。

(ii) 色調の違い

調査地点における本来の底質が呈しているべき表層の色調と、表層から数センチほどの内部の色調が異なる場合、一見、表面の物質循環は正常に機能しているように見える

が、内部では嫌気的環境になっている。

(iii) 生物の生息

有害物質が蓄積したり、貧酸素状態になって底質が悪化すると、生物の生息が困難となる。

これらの3つのポイントをチェックすることにより、評価を行う(表 II-9)。ひとつでもあてはまる項目があれば、二次診断を行う。

表 II-9 底質の一次評価チェックシート

	項目	評価基準	チェック欄
	臭気	硫化水素臭や、その他不快な臭いがする	
	色調	表層は酸化層だが、底質を少し掘り返してみると、黒色の嫌気層が出てくる	
		表層そのものが、黒光りしたタール様の色調を呈している	
	生物	多毛類・貧毛類のみの構成で、ほんのわずかしのみられない	
		生物がほとんどいない	
		生物が全くいない	

(E) 注意点

底質の一次評価では、砂質も泥質も同じ評価基準を用いる。

臭いで判断することは、明確な基準を決めにくいので、調査を実施する人によって多少の誤差が生じてしまうことが考えられる。しかし、人間の嗅覚で明らかにおかしいと感じたときは×をつけるようにする。

(6) 底層水の溶存酸素濃度(項目番号:物循-6)

(A) 調査趣旨

本項目は【生態系の安定性】においても評価項目とされているが、底層水の溶存酸素濃度は生態系における生物の生息環境を制限するのみでなく、【物質循環の円滑さ】という視点からも分解機能が円滑に機能しているかどうかの指標としても重要となる。

(B) 使用データ

公共用水域水質測定結果および各自治体が発行している浅海定線調査を使用する。

公共用水域水質測定結果とは、水質汚濁防止法により義務付けられた自治体の公共用水域の水質調査であり、その公表も義務付けられているものである。調査対象の水質項目は多岐にわたり非常に多いが、同じ観測点では鉛直方向の観測層数が少ない。原則として月に1回程度実施されている。

浅海定線調査は、各自治体の水産部局において実施されている漁況海況予報事業の一部であり、沿岸域の定点観測を実施しているものである。調査項目は水温・塩分等であるが、一部 DO 等の実施も行われている。鉛直方向の観測層数が多いことが特徴であり、各自治体により実施頻度は異なるが、概ね月に1~2回実施されている。

(C) 調査手法

公共用水域水質測定結果では上層・中層・下層という分類の仕方で行っているが、調査点の水深条件などにより全ての調査地点で全ての層の観測結果があるわけではない。ここでは、下層のデータのみを対象としてデータの整理を行う。一方、浅海定線データは、水温・塩分については、鉛直方向に細かく観測層をとっており、県によっては、水温・塩分以外の項目についても多層に観測を行っている。浅海定線データを用いる場合は最下層のデータを対象として整理を行う。

調査手法としては、溶存酸素濃度の全湾平均値を算定しその経年変化を把握するとともに、貧酸素水塊がどの程度の広がりをもって存在しているかを評価することが必要であり、貧酸素水塊が海湾の面積に占める割合を算定する。ただし、ここでは次式に示す手法で簡易的に貧酸素水塊が占める割合を算定するものとする。

$$\text{無酸素比率(\%)} = \frac{\text{無酸素になっているサンプル数}}{\text{対象とする全サンプル数}} \times 100$$

【生態系の安定性】の面での検討項目の際は貧酸素の定義を生物の生息が危ぶまれる3ml/Lとして貧酸素比率を算定したが、ここではこれに加えて無酸素比率(0ml/L)の割合を算定する。ただし、分析の定量限界値が0.5mg/Lであるのでここではこの値を用いる。

(D) 調査結果の評価方法

夏季の底層においては頻繁に貧酸素水塊の発生は認められる。貧酸素水塊においても長期や広範囲に生じれば非常な問題となるが、無酸素水塊の場合は貧酸素水塊よりも深刻な状況をもたらす。そこで、「海健康度」の評価基準は以下のように設定する。

無酸素比率が0であること。（無酸素水塊が出現していないこと。）

(E) 調査結果の事例

図 II-21 には底層における無酸素比率の経年変化を示す。東京湾、伊勢湾および三河湾では夏季に無酸素水塊が発生していることがわかる。東京湾ではその割合は 10～20%程度であり、伊勢・三河湾では 50%を超える年も見られる。

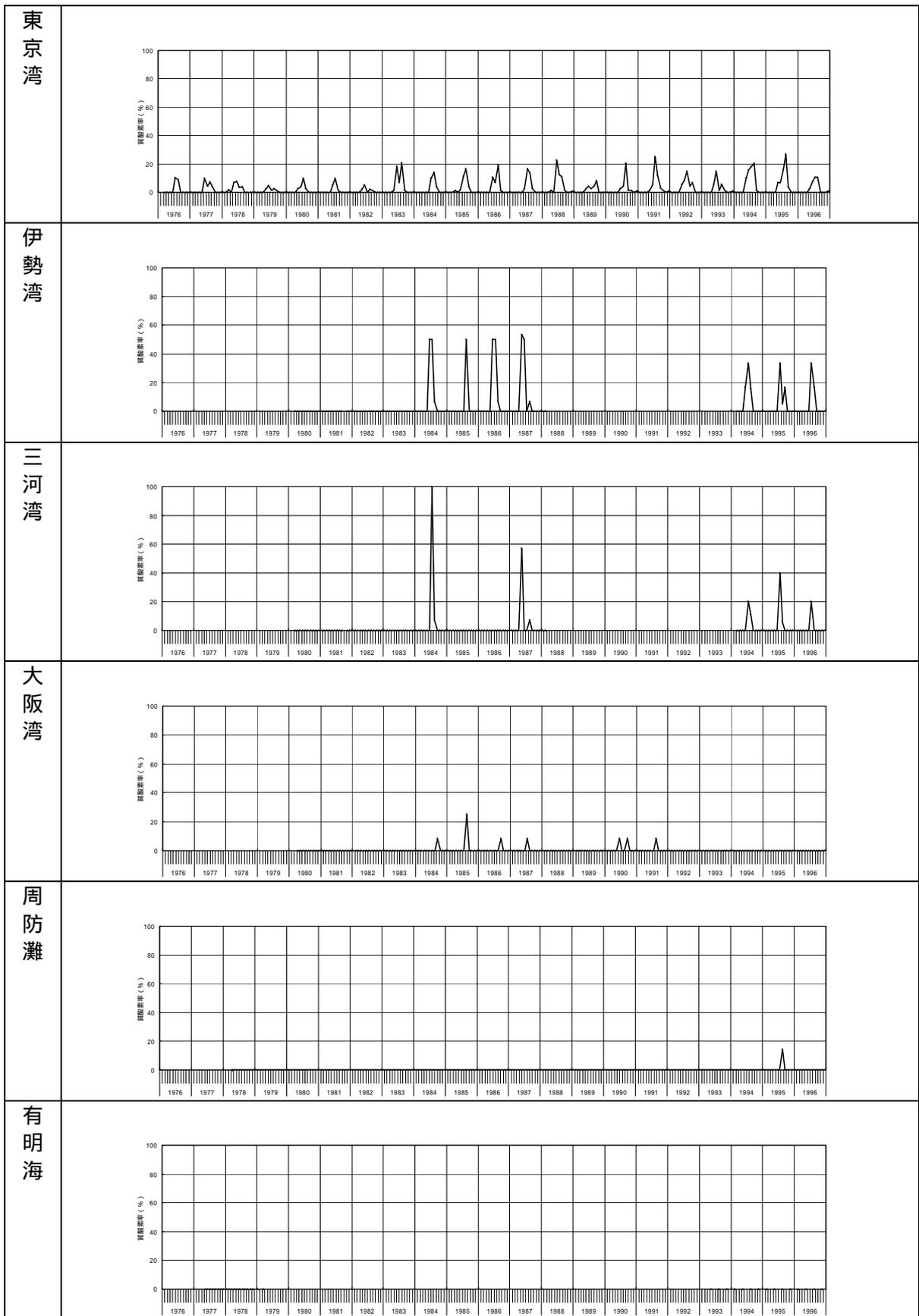


図 II-21 底層における無酸素比率(定量限界値以下のサンプルの割合%)

(7) 底生系魚介類の漁獲推移(項目番号:物循-7)

(A) 調査趣旨

漁獲という行為は、放置していれば海に溜まっていく負荷のうちの水産生物を人為的に取り除く行為で、海湾の物質循環の一経路である除去機能を表す指標となりうる。

(B) 使用データ

農林水産統計年報

作成機関：農林水産省統計情報部

入手方法：社団法人全国農林統計協会連合会へ注文する。

社団法人全国農林統計協会連合会

〒153-0064 東京都目黒区下目黒 3-9-13

TEL03-3495-6761 FAX03-3495-6762

使用データ：漁業地区別魚種別漁獲量

(漁業地区別あるいは魚種別のデータがない場合がある)

(C) 調査手法

使用データは最近 10 年間の農林水産統計の魚種別漁獲量である。

【生態系の安定性】の“生態 - 1 分類群毎の漁獲割合の推移”と同様に最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値を整理し、分類群毎に比較する。比較する分類群は、底生系魚介類とし、底魚、底生生物及び貝類とする。これは、浮魚は外海の資源変動に大きく左右され海湾の健康状態をみるためには不適當であるためである。底魚、底生生物及び貝類の分類は表 II-10

表 II-10 底生系魚介類(底魚、底生生物、貝類)の分類

底魚	上記、浮魚を除く魚類で同様に遠洋・沖合漁業で漁獲されるマグロ類やカジキ類は除外している。ヒラメ類やタイ類など。
底生生物	エビ類、カニ類、タコ類、イカ類、ウニ類やその他の水産動物。
貝類	アワビ類、サザエ類、ハマグリ類、アサリ類

(D) 調査結果の評価方法

「海健康度」の評価基準は以下のように設定する。

最近 10 年間の平均漁獲量と最近 3 年間の平均漁獲量を比較して、20%以上変化してないこと。

(E) 調査結果の事例

図 II-22 には底生系魚介類の漁獲高の推移を示した。これを見ると、東京湾、周防灘および有明海で漁獲高が激減しており、底生系からの物質の除去機能が阻害されていることが示唆される。またこれらの海湾ではいずれも貝類が著しく減少していることが見て取れる。

一方、伊勢湾と大阪湾の漁獲高は安定しているか微増している。

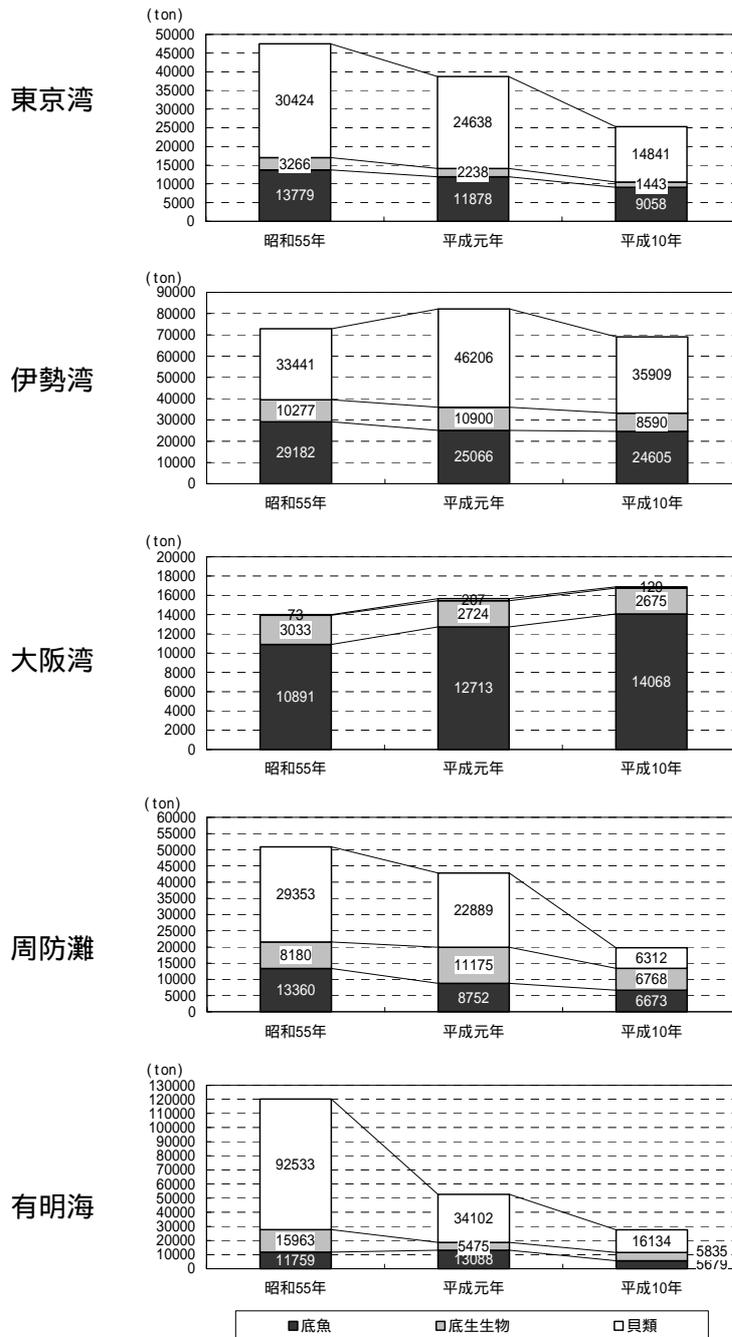


図 II-22 底生系魚介類の漁獲高の推移

2.3 二次検査

「海の健康診断」における二次検査は、一次検査で“不健康”と評価された場合に、本当にその項目について対象海湾が不健康であるのか調査する再検査と、やはり不健康であると診断された場合の原因究明を目的とした精密検査から構成される。

これらの調査は、現地調査・化学分析等を含む専門的知識および技術を必要とする項目が含まれるため、調査計画の立案および実施については、各方面の有識者もしくは調査設備を有する専門家の協力を得ることが望ましい。一次検査と二次検査との関係を図 2-23 に示す。

