

# 海の健康診断

マスタープラン  
ガイドライン

財団法人シップ・アンド・オーシャン財団

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『海の健康診断』部分を別冊として取りまとめたものです。

取りまとめにあたりましては、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」の方々にご指導を賜りました。

# 目 次

マスタープラン .....	1
ガイドライン .....	11
<b>I. 「海の健康診断」の概要 .....</b>	<b>13</b>
1. 構 成 .....	13
2. 視 点 .....	15
3. 検査体制 .....	17
<b>II. 基本情報 .....</b>	<b>18</b>
1. 調査趣旨 .....	18
2. 調査手法 .....	18
2.1 地理的条件 .....	18
2.2 気象的条件 .....	23
2.3 社会的条件 .....	25
2.4 歴史的条件 .....	27
2.5 管理的条件 .....	27
<b>III. 一次検査 .....</b>	<b>28</b>
1. 【生態系の安定性】を示す項目 .....	30
1.1 分類群毎の漁獲割合の推移（項目番号：生態 - 1） .....	31
1.2 生物の出現状況（項目番号：生態 - 2） .....	36
1.3 藻場・干潟面積の推移（項目番号：生態 - 3） .....	45
1.4 海岸線延長の推移（項目番号：生態 - 4） .....	47
1.5 有害物質（項目番号：生態 - 5） .....	50
1.6 底層水の溶存酸素濃度（項目番号：生態 - 6） .....	53
2. 【物質循環の円滑さ】を示す項目 .....	59
2.1 滞留時間と負荷に関する指標（項目番号：物循 - 1） .....	60
2.2 潮位振幅の推移（項目番号：物循 - 2） .....	63
2.3 透明度（項目番号：物循 - 3） .....	67
2.4 プランクトンの異常発生の推移（項目番号：物循 - 4） .....	69
2.5 底質環境（項目番号：物循 - 5） .....	72
2.6 底層水の溶存酸素濃度（項目番号：物循 - 6） .....	74
2.7 底生系魚介類の漁獲推移（項目番号：物循 - 7） .....	77

<b>IV.</b>	<b>二次検査</b> .....	<b>79</b>
1.	再検査.....	79
1.1	生態系の安定性を示す項目.....	79
1.2	物質循環の円滑さを示す項目.....	85
2.	精密検査.....	88
2.1	生態系の安定性.....	88
2.2	物質循環の円滑さ.....	94
2.3	その他.....	97
<b>V.</b>	<b>総合評価</b> .....	<b>98</b>
<b>VI.</b>	<b>環境情報の公開と管理</b> .....	<b>99</b>

# マスタープラン

## 『海の健康診断』とは

『海の健康診断』とは、海洋の様々な営み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手法のことである。

## 海洋の様々な営みとは

海は様々な生物を産み育てる大きなゆりかごの役割を果たしている。これらの生物と生物の棲む海域環境とによって生態系は形成されている。一方、陸から流入した栄養分は、流れ等によって運ばれる。流れ等によって運ばれた栄養分は生物に行き渡り、生産や浄化が起こる。このように物質の循環は物理的な作用の他に生物によるところも大きい。海の健康診断は、海の様々な営みを海の健康状態と捉え、生態系と物質循環に着目し、海の健康状態を理解しようとするものである。

## 生態系とは

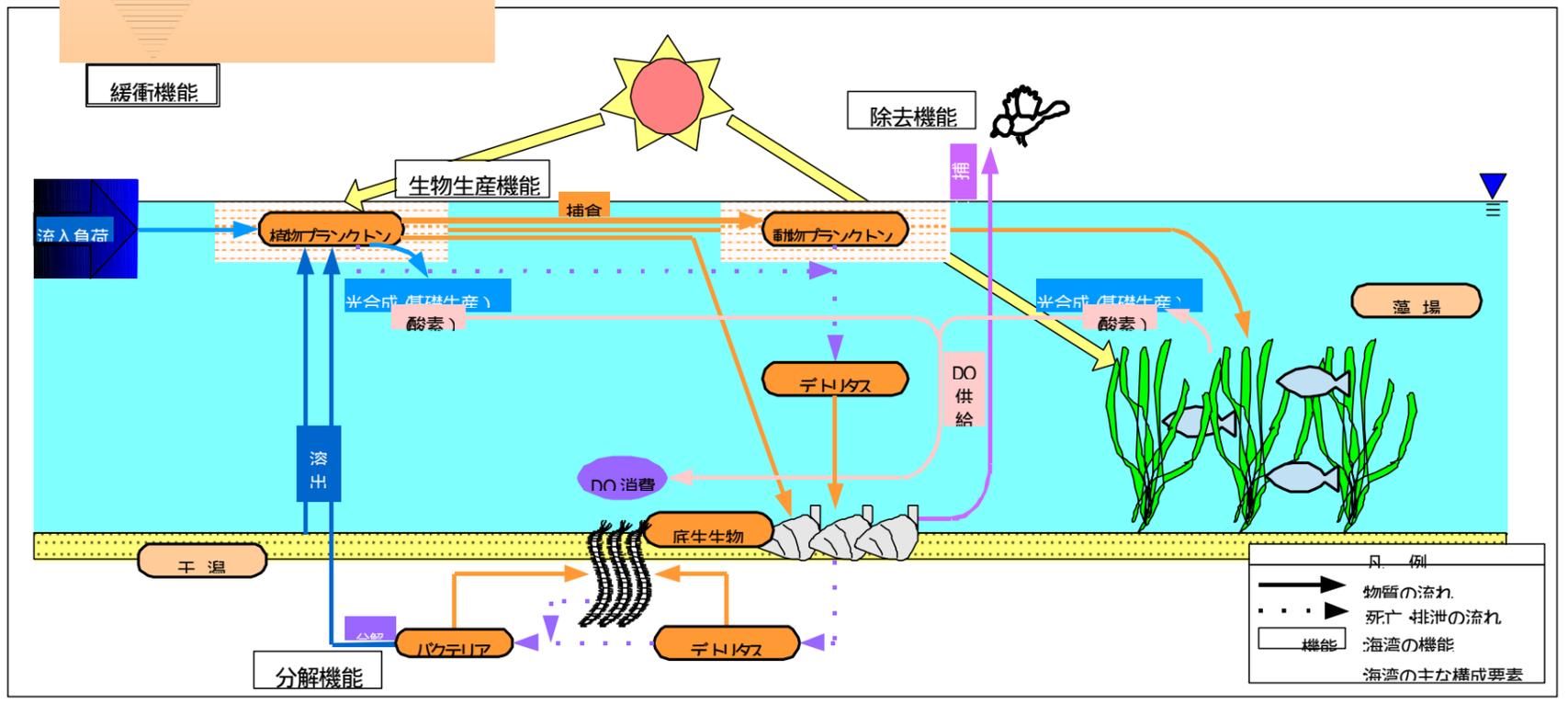
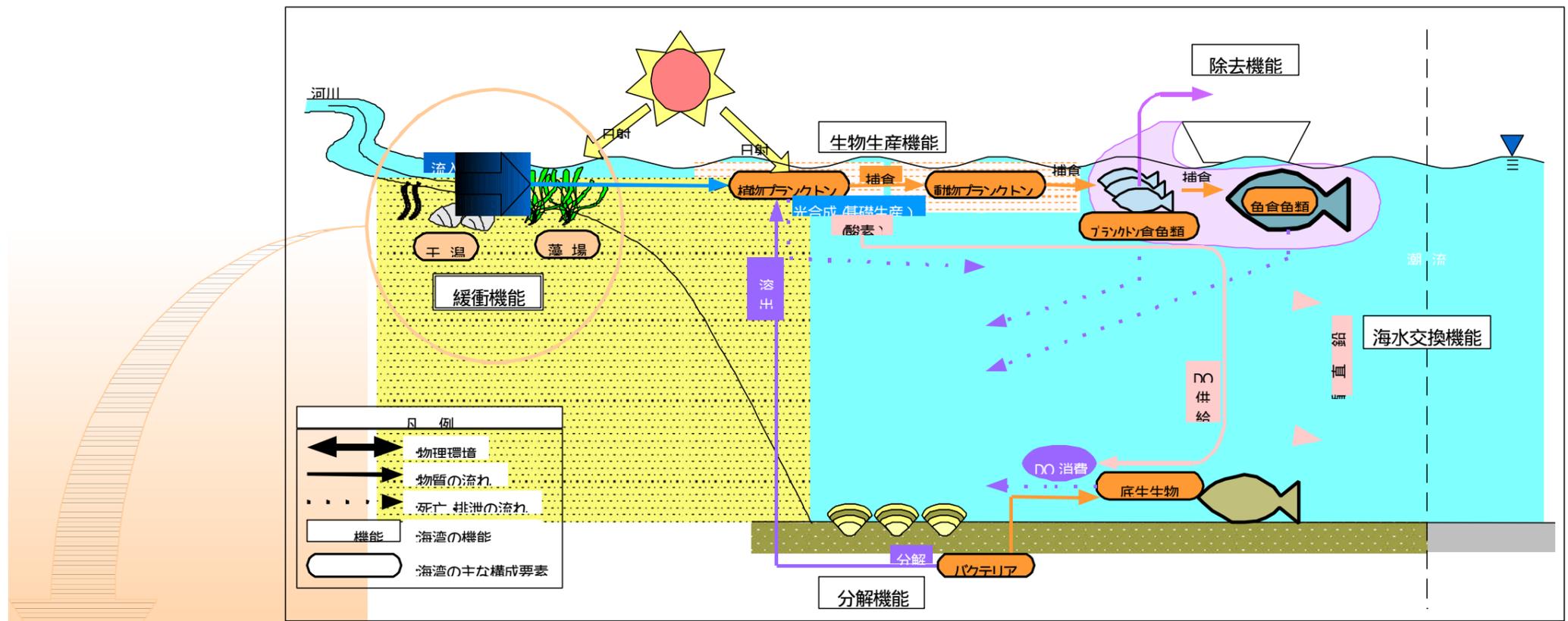
海に棲む様々な生物とそれらを取りまく海的环境とによって形成されるまとまりが生態系である。生態系の範囲は様々に捉えることができるが、本マスタープランでは、海湾全体を一つの生態系としてとらえている。

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ものである。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。

## 物質循環とは

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、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に始まる、食う、食われるの食物連鎖によって生物資源が生産され、鳥や漁業によって形外への除去が行われている。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。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。

この構造の中で、負荷、生産、沈降、分解、拡散等の物質の動きが「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なことである。



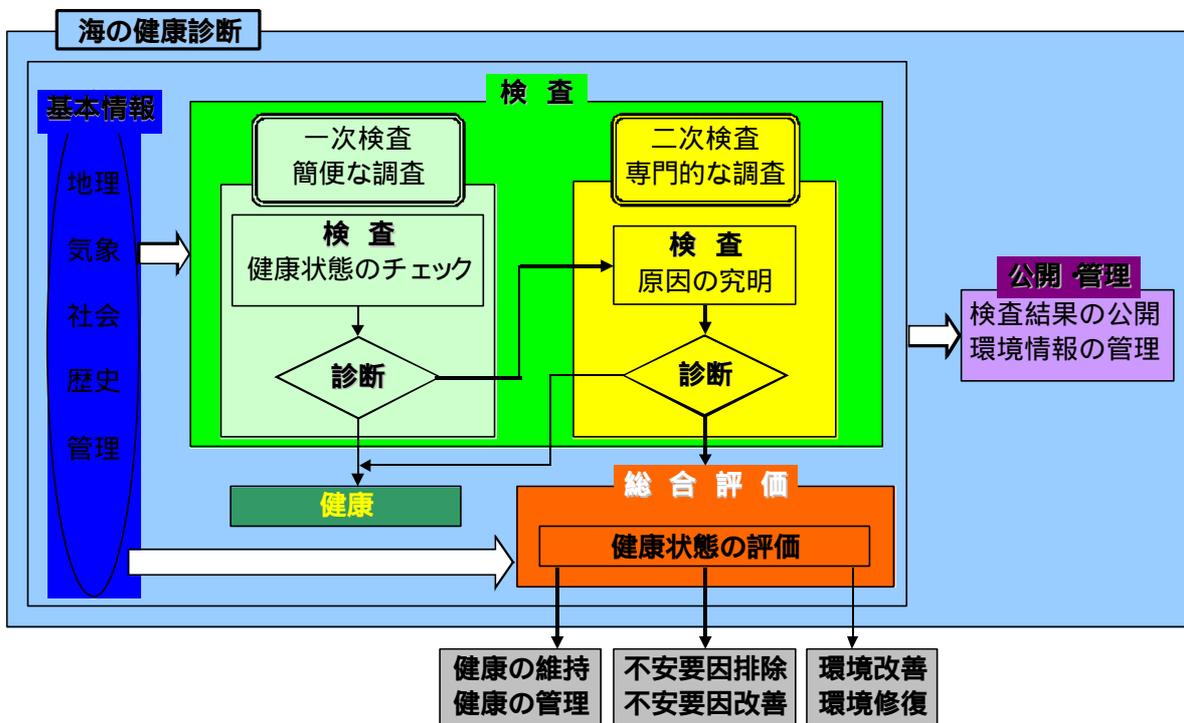
生態系の安定性の視点  
 生物組成 生物空間 生物環境  
 物質循環の円滑さの視点

沿岸域の基本構造

## 健康診断の手法とは

「海の健康診断」は、比較的簡便な一次検査、専門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評価するものである。

簡便な手法とは一次検査のことである。「海の健康診断」の具体的な内容はガイドラインを参照のこと。



「海の健康診断」の構成

## 海湾の基本情報とは

基本情報とは、海湾の概要を把握する為に必要な情報のことであり、「海の健康診断」を行うに当たっては、まず、海湾の概要を把握することが重要である。また、基本情報は、一次検査及び二次検査の調査計画の立案、総合評価を行う際の判断材料としても活用する。

収集する情報は、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ある。

- ・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、風、日射量
- ・社会的条件：流入負荷に係る情報
- ・歴史的条件：陸域・海域の利用の変遷、有害物質等による汚染履歴
- ・管理的条件：海湾に隣接する自治体

## 一次検査とは

一次検査は簡便な方法により海湾が健康か不健康かを評価する検査である。誰にでも簡単に入手できるデータを使って簡単にできる検査となっている。

検査手法は、入手した資料を使って経年変化を整理したり、現場に出て生物の観察や底質の採取を行うものである。

検査結果は評価基準に照らし合わせて、調査主体が、健康状態を評価し、不健康であると評価された項目については二次検査で詳細な検討を行うこととなる。

## 二次検査とは

二次検査は、再検査と精密検査で構成する。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、詳細な調査を行い、“健康”か“不健康”かの評価を再度行う検査である。精密検査とは、再検査で“不健康”と評価された場合、その原因究明を目的とした検査である。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検査となっている。

検査は既存資料及び現場調査から、海湾の詳細な情報を入手することが主体となる。

二次検査の診断は、ガイドラインに沿って調査主体が行うこととなる。

## 総合評価とは

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、学識者等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。

## 継続的に行うには

「海の健康診断」は、人と同様に、定期的に継続的に行うことが大切である。この考え方にに基づき、二次検査以外の基本情報の収集及び一次検査は簡便な手法で構成している。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。

したがって、『海の健康診断』は自治体を中心とした体制を組んで行い、健康状態の評価は専門的な知識を有する学識者に依頼することが望ましい。検査結果は、すべて公開することを原則とし、誰もが海の健康状態が見られる体制を整備する必要がある。また、検査で取得した情報は消失しないようデータベース等により管理する体制を整備する必要がある。

# ガイドライン

## I. 「海の健康診断」の概要

### 1. 構成

「海の健康診断」は基本情報、検査、評価及び情報の公開・管理で構成する。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、総合評価では検査結果に基本情報を踏まえて対象海湾の健康状態を評価するものである。情報の公開・管理は、誰もが海湾の健康状態を判断できるような形で検査結果を公開し、取得した環境情報を統合して管理する仕組みを整備することである。

「海の健康診断」は、対象海湾の健康状態（健康か不健康か）のチェック、不健康の場合はその原因を究明、情報の公開・管理を目的としたものであり、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、いわゆる治療方法までは含んでいない。

健康診断は、基本情報、検査、評価及び情報の公開・管理で構成する（図 I-1）。

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海湾の基本的な情報について整理し、対象海湾の概要を把握するもので、「海の健康診断」を行う上で最初に行う重要な検査の一つである。整理した情報は、一次検査及び二次検査の調査計画立案、総合評価の判断材料としても利用する。

一次検査は、健康か不健康かのチェックを目的とした検査で、比較的簡単に検査及び評価ができるよう構成し、評価基準は厳しいものとした。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である。一次検査の診断で“不健康”と評価された場合は、二次検査へ進む。

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。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。

総合評価は、二次検査の診断結果に基本情報を踏まえて対象海湾の健康状態を最終的に評価するものである。評価によっては一次検査及び二次検査で不健康と診断された場合でも、検査

