

平成22年度

「海の健康診断」を活用した
大村湾の環境評価に関する調査研究

報 告 書

海の健康診断 大村湾モデル

平成23年3月

海 洋 政 策 研 究 財 団
(財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団)

長 崎 県

ごあいさつ

本報告書は、ポートレースの交付金による日本財団の平成22年度助成事業「海の健康診断」を活用した海域環境評価に関する調査研究の一環として実施した「海の健康診断」を活用した大村湾の環境評価に関する調査研究の成果をとりまとめたものです。

我が国は、経済的な豊かさと引き替えに多くの海洋の自然を失い、そこから生産される多くの恵みを失いました。高度経済成長期に公害問題が表面化して以降、「公害対策基本法」や「水質汚濁防止法」等の法令が整備され、沿岸海域への排水を量的、質的に規制し、水質を「きれい」に維持するための基準を設けるとともに、関係自治体による「公共用水域水質測定」や「浅海定線調査」等の水質モニタリングが開始されました。これにより水質悪化を食い止め、一部の湾では改善が見られるなど一定の効果は見られましたが、今日でも豊かな海を取り戻すまでには至っていません。

その原因の一つには、環境評価や改善のポイントが公害の防止や監視などによる水質改善にあり、沿岸域の海の恵みを生み出している海の営みを総合的に評価するという視点が欠落していたことがあげられると思います。昨今、第3次生物多様性国家戦略や海洋基本計画などで生物多様性の確保の必要性が唱われていますが、生物の多様性が確保されるためには、対象海域の生態系や物質循環が健全であること、すなわち海の営みが健全であることが不可欠です。

海洋政策研究財団では、この海の営みを検査し、定量的に評価する「海の健康診断」の手法研究を平成12年より全国に先駆けて実施して参りました。これまでに「海の健康診断マスタープラン・ガイドライン」をまとめたのはじめ、平成16年度、18年度、20年度には全国の閉鎖性海湾を対象にして「海の健康診断」一次検査・診断を実施し、個々の閉鎖性海域の環境の現状を診断カルテとしてとりまとめ、日本の沿岸海域で起きている環境変化の傾向や課題を社会に周知するとともに、豊かな海を取り戻すために必要な沿岸域の環境管理について、「海の健康診断」の活用を視野に入れた提言書を関係大臣に提出いたしました。

このたび、これまでの全国の閉鎖性海湾を対象とした全国一律の「海の健康診断」の実施に向けた研究とは視点を変えて、対象海湾を絞り、その環境特性や管理の実情に合わせて「海の健康診断」をより精緻に適用する研究を行うこととし、対象海湾を公募したところ、長崎県から大村湾で実施したい旨ご応募頂いたことから、2ヶ年計画で長崎県と共同で「海の健康診断」大村湾モデルの研究並びに同湾の環境改善に向けた処方箋の作成を行うことといたしました。本書の内容は、2年間の研究成果をとりまとめたものです。

本報告書が大村湾の環境保全、改善に日夜尽力されている長崎県や同海域に関心を持つ方々などの活動にお役に立てれば幸いです。

最後に、本事業の実施及び本報告書の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「海の健康診断」を活用した大村湾の環境評価に関する調査研究委員会の委員の皆様のご熱心なご審議、ご指導、また関係者のご協力に対しまして衷心より厚くお礼申し上げます。

平成23年3月

海洋政策研究財団
会長 秋山昌廣

「海の健康診断」を活用した大村湾の環境評価に関する調査研究委員会 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	松田 治	広島大学名誉教授
委員	中田喜三郎	東海大学海洋学部 教授
委員	鈴木輝明	名城大学大学院総合学術研究科 特任教授
委員	笠井亮秀	京都大学農学研究科 准教授
委員	山口仁士	長崎県環境保健研究センター 研究部長
委員	平野慶二	長崎県総合水産試験場 漁場環境科長