2.3.1 再検査

(1) 生態系の安定性を示す項目

(A) 分類群毎の漁獲割合の推移(生態-1:生物組成をみる項目)

構成比を変化させた分類群に含まれる魚種毎の漁獲高推移から、構成比を変化させるに至った魚種を特定し、以下の条件に該当するかどうか調査を行う。条件に該当しなかった場合は、“不健康”として、精密検査に進む。

(i) 浮遊系魚種

浮魚類については、対象魚種の生活史を調べ、海湾内で再生産する種か、成魚の段階で外海から移入する種かを特定する。外海から移入する種の場合は、海湾内の環境変動より、移入量の変動の方が漁獲高に大きく影響すると考えられる。その他の生物の漁獲高が大きく変動しておらず、海湾内の生態系の安定性に大きな影響を及ぼしているとは考えにく場合は、“健康”と診断する。

(ii) 底生系魚種

他の生物の漁獲高が大きく変動しておらず、底生系の魚種の漁獲高のみが増加している場合は、生態系の安定性に大きな影響はないと考えられるので、“健康”と診断する。

(iii) 海藻類

他の生物の漁獲高が大きく変動しておらず、採藻類の漁獲高のみが増加している場合は、生態系の安定性に大きな影響はないと考えられるので、“健康”と診断する。

(B) 生物の出現状況(生態-2:生物組成をみる項目)

生物の生息状況を把握するための一次検査は、目視で確認できるくらいのサイズの大きな生物を抽出してあり、あくまでも簡便法である。そこで、不健康であると診断された場において、専門家による現地調査を実施し、定量的に生物量を把握する(定量調査:コードラート、サーバーネット等を用いる)。調査時期は、より詳しい生物生息状況を把握するために4季、少なくとも夏季・冬季の2季に行うことが望ましい。調査地点や調査範囲は基本的に一次検査に準ずるものとし、例えばその調査範囲内の30cm×30cmという一定の面積に生息している生物を採取し、種の同定と個体数・湿重量を測定する。逃げ足の速い甲殻類などの生物は、一定の面積にどのくらい生息しているかを細かく把握することは難しいため、目視観察によっておおよその生息個体数を調べる(定性調査)。検査方法は一次検査で用いた生物チェックシートを再度用い、判定方法も一次検査に準ずる(生物チェックシートに記載された生物が生息していること)。評価基準を満たさない場合は、精密検査に進む。

(C) 藻場・干潟面積の推移(生態-3:生息空間をみる項目)

一次検査で収集したデータを用いて二つのパラメータを算出し、海湾における消失藻場・干潟面積の影響の大きさを評価する。この評価値が小さい場合は、対象海湾に対する消失藻場・干潟の影響は小さいとし、この項目については“健康”であると診断する。

(i) 消失干潟の海湾全域に対する影響割合

手法としては、一次検査で収集したデータを用いて藻場・干潟面積を整理しその推移を把握した上で、消失する藻場・干潟面積を次式のような割合として算定する。

$$(a) = \frac{\text{消失藻場・干潟面積 (1978年or1993年の藻場・干潟面積 - 1945年の藻場・干潟面積)}}{1945年の藻場・干潟面積}$$

$$(b) = \frac{\text{消失藻場・干潟面積 (1978年or1993年の藻場・干潟面積 - 1945年の藻場・干潟面積)}}{\text{全海湾の面積}}$$

1945年からの消失藻場・干潟面積の1945年における藻場・干潟面積に対する割合を(a)、一方、消失藻場・干潟面積の全湾面積に対する割合を(b)とすれば、(a)は海湾の中における干潟が有する機能の減少割合を、(b)は全湾に対する影響の大きさの割合を示している。再検査では(b)の値を用いて判断を行う。

図II-24には、一次検査の調査事例で用いた海湾の(a)、(b)の算定結果を示す。(a)から消失干潟面積の干潟面積に対する割合は大阪湾が最も大きく東京湾がそれに次ぐ。両湾とも1945年に比較して、およそ80%以上の干潟が消失している。(b)から大阪湾の消失干潟は全湾に対しては約0.1%足らずであり、もともと干潟面積が少ない海湾であることもわかる。一方で、東京湾では、全湾面積に対しておよそ8%の面積の干潟が消失していて最も大きい。さらに有明海は干潟面積に対しては20%程度の消失であるものの、全湾面積に対しては3%程度が消失しており、もともと干潟面積が大きい海湾で干潟の消失率は小さくとも全湾でみると広大な面積の干潟が消失していることがわかる。

ここでは、消失干潟面積の全湾面積に対する割合(b)の値が1%未満ならば“健康”と診断する。

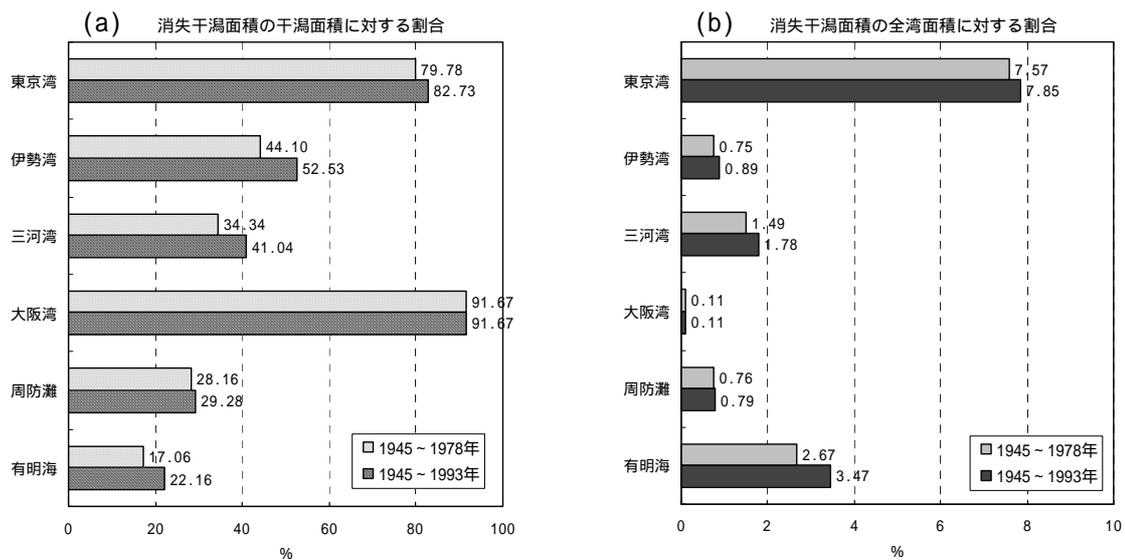


図 II-24 1945 年からの消失干潟面積の干潟面積に対する割合(a)、全湾面積に対する割合(b)

(ii) 消失藻場の海湾全域に対する影響割合

同様に図 II-25 には、1978 年からの消失藻場面積の 1978 年における藻場面積に対する割合(a)、および消失藻場面積の全湾面積に対する割合(b)を示す。

(a)から消失藻場面積の藻場面積に対する割合は大阪湾が最も大きく三河湾、有明海がそれに次ぎ、その大きさは、20～30%程度である。また(b)からは、全湾に対する消失藻場面積は三河湾が最も大きく、有明海がそれに次いでいる。

ここでは、消失藻場面積の全湾面積に対する割合(b)の値が 0.1%未満ならば “健康” と診断する。

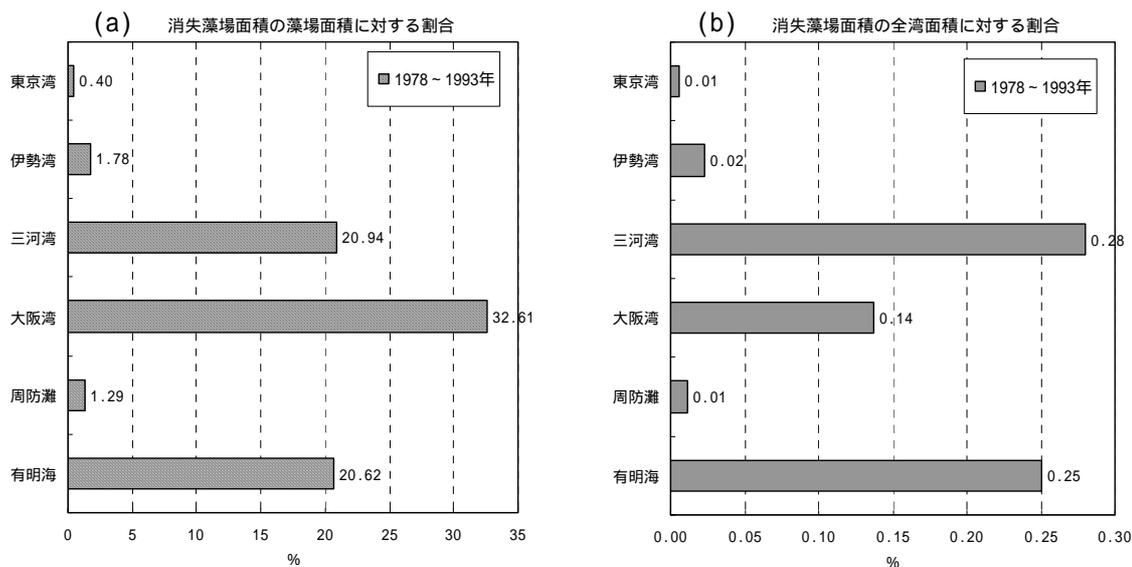


図 II-25 1978 年からの消失藻場面積の藻場面積に対する割合(a)、全湾面積に対する割合(b)

(D) 海岸線延長の推移(生態-4:生息空間をみる項目)

この項目は生物の生息空間を評価するものなので、ある程度沿岸域の人工化が進行していても、生物組成項目(生態-1、生態-2)が健康であると診断されていれば“健康”であると診断する。

(E) 有害物質(生態-5:生息環境をみる項目)

一次検査で調査対象とした5年間で基準値や判断値を越えた項目に対して、是正措置が施され、その後3年以上の間、基準値もしくは判断値を下回っている場合には、回復過程にあると判断して、精密検査は行わない。

(F) 底層水の溶存酸素濃度(生態-6:生息環境をみる項目)

(i) 貧酸素化の面積比率

一次検査ではサンプル数で評価を行ったが、実際には調査地点の偏りにより正確な評価がなされていない恐れがあるため、貧酸素化の面積比率(貧酸素比率)を求め、再評価する。貧酸素化の面積比率が50%を下回るようであれば、この項目に関しては“健康”であると診断する。しかし、面積比率が50%を越えた場合は、“不健康”であるとし、精密検査を行う。

(ii) 貧酸素水塊の継続期間

上記の貧酸素比率は空間的な広がりを評価する項目であるが、貧酸素がどのぐらいの期間継続して生じているかも評価しておく必要がある。そこで、1年間のうちに上記の貧酸素比率が50%を超える月数を計数する。計数結果例を図II-26に示す。

この例から、東京湾では継続的に夏季を中心とした3ヶ月程度は貧酸素比率が50%を超えていることがわかる。1970年代後半から1980年代前半にかけては一時的に貧酸素水塊が現れる月数が減っているが近年はまた増加傾向を示している。

伊勢・三河湾も継続的に3ヶ月程度は貧酸素比率が50%を超えており、1985、1986年は、貧酸素比率50%を超える期間が半年を越えている。

大阪湾は、東京湾および伊勢・三河湾に比較して、貧酸素水塊が現れる期間は少ない。また1990年代に入ってから改善されている傾向が見られる。

周防灘および有明海は、貧酸素率が50%を超えることはほとんどない。

ここでは、貧酸素率が50%を超える月数が1年間のうち2ヶ月以下で、生物組成項目(生態-1、生態-2)が“健康”であると診断されている場合は、“健康”であると診断することにする。

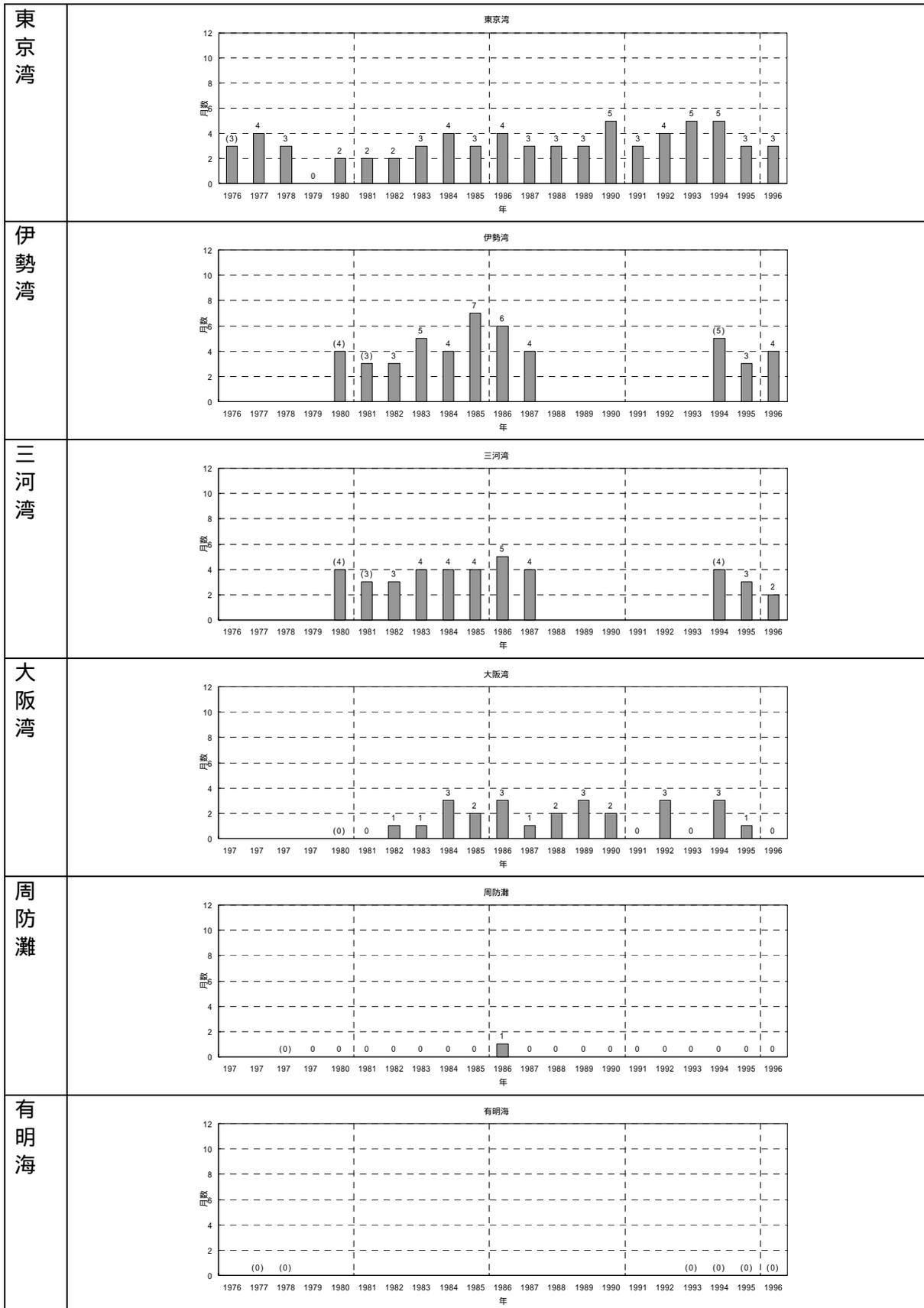


図 II-26 1 年間のうち貧酸素比率が 50%を超える月数
 図中のグラフで数字がない年は欠測年を示し、()内の数字は 12 ヶ月のデータが揃わない年を示す。