結果及び基本情報から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専門的な知識が必要である。

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。

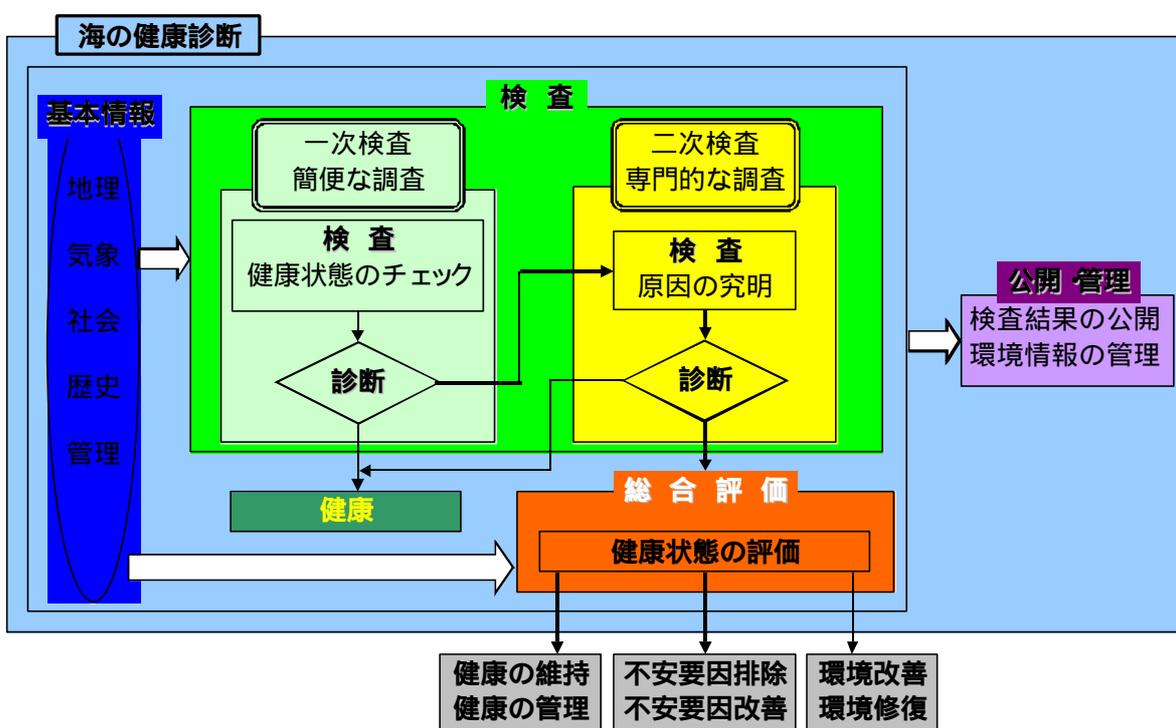


図 I-1 「海の健康診断」の構成

## 2. 視 点

「海の健康診断」は、「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」の2つの視点で海の健康状態を診断する。

“生態系の安定性が大きく、物質循環が円滑であること”が「健康な海」の定義であるという考えに基づき、「海の健康診断」で検査する項目は「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。

「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つの視点で評価を行う。

「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つの視点で評価を行う。

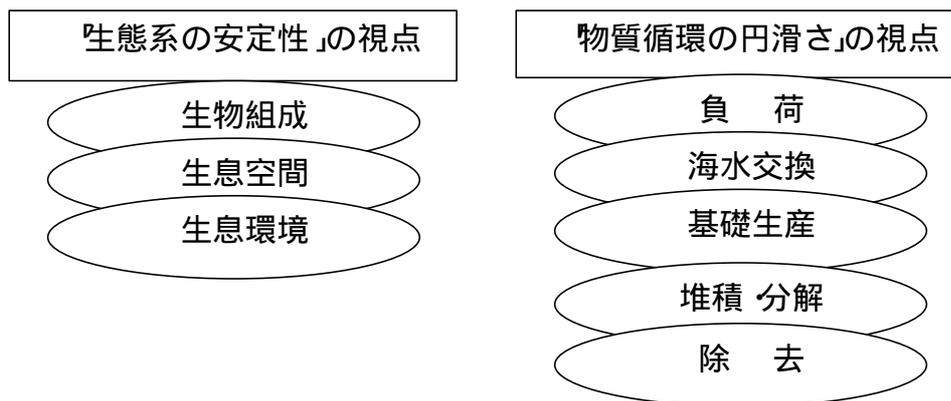


図 I-2 「海の健康診断」の視点

図 I-3には一次検査と二次検査の流れを示した。一次検査では、海の健康状態を把握するための8つの視点を踏まえた13項目についての検査及び評価を行う。二次検査は、再検査と精密検査で構成する。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再検査を行い、不健康であると判断された場合は原因究明を目的とした精密検査を行う。

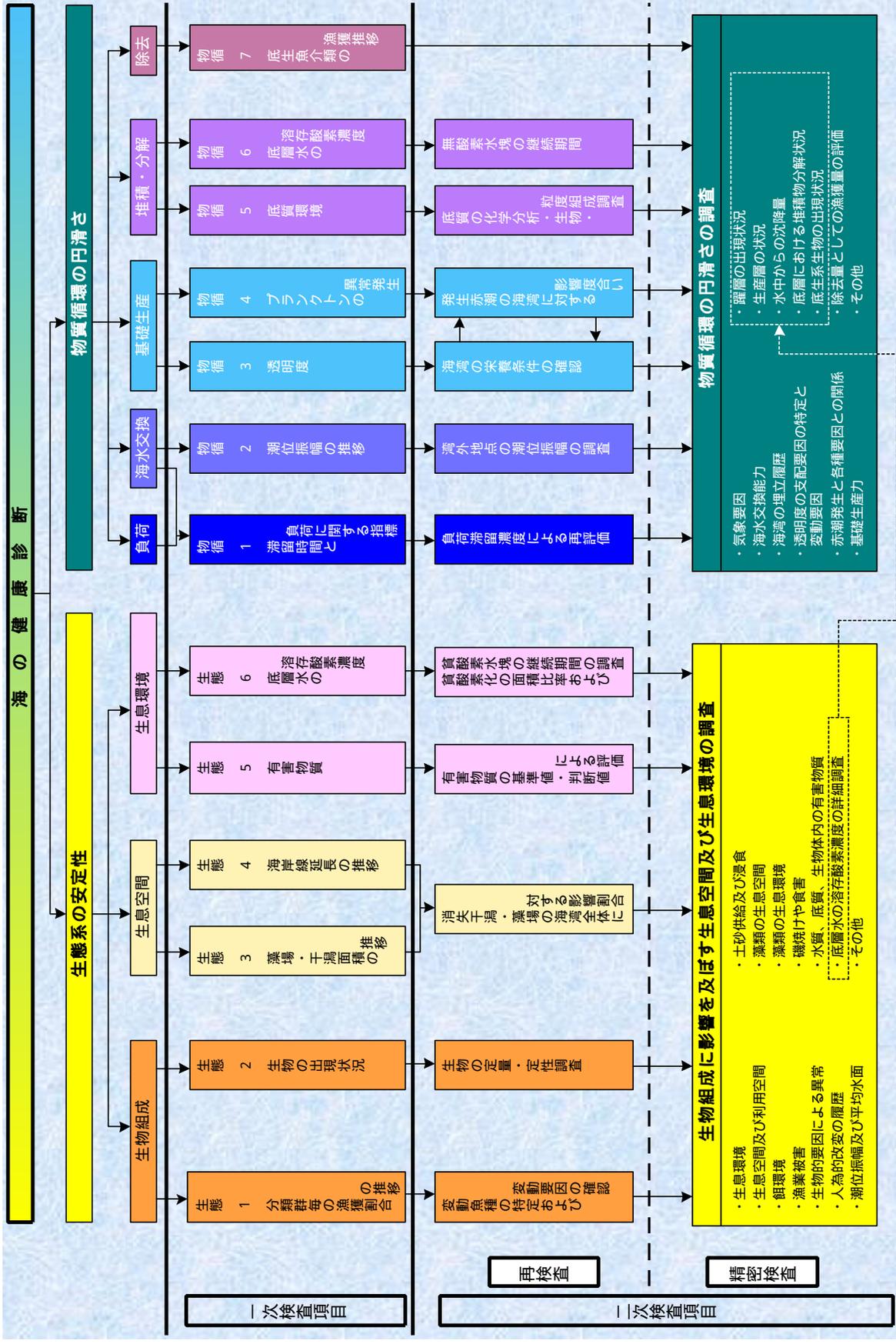


図 I-3 海の健康状態を把握する検査項目と評価の流れの模式図

### 3. 検査体制

調査は自治体等を中心とする。評価は学識者等の意見を踏まえる。公開する情報は誰でもが海湾の健康状態を判断できるものでなければならない。

「海の健康診断」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比較的簡単な内容で構成した。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。

以上のことから、調査は自治体を中心とした体制を組んで行い、健康状態の評価は専門的な知識を有する学識者等の意見を踏まえて行うことが望ましい。

## II. 基本情報

### 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. 調査手法

#### 2.1 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。

##### 2.1.1 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

##### 2.1.2 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

### 2.1.3 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)

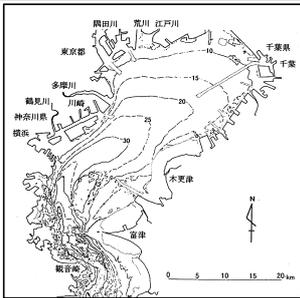
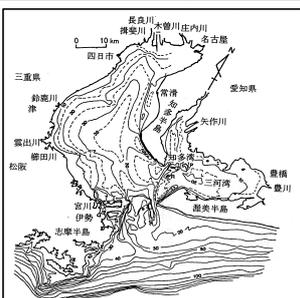
海湾	東京湾（狭義）	伊勢湾（狭義）	伊勢・三河湾	三河湾
基本情報				
海湾形状、水深	三浦半島観音崎と千葉県富津岬を結ぶ線以北の海域	渥美半島伊良湖岬と紀伊半島鳥羽市を結ぶ線以北の海域		渥美半島伊良湖岬と知多半島南端を結ぶ線以北の海域
				
水面積	1,000 km <sup>2</sup>	1,738 km <sup>2</sup>		604 km <sup>2</sup>
平均水深	18.0 m	19.5 m		9.2 m
容積	17.9 km <sup>3</sup>	33.9 km <sup>3</sup>		5.5 km <sup>3</sup>
湾口幅	7 km	12 km		7 km

表 II-1(2) 海湾の地理的条件 (大阪湾、周防灘)

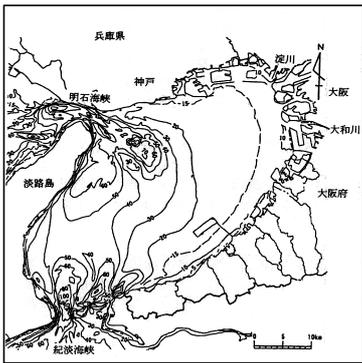
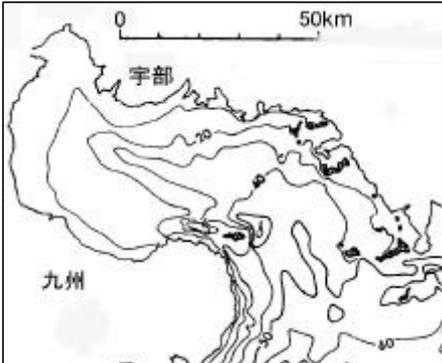
海湾	大阪湾	瀬戸内海	周防灘
基本情報			
海湾形状、水深	友ヶ島水道及び明石海峡に囲まれる海域	山口県火ノ山下燈台から福岡県門司崎燈台に至る直線と大分県国東町から山口県上関町に至る直線により囲まれる海域	
			
水面積	1,529 km <sup>2</sup>		3,805 km <sup>2</sup>
平均水深	27.5 m		24.1 m
容積	41.8 km <sup>3</sup>		92 km <sup>3</sup>
湾口幅	友ヶ島水道 7 km 明石海峡 4 km		関門海峡 1 km 豊予海峡 12 km

表 II-1(3) 海湾の地理的条件（有明海）

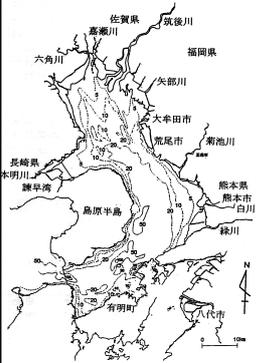
海湾	有明海（広義）
基本情報	
海湾形状、水深	<p>早崎瀬戸で区切られる海域。海図上は、湾全体を島原湾、湾奥部を有明海としているが、一般には湾全域を有明海としている</p> 
水面積	1,700 km <sup>2</sup>
平均水深	20.0 m
容積	34 km <sup>3</sup>
湾口幅	5 km

表 II-2 日本の閉鎖性海域 (88 海域) の諸元

No.	海名	湾口幅(km)	面積(km <sup>2</sup> )	湾内最大水深(m)	湾口最大水深(m)	閉鎖度指数	備考	水質(主に1981~1990年COD年平均値)
1	函館湾	8.4	8.4	85	83	0.98	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L, 減少傾向
2	雄勝湾	88.1	2435	107	82	1.90	埋填基準部指定水域(一部)	
3	能登湾	0.338	39	81	1.8	49.79	埋填基準部指定水域	1.6~2.8mg/L, 5.3mg/L(河口), 上昇傾向
4	コメケ湖	0.819	8.81	8.8	8	188.94	なし	海水交換を促進し、湖内環境が改善に期待
5	鳳鳴湖	8.8	80	11	18	19.72	埋填基準部指定水域	汽水、「富栄養湖」の汚濁型
6	アロマ湖	0.286	160	22	22	42.97	埋填基準部指定水域	2.0~4.4mg/L, 上昇傾向
7	厚岸湾	8.16	182.64	24	24	1.11	なし	
8	厚岸湖	8.4	82	9	8	14.14	埋填基準部指定水域	2.0~4.8mg/L, 6.6mg/L, 上昇傾向
9	野付湾	4.81	87	4.8	4	1.87	埋填基準部指定水域	良好
10	陸奥湾	14	1667.89	76	76	2.92	埋填基準部指定水域	1.3~1.8mg/L, 若干上昇傾向
11	宮内湾	4.8	4.8	76	76	1.02	埋填基準部指定水域	1.2~1.4mg/L, 上昇傾向
12	大館湾	8.7	7.89	88	88	14.04	埋填基準部指定水域	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	58	1.88	埋填基準部指定水域	1.6~1.8mg/L
14	安田湾	8.2	8.7	48	48	1.88	埋填基準部指定水域	1.7~1.4mg/L, 若干減少傾向
15	大畑湾	4.1	80.8	77	77	1.10	埋填基準部指定水域	1.7~1.8mg/L, 減少傾向
16	越前湾	2.2	18.8	88	88	1.87	埋填基準部指定水域	1.2mg/L, 減少傾向
17	新加湾	8.1	8.4	55	55	0.99	埋填基準部指定水域	1.9mg/L, 若干上昇傾向
18	山田湾	8.94	81.88	90	88	1.48	埋填基準部指定水域	1.8~1.2mg/L
19	芦石湾	0.48	7.4	8.9	8	7.89	埋填基準部指定水域	2.9mg/L, 上昇傾向, 汽水, 「富栄養湖」
20	松島湾	1.7	86.8	4	4	8.49	埋填基準部指定水域	1.6~1.8mg/L, 2.4~1.2mg/L, 上昇傾向
21	秋田湾	8.8	16.8	28	21	2.08	埋填基準部指定水域	1.7~1.8mg/L, 1.2~1.4mg/L, 上昇傾向
22	雄勝湾	8.01	18.88	46	48	1.48	埋填基準部指定水域	1.5mg/L
23	女川湾	8.3	18.1	28	28	1.88	埋填基準部指定水域	1.8~1.8mg/L, 上昇傾向
24	鮎之川湾	1	8.8	24	24	1.47	埋填基準部指定水域	全般的に良好
25	志保川湾	8.8	48.8	54	54	1.04	埋填基準部指定水域	1.6mg/L, 1.2~2.3mg/L, 若干上昇
26	小浜湾	1	8.87	20	28	1.99	埋填基準部指定水域	1.4~2.1mg/L
27	松川湾	0.08	6.48	4	4	42.88	埋填基準部指定水域	1.8mg/L, 若干上昇傾向
28	野島湾	8.8	6.18	22	22	2.84	経歴情報に基づく埋填基準部指定水域	2.4mg/L, 上昇傾向
29	藤沢湾	28.8	1880	788	788	1.78	埋填基準部指定水域	2.4~8mg/L程度
30	西津湾	0.88	6.88	11	11	6.78	埋填基準部指定水域	1.9~1.4mg/L
31	隈内湾	0.08	4.88	8.7	5.3	117.81	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L, 富栄養化の懸念
32	奥野湾	8.81	81.89	88	88	1.08	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L
33	七尾湾	11.88	181.88	98	48	1.47	埋填基準部指定水域	1.7~2.3mg/L, 若干上昇傾向
34	野宮湾	7.8	87.8	51	81	1.04	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L, 若干上昇傾向
35	矢代湾	8.87	18.88	48	48	1.11	埋填基準部指定水域	1.6~1.8mg/L, 若干上昇傾向
36	津久見湾	8.8	12.8	44	44	0.97	埋填基準部指定水域	1.7~1.8mg/L, 若干上昇傾向
37	小浜湾	2.4	68.7	85	85	3.18	埋填基準部指定水域	1.7~2.5mg/L
38	内浦湾	1.2	7.8	44	44	2.88	埋填基準部指定水域	1.8~1.2mg/L
39	津名湾	8.2	72.8	18.8	8.1	116.98	埋填基準部指定水域	1.0~2.8mg/L, 上昇傾向
40	伊勢湾	84.7	2180	49	49	1.62	経歴情報に基づく埋填基準部指定水域	2.8~3.2mg/L, 若干上昇傾向
41	尾鷲湾	8.8	18.88	58	88	1.70	埋填基準部指定水域	1.6~2.8mg/L, 水質悪化が進んでいる
42	伊田湾	8.81	18.8	82	82	1.86	なし	H2~11年間の平均値: 6.8~7.8ppm
43	新豊湾	8.88	6.88	47	47	1.08	なし	1.8mg/L, 下水処理場建設
44	五ヶ所湾	8.8	18.8	27	27	1.81	埋填基準部指定水域	1.8mg/L, 上昇傾向
45	津前湾	8.88	8.78	58	58	1.17	なし	富栄養化の水質に影響を及ぼしている
46	豊津湾	8.28	12.84	58	58	1.08	なし	流入河川が水質に影響を及ぼしている
47	高津湾	5.7	42.88	87	28	1.64	埋填基準部指定水域	2.0~2.8mg/L, 上昇傾向
48	舞鶴湾	2.7	22.87	80	88	1.77	埋填基準部指定水域	1.0~2.5mg/L, 減少傾向, 夏季に黄潮帯
49	阿蘇湾および豊津湾	2.5	28.88	80	88	2.04	埋填基準部指定水域	1.5~2.7mg/L, 上昇傾向
50	久米湾	0.08	6.88	20	2	828.60	埋填基準部指定水域	1.8~2.8mg/L, 若干減少傾向
51	瀬戸内海	188.8	11887	105	185	1.18	経歴情報に基づく埋填基準部指定水域	大瀬湾: 2~5mg/L, 田代湾: 1mg/L以下
52	田原湾	4.08	17.88	28	28	1.05	埋填基準部指定水域	1.2~1.4mg/L, 富栄養化, 赤潮発生
53	仙崎湾	8.88	87.88	87	87	1.74	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L, 水質悪化の傾向
54	深志湾	8.8	18.8	44	44	1.81	埋填基準部指定水域	1.2~1.7mg/L
55	津谷湾	4.88	48.88	40	37	1.81	埋填基準部指定水域	1.1~1.8mg/L
56	津戸湾	0.28	7	22	18	28.28	埋填基準部指定水域	8mg/L以下で推移
57	浦之内湾	1.24	12.87	20	8	6.80	埋填基準部指定水域	1.7~1.8mg/L, 底質汚染懸念
58	野尻湾	7.7	184.2	28	17	2.04	埋填基準部指定水域	1.4~2.8mg/L, 若干減少傾向
59	有明湾および豊津湾	4.5	184.6	117	12.89	埋填基準部指定水域	概ね0.8~2.5mg/L, 赤潮増加傾向	
60	唐津湾	18.7	180	82	82	1.14	埋填基準部指定水域	1.8mg/L
61	伊予尾湾	4.1	120	58	88	8.81	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L, 増加傾向
62	佐賀湾	8.8	6.8	25	25	5.02	埋填基準部指定水域	富栄養化懸念, 赤潮発生
63	長崎湾	0.48	18.79	45	45	7.80	埋填基準部指定水域	1.0~1.4mg/L, 富栄養化対策
64	大村湾	0.88	88.1	54	84	84.88	埋填基準部指定水域	1.2~2.8mg/L, 若干増加傾向
65	佐賀湾	8.88	48.88	25	25	2.74	埋填基準部指定水域	1.0~1.8mg/L
66	橘湾	11.88	188.88	88	88	0.99	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L
67	志々波湾	1.74	7	21	21	1.62	埋填基準部指定水域	概ね良好
68	瀬ノ浦	2.08	6.19	87	87	1.11	埋填基準部指定水域	1.2mg/L
69	串本湾	2.84	8.87	25	25	1.28	埋填基準部指定水域	全般的に良好
70	内海	1.88	6.81	20	28	1.84	埋填基準部指定水域	1mg/L前後, 全般的に良好
71	三浦湾	8.81	18.88	88	88	1.88	埋填基準部指定水域	
72	湘南湾	4.18	88.81	80	88	1.75	埋填基準部指定水域	赤潮懸念により水質悪化, 赤潮発生
73	八代湾	1.8	1880	88	78	88.48	埋填基準部指定水域	1.0~1.8mg/L, 上昇傾向, 赤潮
74	美濃湾	1.48	11.88	21	21	8.87	埋填基準部指定水域	1.2~1.8mg/L, 概ね上昇傾向
75	久津	1.41	6.88	25	28	8.02	埋填基準部指定水域	1.8mg/L, 水質悪化→赤潮対策
76	尾末湾	1.88	18.88	20	28	1.84	埋填基準部指定水域	1.8~1.1mg/L, 若干上昇傾向
77	豊後湾	11	1040	287	111	6.28	埋填基準部指定水域	1.1~2.4mg/L, 上昇傾向
78	高津湾	1.78	6.88	50	88	1.27	埋填基準部指定水域	1.8~1.8mg/L, 概ね上昇傾向
79	中津湾	2.42	8.47	80	88	1.20	なし	良好な状態を保持している
80	坂内湾	2.58	26.78	84	84	2.01	埋填基準部指定水域	1.5mg/L, 赤潮懸念により上昇傾向
81	久慈湾および津川湾	2.78	11.17	76	78	1.20	埋填基準部指定水域	1.4mg/L
82	磯子湾	8.18	18.88	74	74	1.85	埋填基準部指定水域	良好
83	磯子湾	8.18	18.88	42	42	1.04	なし	良好
84	三浦湾	1.8	8.19	80	88	8.07	埋填基準部指定水域	1mg/L程度, 良好
85	笠松湾	8.88	14.7	85	85	1.18	埋填基準部指定水域	良好に保たれている
86	富良野湾	5.88	188.88	68	88	1.85	埋填基準部指定水域	1.8~2.8mg/L
87	鳥羽湾	1.71	6.88	2	2	1.47	なし	1.8~2.8mg/L, 上昇傾向
88	羽前内海	1.8	10.8	10	18	2.01	埋填基準部指定水域	1.4~1.7mg/L, 概ね上昇傾向