海洋政策研究財団担当

常務理事 寺島紘士

企画グループ グループ長代理 大川 光

総務グループ 総務チーム 藤川恵一郎

政策研究グループ 研究員 眞岩 一幸※

長崎県担当

科学技術振興局科学技術振興課 係長 赤澤貴光

※平成 21 年度担当

目 次

1. はじめに.....	1
2. 健康な海とは.....	2
3. 大村湾の特性と価値.....	3
3.1 閉鎖的な地形で水の出入りが少ない大村湾.....	3
3.2 浅場が少ない大村湾.....	4
3.3 生物の生息・成育場として重要な大村湾.....	5
3.4 漁業者を支える大村湾.....	5
4. 大村湾の健康を診断する.....	6
4.1 健康診断の流れ.....	6
4.2 一次検査による診断結果.....	8
4.3 再検査による診断結果.....	12
1) 再検査の結果.....	12
2) 再検査における所見.....	18
4.4 精密検査による診断結果.....	19
1) 経年的な環境情報の整理.....	20
2) 環境情報の経年変化の相互関連性の検討.....	25
3) 精密検査の所見.....	34
5. 治療の方針.....	35
6. 処方箋.....	36
6.1 処方箋リスト.....	36
6.2 具体的な処方箋の実施イメージ.....	40
7. 今後の展望と課題.....	43
1) 処方箋の精度向上（良好な栄養バランスの検証）.....	43
2) 処方箋実施後の経過や効果の検証.....	44
3) 今後の大村湾における取り組み体制の構築.....	46
8. 参考資料.....	48

1. はじめに

海は生きています。海の元気さを診断する手法として考え出されたのが「海健康診断」です。

海は生きています。海は、流れや潮汐が川や外海から流れこんだ栄養を輸送し、生物がそれを取り入れ成長し増えていく、生きている場所です。また、海は私達に様々な恵みをもたらしてくれる場所です。食卓にのる魚、海藻、アサリなどの貝類、エビやタコなどは海が生み出してくれた貴重な食料資源です。しかし、私達人間の活動などによって、海の状態は変わってしまいました。「昔に比べて魚が獲れなくなった」と嘆いている漁業者の姿を全国津々浦々でよくみます。海が不健康である証拠ではないでしょうか。

私達、人間の体の健康は定期的な健康診断や医者の治療によって支えられていますが、海はどうかでしょうか。これまで海健康をみるために行われてきた水質検査は、人の検査で言えば血液検査にあたりますが、本当にそれだけで海健康が診断できるでしょうか？

海の元気さを診断する手法が「海健康診断」です。「海健康診断」は、海健康を「生態系の安定性」「物質循環の円滑さ」という2つの視点から、診断し、“予防”と“不健康の原因究明”に取り組むために考え出されました。