(2) 物質循環の円滑さを示す項目

(A) 滞留時間と負荷に関する指標(物循-1:負荷と海水交換の関係をみる項目)

流入負荷量や流入淡水量の詳細調査を行う。一次検査では、既存のデータを用い、簡便的に評価を行ったが、二級河川や処理場等の排水・負荷量等を調査し、より正確に淡水の平均滞留時間および負荷量を算定した上で、再度 C_0 (負荷滞留濃度) の評価を行う。評価には一次検査の基準値を用い、基準値を下回るようならば“健康”と診断する。

(B) 潮位振幅の推移(物循-2:海水交換をみる項目)

潮位振幅の減少の一要因として、湾外からの入射波の減少が考えられる。近年問題となっている地球温暖化により全球的な水面の上昇が報告されているが、これに伴い全球的な潮汐振幅の減少が起きている可能性がある。そのため、該当する海湾の外側で、比較的閉鎖性の弱い(外洋に面した)地域での検潮所データを調査し、その潮汐振幅の変化と該当する海湾内の潮汐振幅の変化を比較する。変化傾向が同じである場合には、海湾内に問題がある可能性は小さいと判断して、この項目については“健康”と診断する。

(C) 透明度(物循-3:基礎生産をみる項目)

一次検査では、透明度の長期的なトレンドをみて変化していない場合のみを“健康”であると評価した。これは東京湾のような富栄養化の進んだ海域で、長期的にみて透明度が上昇している場合についても“不健康”と評価され、二次検査に進む場合のあることを意味している。ここでは、富栄養化が進行している海湾で長期的に見て透明度が上昇し、「物循-4」の評価が“健康”であった海湾については、この項目について“健康”であると診断する。

(D) プランクトンの異常発生(物循-4:基礎生産をみる項目)

赤潮の1件当たりの発生日数や赤潮構成プランクトン種、赤潮による漁業被害等の詳細調査を行い、赤潮の海湾に対する影響度合いを見積る。漁業被害がなく、水産関係者にとって有害ではないことが明らかであり、かつ「物循-3」の評価が“健康”である場合には、海湾の基礎生産に異常をきたしているわけではないと判断して、“健康”と診断する。

(E) 底質環境(物循-5:堆積・分解をみる項目)

(i) 底質の化学分析

底質の化学的な分析を実施する。分析項目は COD、T N、T P、強熱減量、硫化物、粒度組成である。化学分析項目で基準値を超える等、高い値が検出されたときは、底質環境の悪化が明らかであるので、精密検査に進む。

(ii) 生物調査および粒度組成調査

底泥中の生物調査と粒度組成調査を実施する。詳細な生物調査の結果、ごくわずかの貧毛類やヨツバナスピオなどの強内湾性汚濁指標種しか出現せず、粒度組成調査結果においてシルト分が大半を占めるような場合には、無生物化が進行していることが明らかであるので、精密検査を行う。

(F) 底層水の溶存酸素濃度(物循-6:堆積・分解をみる項目)

【生態系の安定性】の評価項目と同様の考え方で、0.5mg/L 以下の無酸素比率（無酸素域の面積比率）が現れる月数（ここでは無酸素状態となっあ出現する月数）が1年間のうち何ヶ月であるかを計数した。計数結果例を図 II-27 に示す。

この例から、東京湾において無酸素水塊が現れる期間が多く、継続的に、1年のうち半年程度は無酸素水塊が生じていることがわかる。

伊勢・三河湾に関しては、【生態系の安定性】の評価項目で検討したように、貧酸素比率が50%を超える期間は3ヶ月程度続いており、東京湾と同じレベルであったが、無酸素水塊に関しては、東京湾より大幅に少ない結果となっている。

大阪湾は1980年代には夏季の1ヶ月程度は無酸素水塊が現れていたが、近年は見られなくなっている。

周防灘と有明海に関しては、無酸素水塊はほとんど見られていない。

ここでは、無酸素水塊の発生が1年のうち1ヶ月以下であり、「物循-5」が“健康”であると診断されている場合には、“健康”であると診断する。

(G) 底生系魚介類の漁獲推移(物循-7:除去をみる項目)

この項目は“除去”について評価する項目であるため、底生系魚介類の漁獲減少においてどのような理由が背景にあるにせよ、除去量が減少しているのであれば、“不健康”と診断し、精密検査を行う。したがって、再検査は行わない。

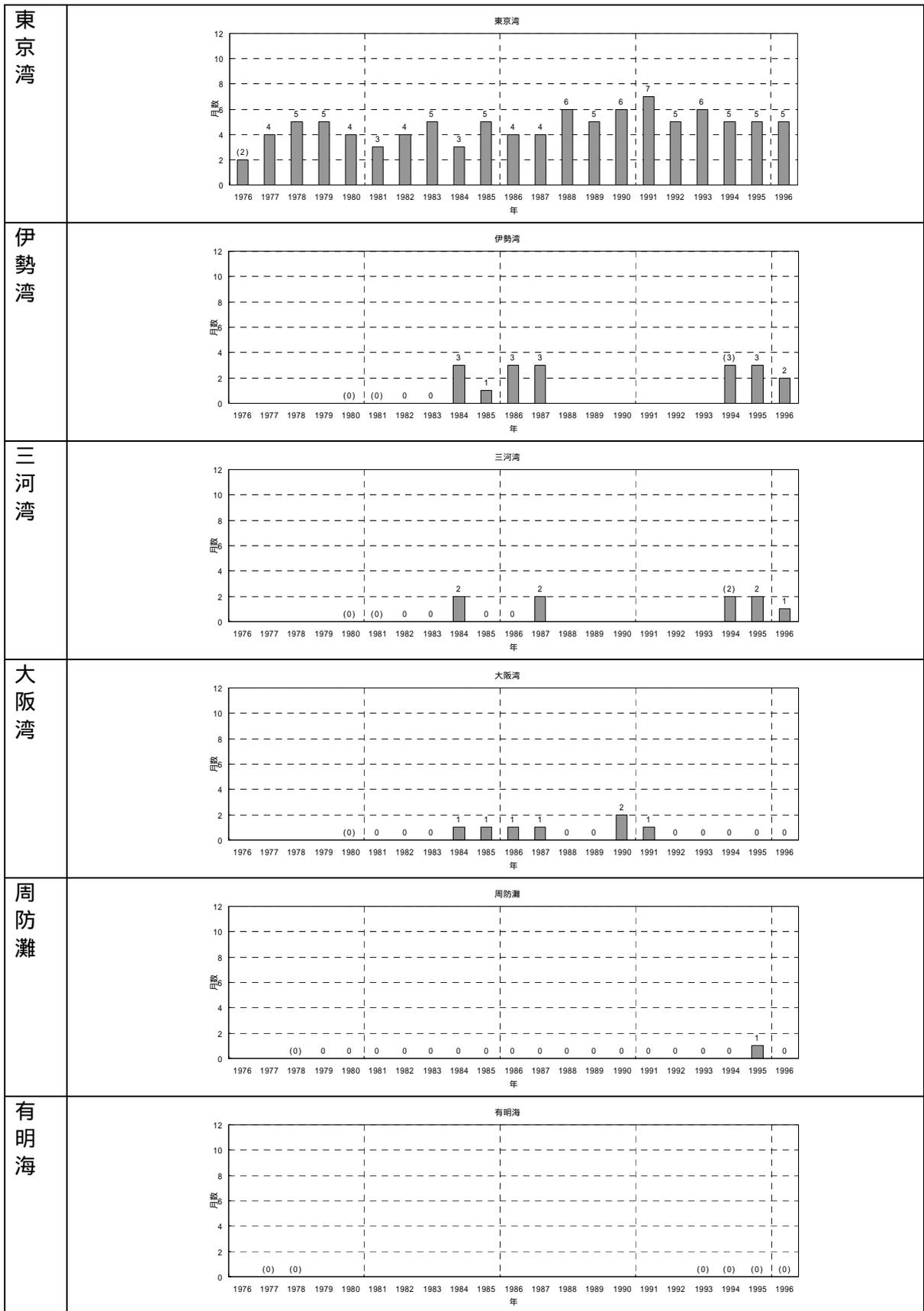


図 II-27 1年間のうち無酸素率が0%を超える月数
 図中のグラフで数字がない年は欠測年を示し、()内の数字は12ヶ月のデータが揃わない年を示す。

2.3.2 精密検査

(1) 生態系の安定性

海湾の生物構成比が大きく変化している、もしくは安定した生態系ならばいるべき種がみられなかったということは、その海湾の生態系が不安定な状況にある可能性を示唆している。この場合、対象海湾の生物組成に影響を与える生息空間と生息環境について詳細な調査を行う。

(A) 生物組成(分類群毎の漁獲割合の推移(生態-1))

再検査において特定した魚種の変化要因を推定し、精密検査を実施する。

養殖藻類については、他の生物と異なり、自然の生物構成要員と位置付けることに問題が残る。特に、その漁獲高(=資源量)の増加が、生息環境の良好さや生態系の安定さを示すものではなく、逆に生態系を不安定にする要因になりうることに注意が必要である。

(i) 生息環境

水質については、公共用水域水質測定結果や浅海定線調査結果等既存の調査結果が利用できる場合は、それらを用いて対象魚種の変動との関係を調査する。利用できる調査結果がない、もしくは不足している場合は、現地調査を行う。この場合、魚介類の生態と関係があるとされる水温、塩分、pH、DO、COD等の項目について年間を通した調査を行う。藻類の生息環境については、藻類の成育に関係するとされている水温、光、栄養塩、流動について調査を行う。

対象魚種が底生系魚介類であった場合は底質調査も行う。底質については、粒度組成、有機物含有量、酸素消費速度実験等について主に夏季を中心に調査を行う。

測点の配置は、水平方向には対象魚種および藻類の生息域内(貝類の場合は生息場とその沖合い)を網羅するように設定し、鉛直方向には最低でも上中下の3層設定する。また、「生態-5」の結果を参照し、有害物質による汚染の履歴についても調査を行う。

(ii) 生息空間および利用空間

干潟や藻場等生息空間および生活史のある段階で強く依存する利用空間の変動については、一次検査の「生態-3」で用いたデータを参照し、対象魚介類の変動との関係を調査する。

藻類の生息空間については、藻類の付着基盤等の変動を調査する。

(iii) 餌環境

餌環境については、対象魚種の生活史における餌量源を調べ、その量、有効性等について調査を行う。具体的には動・植物プランクトン、小魚、デトリタスの量やサイズ、他の競合種との関係について調査する。

(iv) 漁業被害

赤潮・貧酸素水塊等による漁業被害については、各県の水産試験場等が有する既存資料を用いて過去に遡り調査を行う。

(B) 生物組成(生物の出現状況(生態-2))

再検査で行った定量的な調査結果から、出現した生物を食性毎に分類して、「何を食べている生物がいないのか」を明らかにする。一方、特定の生物が優先的に繁殖していることなども、海湾の不健康の一因であることが考えられるため、「何が増えすぎているのか」についても調査する。調査対象とする生物および結果のまとめ方の例は、以下の表 II-11 に示すとおりである。

表 II-11 精密検査における調査対象生物

	動・植物 プランクトン	ベントス			海藻類
		マクロ	メガロ	付着生物	
磯					
砂浜	-		-	-	-
干潟 (付着珪藻)					
人工護岸					
海底	-		-	-	-

表 II-12 再検査で出現した生物のまとめ方の例(磯場の精密検査の例)

生物分類	生物種名	餌量	栄養塩	懸濁物中の 有機物	堆積物中の 有機物	死肉	付着藻類	動物 プランクトン	植物 プランクトン	海藻	小動物
植物プランクトン	植物プランクトンA										
	植物プランクトンB										
	植物プランクトンC										
動物プランクトン	動物プランクトンA										
	動物プランクトンB										
	動物プランクトンC										
マクロベントス	フジツボA										
	フジツボB										
	カサガイA										
	カサガイB										
付着生物	カサガイC										
	巻貝A										
	巻貝B										
	巻貝C										
メガロベントス	巻貝D										
	イソギンチャクA										
	イソギンチャクB										
	イソギンチャクC										
海藻	ウニA										
	ウニB										
	節足動物A										
	カニA										
海藻	カニB										
	カニC										
	海藻A										
	海藻B										
	海藻C										

再検査によって出現した生物を食性で分類することにより、低次の食物連鎖構造のどこが悪化しているのかを調べる。には出現した生物が何を食べているかが網羅的に表示でき、食物連鎖のどの部分が欠損しているのかが理解できるようになっている。