(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)

## 2.2 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。

### 2.2.1 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.jmbasc.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

### 2.2.2 調査手法

#### (1) 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 回の観測値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。

#### (2) 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。

### 2.2.3 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おなじである。

#### ・降水量

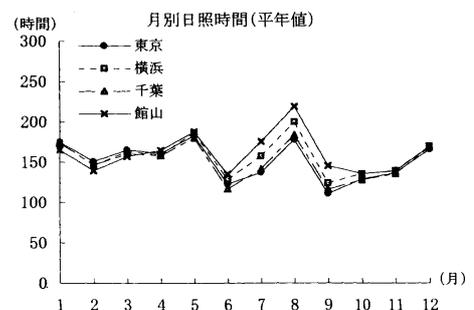
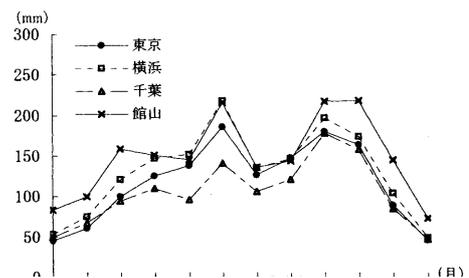
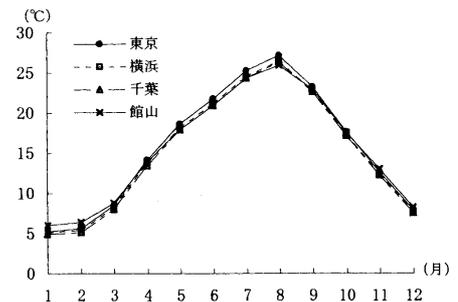
東京湾周辺の都市の降水量は冬季に少なく、梅雨及び台風シーズンに多い。湾口部で多く、湾奥部で少ない傾向がみられる。

#### ・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、夏季に湾口部の方が湾奥部よりも長い傾向がみられる。

#### ・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。



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

		(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	N 21
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

## 2.3 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  
の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、汚水処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。

### 2.3.1 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
- ・ 汚水処理場の整備状況に関する資料
- ・ 人口分布に関する資料

### 2.3.2 調査手法

#### (1) 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。

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

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。

## (2) 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。

## (3) 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。

## (4) 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。

### 2.3.3 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-1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。

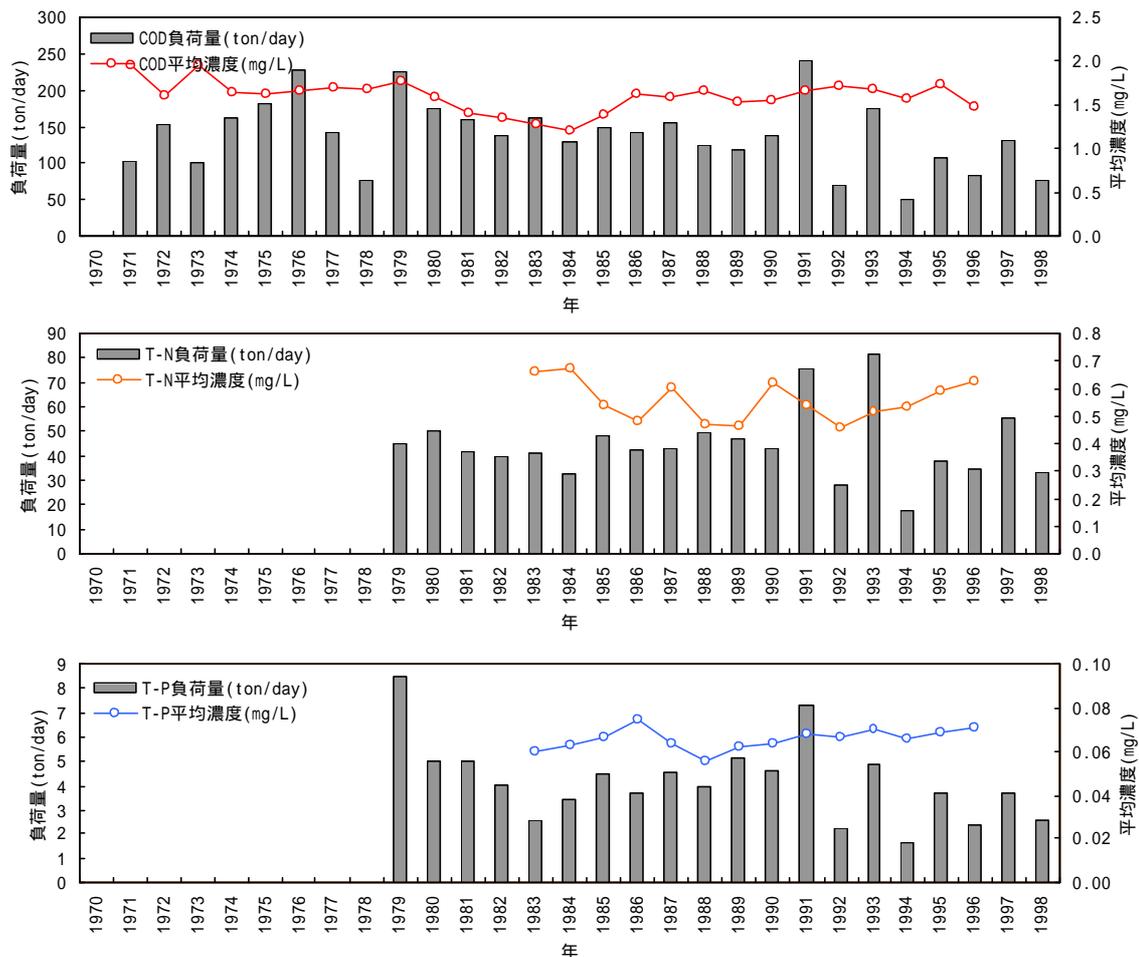


図 II-1 有明海における流入負荷量と水質濃度の経年変化

### 2.3.4 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。

## 2.4 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。

### 2.4.1 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

### 2.4.2 調査手法

#### (1) 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。

#### (2) 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。

#### (3) 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。

## 2.5 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、「海健康診断」の検査体制を検討するための検討材料とする。

### III. 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 III-1に、一次検査項目の概要を表 III-1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。

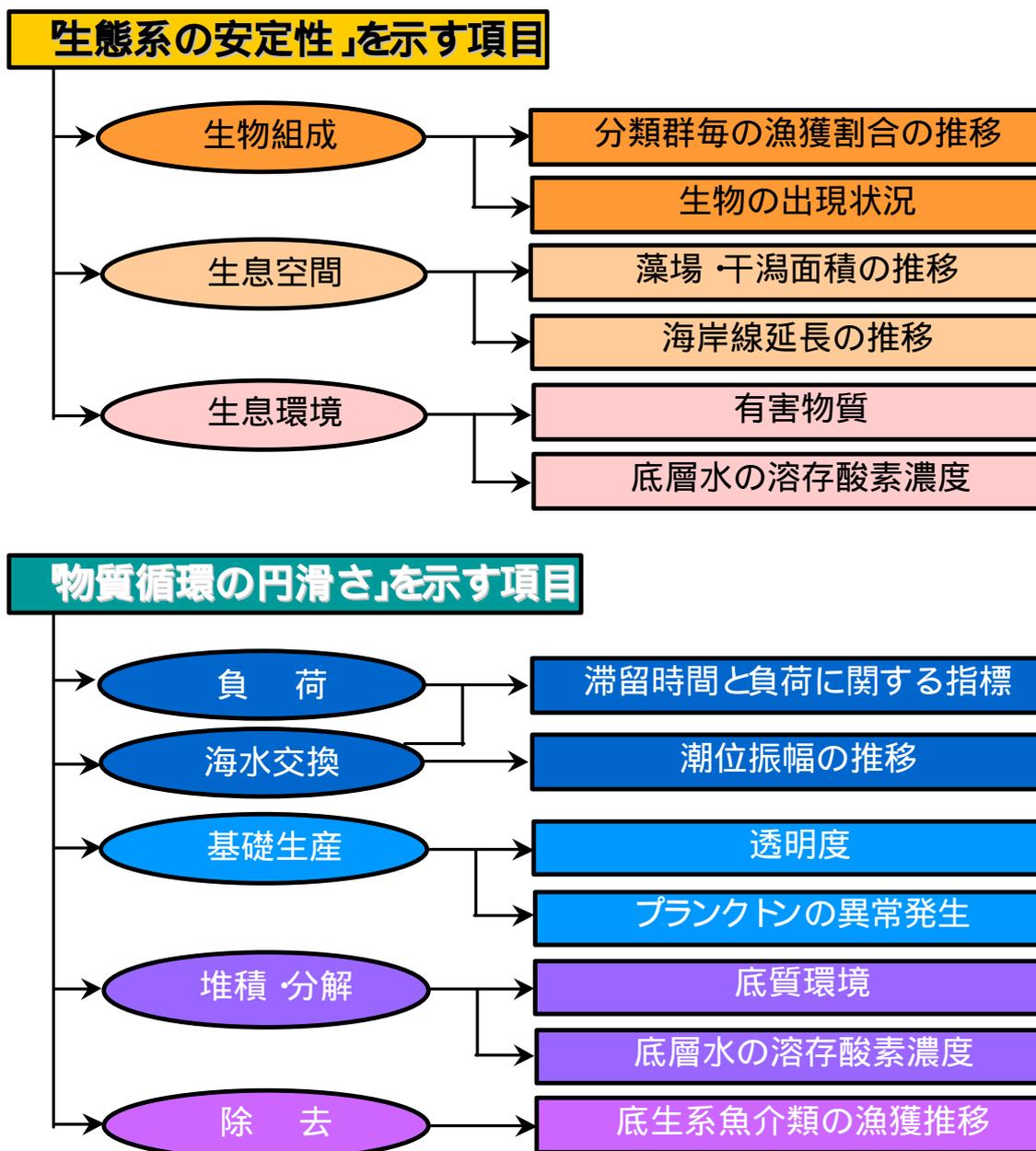


図 III-1 健康診断項目

表 III-1 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	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いれば× ・最近 5 年間で奇形等異常個体の報告例があれば× ・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あれば×
		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% を超えていれば×
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 <sub>0</sub> 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 <sub>0</sub> が以下の基準値を越えていれば× ・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。	・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× ・生物がいなければ×
		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。	・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×)
	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。	・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×

## 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III-2に示す。

表 III-2 【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。

## 1.1 分類群毎の漁獲割合の推移（項目番号：生態 - 1）

### 1.1.1 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の意味する。

### 1.1.2 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）

### 1.1.3 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 III-3に示すとおりである。

表 III-3 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。

#### 1.1.4 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。

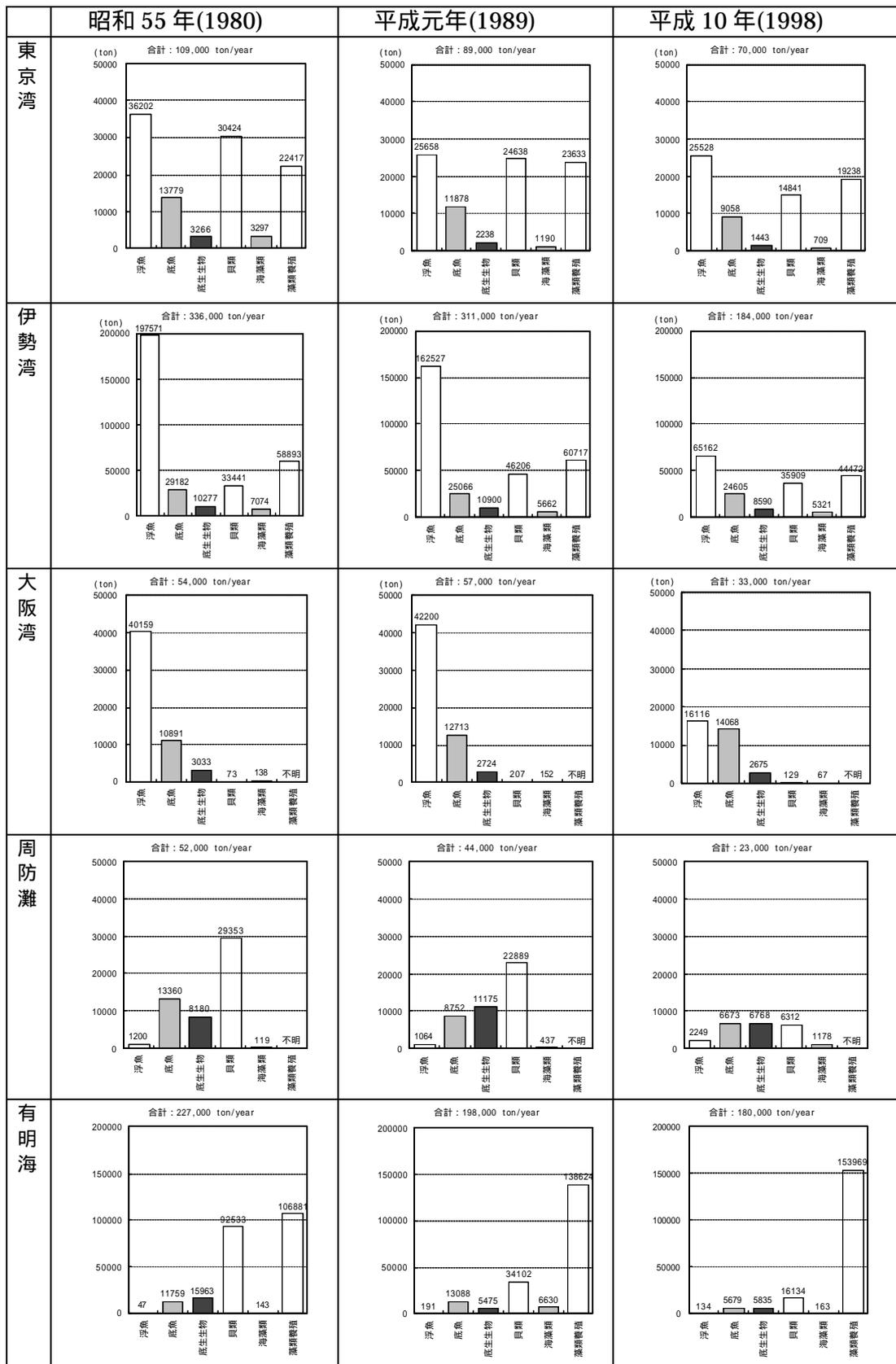
**最近 10 年間の平均値と最近 3 年間の平均値とを比較し、漁獲割合の一番大きい分類群の割合が、20%以上変化していないこと。**