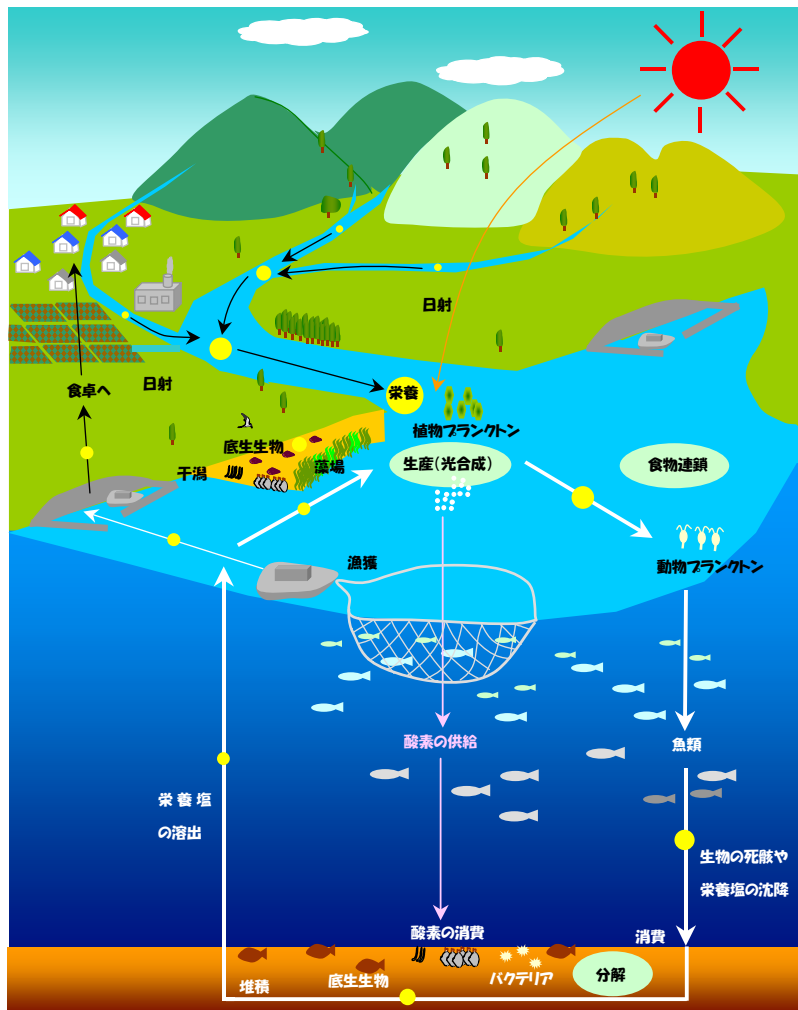


図 1.1 海における栄養の流れのイメージ

2. 健康な海とは

健康な海とは「多様で豊富な生物が生息していることによって、栄養が太く滑らかに循環する海」です。

沿岸の海は、干潟や藻場などの多様な地形があり、豊かな栄養から生物が生まれる貴重な場所です。水産を代表とする産業や交通・文化の拠点としても重要な場となっており、近年、人々の暮らしと密接に関わるその姿は「里海」とも呼ばれています。

沿岸の海で生まれる豊かな生物は海の生物資源の大部分を支えており、生物の食物連鎖によって、栄養は太く滑らかに海を循環します。沿岸の健康を大きく左右する要素として生物の存在は重要であり、「海の健康診断」では「生物が多様で多く生息している海」を健康な海と考えています。

これまで日本の海では、生物が減少する原因が富栄養化にあると考え、栄養を減らして水をきれいにすることに主眼をおいてきました。近年、陸域における排水処理によって、流入する栄養を減らす対策が進んでいますが、それで健康な海が戻ってきたでしょうか？海の特長や履歴がそれぞれ異なるように、その原因も違うはずです。