また、この項目における“不健康”の原因としては、生息環境の悪化、生息空間の不安定化、生物間同士の競合（外来種増殖による在来種の駆逐、死骸による汚濁化、特定生物の突発的増殖による摂食圧など）などが挙げられる。

(i) 生息環境

生息環境として水質調査を行う。公共用水域水質測定結果や浅海定線調査結果等既存の調査結果が利用できる場合は、それらを用いて対象生物との関係を調査する。利用できる調査結果がない、もしくは不足している場合は、現地調査を行う。その場合は海水の栄養塩濃度や底質調査項目（COD・T-N・T-P・強熱減量・粒度組成）を測定する。現地調査は年間を通じて行うことが望ましい。また、「生態 - 5」の結果を参照し、有害物質による汚染の履歴についても調査を行う。「生態 - 5」が再検査においても“不健康”であると診断された場合は、現地調査を行い、底質中の人為由来の有害物質や生物体に蓄積が考えられる有害物質濃度（ダイオキシン、カドミウム、鉛など）を測定する。現地調査は年1回程度行うことが望ましい。

(ii) 生息空間

人工護岸には生物の生息の場となるような工夫が施されているか、砂浜の砂の安定性に問題はないか、車両等の侵入など人為的な擾乱の有無について調査する。

(iii) 生物的要因による異常

ムラサキイガイなどの外来種は、天敵もいないことやその生産速度の早さから優占的に増殖する。その後、自らの重量で基質から剥がれ落ち、海底で腐って結果的に海を汚す。このように、特異的に増殖している種が確認されたときも、生態系の安定性を損なう可能性があるためその生態について調査する。対象生物に関連する既存資料が利用できる場合はそれらを用いて関係を調査する。利用できる調査結果がない、もしくは不足している場合は、現地調査を行う。その場合、対象生物の生活史を調査し、飼育実験などによって増殖速度、摂餌速度を分析する。

しかし、しばしば起こる突発的な生物の増殖現象などは、自然の治癒能力の一面であるといった可能性も示唆されているので、そのような場合は生物的にも化学的にも多角的な調査や検討が必要である。

(C) 生息空間(藻場・干潟面積の推移(生態-3)、海岸線延長の推移(生態-4))

藻場・干潟・自然海岸線が減少しているということは、その場に生息する生物の減少と、生活史の一部としてその場に依存する生物の減少も示唆し、生態系を不安定にする要因となり得る。また、近年明らかになってきた水質浄化機能の減少についても懸念される。

(i) 人為的改変の履歴

埋立て等人為的改変の内訳・面積を経年的に整理する。

(ii) 潮位振幅および平均水面

潮位振幅の変動については、一次検査の「物循 - 2」の調査結果を参照する。また、平均水面の変動によっても干潟面積が変化するため調査を行う。データは、「物循 - 2」で用いた朔望平均満潮位と朔望平均干潮位の平均をとって平均水面とした。図 II-1 に各海湾ごとの平均水面の変遷を示す。これから、長期的な海面昇降の傾向が見て取れる。主な特徴としては、有明海の全ての検潮所および大阪湾の大阪検潮所で海面上昇が顕著な点である。有明海の各検潮所では 10～20cm 程度の海面上昇がみられる一方、大阪では 50cm にもおよぶ著しい海面上昇がみられた。

(iii) 土砂供給および侵食

河川からの土砂供給量の減少および沿岸流動の変化に伴う場の消滅については、既存の知見を用いる。

(iv) 藻類の生息空間

藻類の生息空間については、藻類の付着基盤等の変動を調査する。

(v) 藻類の生息環境

生息環境については、藻類の成育に関係するとされている水温、光、栄養塩、流動について調査を行う。公共用水域水質測定結果や浅海定線調査結果等既存の調査結果が利用できる場合は、それらを用い、利用できる調査結果がない、もしくは不足している場合は、現地調査を行う。測点の配置は、水平方向には対象藻類の生息域内を網羅するように設定し、鉛直方向には対象藻類の生息層まで多層に設定する。

(vi) 磯焼けや食害

磯焼けや食害等に伴う藻場の消滅については、原因究明のための調査を行うが、磯焼けの原因については、未だに諸説あり明らかになっていないのが現状である。食害についても、食害生物の異常発生等、原因を究明することが困難な場合がある。



【データ出典】

有明海以外：JODC ホームページおよび気象庁潮位表

有明海 : 1970～1972 気象庁データ

1973～1996 気象庁「潮汐概況」

1996～2000 気象庁「潮汐観測原簿」

注) ここでの平均水面とは朔望平均満潮位(H.W.L)と朔望平均干潮位(L.W.L)の平均を示す。

図 II-1 海湾ごとの平均水面の経年変化

(D) 生息環境(有害物質(生態-5))

有害物質が存在するという事は、海湾に生息する生物の生息環境が悪化しており、その存続が危機的状況にあることを意味する。

一次検査で不健康の判定の原因となった物質について、海域および河川域の水質、底質、生物における有害物質調査を行う。また、有害物質発生源(大気、河川、処理場排水、船起源、構造物起源等)についても調査を行う。水質については、通年調査を行い、底質および生物調査は任意の時期に年1回程度調査を行う。

(E) 生息環境(底層水の溶存酸素濃度(生態-6))

海湾内の調査点の過半数で貧酸素(3ml/L以下)が観測されているということは、底生系生物の生息にとって深刻な環境悪化が生じていることを意味する。

富栄養化海域における一般的な状況としては、成層する夏季に上層からの酸素供給量が減少し、底層での貧酸素化を招くことが知られている。これは、植物による基礎生産が可能な生産層が躍層より上に位置するか下に位置するかによって貧酸素化の進行を大きく左右する。富栄養化の進行した海湾では、透明度が低く生産層も薄くなっていることが多い。そのため、生産層は躍層より上に位置し、上層では酸素過飽和、底層では貧酸素状態になってしまう。また、富栄養化海域では、異常発生したプランクトンの死骸や排泄物等が底層に堆積し、その分解過程で酸素消費が増大し、貧酸素化をいっそう早めている。さらに、底層が貧酸素化することにより、底生系生物が減少し水中の懸濁態有機物や堆積物の除去能力が減少するため、貧酸素化しやすくなる“負のスパイラル”現象が生じることもある。

溶存酸素濃度は、生物の生息環境の重要な要因であるが、貧酸素化の原因については上記のように湾内の物質循環を調査しなければならない。このため、ここでは、湾内溶存酸素濃度の詳細調査を行い、原因の究明については、【物質循環の円滑さ】の底層水の溶存酸素濃度における精密検査を行う。

(i) 溶存酸素濃度の詳細調査

一次検査および再検査で把握した、対象海湾における貧酸素化がもっとも深刻な時期を選び、溶存酸素濃度の詳細調査を行う。調査点は既存のデータから貧酸素化が恒常化している海域を中心として任意の点数を配置し、鉛直方向に連続観測を行う。

(2) 物質循環の円滑さ

海湾内の物質循環過程の調査を行い、物質収支としてまとめ、どの過程が対象海湾内の物質循環の円滑さを阻害しているかについて検討する。

(A) 負荷、海水交換(滞留時間と負荷に関する指標(物循-1)、潮位振幅の推移(物循-2))

海湾に流入する負荷量が、その海湾の海水交換能力と比べて過大であり、海湾内の水質環境に大きな影響をおよぼしている可能性がある。

潮位振幅の減少は海水交換能力の低下を意味する。さらに潮汐流が弱くなることによって、堆積物の分布等にも影響を及ぼすことが推測される。

(i) 海水交換能力

海水交換能力を総合的に評価する方法としては、湾口部での詳細な流動および潮位の調査や、流動シミュレーションによる検討調査がある。後者は気象や埋立て等による海湾容積および地形の変化など下記の要因を考慮した流動シミュレーションを実施し、海水交換能力の変化を把握することができる。流動シミュレーションを行うには数値モデルとそれを使用するための特別な知識が必要となるため、有識者からの助言を得て実施する必要がある。

(ii) 気象要因

淡水流入量は気象条件によって変化する。多雨の年においては、当然ながら海湾に流入する淡水は多くなる。さらに、風の条件も海湾の流系を支配する要因となる。このような気象要因からなる流系の変化が海湾の海水交換能力に変化を及ぼすと考えられるため、気象要因の調査を行う必要がある。

調査方法は、該当海湾近郊のアメダス地点のデータを収集し、経年的な降水量の比較を行い、海湾に流入する淡水量変化の検討を行う。さらに、同じデータから風速・卓越風向の経年変化を検討する。

(iii) 海湾の埋立履歴

海湾内の埋立ての進行に伴って潮位振幅の減少が見られることから、埋立て面積の増加が原因の一つであると考えられる。一般に閉鎖性海湾の潮汐は、湾口から入射する潮汐波と湾奥での反射波が共鳴することにより増幅され定在波的に振舞う。その結果湾口で潮位振幅は小さく、湾奥で潮位振幅は大きくなる特徴を持つ。ところが、埋立等により湾口と湾奥の距離が減少することにより、この共鳴の程度が小さくなり潮位振幅が小さくなると考えられている。そのためにも、海湾における埋立の程度を把握しておくことが必要となる。

調査方法としては、年代ごとに埋立面積の変遷を整理し、潮位振幅の推移を比較することにより、潮位振幅の減少の原因を探る。

(B) 基礎生産(透明度(物循-3)、プランクトンの異常発生(物循-4))

一般に赤潮のようなプランクトンの異常発生は富栄養化の進行を示す指標とされているので、一次検査で不健康とされた場合は対象海湾が富栄養化していることを意味する。プランクトンの異常発生は漁業被害を引き起こし、海域の除去能力を減少させるだけではなく、異常発生したプランクトンが底生系に沈降・堆積し底質悪化を招く原因にもなる。また、間接的な要因としては、二枚貝等プランクトンの捕食者の減少が赤潮を長期化させる原因であることも指摘されている。

(i) 透明度の支配要因の特定と変動要因

対象海湾において、透明度を決めている最も支配的な要因を特定する。一般的には、富栄養化海域では植物プランクトンを含む懸濁態有機物であり、有明海のように底泥の巻きあがり激しい海湾では鉱物由来の懸濁粒子であると考えられる。この特定のためには、透明度とこれら支配要因物質との相関関係を調べ、相関関係の強いものを支配要因と特定する。

透明度の支配要因を特定した後、何故対象海湾で透明度が変化したかについて調査を行う。支配要因とその変動に関わる項目の経年的な変動について既存データがあればそれらの整理を行う。既存の調査結果がない、もしくは不足している場合は現地調査を行う。調査項目は、富栄養化進行型海湾の場合は、主に植物プランクトンを含む懸濁態有機物の変動に関わる項目で、透明度、光量子、植物プランクトン、懸濁態有機物濃度、Chl-a 濃度、栄養塩濃度等であり、鉛直方向に多層に観測層を設ける。懸濁粒子の巻きあがり型海湾では、主に懸濁粒子の巻きあがりに関する項目で、透明度、懸濁粒子量、鉛直循環の強さ等である。

(ii) 赤潮発生と各種要因との関係

赤潮発生時期の気象データ、水温、栄養塩濃度の整理を行い、赤潮発生と各種要因の関係について把握する。気象データはアメダスデータから日射量や気温、降水量等を利用することができる。水温および栄養塩濃度については、公共用水域水質測定結果や浅海定線データを用いる。また、「生態-1」や「物循-7」の漁獲統計データを参照し、プランクトンの捕食者との関係についても整理を行う。

(iii) 基礎生産力

この項目の本来の目的である基礎生産力について調査を行う。変動に関わる項目の経年的な変動について既存データがあればそれらの整理を行う。既存の調査結果がない、

もしくは不足している場合は現地調査を行う。調査項目は、透明度、光量子、植物プランクトン、動物プランクトン、Chl-a 濃度、栄養塩濃度等であり、鉛直方向に多層に観測層を設ける。富栄養化進行型海域の場合は、(1)の調査項目と同様になる。調査は最低でも四季行うことが望ましい。

(C) 堆積・分解(底質環境(物循-5)、底層水の溶存酸素濃度(物循-6))

海湾内の調査点において底質環境の悪化もしくは無酸素状態(0.5mg/L以下)が観測されているということは、底生系環境において生物が排除され、上層から沈降し底泥に堆積した有機物が速やかに分解せず、底泥からのリンの溶出増大等、海湾内の物質循環が円滑ではない状況を表している。

富栄養化海域では、異常発生したプランクトンの死骸や排泄物等が底層に堆積し、その分解過程で酸素消費が増大し、上層からの酸素供給量を上回ってしまうことが起こる。さらに、底層が貧酸素化することにより、底生系生物が減少し水中の懸濁態有機物や堆積物の除去能力が減少するため、貧酸素化しやすくなる“負のスパイラル”現象が生じることもある。このような状態が、底層環境を悪化させ、無生物化を引き起こると考えられる。

(i) 躍層の出現状況

無酸素化の物理的発生要因である躍層の出現状況について現地調査を行う。無酸素化が生じる時期に、水温、塩分、流動の鉛直観測を行い、躍層の出現状況について把握する。また、環境悪化の原因が、底層海水の流動の停滞によるものかどうかについても確かめる。

(ii) 生産層の状況

海域における酸素供給過程のもっとも大きな役割を担う基礎生産の状況について現地調査を行う。光量子、植物プランクトン、栄養塩濃度、溶存酸素濃度の鉛直観測を行い、生産層および生産量について把握する。調査時期は、躍層の出現状況の調査と同時期とする。

(iii) 水中からの沈降水量

セディメント・トラップを用いて上層からの懸濁物沈降水量および沈降物の組成を測定する。調査時期は、躍層の出現状況の調査と同時期とする。

(iv) 底層における堆積物分解状況

底泥の有機物含有量調査、酸素消費速度実験を行う。調査時期は、躍層の出現状況の調査と同時期とする。

(v) 底生系生物の出現状況

懸濁態有機物の除去に影響する底生系生物の出現状況を調査する。調査時期は、躍層の出現状況の調査と同時期とする。また、「生態 - 5」の結果を参照し、有害物質による汚染の履歴についても調査を行う。