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。

#### 1.1.5 調査結果の事例

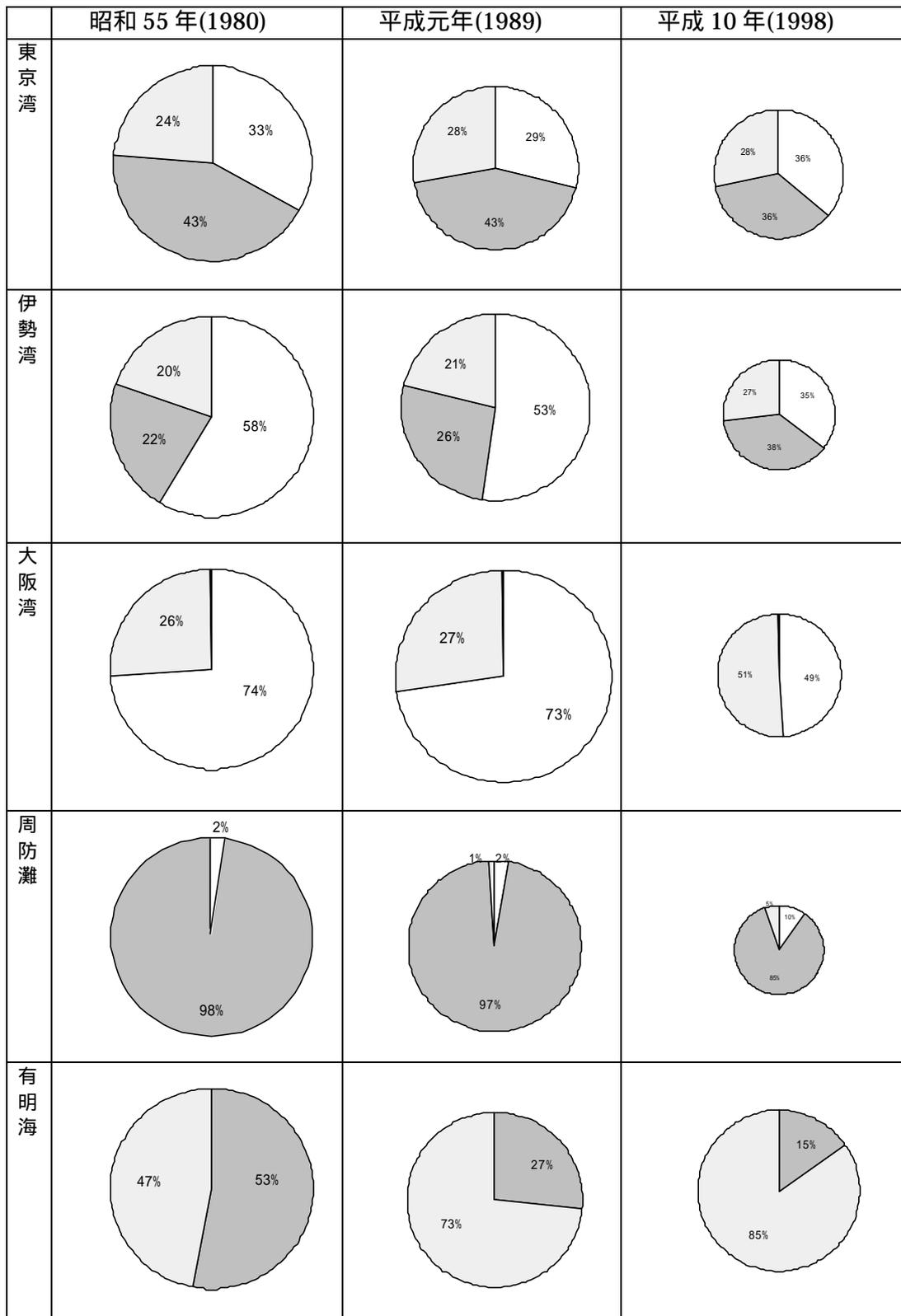
分類群毎の漁獲量の推移を図 III-2に示す。ここでは、昭和 55 年(1980 年)、平成元年(1989 年)および平成 10 年(1998 年)のおよそ 10 年ごとの 3 つの年代で算定した。

一方、図 III-3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。



- 凡例
- : 浮魚
  - : 底魚
  - : 底生生物
  - : 貝類
  - : 海藻類
  - : 藻類群類

図 III-2 分類群別漁獲量の変遷



凡例  
 : 浮遊系  
 : 底生系  
 : 海藻

図 III-3 漁獲割合の変遷

#### 1.1.6 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。

## 1.2 生物の出現状況（項目番号：生態 - 2）

### 1.2.1 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。

### 1.2.2 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。

### 1.2.3 調査手法

#### (1) 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 1~2 m 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、礫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で、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反対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。

## (2) 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。

## (3) 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。

## (4) 調査範囲および時間帯

### (A) 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。

## (B) 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、漂着物をどかしてみたりしながら行う。

## (C) 干潟

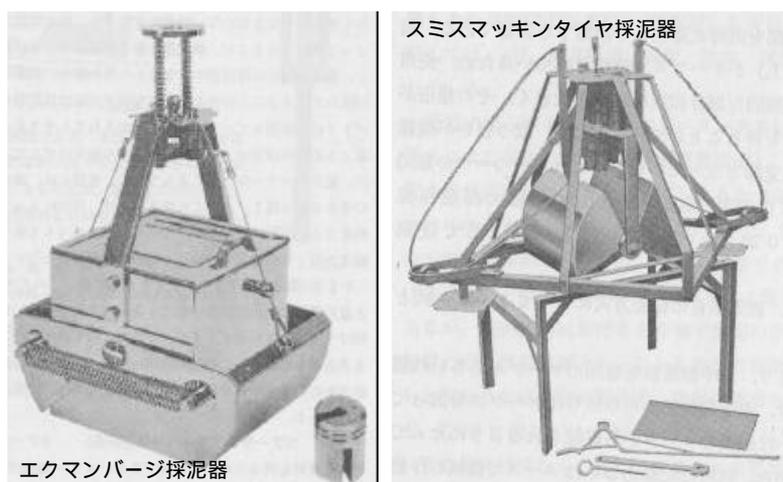
調査エリアは、干潟が始まる場所から水際線までを歩き、底質（砂か泥か）を確かめながら、幅 20m くらいを調査する。時間帯は、潮間帯が露出している干潮時でなければならない。

## (D) 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。

## (E) 海底

1 地点につき、最低 0.1 m<sup>2</sup>（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 III-4 ] ）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 III-4 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

## (5) 調査手法

図 III-5 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

# 磯場

**フナムシ**  
体長4 cm。群れで歩き回り、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1 cm。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。

**海藻類 (アラム)**  
最大で1 mくらい。浅いところに生育するものは潮が低い。

**ウニ類 (ムラサキウニ)**  
直径7 cmほど。岩の上や隙間に生息。

**カニ類 (イソガニ)**  
甲幅3 cm。ハサミには斑点がある

**ヒトデ類 (ヒトデ)**  
体長10 cmほど。石の下などにひそむ。

**カメノテ**  
全長5 cm。岩の割れ目に群生する。フジツボと同様、蔓脚を出してプランクトンをかき取る。

**巻貝類 (イボニシ)**  
殻長3.5 cm。他の貝を襲って食べる。

**ヒザラガイ**  
体長6 cm。岩の上に普通にみられる。貝殻は8枚ついている。

**ヨメガサガイ**

**マツバガイ**

**カサガイ類**  
殻長5 cmほど。貝殻には放射状に肋がのびる。

**フジツボ類 (クロフジツボ)**  
直径4 cm。フジツボ類の中でも大型。

生物	チェック ( × )
フジツボ類が2種以上いたか	
カメノテがいたか	
カニ類が2種以上いたか	
フナムシがいたか	
カサガイ類が2種以上いたか	
ヒザラガイがいたか	
巻貝類が1種以上いたか	
ウニ類が1種以上いたか	
ヒトデ類が1種以上いたか	
海藻類が2種以上生育しているか	

図 III-5 (1) 生物チェックシート(磯場)

# 砂浜

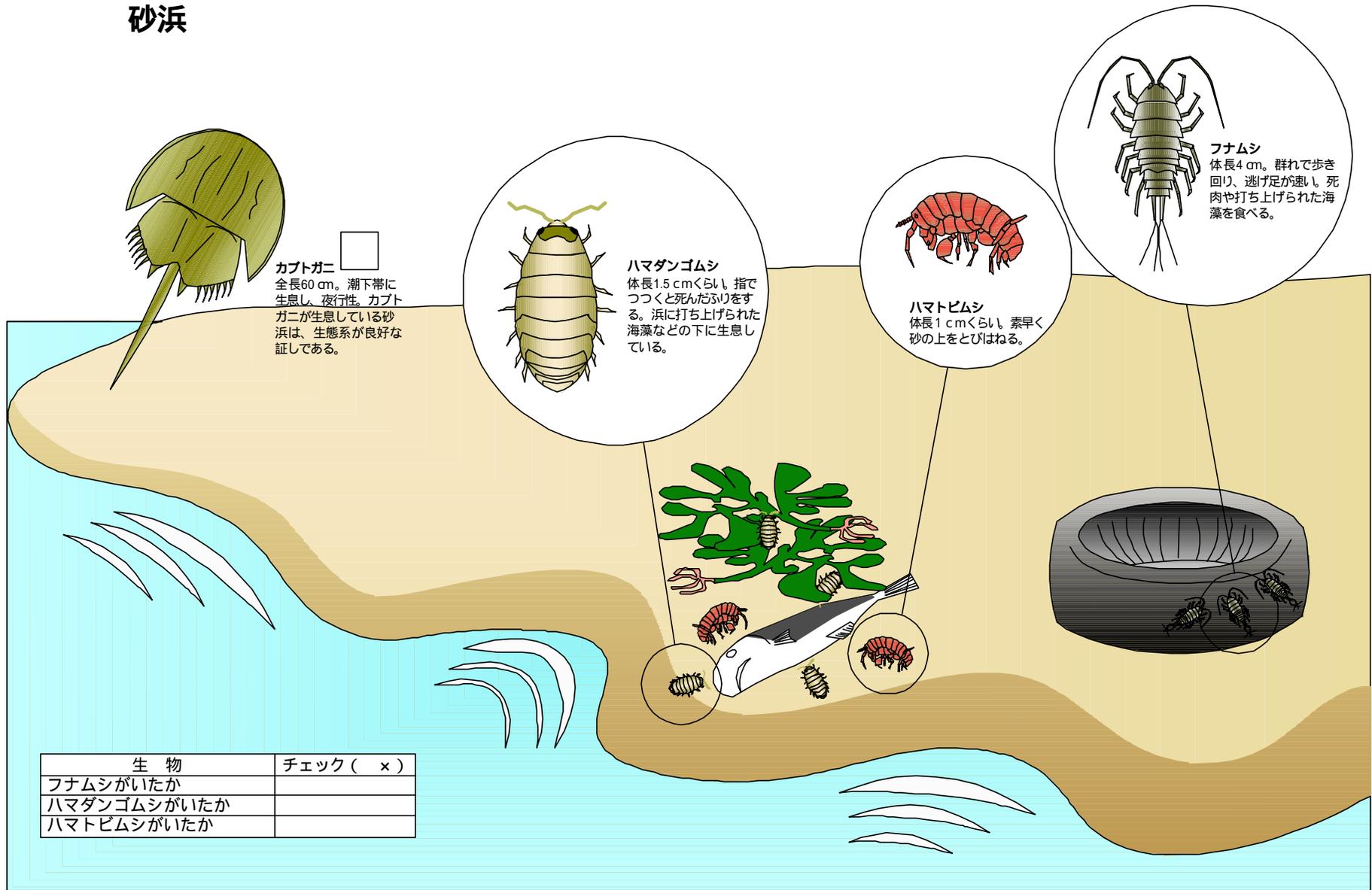


図 III-5 (2) 生物チェックシート (砂浜)

### 干潟



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

### 砂質



**巻貝類 (ヘナタリガイ)**  
高さ4 cmくらい。泥の場所に集まる。よく似たなかまで、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3 cm。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。

### 砂泥質



**ヨシ原**



**カニ類 (ヤマトオサガニ)**  
甲幅3.5 cm。泥の場所に生息。



**カニ類 (チゴガニ)**  
甲幅1 cm。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。

### 泥質



**カニ類 (ヤマトシジミ)**  
殻長1 cm。泥の中に生息。



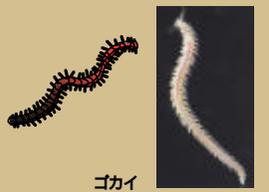
**トビハゼ**  
全長10 cmくらい。泥干潟をはったりとびはねたりしている。トビハゼが見つければ、その干潟は生態系が良好であるといえる。



**二枚貝類 (アサリ)**  
殻長2 cm。砂の中に生息。



**カニ類 (コメツキガニ)**  
甲幅1 cm。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**  
6~10 cmくらい。泥の中にすむ。様々な種類がある。



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

生物	チェック ( × )
フジツボ類が2種以上いたか	<input type="checkbox"/>
二枚貝類が2種以上いたか	<input type="checkbox"/>
巻貝類が1種以上いたか	<input type="checkbox"/>
ゴカイ類が1種以上いたか	<input type="checkbox"/>
カニ類が3種類以上いたか	<input type="checkbox"/>

図 III-5 (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。群れで歩き回り、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(鰓脚)を出してプランクトンをかき取っている。

**ムラサキガイの群集**

**アナアオサ**

**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。  
ムラサキガイ群集の中やアナアオサに隠れていることがある。

**ムラサキ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	

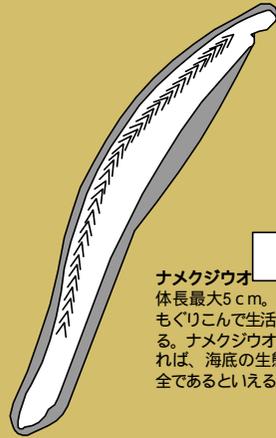
図 III-5 (4) 生物チェックシート (人工護岸)

海底

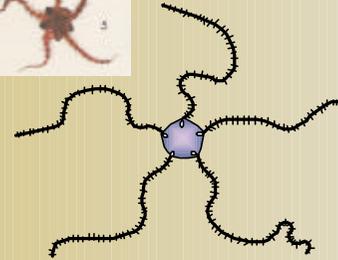
砂質

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。



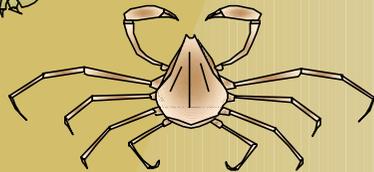
**ウニ・ヒトデ類**  
 ・クモヒトデ：盤の直径3cmほど、長い腕を持つ。  
 ・モミジガイ：6cmほど、色は茶褐色や灰色をしている。  
 ・オカメアンプク：直径3cmほど、泥の中に生息するウニ。



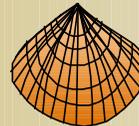
オカメアンプク

甲殻類

ヨコエビ類 体長1~2cmくらい  
 イッカクモガニ：甲長15cmくらい



イッカクモガニ

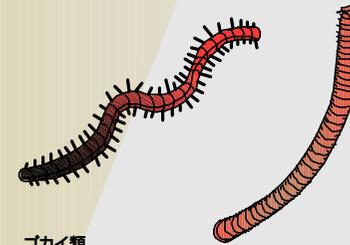


ヒメカノコアサリ



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	泥	甲殻類が2種以上いたか	
		二枚貝類が2種以上いたか	
砂泥	泥	ウニ・ヒトデ類が2種以上いたか	
		ゴカイ類が2種以上いたか	

図 III-5 (5) 生物チェックシート (海底)

#### 1.2.4 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。

#### 1.2.5 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（例えばムラサキガイやミドリガイなど）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。