健康な海を取り戻すためにどうすればよいのか。栄養を制限する対策だけでなく、海の営みを総合的な視野でとらえたバランスの良い対策が必要です。

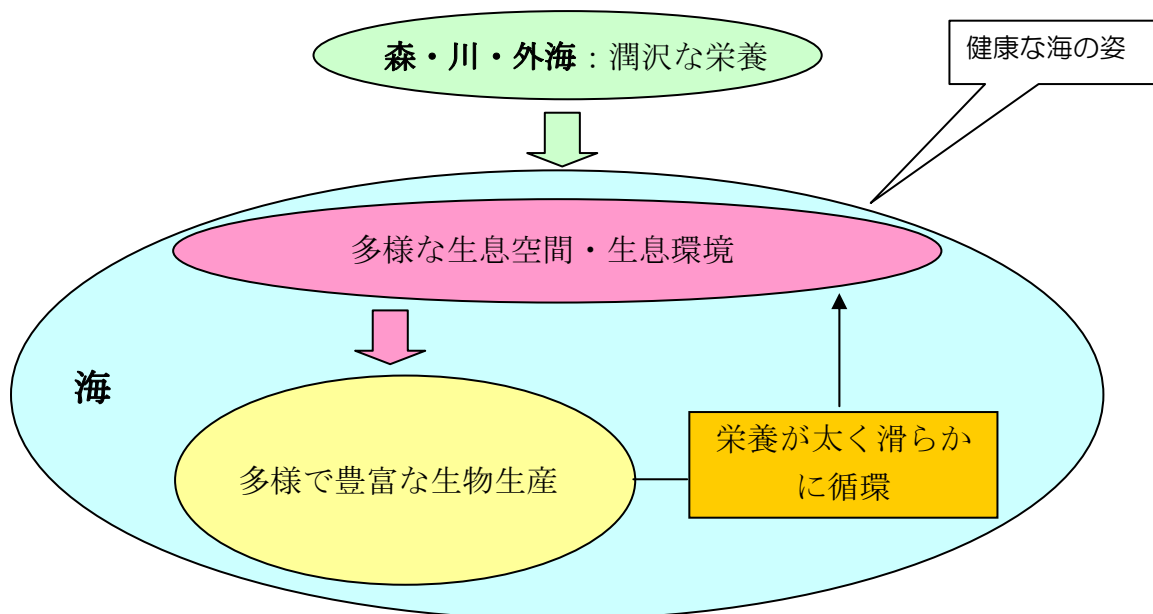


図 2.1 健康な海のイメージ

3. 大村湾の特性と価値

大村湾は、閉鎖的で浅場が少ない海ですが、静穏で豊かな生物生産力をもっており、長崎県の漁業の基礎を支える重要な役割を担っています。

3.1 閉鎖的な地形で水の出入りが少ない大村湾

大村湾は、湾の大きさに比べて湾口が非常に狭い「閉鎖性海域」であり、外海から切り離された湖のように静穏な海です（表 3.1）。

昔は盆地だったことから、お盆のような地形になっており、一度河川等から入ってきた水は外海へ出ていきにくい特性をもっています。

表 3.1 大村湾の基本諸元

項目		諸元
湾内	沿岸線長	360km
	面積	320km ²
	最大水深	54m
	平均水深	14.8m
	容積	約 4.9km ³
	閉鎖度指標	130 (参考) 12.89 (有明海及び島原湾)、1.78 (東京湾)
湾口	針尾瀬戸	幅 約 200m (水深約 40m)
	早岐瀬戸	幅 20m 水深約 2m 以下

出典) 長崎県資料

注) 閉鎖度指標とは…

「湾の水深や湾口幅、面積といった情報を用いて算出した数値であり、この数値が高いと、海水交換が悪く富栄養化のおそれがあることを示します。水質汚濁防止法では、この指標が 1 以上である海域等を排水規制対象としています。」

3.2 浅場が少ない大村湾

大村湾は、浅場（水深 5m 程度より浅い場所）が少ない海（図 3.1）であり、陸域から流入する栄養は浅場で十分に吸収されずに、水深の深い場所へ沈降しやすい海です。

一方で、浅場は、高い生物生産能力や稚魚等を成育する場所であり、現存している浅場は大村湾の中で貴重な空間です。

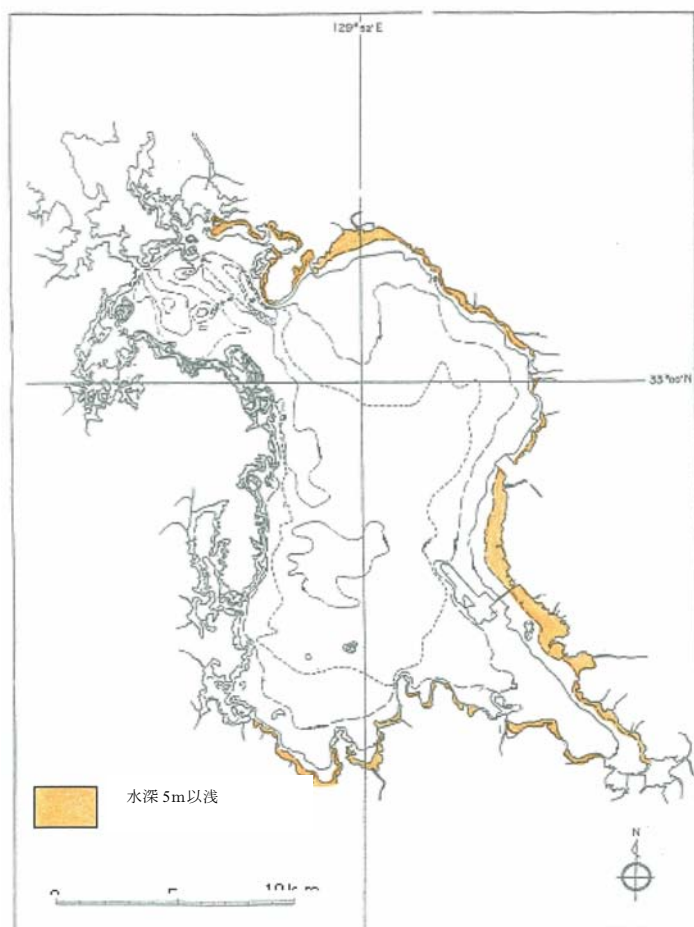


図 3.1 大村湾の水深

3.3 生物の生息・成育場として重要な大村湾

大村湾は、陸域から流入する栄養の総量は大きくないものの、閉鎖的な地形であるため、流入した栄養が長く湾内に留まりやすい海です。生物はその栄養を十分に取込んで成長することから、大村湾では、真珠養殖やナマコ等の漁業が盛んに行われてきました。さらに、このような条件は魚類等の生物の産卵・成育場として好適でもあり、大村湾は外海で漁獲される魚介類の産卵場としても機能しています。