(D) 除去(底生系魚介類の漁獲推移(物循-7))

底生系魚介類の漁獲が減少するという事は、海湾内、特に底泥内にかつては系外へ持ちだされていた物質が蓄積されていくことを意味する。

ここでは、一次検査では除外していた藻類養殖についても考慮し、湾内からの除去についてより詳細な検討を行う。ただし、藻類養殖については、海域により施肥を行っている場合があるので、単純に漁獲量を除去量として評価できない可能性があるため、注意が必要である。調査方法としては、漁獲量を炭素、窒素、リン等の元素量に換算し、海湾内の物質循環諸過程の物質量との比較を行う。

また、必要に応じて、大きく漁獲高が減少した魚種について減少要因の調査を行う。調査方法は「生態 - 1」の精密検査項目に準ずる。

(3) その他

ここでは、【生態系の安定性】と【物質循環の円滑さ】の各調査項目が再検査においても“不健康”であると判断された場合の精密検査の調査内容を記述した。しかし、日本沿岸の閉鎖性海湾の精密検査において、上記の調査項目で充分であるとは言えないのが現状である。これまでに挙げた調査項目を基本としつつ、各海湾特有の生態系や物質循環について、現場を熟知している水産試験場の職員等が検査項目を検討した上で追加・変更する等、より目的に沿った調査内容となるようアレンジすることも時として必要であると考えられる。

2.4 総合評価

総合評価は、二次検査の精密検査まで行われた後に、基本情報を踏まえて、海湾の健康状態を最終的に評価するものである。一次検査で不健康と診断され二次検査の精密検査まで行った場合でも、基本情報を考慮することにより健康と評価される可能性もある。総合評価は、非常に高度な判断を必要とすることから、学識者で構成された検討委員会等によって評価を行うことが望ましい。

海湾の健康状態を総合的に把握した後は、健康の維持・管理、不安定要素の排除・改善、環境改善及び環境修復といった方策を検討する必要がある。

3. ケーススタディー

ケーススタディー海湾として、有明海を選択した。ケーススタディーの結果は図 II-38 に示す。

3.1 一次検査

3.1.1 生態系の安定性を示す項目

(1) 分類群毎の漁獲割合の推移(生態-1)

(A) 用いた資料

使用した資料名は福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の4県の農林水産統計年報を用いた。

(B) 整理方法

分類群別の漁獲量の絶対値と、構成割合の両方を算定した。また、経年的な変化を把握するために、複数年にわたって実施した。

(C) 整理結果

整理した結果を図 II-29 以下に示す。

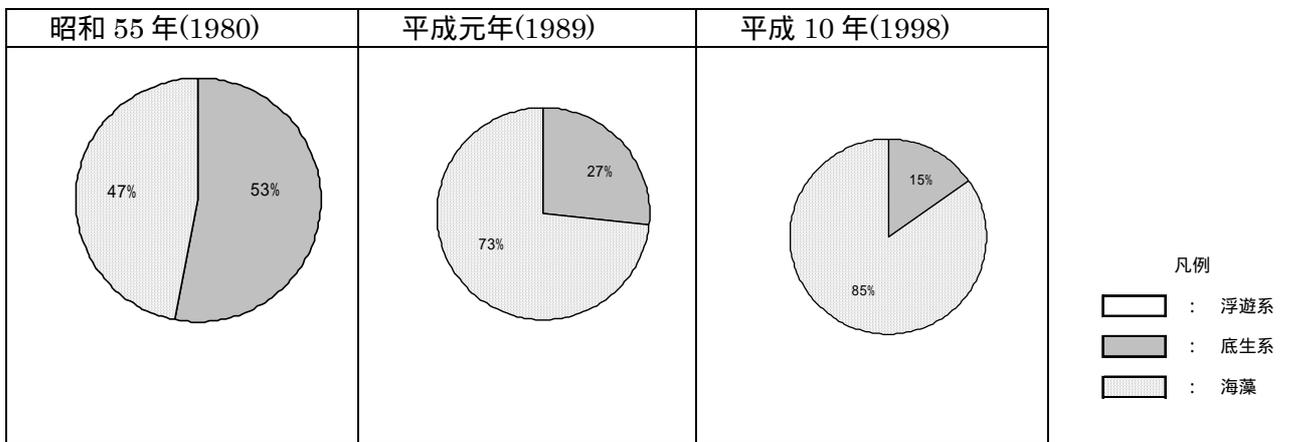
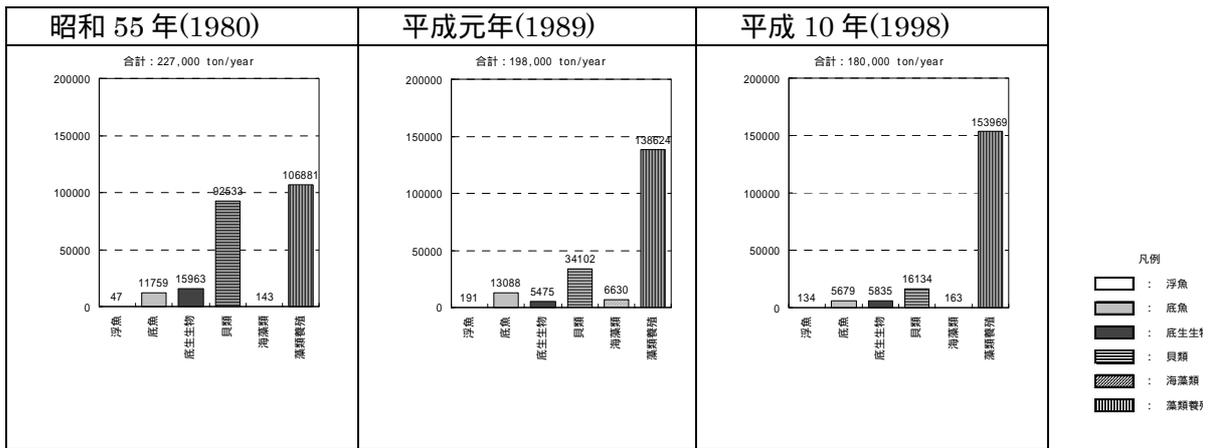


図 II-29 漁獲割合の変遷

(D) 結果の見方

図 II-29 には漁獲割合の変遷を整理した。算定した年代は分類群別の漁獲高と同年代である。円グラフの大きさは昭和 55 年に対する相対的な漁獲量を示す。

(E) 評価基準

最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値とを比較し、漁獲割合の一番大きい分類群の割合が、20%以上変化していないこと。

(F) 評価

調査対象年次の分類群別漁獲割合において最も大きな割合を占める底生系の漁獲が平均的な漁獲割合に比べて 20%以上変化しているため、評価は×である。

(2) 生物の出現状況(生態-2)

生物の生息状況については、有明海における調査データがないので、ここでは一次診断は行わない。ただし、調査の流れを把握するため、調査地点の選定例を示す。

(A) 調査地点

有明海で生物の出現状況を調査することを想定し、調査場所と調査地点の設定例を示す。

有明海における調査場所および調査地点としては、磯場 4 地点（湾奥 1 点、湾央 2 点 [熊本県側と長崎県側各 1 点]、湾口 1 点）、砂浜 2 点（湾奥 1 点、湾口 1 点）、干潟 3 点（湾奥 2 点、湾央 1 点）、人工護岸 3 点（湾奥、湾央、湾口各 1 点）、海底 3 地点（湾奥、湾央、湾口各 1 点）の、合計 5 場所 15 地点程度を選定すると、本調査項目の目的を達成できると考えられる。

(B) 生物調査

上記に挙げた調査地点で、実際に生物チェックシートを持参して生物調査を行う。

(C) 結果の見方

生物チェックシートに記載されている生物は、そこに生息していなくてはならない生物である。その生物が生息していないということなので、該当する調査場所および調査地点における生態系構造に異常があるということになる。

(D) 評価基準

生物チェックシートに記載された生物が生息していること。

(E) 評価

生物チェックシートに記載された生物が生息していない場合は、評価が×となる。

(3) 藻場・干潟面積の推移(生態-3)

(A) 用いた資料

環境省が実施した自然環境保全基礎調査における藻場・干潟面積の集計結果である。

(B) 整理方法

干潟に関しては 1945 年時点でのデータと比較し、藻場に関しては 1978 年時点のデータと比較し、現状(最新データとして 1993 年)の藻場および干潟面積の減少率を算定した。

(C) 整理結果

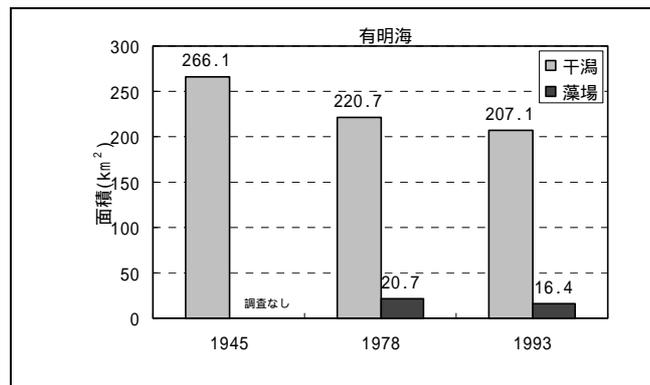


図 II-30 藻場・干潟面積の推移

(D) 結果の見方

本海域では藻場・干潟面積とも減少傾向にあることがわかる。干潟は 1945 年に比べて 1993 年では約 22.1%の減少、藻場は 1978 年に比べて 1993 年では約 20.8%の減少である。

(E) 評価基準

藻場・干潟のそれぞれの面積が 20%以上減少していないこと。

(F) 評価

藻場および干潟のそれぞれの面積が 20%以上減少しているので、評価は×である。

(4) 海岸線の自然度の推移(生態-4)

(A) 用いた資料

環境省実施の自然環境保全基礎調査における「全国海岸域現況調査」(建設省、昭和 50 年度)の「海岸区分計測図」に表示されている海岸線で、短径 100m以上の島を含む全国の海岸線を対象としたものを用いた。

(B) 整理方法

有明海の海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合を算定した。

(C) 整理結果

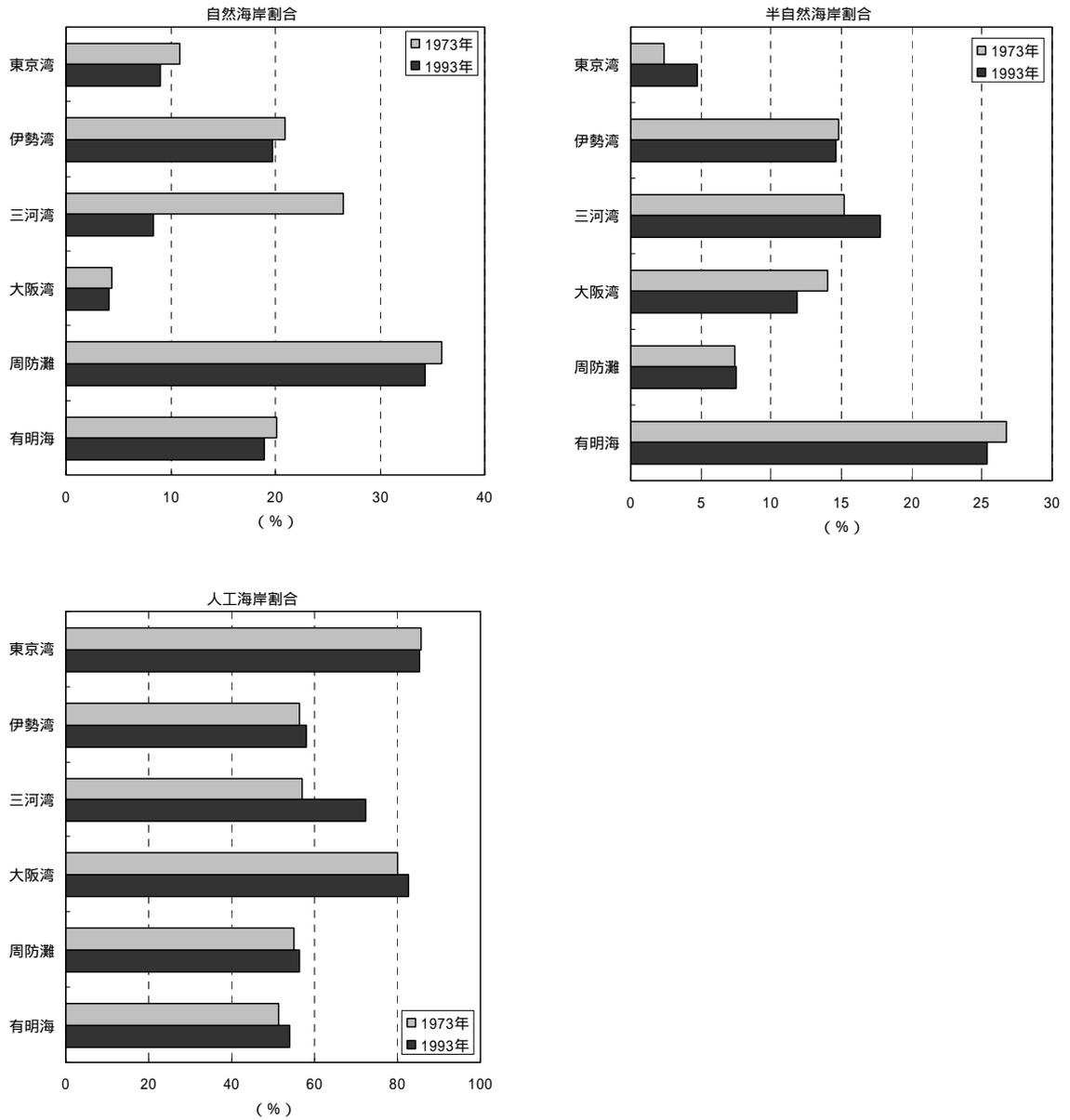


図 II-31 全海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合の海湾ごとの比較

(D) 結果の見方

本海域の人工海岸線割合は、1973年では約51%、1993年では約54%である。

(E) 評価基準

人工海岸が20%以上存在しないこと。

(F) 評価

人工海岸の割合が 20%以上存在しているので、評価は×である。

(5) 有害物質(生態-5)