## 1.3 藻場・干潟面積の推移（項目番号：生態 - 3）

### 1.3.1 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。

### 1.3.2 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。

#### (1) 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。

#### (2) 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。

### 1.3.3 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。

### 1.3.4 調査結果の評価手法

「海健康度」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。**

### 1.3.5 調査結果の事例

図 III-6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。

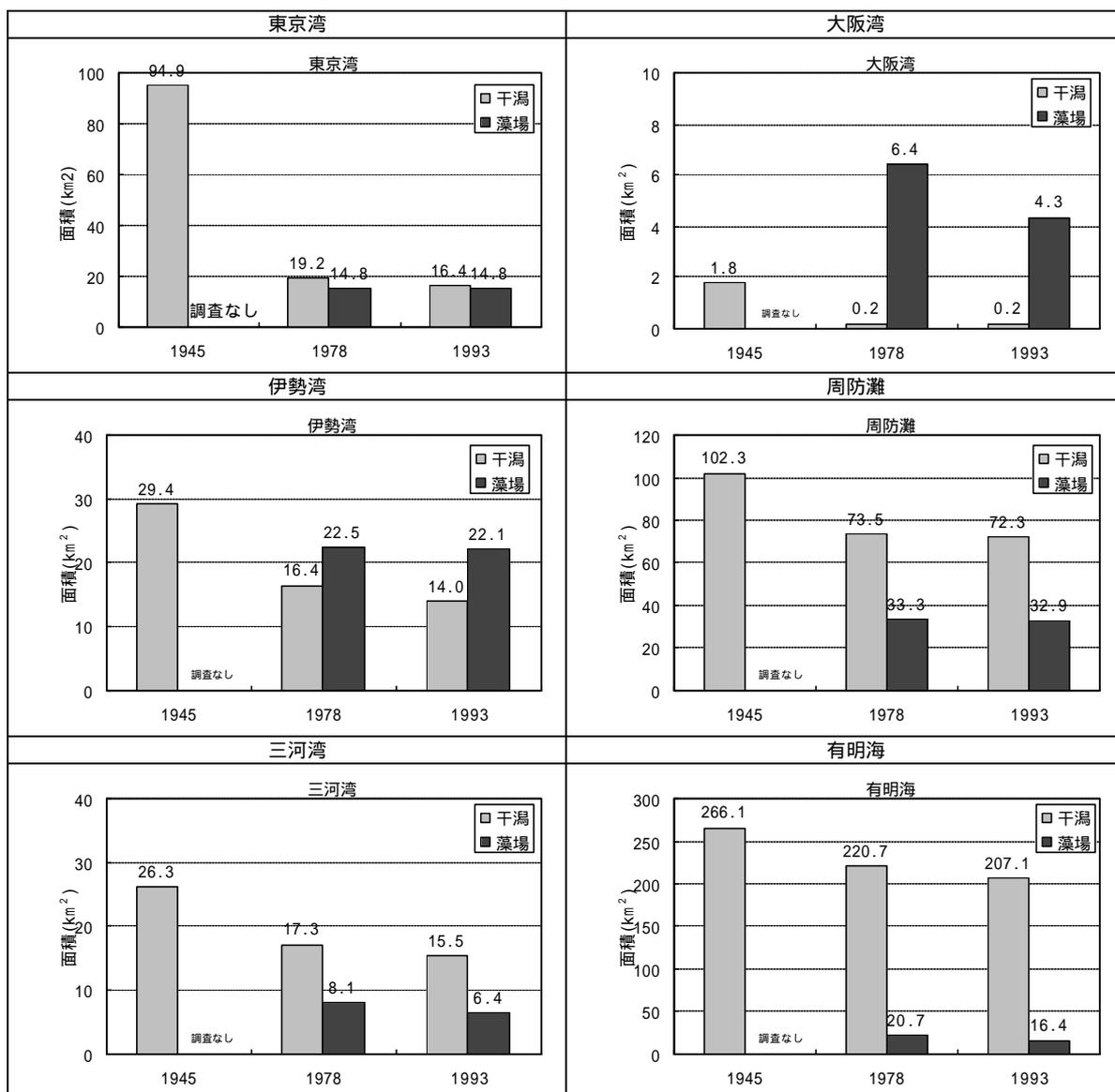


図 III-6 藻場・干潟面積の変遷

## 1.4 海岸線延長の推移（項目番号：生態 - 4）

### 1.4.1 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。

### 1.4.2 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。

### 1.4.3 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 III-4 に示すように定義されている。

表 III-4 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。

#### 1.4.4 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。**

#### 1.4.5 調査結果の事例

図 III-7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。

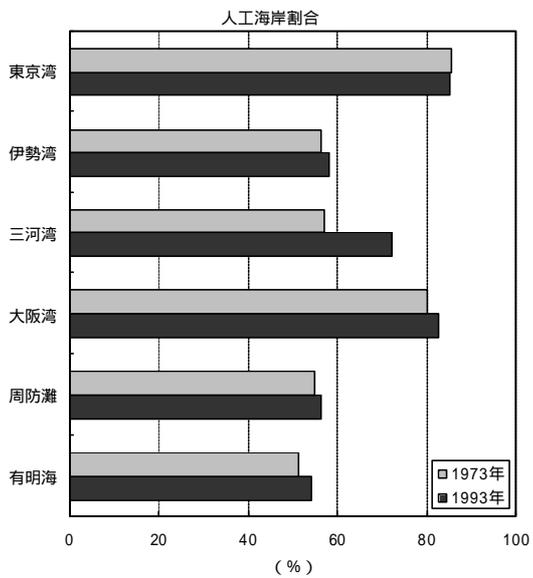
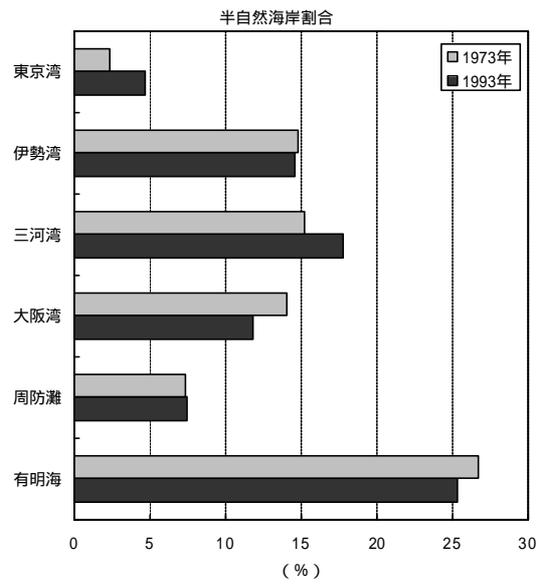
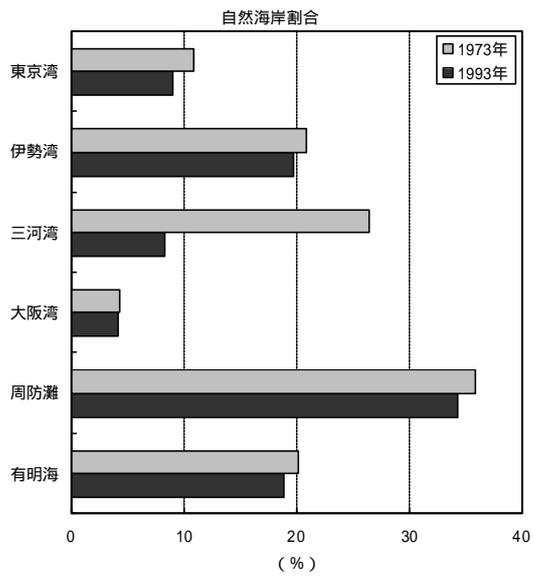


図 III-7 全海岸線に対する自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合の海湾ごとの比較

## 1.5 有害物質（項目番号：生態 - 5）

### 1.5.1 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。

### 1.5.2 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。

#### (1) 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。

#### (2) 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。

### 1.5.3 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。

#### 1.5.4 調査結果の評価手法

「海健康度」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。

#### 1.5.5 調査結果の事例

基準値による判断の例として、図 III-8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。

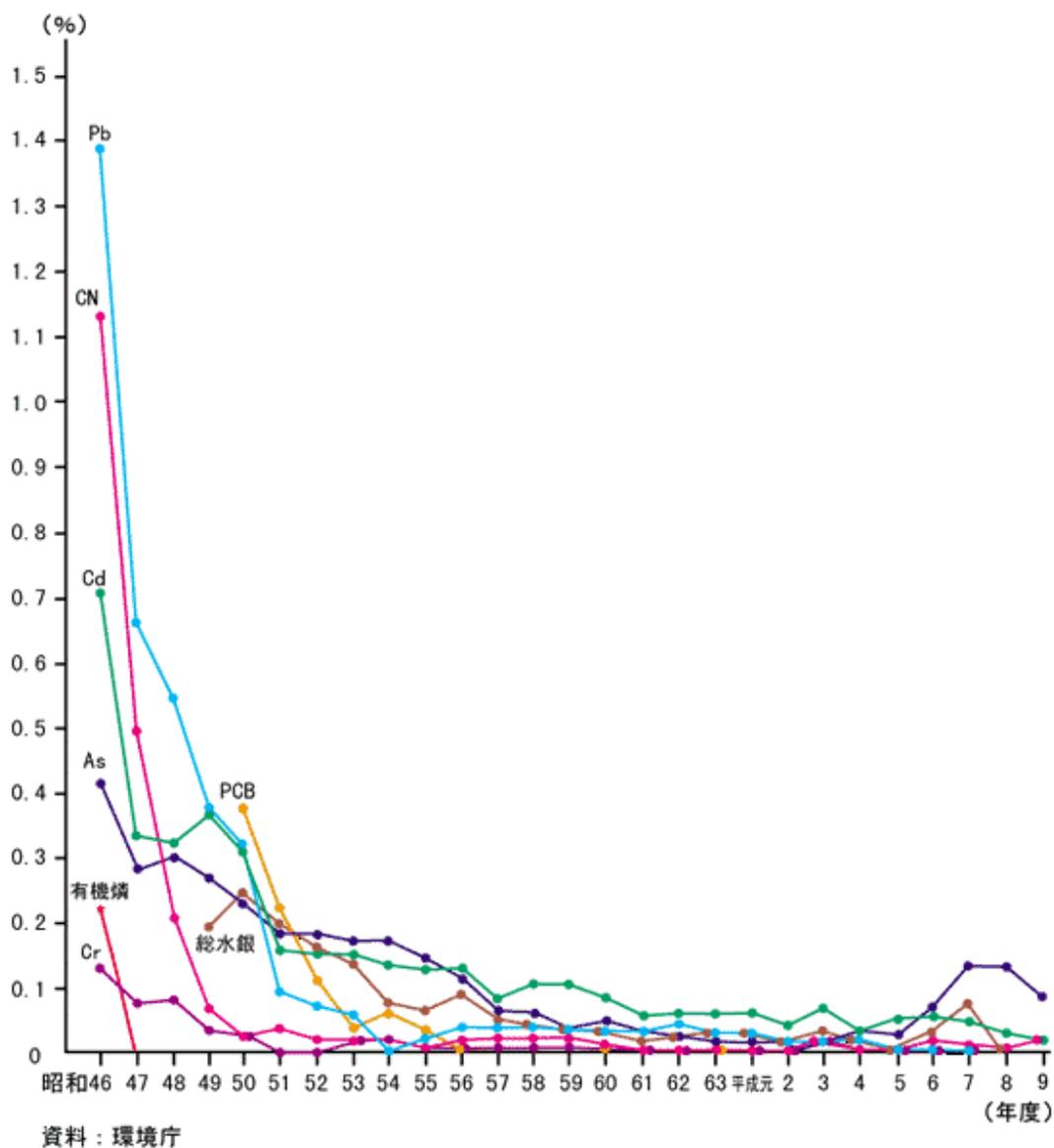


図 III-8 各健康項目別不適合率の推移

### 1.5.6 注意点

公共用水域水質測定項目については、基準値が定められているため判断が容易であり、トレンドの調査も行うことができる。しかし、環境ホルモンやダイオキシン類については、基準値が定められていないものも多く、各自治体の結果公表時のコメントも「環境省が公表している既存の調査結果の範囲内であった」というものが多い。したがって、公表された結果の値の判定について、なんらかのルールを定めておく必要がある。

## 1.6 底層水の溶存酸素濃度（項目番号：生態 - 6）

### 1.6.1 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。

### 1.6.2 使用データ

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。

### 1.6.3 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調査を実施しているが、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。

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

#### 1.6.4 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。**

#### 1.6.5 調査結果の事例

##### (1) 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III-9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。

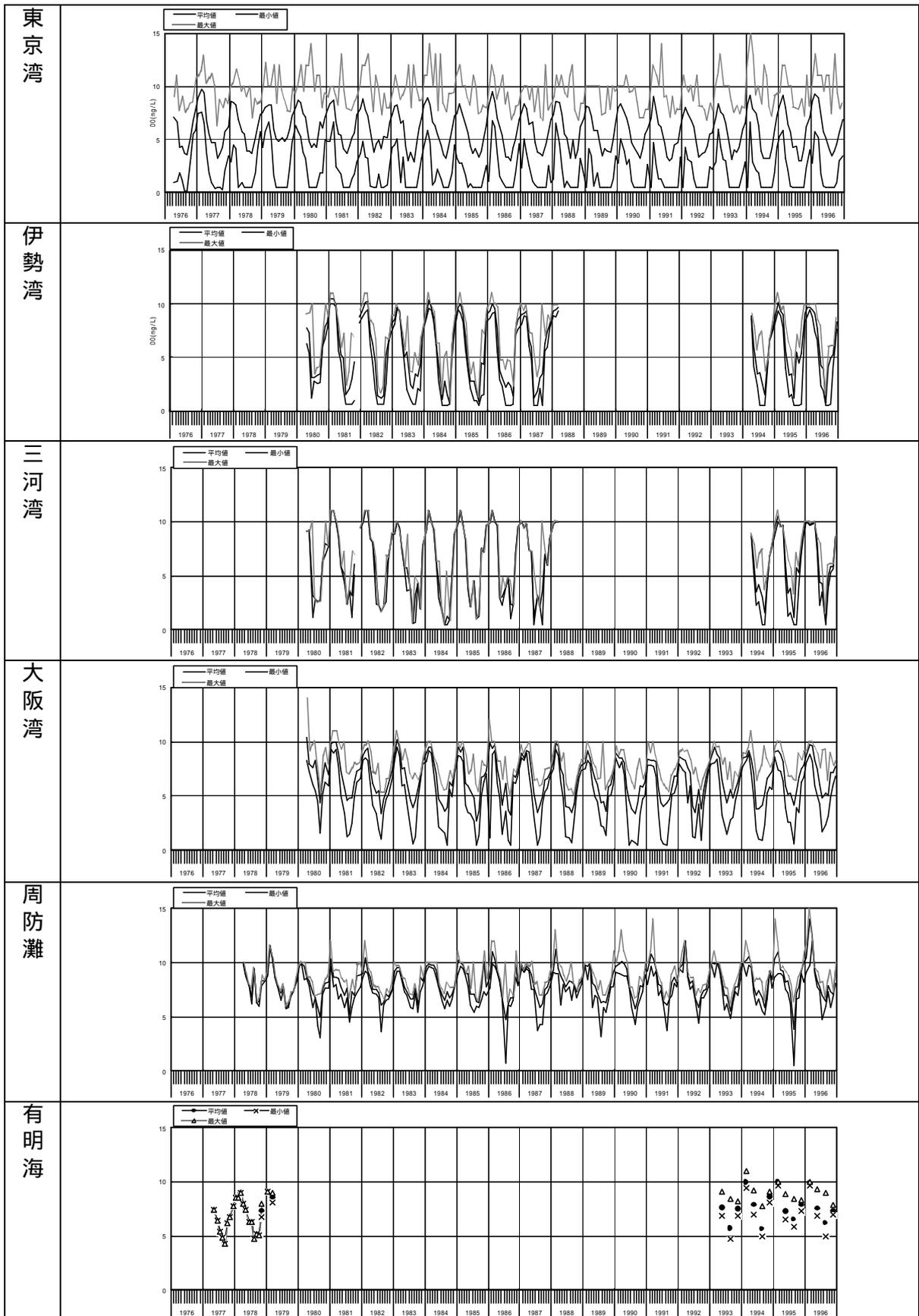


図 III-9 DO の経年変化 (下層のサンプルの単純平均) (公共用水域水質測定結果より)

## (2) 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を評価する手法として、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  $3\text{ml/L}$  ( $=4.2\text{mg/L}$ ) として算定を行った。図 III-10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てとれる。