3.4 漁業者を支える大村湾

長崎県は、変化に富んだ海岸線を持ち、多くの半島や岬、湾、入江が存在する海岸の総延長が非常に長い県（総延長 4,203km）です。周辺海域は対馬暖流などの水系や島嶼、天然の曾根に恵まれ、好漁場が多く（図 3.2）、水産業は長崎県の経済を支える重要な産業です。



出典) 長崎漁業協同組合連合会 HP (http://www.jf-et.ne.jp/nsgyoren/fish_map/index.html)

図 3.2 長崎県の海の幸マップ

一方、長崎県の漁業者は高齢化し、漁村の活力が低下しています。今後、漁業の活性化を図るためには、新たに漁業者を確保すると同時に、漁業者の減少を食い止めることが必要です。長崎県では、多様な海の環境を活かして、内湾から沖合まで多種多様な漁業が営まれています。特に大村湾は内湾の静穏域で高齢化した漁業者が漁業を継続できる場として、貴重な場所になっています。漁業を続けてもらうことは、長崎県の漁業を支えるだけでなく、大村湾から一定の栄養を定期的に取り出す役割を担っています。

4. 大村湾の健康を診断する

大村湾の一次検査及び再検査では、海底付近に貧酸素水塊が発生しやすい海であり、生物組成、生息空間、堆積・分解の3つについて不健康と診断されました。

また、精密検査の結果、主に自然の浅海域が減少したことによって、生物が減少し、漁業を通しての栄養の取出し量が減少し、湾内の栄養過多を助長する不健康のスパイラルに陥っていることがわかりました。

4.1 健康診断の流れ

「海健康診断」は、私達が職場等で受けている定期健康診断と同じように、「一次検査」と、一次検査で不健康の疑いがある場合に実施する精密検査にあたる「二次検査」から構成されています（図 4.1）。

「一次検査」は公共性の高い誰でもが入手可能な情報を用いて、簡便に評価できる手法を採用しています。一次検査において不健康の疑いがある海湾は二次検査に進みます。「二次検査」は、地元のデータを用いて海環境に精通している人が実施できる“専門性が求められる検査”です。二次検査は、一次診断の結果を検証する「再検査」と不健康の原因を究明する「精密検査」の二段階から構成されています。これらの検査結果から「二次診断」として不健康の程度（病状）とその原因を特定します。