(A) 用いた資料

公共用水域水質測定結果、化学物質環境安全性総点検調査結果および新聞報道記事。

(B) 整理方法

測定結果と基準値もしくは評価値を比較した。また、新聞報道記事における関連記事をチェックした。

(C) 整理結果

平成 11 年環境省調査：柳川市沖で 2.4 ピコグラム/L のダイオキシン

平成 12 年福岡県調査：大牟田川で 350 ピコグラム/L のダイオキシン

平成 10 年九州大学調査：福岡県沖で海水中 38.7 ナノグラム/L、底泥中 39.4 ナノグラム/1g 乾泥の TBT

平成 11 年九州大学調査：タイラギの生殖腺中 30.4 ナノグラム/1g、アサリの個体から最高で 89 ナノグラム/1g の TBT

平成 10 年九州大学調査：大牟田市沖でインポセックスを起こしたイボニシを発見

(D) 結果の見方

ダイオキシンの環境基準値は、1 ピコグラム/L

(E) 評価基準

- ・最近 5 年間で（環境）基準値もしくは評価値を上回っていないこと。
- ・最近 5 年間で奇形等異常個体の報告例がないこと。
- ・最近 5 年間で有害物質が原因で個体数が減少もしくは姿を消した種の報告例がないこと。

(F) 評価

直近 5 年以内に基準値を上回っている項目があり、さらには奇形等異常個体が発見されていることから、評価は×である。

(6) 底層水の溶存酸素濃度(生態-6)

(A) 用いた資料

福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の公共用水域水質測定結果および各自治体が行っている浅海定線調査を使用した。

(B) 整理方法

貧酸素水塊が海湾の面積に占める割合を算定する。ただし、ここでは次式に示す手法で簡易的に貧酸素水塊が占める割合を算定するものとする。

$$\text{貧酸素比率 (\%)} = \frac{\text{貧酸素になっているサンプル数}}{\text{対象とする全サンプル数}} \times 100$$

1ヶ月ごとの下層のデータを対象に全サンプルを単純平均することにより算定した。

(C) 整理結果

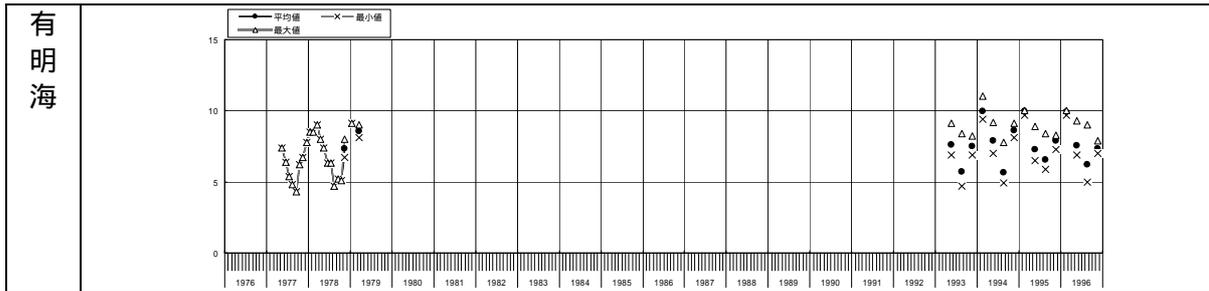


図 II-32 DO の経年変化(下層のサンプルの単純平均)

(D) 結果の見方

夏季の最低 DO をみても、あまり 3mg/L を下回るような貧酸素水塊はみられない。

(E) 評価基準

貧酸素比率が最大で 50% を超えないこと。

(F) 評価

貧酸素比率が最大で 50% を超えていないため、評価は である。

3.1.2 物質循環の円滑さを示す項目

(1) 滞留時間と負荷に関する指標(物循-1)

(A) 用いた資料

必要なデータは、海湾の平均滞留時間、負荷量および海湾の容積である。しかし、調査や文献が無かったため、淡水の平均滞留時間を淡水流入量および海湾の平均塩分より簡易的に算定した。

(B) 整理方法

海湾に流入する負荷量が適正であるか、過大/過小であるかを判断する指標として、次式に示す指標を導入する。

$$C_0 = \frac{F\tau_f}{V}$$

F は物質の負荷量、 τ_f は淡水の平均滞留時間、V は海湾の容積を示す。この C_0 は濃度の次元を持ち、流入負荷量起源による物質の湾内の平均濃度とも言える。これを用いることにより異なるスケールや異なる海水交換特性を持つ海湾での平均濃度を同等に評価する。この C_0 を算定することにより湾の規模や海水交換を考慮した上での海湾固有の負荷量を評価した。

(C) 整理結果

表 II-13 C_0 の算定

		有明海
τ_f (月)		4.1
湾容積(km ³)		34.0
COD	負荷量(t/day)	47
	C_0 (mg/L)	0.17
T-N	負荷量(t/day)	31
	C_0 (mg/L)	0.11
T-P	負荷量(t/day)	1.8
	C_0 (mg/L)	0.007

(D) 評価基準

各水質項目の C_0 以下の基準値を越えないこと。

COD : 0.2mg/L T-N : 0.2mg/L T-N : 0.02mg/L

(E) 評価

いずれの項目も、基準値を超えていないため、評価は である。

(2) 潮位振幅の推移(物循-2)

(A) 用いた資料

気象庁の潮位表を用いた。

(B) 整理方法

大浦、三角、口之津、長崎、枕崎における各検潮所での朔望平均満潮位（大潮時の満潮位の平均値）と朔望平均干潮位（大潮時の干潮位の平均値）の差をとって潮位振幅とし、その推移を整理した。

(C) 整理結果

整理した結果を図 II-33 に示す。

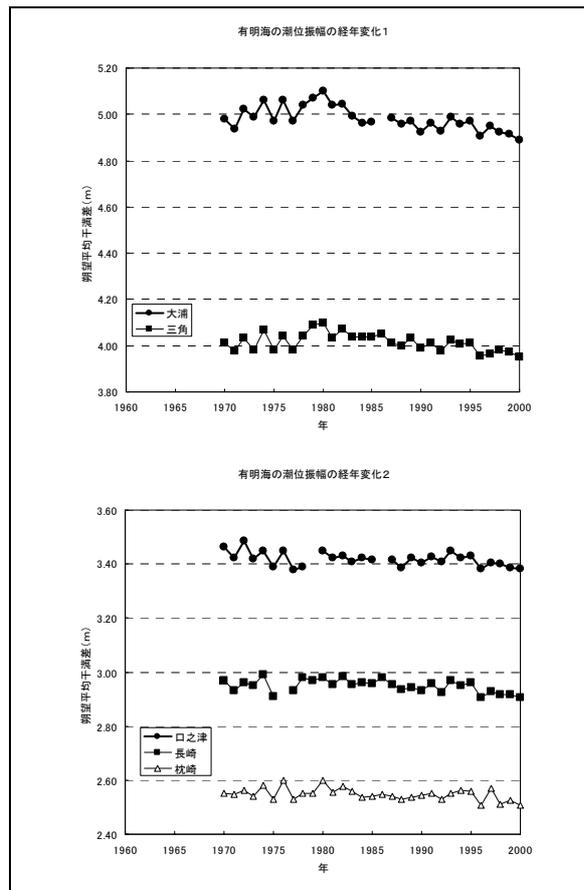


図 II-2 潮位振幅の推移

(D) 結果の見方

潮位差が下降している傾向が見て取れる。原因としては、潮汐流の大きさの低下が示唆される。当然のことながら、潮汐流が弱くなることにより、海水交換が悪くなっていることが考えられ、物質循環への影響が懸念される。

(E) 評価基準

潮位振幅の減少が10年間で5cm以下であること。

(F) 評価

潮位振幅の減少が10年間で5cm以上であるので、評価は×である。

(3) 透明度(物循-3)

(A) 用いた資料

福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の公共用水域水質測定結果による各海湾の透明度データをを用いた。

(B) 整理方法

透明度データを月ごとに単純平均することにより算定し、その変遷を整理した。

(C) 整理結果

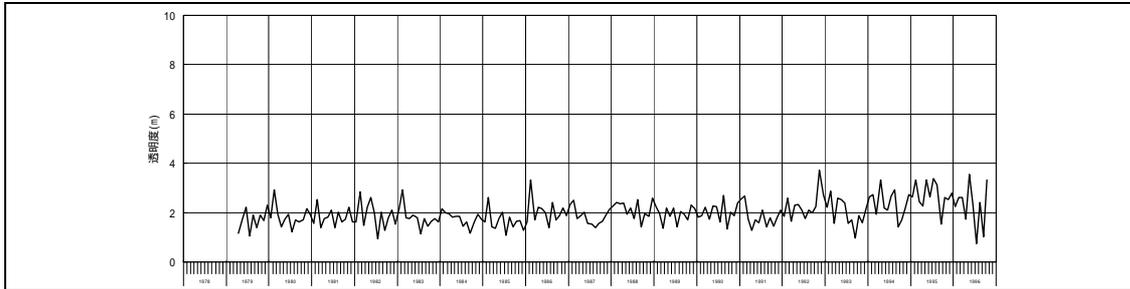


図 II-3 透明度の変遷

(D) 結果の見方

本海域は、底質が砂泥質で強い潮流により底泥が巻き上げられる結果、常時透明度が低くなっている状態であり、いちがいに透明度が高いからと言って、健全な状態であるという判断を下すことはできない。逆に透明度が上がることで底層まで日射が届き、その結果異常な基礎生産を引き起こす原因になることも考えられる。

したがって、対象海湾の透明度が、植物プランクトンと相関が高いのか、主に鉱物由来のSSと相関が高いのか把握した上で、透明度の増減を解釈する必要がある。

(E) 評価基準

最近10年間の平均値と最近3年間の平均値との差が $\pm 20\text{cm}$ 以下であること。

(F) 評価

有明海における最近10年間平均値は2.14m、最近3年間平均値は2.46mであり、その差は30cmあることから、評価は×である。

(4) プランクトンの異常発生の推移(物循-4)

(A) 用いた資料

水産庁九州漁業調整事務所の「九州海域の赤潮」。

(B) 整理方法

赤潮発生件数を経年グラフにする。

(C) 整理結果

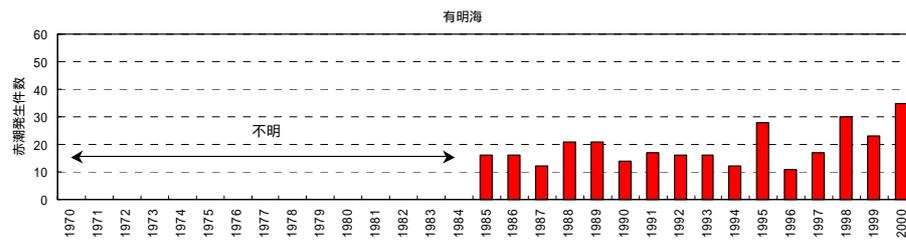


図 II-4 赤潮発生件数の経年変化

(D) 結果の見方

本海域では近年、赤潮の発生件数は増加傾向にある。

(E) 評価基準

赤潮が発生していないこと。

(F) 評価

赤潮が発生しているので、評価は×である。

(5) 底質環境(物循-5)

底質環境については、実際の調査データがないので、ここでは一次診断は行わない。
ただし、調査の流れを把握するため、調査地点の選定例を示す。

(A) 調査地点

有明海で底質環境を調査することを想定し、調査地点の設定例を示す。調査地点は、「生物の生息状況」で設定した底質調査地点と同地点の3地点（湾奥、湾央、湾口各1点）を底質調査地点とする。

(B) 底質調査

底質が最も悪くなるであろう夏季（8月）に1回調査を行う。選定した地点にて、採泥器を用いて泥を採取し、手順に従い、臭気、色調、生物の3項目をチェックする。

(C) 評価基準

- ・ 底質の臭いおよび色調に異常がないこと。
- ・ 生物がいること。

(D) 評価

評価基準を満たさない場合は“不健康”（×）と評価する。

(6) 底層水の溶存酸素濃度(物循-6)

(A) 用いた資料

福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の公共用水域水質測定結果および各自治体を実施している浅海定線調査結果。

(B) 整理方法

公共用水域水質測定結果は、下層のデータのみを対象としてデータの整理を行った。浅海定線データは最下層のデータを対象として整理を行った。

溶存酸素濃度の全湾平均値を算定しその経年変化を把握するとともに、貧酸素水塊がどの程度の広がりをもって存在しているかを評価することが必要であるので、貧酸素水塊が海湾の面積に占める割合を算定した。ただし、ここでは次式に示す手法で簡易的に貧酸素水塊が占める割合を算定するものとする。

$$\text{無酸素比率}(\%) = \frac{\text{無酸素になっているサンプル数}}{\text{対象とする全サンプル数}} \times 100$$

貧酸素の定義を生物の生息が危ぶまれる 3ml/L として貧酸素比率を算定したが、ここではこれに加えて無酸素比率(0ml/L)の割合を算定した。ただし、分析の定量限界値が 0.5mg/L であるのでここではこの値を用いた。

(C) 整理結果

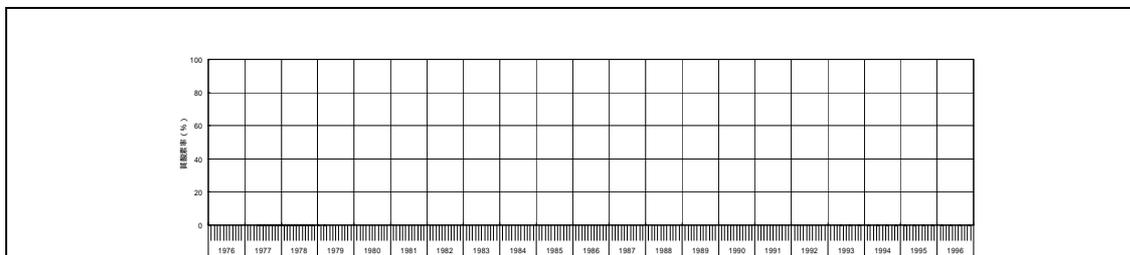


図 II-5 底層における無酸素比率(定量限界値以下のサンプルの割合%)