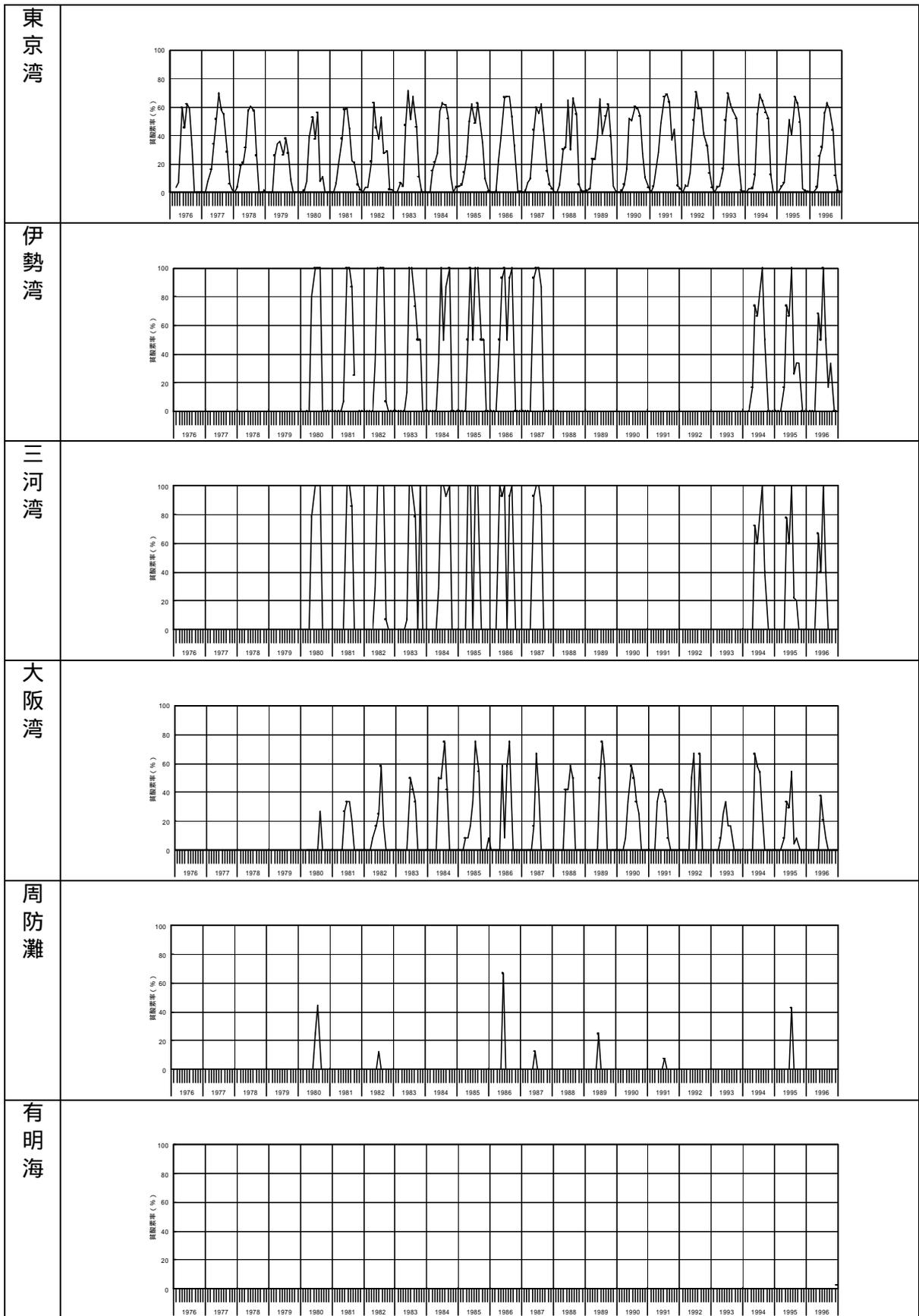


図 III-10 底層における貧酸素比率 (3ml/L 以下のサンプルの割合%)

### 1.6.6 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. 【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 III-5に示す。

表 III-5 【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。

## 2.1 滞留時間と負荷に関する指標（項目番号：物循 - 1）

### 2.1.1 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ーを導入した。

### 2.1.2 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。

#### (1) 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  $t_f$  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。

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

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。

#### (2) 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。

### (3) 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。

#### 2.1.3 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。

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

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、 $t_f$ 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 $t_f$ 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。

#### 2.1.4 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

#### 2.1.5 調査結果の事例

算定結果を表 III-6に示す。

表 III-6  $C_0$ （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	
$t_f$ （月）	1.0	0.7	1.1	1.9	6.4 <sup>(注)</sup>	4.1	0.5	0.2	
湾容積(km <sup>3</sup> )	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 III-11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。

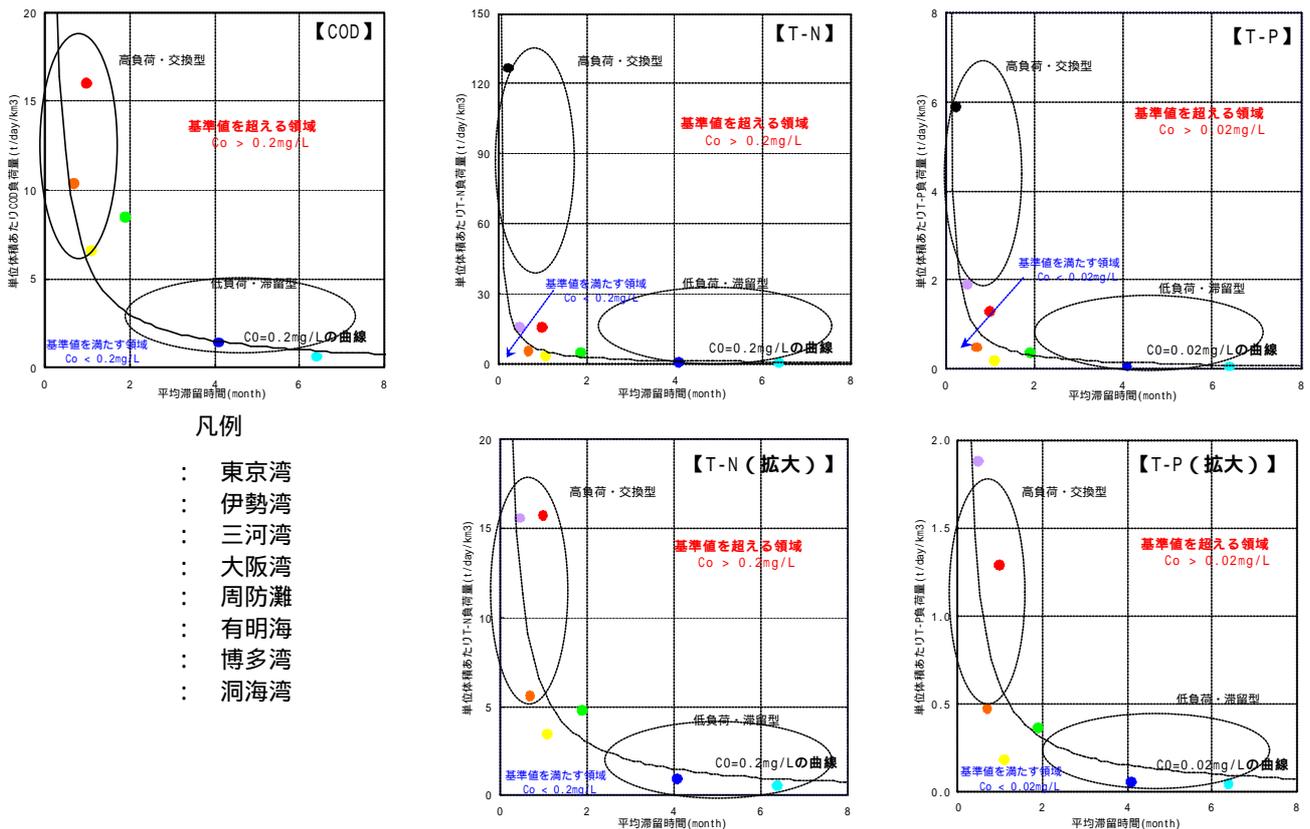


図 III-11  $C_0$  (負荷滞留濃度) と諸量の関係図

## 2.2 潮位振幅の推移（項目番号：物循 - 2）

### 2.2.1 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。

### 2.2.2 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。

### 2.2.3 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 III-12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。

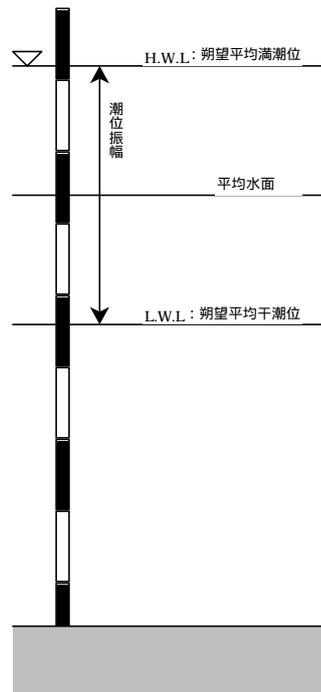


図 III-12 潮位の関係

#### 2.2.4 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。**

#### 2.2.5 調査結果の事例

図 III-13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了が、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。

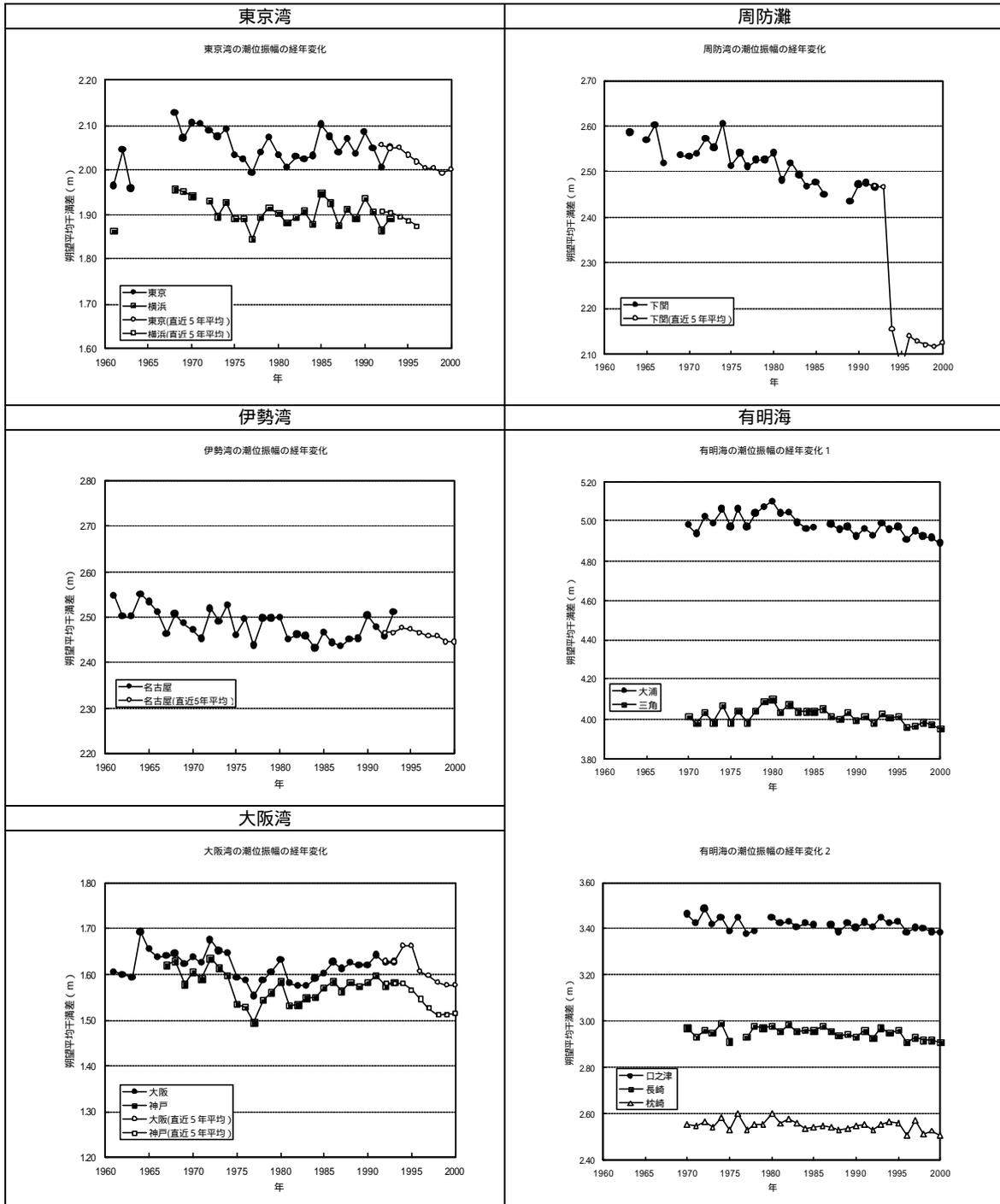
1960年以降のデータのみであるが、全海湾において潮位差が下降している傾向が見取れる。この傾向は宇野木・小西(1998)<sup>1</sup>においても、東京湾、伊勢湾、大阪湾に関して報告されている。宇野木・小西(1988)によると、東京湾、伊勢湾では埋め立ての進行に伴って1960年頃より潮位差の減少が顕著であるが、大阪湾に関しては、背後に瀬戸内海が控えていること等により、東京湾、伊勢湾とは振る舞いが多少異なり、潮位差の減少傾向も少なめであるとしている。さらに、東京湾では潮位振幅が5%程度減少しており、この値は岸ら(1993)<sup>2</sup>の数値計算による潮汐残差流が10%程度減少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 III-13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)<sup>3</sup>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。

1 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

2 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

3 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 III-13 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 III-14に、潮位減少の絶対値は図 III-15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。

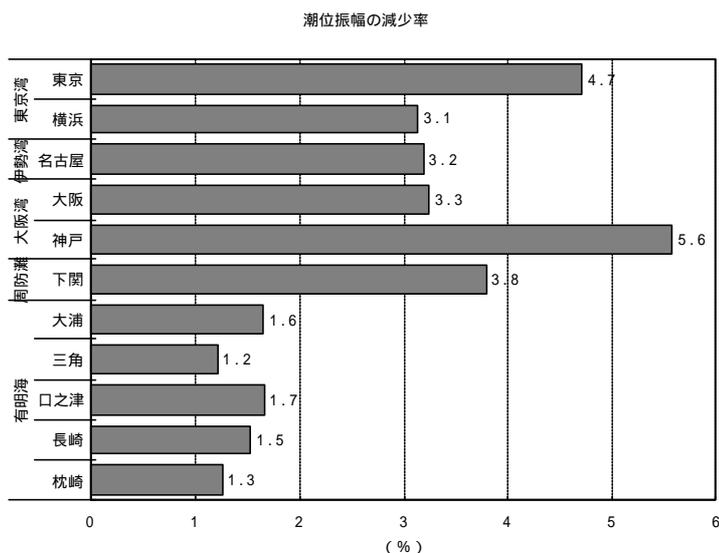


図 III-14 海湾ごとの潮位振幅の減少率比較

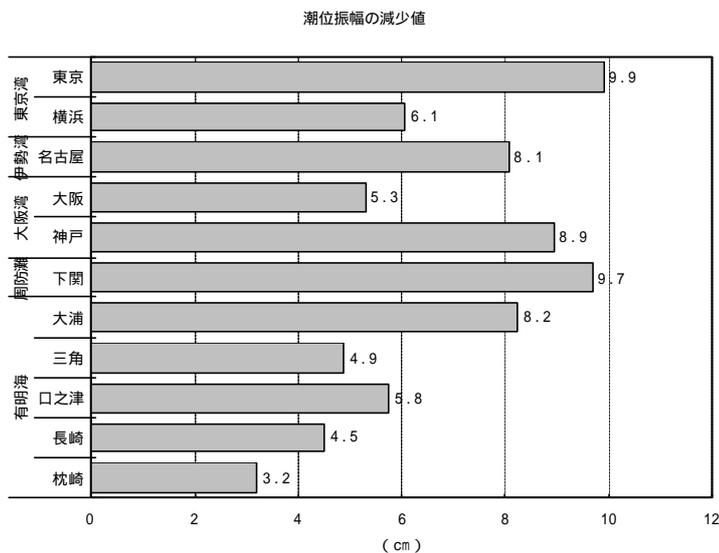


図 III-15 海湾ごとの潮位振幅の減少値比較

## 2.3 透明度（項目番号：物循 - 3）

### 2.3.1 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。

### 2.3.2 使用データ

公共用水域水質測定結果を用いる。

### 2.3.3 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。

### 2.3.4 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。**

### 2.3.5 調査結果の事例

図 III-16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。

### 2.3.6 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。

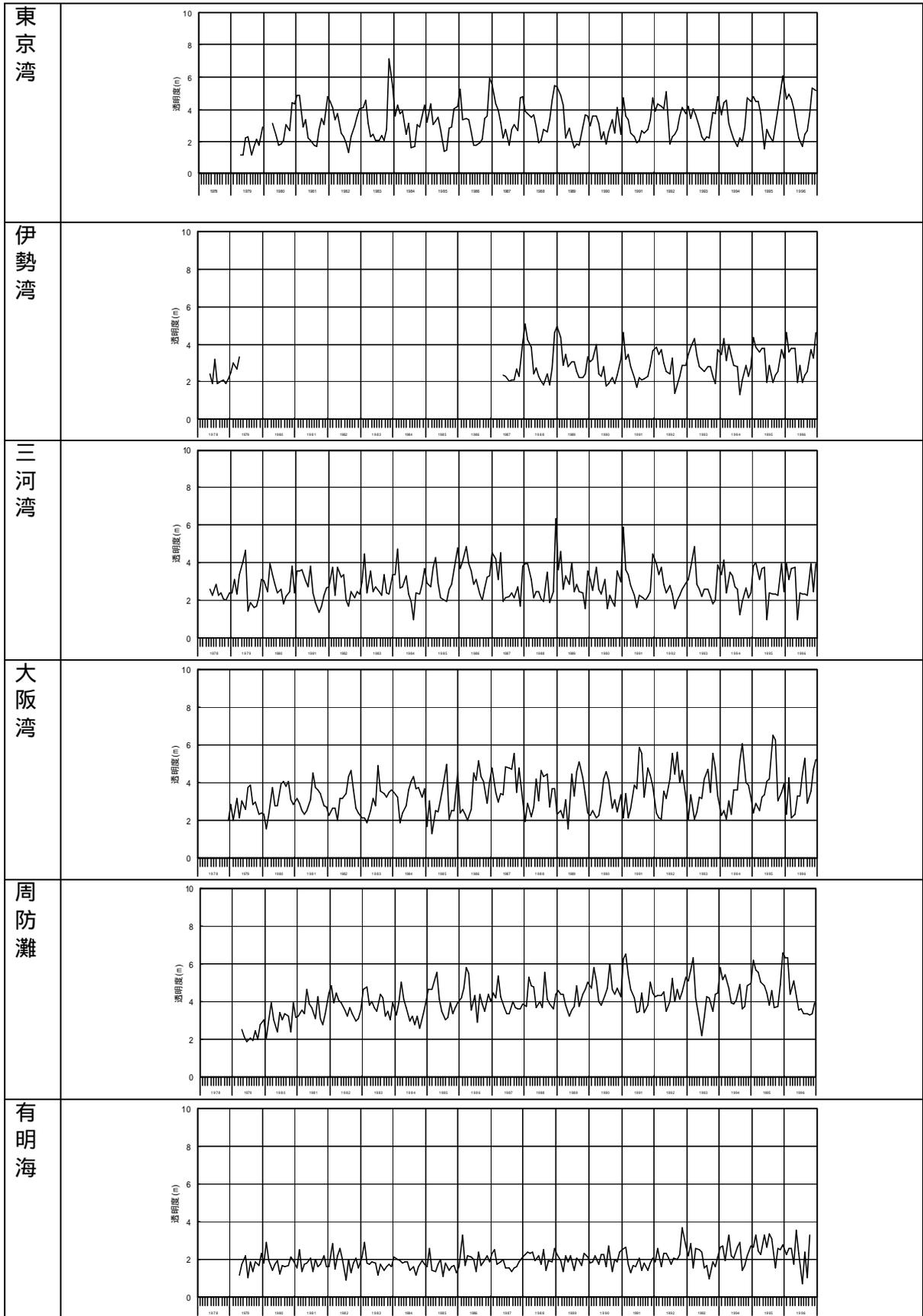


図 III-16 各海湾の平均透明度の経年変化

## 2.4 プランクトンの異常発生（項目番号：物循 - 4）

### 2.4.1 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。

### 2.4.2 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。

### 2.4.3 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。

### 2.4.4 調査結果の評価手法

「海健康度」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。
---------------

### 2.4.5 調査結果の事例

赤潮発生の推移を検討するために図 III-17には赤潮発生件数の推移を、図 III-18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。