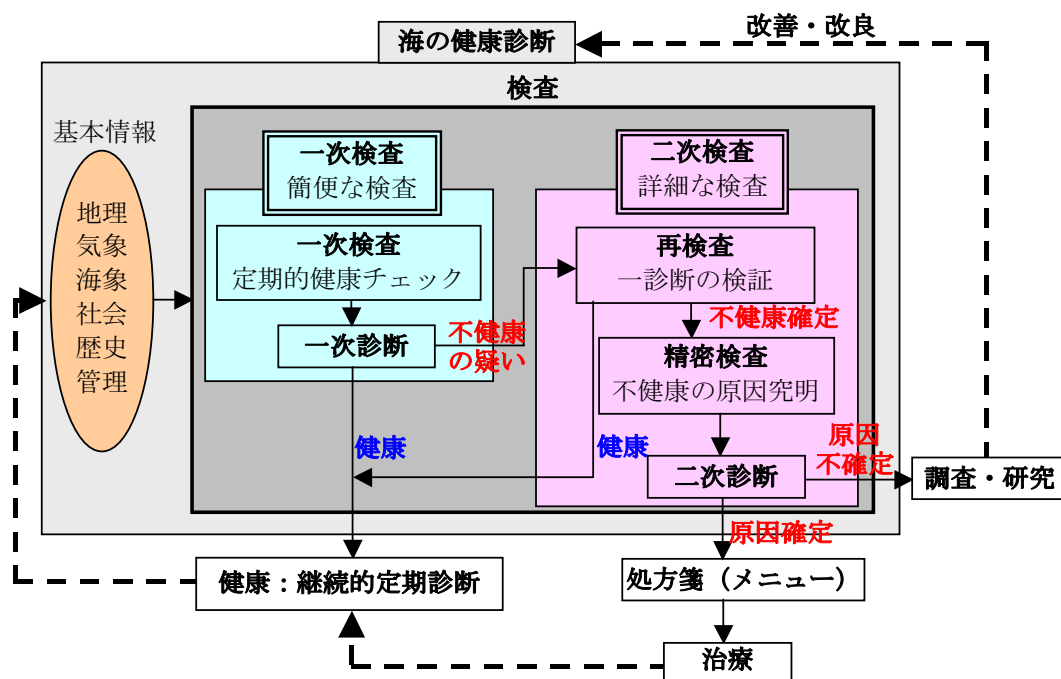


図 4.1 海健康診断の構成

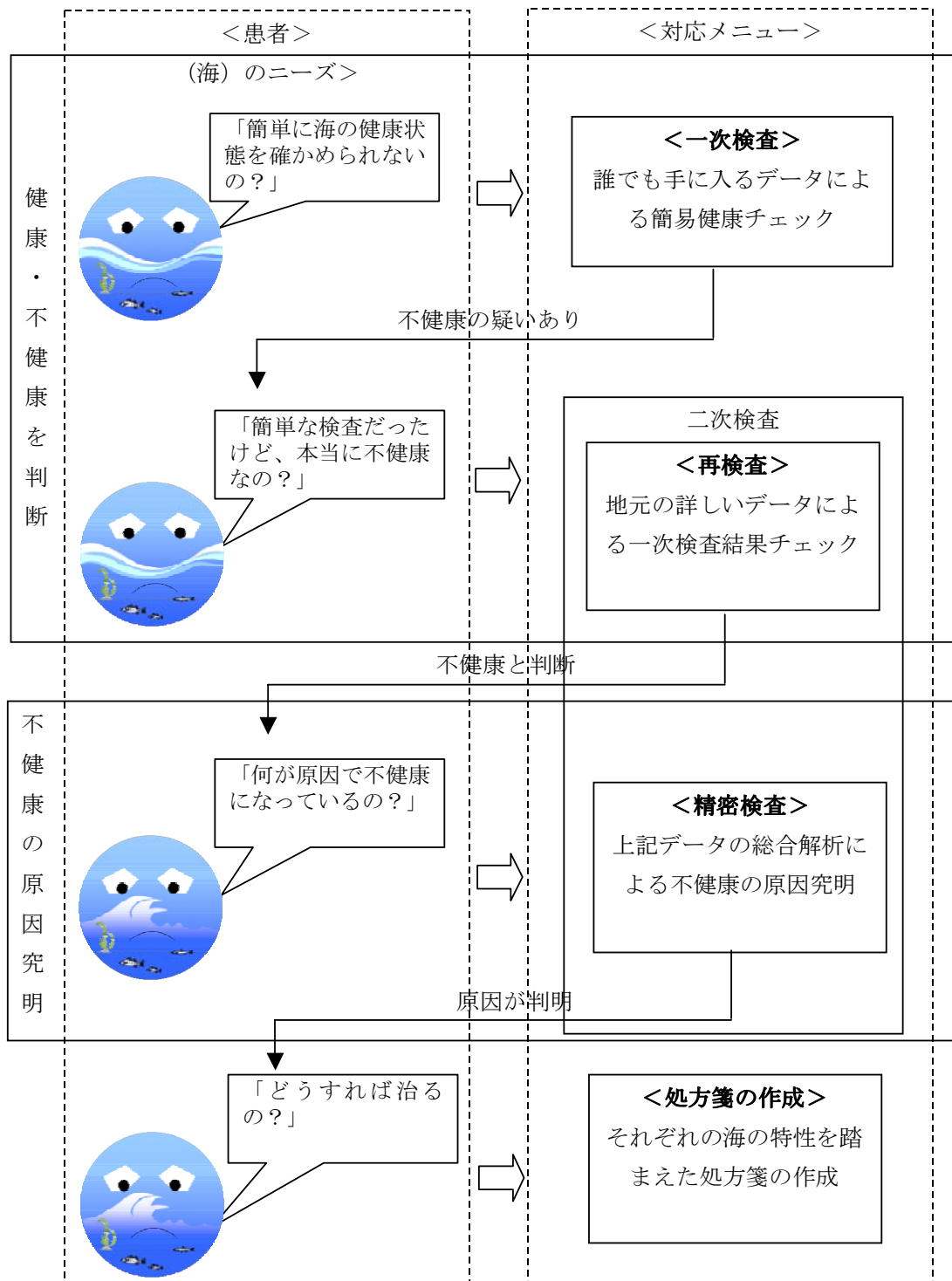


図 4.2 海の健康診断の検査の流れ

4.2 一次検査による診断結果

一次検査では、簡便な手法を用いて、健康・不健康を診断します。

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されています。

「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”に関する6つの検査、「物質循環の円滑さ」については、“基礎生産”、“負荷・海水交換”、“堆積・分解”及び“除去（漁獲）”に関する7つの検査を行います。