(D) 結果の見方

本海域では、底層において無酸素水塊はみられていない。

(E) 評価基準

無酸素比率が0であること。(無酸素水塊が出現していないこと。)

(F) 評価

無酸素比率が0であるので、評価は である。

(7) 底生系魚介類の漁獲推移(物循-7)

(A) 用いた資料

福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の農林水産統計から整理した。

(B) 整理方法

底生系の生物に着目して、その推移をグラフ化した。

(C) 整理結果

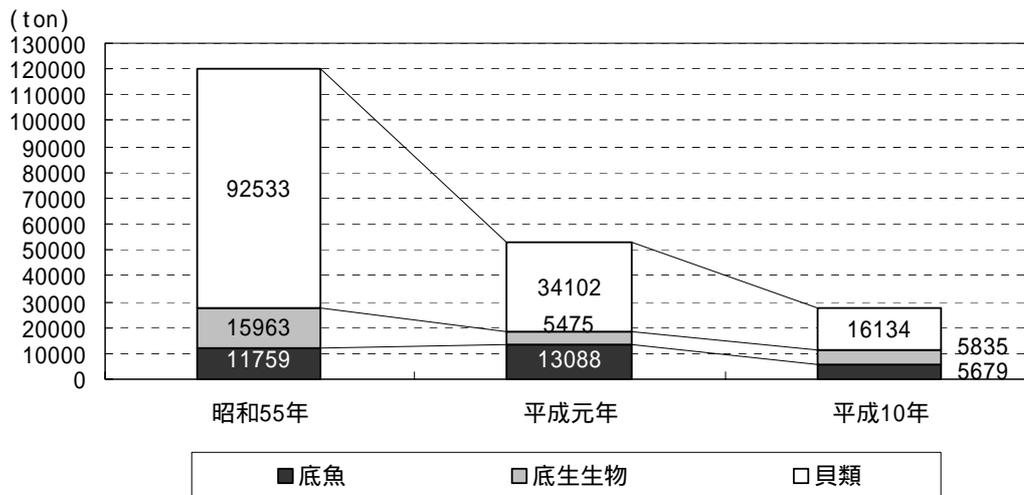


図 II-6 底生系魚介類の漁獲推移

(D) 結果の見方

本海域では、漁獲高が激減しており、底生系からの物質の除去機能が阻害されていることが示唆される。特に貝類が著しく減少していることが見て取れる。

(E) 評価基準

最近 10 年間の平均漁獲量と最近 3 年間の平均漁獲量を比較して、20%以上変化していないこと。

(F) 評価

過去 10 年間の平均漁獲量と最新年の総漁獲量を比較して、20%以上変化しているので、評価は×である。

3.1.3 一次検査結果マトリクス

一次検査の流れを一覧表にしたものが、以下のマトリクスである。

表 II-1 一次検査マトリクス

	検査項目	用いた資料	整理方法	評価	評価基準	評価
【生態系の安定性】 を示す項目	生態 - 1 分類群毎の漁獲割合の推移	福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の4県の農林水産統計年報。	分類群別の漁獲量の絶対値と、構成割合の両方を算定。経年的な変化を把握するために、複数年にわたって実施。	調査対象年次の分類群別漁獲割合において最も大きな割合を占める底生系の漁獲が平均的な漁獲割合に比べて20%以上変化している。	最近10年間の平均値と最近3年間の平均値とを比較し、漁獲割合の一番大きい分類群の割合が、20%以上変化していないこと。	×
	生態 - 2 生物の出現状況	現地調査にてデータを取得する。ここでは例として、実際に調査を実施したと想定する。	生物生息チェックシートに記載してある生物を探し、見つけたらをつけてゆく。	-	生物チェックシートに記載された生物が生息していること	-
	生態 - 3 藻場・干潟面積の推移	環境省実施の自然環境保全基礎調査における藻場・干潟面積の集計結果	干潟に関しては1945年時点でのデータと比較し、藻場に関しては1973年時点のデータと比較し、現状（最新データとして1993年）の藻場および干潟面積の減少率を算定。	藻場・干潟面積とも減少傾向。干潟は1945年に比べて1993年では約22.1%の減少、藻場は1978年に比べて1993年では約20.8%の減少。	藻場・干潟のそれぞれの面積が20%以上減少していないこと。	×
	生態 - 4 海岸線延長の推移	環境省実施の自然環境保全基礎調査における「全国海岸域現況調査」（建設省、昭和50年度）の「海岸区分計測図」に表示されている海岸線で、短径100m以上の島を含む全国の海岸線を対象としたもの。	全海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合を算定。	本海域の人工海岸線割合は、1973年では約51%、1993年では約54%である。	人工海岸が20%以上存在しないこと。	×
	生態 - 5 有害物質	公共用水域水質測定結果、化学物質環境安全性総点検調査結果および新聞報道記事	測定結果と基準値もしくは評価値を比較した。また、新聞報道記事における関連記事をチェックした。	直近5年以内に基準値を上回っている項目があり、さらには奇形等異常個体が発見されている。	・最近5年間で（環境）基準値もしくは評価値を上回っていないこと。 ・最近5年間で奇形等異常個体の報告例がないこと。 ・最近5年間で有害物質が原因で個体数が減少もしくは姿を消した種の報告例がないこと。	×
	生態 - 6 底層水の溶存酸素濃度	福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の公共用水域水質測定結果および各自治体実施している浅海定線調査	1ヶ月ごとの下層のデータのみを対象に全サンプルを単純平均する。貧酸素水塊が海湾の面積に占める割合を次式に従って算定。 $\text{貧酸素比率(\%)} = \frac{\text{貧酸素になっているサンプル数}}{\text{対象とする全サンプル数}} \times 100$	夏季の最低DOをみても、あまり3mg/Lを下回るような貧酸素水塊はみられない。	貧酸素比率が最大で50%を超えないこと。	
【物質循環の円滑さ】 を示す項目	物循 - 1 滞留時間と負荷に関する指標	淡水の平均滞留時間、淡水流入量および海湾の平均塩分	F：物質の負荷量 $\tau_f : \text{淡水の平均滞留時間} \quad C_0 = \frac{F \cdot \tau_f}{V}$ V：は海湾の容積 このC ₀ （負荷滞留濃度）を算定することにより湾の規模や海水交換を考慮した上での海湾固有の負荷量を評価。		各水質項目のC ₀ が以下の基準値を越えないこと。 COD：0.2mg/L T-N：0.2mg/L T-P：0.02mg/L	
	物循 - 2 潮位振幅の推移	気象庁の潮位表	大浦、三角、口之津、長崎、枕崎における各検潮所での朔望平均満潮位（大潮時の満潮位の平均値）と朔望平均干潮位（大潮時の干潮位の平均値）の差をとって潮位振幅とし、その推移を整理。	潮位差が下降傾向。原因としては、潮汐流の大きさの低下が示唆される。潮汐流が弱くなることにより、海水交換が悪くなっていることが考えられ、物質循環への影響が懸念される。	潮位振幅の減少が10年間で5cm以下であること。	×
	物循 - 3 透明度	福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の公共用水域水質測定結果による各海湾の透明度データ	透明度データを月ごとに単純平均することにより算定し、その変遷を整理。	最近10年間の平均値は2.14m、最近3年間の平均値は2.46mであり、その差は30cmである。	最近10年間の平均値と最近3年間の平均値の差が±20cm以下であること。	×
	物循 - 4 プラクトンの異常発生の推移	水産庁九州漁業調整事務所の「九州海域の赤潮」	赤潮発生件数を経年グラフ化。	本海域では近年、赤潮の発生件数は増加傾向。	赤潮が発生していないこと。	×
	物循 - 5 底質環境	現地調査にてデータを取得する。ここでは例として、実際に調査を実施したと想定する。	チェック表に記載してある臭気・色調・生物の3項目にあてはまることがないかどうかチェックする。	-	・底質の臭い及び色調に異常が無いこと。 ・生物がいること。	-
	物循 - 6 底層水の溶存酸素濃度	福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の公共用水域水質測定結果および各自治体実施している浅海定線調査結果。	1ヶ月ごとの下層のデータのみを対象に全サンプルを単純平均する。無酸素水塊が海湾の面積に占める割合を次式に従って算定。 $\text{無酸素比率(\%)} = \frac{\text{無酸素になっているサンプル数}}{\text{対象とする全サンプル数}} \times 100$	本海域では、底層において無酸素水塊はみられていない。	無酸素比率が0であること。（無酸素水塊が出現していないこと。）	
	物循 - 7 底生系魚介類の漁獲推移	福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県の農林水産統計	底生系の生物に着目して、その推移をグラフ化。	本海域では、漁獲高が激減しており、底生系からの物質の除去機能が阻害されていることが示唆される。特に貝類が著しく減少。	最近10年間の平均漁獲量と最近3年間の平均漁獲量を比較して、20%以上変化していないこと。	×

3.2 二次検査

有明海の一次検査の診断結果に基づき、二次検査を行う。二次検査は一次検査の診断結果を確認する再検査と“不健康”の原因を探るための精密検査とからなる。

3.2.1 再検査

(1) 分類群毎の漁獲割合の推移(生態-1)

漁獲高の中でも、底生系漁獲高が大きく変動しており、そこに含まれる底魚、底生魚介類、貝類のうち、もっとも大きな変化を示していたのは貝類である。底生系魚種の漁獲高が大きく減少しているため、“健康”と診断することはできない。

(2) 生物の出現状況(生態-2)

一次検査において、“不健康”であると診断が下された場合を想定し、生物の定量・定性調査の実施を仮定した。

磯では、動・植物プランクトン、ベントス(マクロベントス・メガロベントス・付着生物)、海藻類の定量・定性調査を、砂浜ではマクロベントスの定量・定性調査を、干潟では付着藻類、ベントス(マクロベントス・メガロベントス・付着生物)の定量・定性調査を、人工護岸では動・植物プランクトン、ベントス(マクロベントス・メガロベントス・付着生物)、海藻類の定量・定性調査を、海底ではマクロベントスの定量・定性調査をそれぞれ実施する。

専門家による上記定量・定性調査結果を一次検査に用いた生物チェックシートと照らし合わせ、一次検査の評価基準により健康・不健康の診断を行う。

(3) 藻場・干潟面積の推移(生態-3)

消失干潟の海湾全域に対する影響割合について調べる。二次検査で示した(b)のグラフから判断すると、有明海は1%より大きい値を示しているため、消失干潟の影響割合は大きいと考えられ、“健康”と診断することはできない。

藻場についても同様に判断すると、有明海は0.1%より大きい値を示しているため、消失藻場の影響割合は大きいと考えられ、こちらについても“健康”と診断することはできない。

(4) 海岸線延長の推移(生態-4)

再検査においても「生態-1」が“健康”であると診断されなかったため、この項目についても“健康”であると診断することはできない。

(5) 有害物質(生態-5)

基準値を越えたのは平成12年であるため、その後3年間を経過していない。したがって、ここでは“健康”であるとは診断できない。

(6) 底層水の溶存酸素濃度(生態-6)

この項目は一次検査で“健康”であると診断されたため、二次検査は行わない。

(7) 滞留時間と負荷に関する指標(物循-1)

この項目は一次検査で“健康”であると診断されたため、二次検査は行わない。

(8) 潮位振幅の推移(物循-2)

一次検査で用いた潮位振幅の減少値をみると、有明海の口之津、長崎、枕崎では、湾奥の口之津が 5.8cm であるのに対し、湾口に近い枕崎は 3.2cm となっている。この結果から、湾外においても潮位振幅の減少が見られるようだが、湾内にも振幅の原因が存在すると判断されるので、ここでは“健康”であると診断することはできない。

(9) 透明度(物循-3)

有明海は一般的に富栄養化が進行した海域であるとは位置付けられていない。また、有明海の特徴として、低透明度は底泥粒子の巻きあがりによるものであるとされている。さらに、「物循-4」が“不健康”であると診断されているため、ここでは“健康”であるとの診断はできない。

(10) 赤潮の発生件数の推移(物循-4)

有明海に発生する赤潮は主に珪藻赤潮であるが、冬季のノリ漁期と重なると漁業被害が生じる。また、他の海域と異なり、発生回数もべ日数も増加する傾向にあり、赤潮による漁業被害が年々拡大する方向にあるため、ここでは“健康”という診断はできない。

(11) 底質環境(物循-5)

一次検査“不健康”であると診断された場合は、現地調査によって底質の化学分析と生物調査を行う。調査項目は COD、T N、T P、強熱減量、硫化物、粒度組成、底泥中の生物同定調査である。化学分析項目で高い値が検出されたときは、底質環境の悪化が明らかであるので、精密検査を行う。詳細な生物調査の結果においても、ごくわずかの貧毛類やヨツバネスピオなどの強内湾性汚濁指標種しか出現せず、粒度組成調査結果においてシルト分が大半を占める場合は、無生物化が進行していることが明らかであるので精密検査を行う。

(12) 底層水の溶存酸素濃度(物循-6)

この項目は一次検査で“健康”であると診断されたため、二次検査は行わない。

(13) 底生系魚介類の漁獲推移(物循-7)

この項目についての再検査はないので、精密検査を行う。

3.2.2 精密検査

(1) 生態系の安定性を示す項目

一次検査および再検査において、生態系の安定性を示す項目が“不健康”であると診断された場合は、生態系を構成する生物組成に影響を与える生息環境と生息空間について詳細な調査を行う。

(A) 生物組成(生態-1)

底生系魚種のうち貝類の漁獲高が減少していたので、「生息環境」、「生息空間」、「餌環境」、「漁業被害」について調査を行う。上記の調査項目のうち、「生息環境」については「生態-5」「生態-6」「物循-5」「物循-6」の検査結果を、「生息空間」については「生態-3」「生態-4」の検査結果を、「漁業被害」については「物循-4」の検査結果をそれぞれ参考にすることができる。調査にあたって、既存資料が利用できる場合はそれらを使用し、利用できないもしくは不足している場合は現地調査を実施する。