### 2.4.6 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。

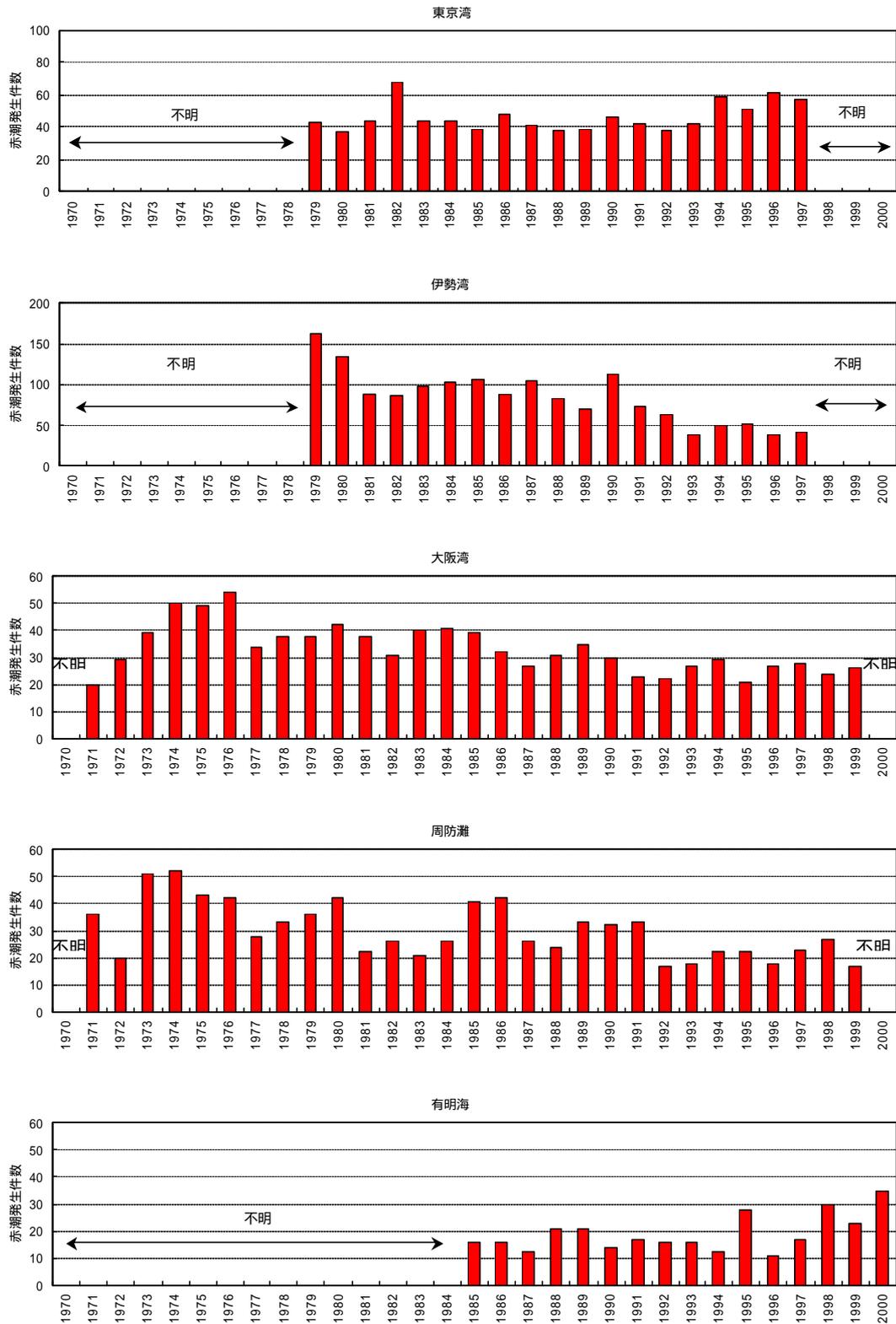


図 III-17 各海湾における赤潮発生件数の推移

【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

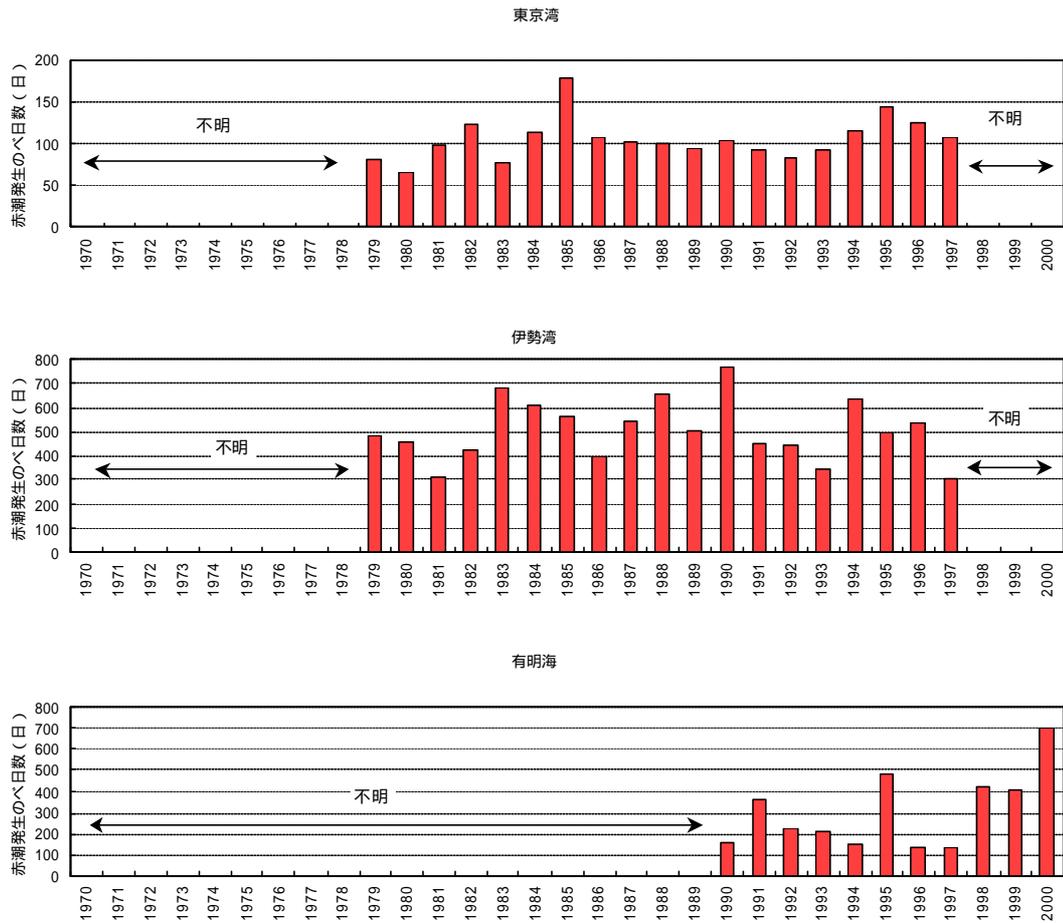


図 III-18 赤潮発生のべ日数の推移

【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

## 2.5 底質環境（項目番号：物循 - 5）

### 2.5.1 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。

### 2.5.2 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。

### 2.5.3 調査手法

#### (1) 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 m<sup>2</sup> は底質試料を採取するようにする。

#### (2) 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・湾中央・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。

#### (3) 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。

### 2.5.4 調査結果の評価手法

「海健康度」の評価基準は以下のように設定する。

- ・底質の臭い及び色調に異常がないこと。
- ・生物がいること。

### (1) 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。

### (2) 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。

### (3) 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 III-7)。ひとつでもあてはまる項目があれば、二次診断を行う。

表 III-7 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	

#### 2.5.5 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。

## 2.6 底層水の溶存酸素濃度（項目番号：物循 - 6）

### 2.6.1 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。

### 2.6.2 使用データ

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。

### 2.6.3 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。

#### 2.6.4 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。）**

#### 2.6.5 調査結果の事例

図 III-19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。

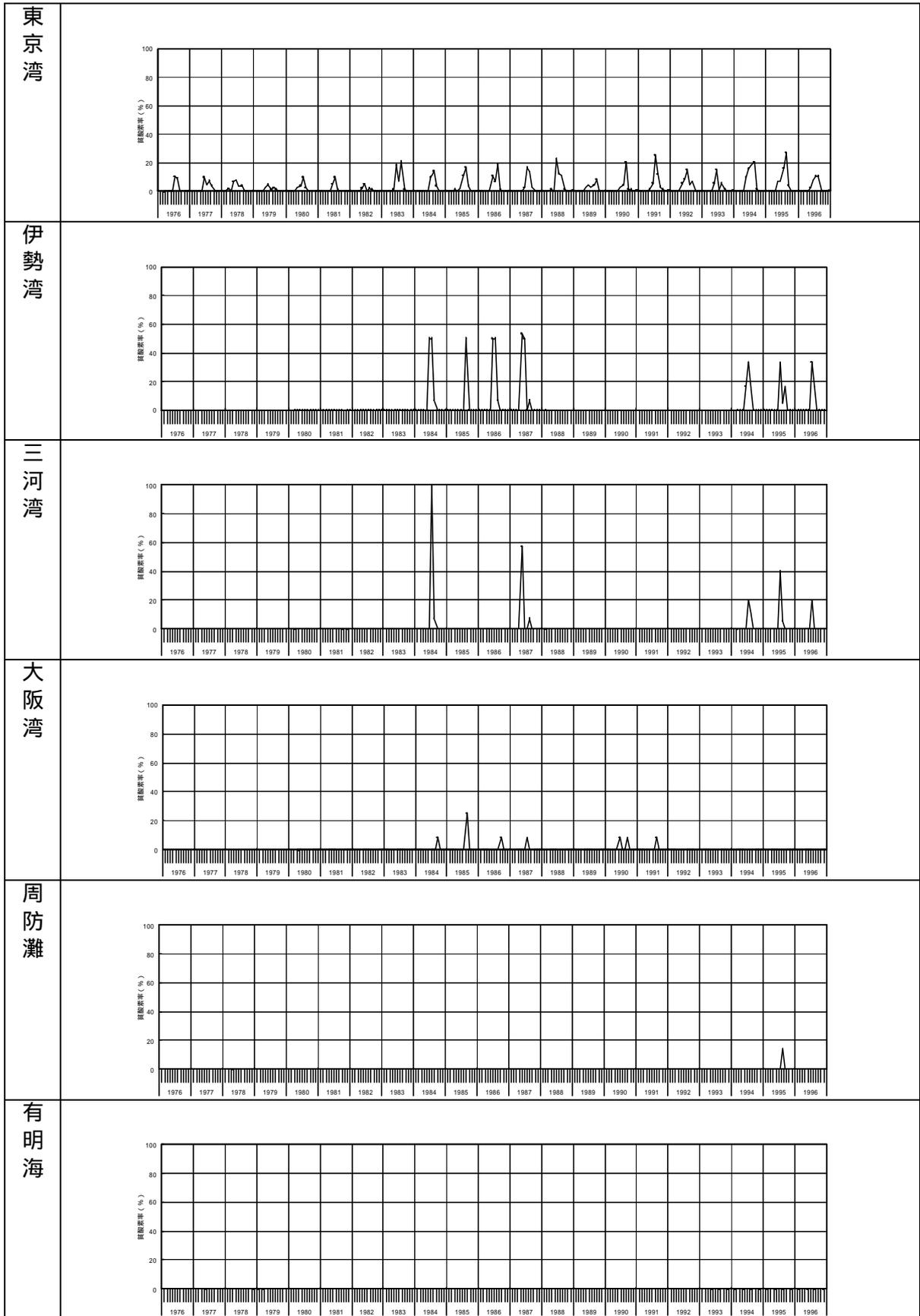


図 III-19 底層における無酸素比率 (定量限界値以下のサンプルの割合%)

## 2.7 底生系魚介類の漁獲推移（項目番号：物循 - 7）

### 2.7.1 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。

### 2.7.2 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）

### 2.7.3 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 III-8

表 III-8 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

### 2.7.4 調査結果の評価方法

「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。

## 2.7.5 調査結果の事例

図 III-20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。

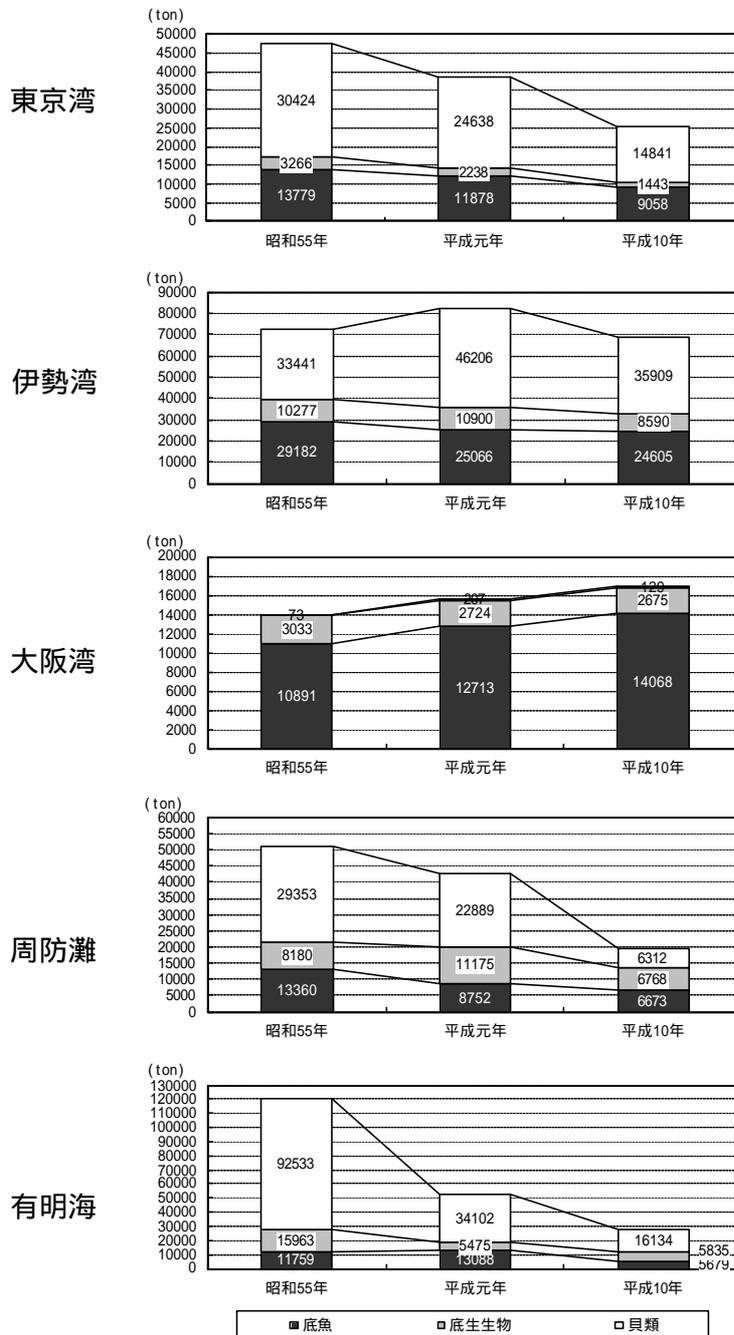


図 III-20 底生系魚介類の漁獲高の推移

## IV. 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。

### 1. 再検査

#### 1.1 生態系の安定性を示す項目

##### 1.1.1 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。

##### (1) 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。

##### (2) 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。

##### (3) 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。

##### 1.1.2 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。

### 1.1.3 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。

#### (1) 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IV-1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%にすぎずであり、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る最も大きい。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見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。