一次検査の検査方法と検査基準を表 4.1 に示します。

表 4.1(1) 一次検査の検査方法と検査基準（生態系の安定性）

視点	検査項目	必要な資料 及び 調査	検査内容			検査基準			
			前処理	スタンダード値	検査値	結果	良好(A)	要注意(B)	要精査(C)
生態系の安定性	生物組成	農林水産統計年報による魚種別漁獲量	最近20年間の最多漁獲量の分類群を抽出し、検査対象とする。	20年間の漁獲割合の平均をFRs、漁獲量の平均をFCsとする。	最近3年間の漁獲割合の平均をFR、漁獲量の平均をFCとする。	FR、FCを求める。 FR=FRt/FRs FC=FCt/FCs	0.8≤FR≤1.2 かつ FC<0.7または 1.3<FC	FR<0.8または 1.2<FR	
	海岸生物の出現状況	海岸における生物出現確認調査	-	各海湾の代表生物種類数をLCsとする。	代表生物のうち出現が確認された種類数をLCtとする。	LCを求める。 LC=LCt/LCs	LC=1	0.8≤LC<1	LC<0.8
生息空間	干潟・養鰯面積の変化	日本の干潟、養鰯、サンゴ礁の現況（環境庁）	-	-	1970年代以前と最新の干潟・養鰯面積を比較する。	-	干潟・養鰯面積は減少していない	干潟・養鰯面積のいずれかが減少している	干潟・養鰯面積がともに減少している
	人工海岸の割合	環境省自然環境保全基礎調査	-	-	最新の人工海岸の割合をAC(%)とする。	-	AC≤20	20<AC<50	50≤AC
生息環境	有害物質の測定値	公共用水域水質調査（健康項目データ）	最近20年間の健康項目測定値を検査対象とする。	各健康項目の環境基準値をPSSsとする。	各健康項目の測定値をPStとする。	PSを求める。 PS=PSt/PSSs	すべての健康項目で PS<0.8	1つの健康項目でも 0.8≤PSt<1	1つの健康項目でも 1≤PS
	貧酸素水の確認頻度	底層の溶存酸素量データ（公共用水域水質調査など）	-	最新の底層の溶存酸素量の調査地点数をCWsとする。	貧酸素水（4.3mg/L未満）が確認された調査地点数をCWtとする。	CWを求める。 CW=CWt/CWs	CW<0.1	0.1≤CW<0.5	0.5≤CW