漁獲割合を変動させた原因が、底生系漁獲高の減少である場合は、「物循-7」についても不健康であると評価されている可能性が高いので、本調査結果を「物循-7」の考察にも役立てることができる。

(B) 生物組成(生態-2)

再検査において、“不健康”であると診断が下された場合を想定し、精密検査の実施を仮定した。

再検査の定量・定性調査結果より、食性マトリクス表を作成する。その結果、表 II-15 に示すような結果(例)が得られたと想定する。表に示した例のように、生物が多様に出現し、それらの生物の食性においてもまんべんなく がついていけば、その場における生態系は安定していると考えられるが、生物が多様に出現しない場合や、出現した生物の食性に著しい偏りが見られる場合、あるいは、ある1種類が異常増殖しているような場合には生態系の不安定であり、安定性を損なう問題が存在する可能性があると考えられる。

“不健康”の原因を探る調査としては、「生息環境」、「生息空間」、「生物的要因による異常」について調査を行う。上記の調査項目のうち、「生息環境」については「生態-5」「生態-6」「物循-5」「物循-6」の検査結果を、「生息空間」については「生態-3」「生態-4」の検査結果をそれぞれ参考にすることができる。調査にあたって、既存資料が利用できる場合はそれらを使用し、利用できないもしくは不足している場合は現地調査を実施する。

表 II-15(1) 食性マトリクス表(磯場の例)

生物分類	生物種名	餌量	栄養塩	懸濁物中の有機物	堆積物中の有機物	死肉	付着藻類	動物プランクトン	植物プランクトン	海藻	小動物
植物プランクトン	植物プランクトンA										
	植物プランクトンB										
	植物プランクトンC										
動物プランクトン	動物プランクトンA										
	動物プランクトンB										
	動物プランクトンC										
ワカバシ	フジツボA										
	フジツボB										
	カサガイA										
	カサガイB										
	カサガイC										
付着生物	巻貝A										
	巻貝B										
	巻貝C										
	巻貝D										
	イソギンチャクA										
カニ	イソギンチャクB										
	イソギンチャクC										
	ウニA										
	ウニB										
	節足動物A										
海藻	カニA										
	カニB										
	カニC										
	海藻A										
	海藻B										
	海藻C										

表 II-(2) 食性マトリクス表(砂浜の例)

生物分類		栄養塩	懸濁物中の有機物	堆積物中の有機物	死肉	付着藻類	動物プランクトン	植物プランクトン	海藻	小動物
ワカバシ	ヨコエビA									
	ヨコエビA									
	ヨコエビA									
	ハマトビムシA									
	ハマトビムシA									
	ハマトビムシA									
	ハマダンゴムシA									
	ハマダンゴムシA									
	ハマダンゴムシA									
	二枚貝A									
二枚貝A										
巻貝A										
巻貝B										
巻貝C										

表 II-(3) 食性マトリクス表(干潟の例)

生物分類	生物種名	餌量	栄養塩	懸濁物中の有機物	堆積物中の有機物	死肉	付着藻類	動物プランクトン	植物プランクトン	海藻	小動物
付着藻類	珪藻A										
	珪藻B										
	珪藻C										
ワカバシ	巻貝A										
	巻貝B										
	巻貝C										
	二枚貝A										
	二枚貝B										
	二枚貝C										
	二枚貝D										
付着生物	ゴカイA										
	二枚貝A										
	フジツボA										
カニ	フジツボB										
	フジツボC										
	テッポウエビA										
	シャコエビA										
カニ	カニA										
	カニB										
	カニC										
	カニD										

表 II-(4) 食性マトリクス表(人工護岸の例)

生物分類	生物種名	餌量	栄養塩	懸濁物中の有機物	堆積物中の有機物	死肉	付着藻類	動物プランクトン	植物プランクトン	海藻	小動物
植物プランクトン	植物プランクトンA										
	植物プランクトンB										
	植物プランクトンC										
動物プランクトン	動物プランクトンA										
	動物プランクトンB										
	動物プランクトンC										
マコガイ	フジツボA										
	フジツボB										
	カサガイA										
付着生物	巻貝A										
	巻貝B										
	巻貝C										
	イソギンチャクA										
カニ	ヒトデA										
	ヒトデB										
	節足動物A										
	カニA										
	カニB										
海藻	海藻A										
	海藻B										

表 II-(5) 食性マトリクス表(海底の例)

生物分類	生物種名	餌量	栄養塩	懸濁物中の有機物	堆積物中の有機物	死肉	付着藻類	動物プランクトン	植物プランクトン	海藻	小動物
マコガイ	巻貝A										
	二枚貝A										
	二枚貝B										
	二枚貝C										
	二枚貝D										
	ゴカイA										
	ゴカイB										
	ゴカイC										
	ゴカイD										
	ゴカイE										
	ゴカイF										
	ヒトデA										
	クモヒトデA										
	ヨコエビA										
	ヨコエビB										
	エビA										
	カニA										
	カニB										

(C) 生息空間(生態-3、生態-4)

干潟、藻場、海岸線延長全てにおいて“不健康”であったため、「人為的改変履歴」、「潮位振幅および平均水面」、「土砂供給量および侵食」、「藻類の生息空間」、「藻類の生息環境の変動」、「磯焼けや食害等」の調査を行う。

上記の調査項目のうち、「潮位振幅の変動」については、「物循-2」の調査結果を用いることができる。

(D) 生息環境(生態-5、生態-6)

不健康の判定原因となった物質(ダイオキシン)について、「海域および河川域の水・底質、生物における有害物質」調査を行う。また、「発生源」調査もあわせて行う。調査測点の配置は、基準値を上回っていた測点を含むように考慮する。

底層の溶存酸素濃度については、一次検査で“健康”であると診断されたため、二次検査は行わない。

(2) 物質循環の円滑さを示す項目

一次検査および再検査において、物質循環の円滑さを示す項目が“不健康”であると診断された場合は、海湾内の物質循環諸過程を調査し、物質収支としてとりまとめ、どの過程が物質循環の円滑さを阻害しているかについて検討する。

(A) 負荷と海水交換(物循-1、物循-2)

滞留時間と負荷に関する指標(物循-1)に関しては、一次検査で“健康”であると診断されたため、二次検査は行わない。このことは、有明海の海水交換能力に対して河川起源の流入負荷量は過大ではない可能性を示唆している。

潮位振幅の推移(物循-2)に関しては、再検査においても“健康”であると診断できなかつたので、精密検査を行う。調査項目は、「海水交換能力」と「海湾の埋立て履歴」である。

(B) 基礎生産(物循-3、物循-4)

(i) 透明度の支配要因の特定と変動要因

有明海は底泥の巻きあがり激しい海湾であるため、鉱物由来の懸濁粒子であると考えられる。それを確かめるために、透明度と懸濁態有機物、透明度と懸濁粒子(SS)の相関関係を求め、支配要因を特定する。次に、支配要因の変動に関する既存資料を収集・整理する。有明海に関しては、懸濁粒子量(SS量)、底泥の巻きあがりの強さ等について調査を行う。十分なデータがない場合には、現地調査を行い、透明度の変動要因の調査を行う。

(ii) 各種要因との関係

1件当りの発生日数や赤潮構成プランクトン種について調査を行う。また、赤潮発生時期の気象データの整理も行い、赤潮発生と気象要因の関係についても把握する。

(iii) 基礎生産力

基礎生産力の変動に関する既存資料を収集・整理する。有明海に関しては、Chl-aや植物・動物プランクトン量の現地調査結果が不足しているので、現地調査を行う。調査項目は、「光量子」、「植物プランクトン」、「動物プランクトン」、「Chl-a濃度」、「栄養塩濃度」等の鉛直調査を行う。

(C) 堆積・分解(物循-5、物循-6)

底質に化学的な異常が見られたときは、「流動調査」を実施し、環境悪化の原因が、底層海水の流動の停滞によるものかどうかを確かめる。また、「懸濁態有機物の沈降速度および堆積速度」と「底層における堆積物分解速度」を実施し、沈降量と分解量のバランスについても検討する。さらに、無生物化が問題となっている場合は、【生態系の安定性】の生物調査項目を参照し、調査を行う。

底層の溶存酸素濃度については、一次検査で“健康”であると診断されたため、二次検査は行わない。

(D) 底生系魚介類の漁獲推移(物循-7)

採藻および藻類養殖を含めた底生系魚介類の漁獲による除去量を窒素量に換算したものを表 II-16 に示す。

表 II-16 底生系魚介類の漁獲による窒素除去量

	昭和 55 年	平成元年	平成 10 年
底魚、底生生物、貝類 (ton N/y)	978.1	590.6	315.2
採藻と藻類養殖 (ton N/y)	649.6	881.6	935.5
(と の合計) (ton N/y)	1627.7	1472.2	1250.7
流入負荷量 (ton N/y)	18,213.5	17,082.0	12,227.5
流入負荷量に対する の割合 (%)	5.4	3.5	2.6
流入負荷量に対する の割合 (%)	8.9	8.6	10.2

これによると、平成 10 年の底生系魚介類の漁獲による窒素除去量は昭和 55 年の約 1/3 に減少しており、採藻と藻類養殖の漁獲による除去量とあわせても 10 年で約 200ton づつ除去量が減少している。流入負荷量に対する割合としては、藻類を除いたものでは昭和 55 年の 5.4%に対して平成 10 年では 2.6%に減少しており、海湾の海水交換能力が変化していないと仮定すると、除去されなくなった窒素は海湾内のどこかに蓄積されていると考えられる。藻類を含めた窒素除去量については、平成 10 年の流入負荷量が昭和 55 年、平成元年と比べて少ないので、結果的に除去割合が 8%代から 10.2%に増加しているが、有明海では藻類養殖において施肥を行っている場合があるので、この数値を単純に評価することはできない。

底生系魚種のうち貝類の漁獲高が減少しているため、貝類の現存量減少要因の調査が必要な場合は、「生態 - 1」の調査項目に従って調査を行う。

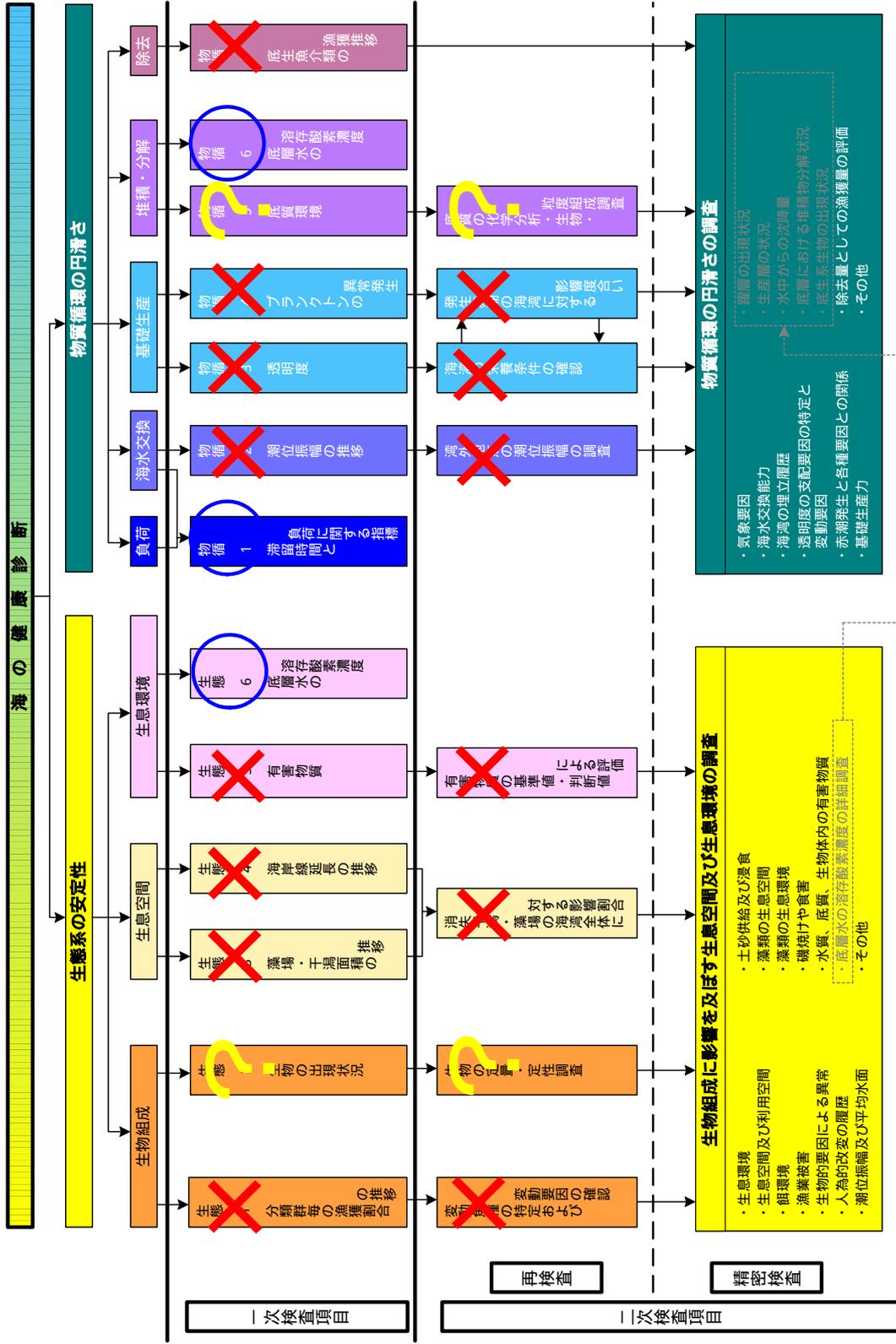


図 II-7 ケーススタディ海湾の検査結果

平成13年度 閉鎖性海湾の環境モニタリングに関する調査研究報告書

平成14年3月発行

発行 財団法人シップ・アンド・オーシャン財団 海洋政策研究部

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-15-16 海洋船舶ビル

TEL 03-3502-1828 FAX 03-3502-2033

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。 ISBN4-88404-056-2