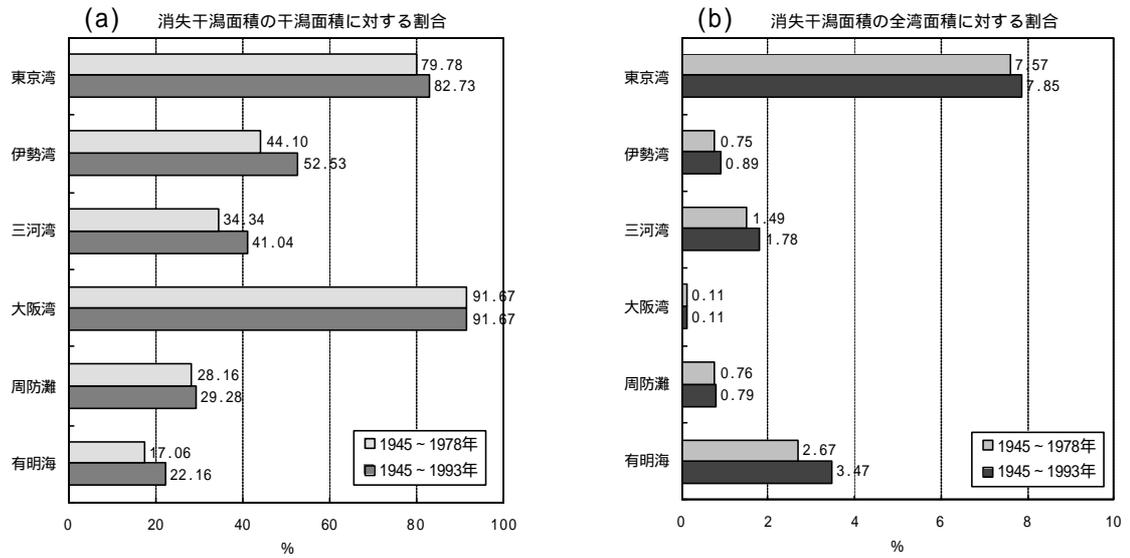


図 IV-1 1945年からの消失干潟面積の干潟面積に対する割合(a)、全湾面積に対する割合(b)

## (2) 消失藻場の海湾全域に対する影響割合

同様に図 IV-2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。

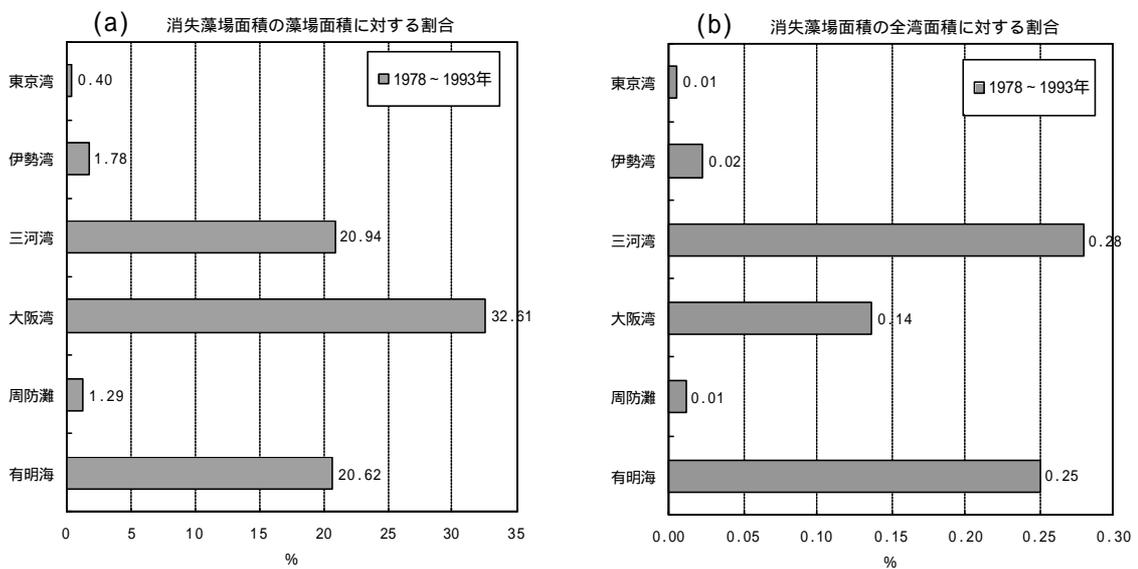


図 IV-2 1978年からの消失藻場面積の藻場面積に対する割合(a)、全湾面積に対する割合(b)

### 1.1.4 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。

### 1.1.5 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。

### 1.1.6 底層水の溶存酸素濃度 (生態 - 6:生息環境をみる項目)

#### (1) 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。

#### (2) 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、貧酸素がどのく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IV-3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。

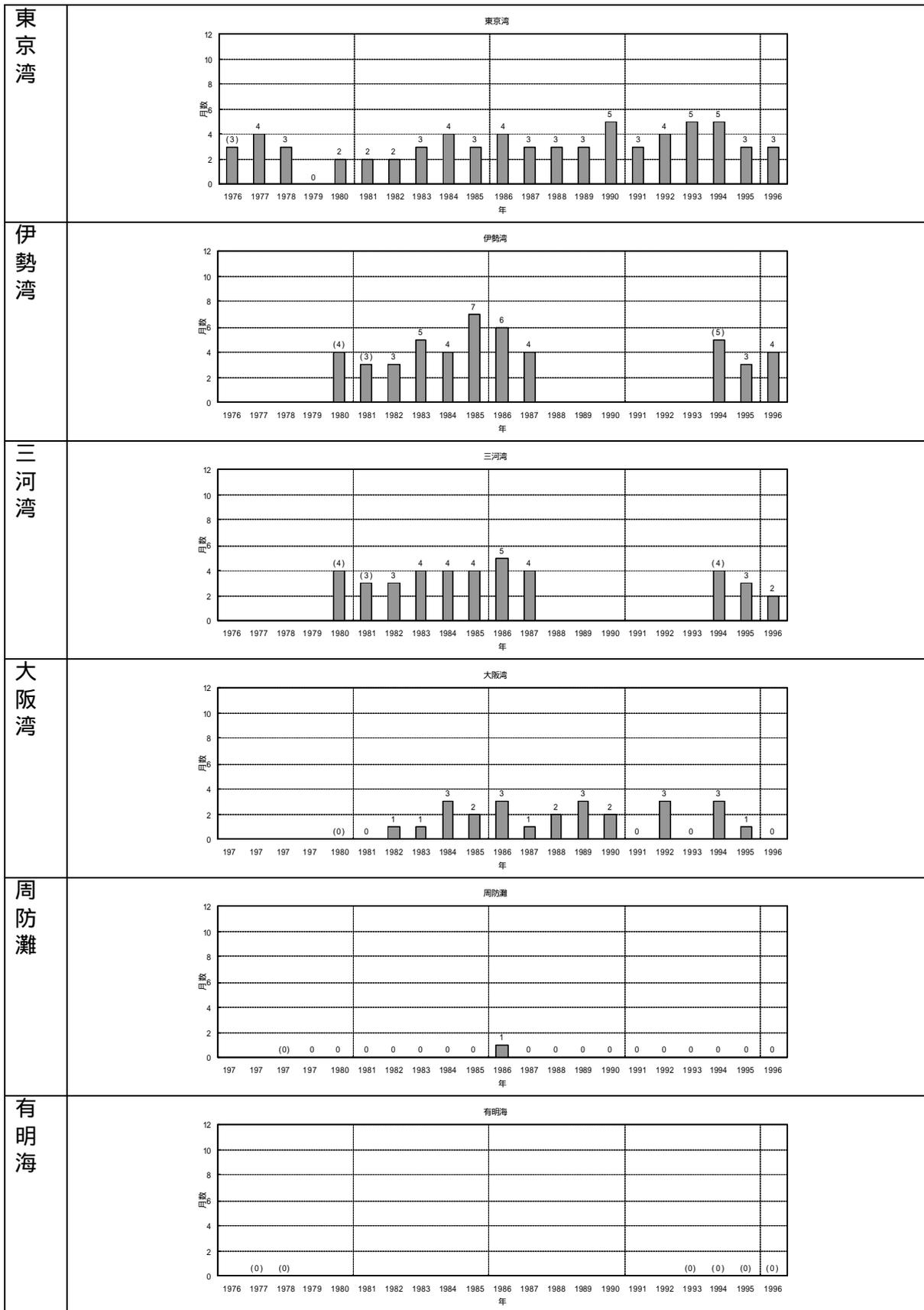


図 IV-3 1年間の平均磷酸素比率が50%を超える月数

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。

## 1.2 物質循環の円滑さを示す項目

### 1.2.1 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。

### 1.2.2 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、そこ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。

### 1.2.3 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。

### 1.2.4 プラクトンの異常発生 (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。

### 1.2.5 底質環境 (物循 - 5:堆積・分解をみる項目)

#### (1) 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。

## (2) 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。

### 1.2.6 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て出現する月数）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 IV-4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。

### 1.2.7 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。

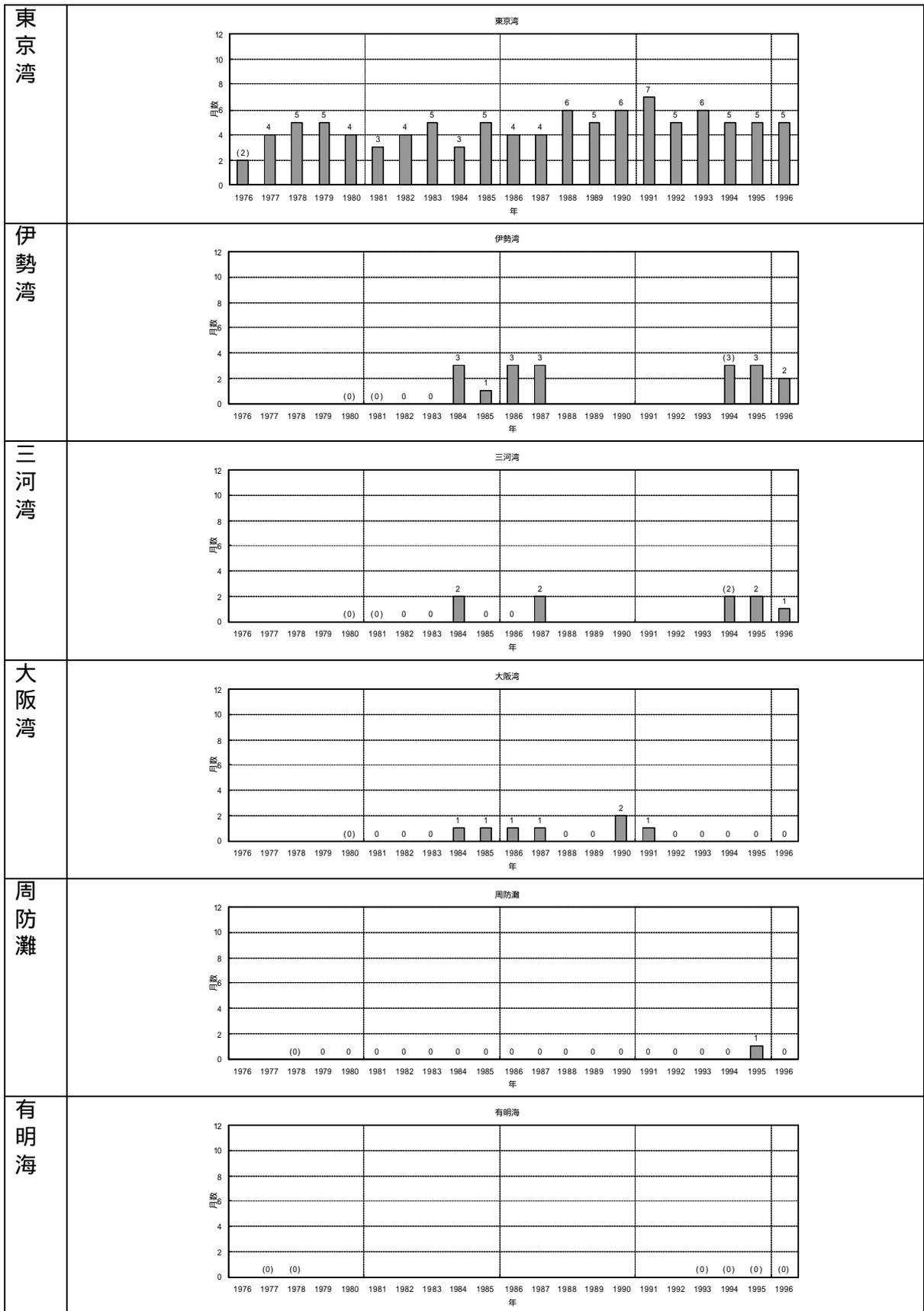


図 IV-4 1年間のうち無酸素率が0%を超える月数

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. 精密検査

### 2.1 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。

#### 2.1.1 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。

##### (1) 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。

##### (2) 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。

##### (3) 餌環境

餌環境については、対象魚種的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。

(4) 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。

2.1.2 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 IV-1 に示すとおりである。

表 IV-1 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 IV-2 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										
珪藻類	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										
付着生物	巻貝C										
	巻貝D										
	イソギンチャクA										
付着生物	イソギンチャクB										
	イソギンチャクC										
	ウニA										
付着生物	ウニB										
	節足動物A										
	カニA										
	カニB										
	カニC										
海藻	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。表 IV-2 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。

#### (1) 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。

#### (2) 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。

#### (3) 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。

### 2.1.3 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。

#### (1) 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。

#### (2) 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 IV-5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。

#### (3) 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。

#### (4) 藻類の生息空間

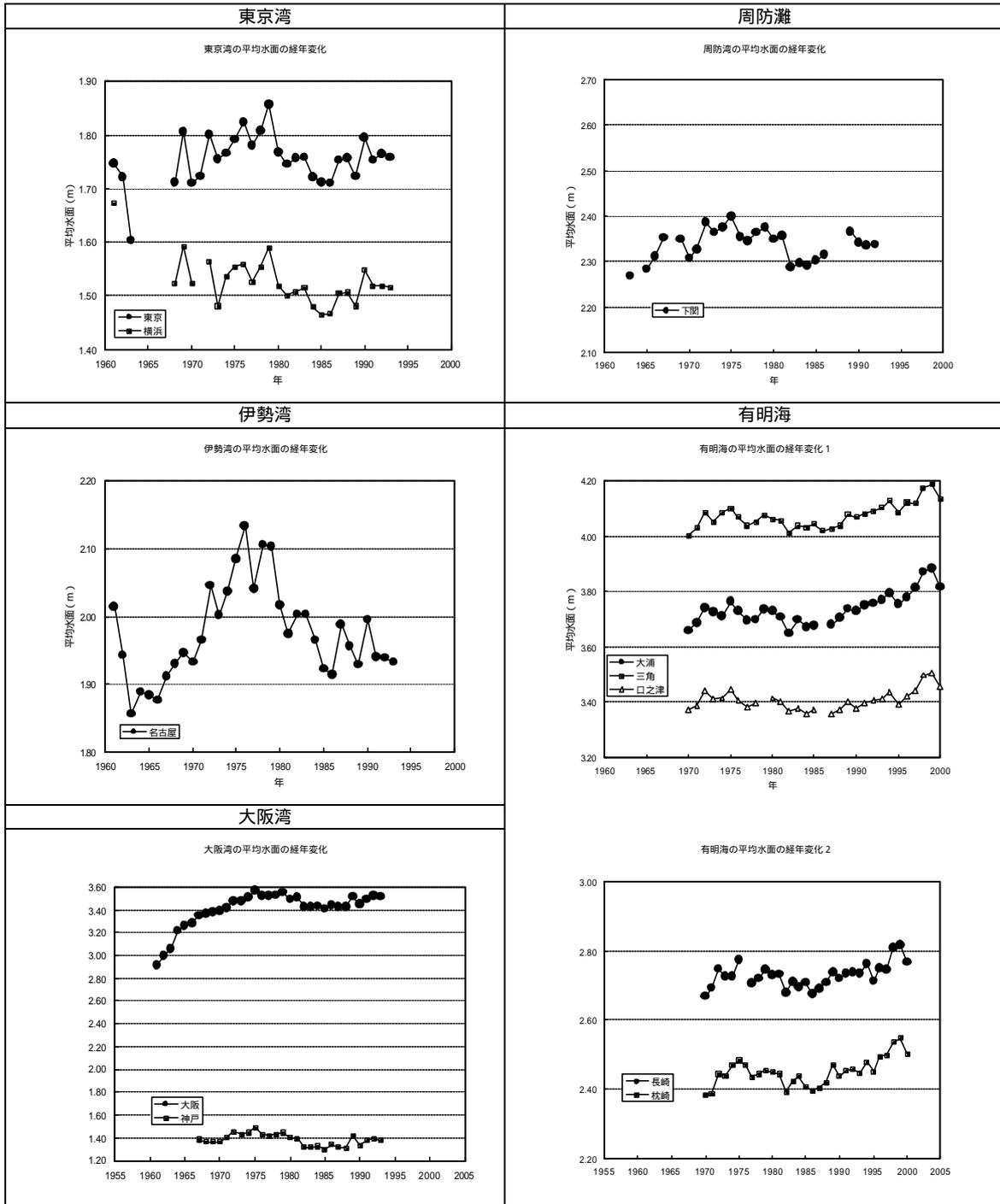
藻類の生息空間については、藻類の付着基盤等の変動を調査する。

#### (5) 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。

#### (6) 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 IV-5 海湾ごとの平均水面の経年変化

#### 2.1.4 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。

#### 2.1.5 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。

##### (1) 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。

## 2.2 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。

### 2.2.1 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。

#### (1) 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。

#### (2) 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。

#### (3) 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。

## 2.2.2 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。

### (1) 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。

### (2) 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。

### (3) 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。

### 2.2.3 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。

#### (1) 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。

#### (2) 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。

#### (3) 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。

#### (4) 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。

#### (5) 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。

#### 2.2.4 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ことは、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。

#### 2.3 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。

## V. 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。

## VI. 環境情報の公開と管理

「海の健康診断」で得られた環境情報及び検査結果は、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。情報公開にあたっては、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。

海の健康診断　マスタープラン／ガイドライン

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。 ISBN4-88404-057-0