表 4.1(2) 一次検査の検査方法と検査基準（物質循環の円滑さ）

視点	検査項目	必要な資料及び調査	検査内容			検査基準		
			前処理	スタンダード値	検査値	良好(A)	要注意(B)	要精査(C)
基礎生産	透明度の変化	公共用水域水質調査	最近20年間の透明度の平均値を検査対象とする。	20年間の平均をTPs(cm)とする。	最近3年間の平均をTPt(cm)とする。	$0.8 \leq TP \leq 1.2$ かつ TD ≤ 20	$0.8 \leq TP \leq 1.2$ かつ $20 \leq TD$	TP<0.8 または 1.2<TP
	赤潮の発生頻度	各地方自治体調査等による毎年の赤潮発生状況	—	—	最近20年間の赤潮の発生の有無をみる。	赤潮が発生していない	毎年ではないが赤潮が発生している	毎年赤潮が発生している
負荷・海水交換	負荷と滞留のバランス	負荷量、容積（海の基本図、海図、測量原図）、河川流量（流量年表、各県資料）、塩分（公共用水域水質調査、JODCデータ）	淡水滞留時間 τ (day) を求める。 $\tau = (S_0 - S_1) / S_0 Q$ S_0 : 湾外基準塩分 S_1 : 湾内平均塩分 Q : 河川流量 (m^3/day) 単体積当たり負荷量 Hx ($mg/day/m^3$) を求める。 $Hx = Px/V$ Px : 負荷量 (mg/day) V : COD、T-N、T-P の海産の体積 (m^3)	水質項目(Δ)ごとに以下のごとくとする。 COD 0.2mg/L T-N 0.2mg/L T-P 0.02mg/L	水質項目(Δ)ごとに負荷滞留濃度(LR)を求める。 $LR(\Delta) = \tau Hx$	COD、T-N、T-P ともに LR<スタンダード値の場合	COD、T-N、T-P のいずれかがスタンダード値 \leq LRxの場合	COD、T-N、T-P ともにスタンダード値 \leq LRxの場合
	潮位振幅の変化	実測潮位データ	最近30年間の期望平均潮位と期望平均干潮位の差を求め、その線形回帰より傾きを求める。	0.05(m)	30年間の変化量 AT (m) を求める。 $AT = 30(\text{年}) \times \text{傾き}$	AT<0.05 かつ 最近3年間減少傾向にない	AT<0.05 かつ 最近3年間減少傾向	0.05 \leq AT
堆積・分解	底質環境	各地方自治体調査等による底質調査結果	—	—	最新の硫化物量の最大値をSD (mg/g) とする。	SD<0.2	$0.2 \leq SD < 1$	$1 \leq SD$
	無酸素水の出現状況	底層の溶存酸素量データ（公共用水域水質調査結果など）	—	—	最新の溶存酸素量の最低値をAW (mg/L) とする。	$2.9 \leq AW$	$0.5 \leq AW < 2.9$	AW<0.5
除去（漁獲）	底生魚類の漁獲量	農林水産統計年報による魚種別漁獲量	最近20年間の底生魚介類（底生及び底生生物）の漁獲量を検査対象とする。	20年間の漁獲量平均をFBs とする。	最近3年間の漁獲量平均をFBt とする。	0.7FB かつ 最近3年間増加もしくは横ばい傾向	0.7FB かつ 最近3年間減少傾向	FB \leq 0.7
			—	—	—	—	—	—

大村湾は、一次検査では生物組成、生息空間、堆積・分解の3つについてC判定（要再検査）と診断され、再検査が必要となりました。



図 4.3 全国海の健康診断 一次検査結果 (H20) (大村湾)

4.3 再検査による診断結果

1) 再検査の結果

一次検査は、できる限り簡便な方法で「不健康の疑い」を見つけ出す検査であり、少しでも不健康の疑いのある場合は詳細な検査（二次検査）を受診してもらう仕組みにしています。

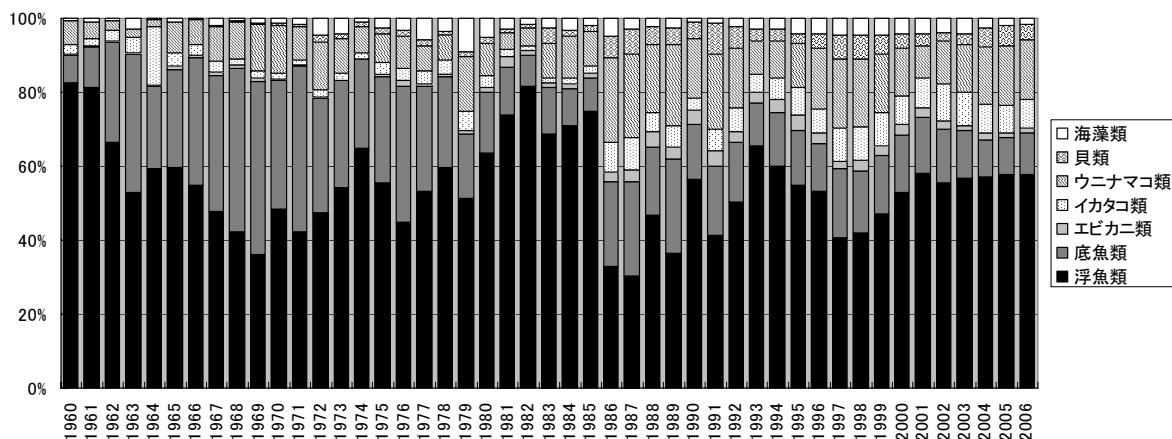
地元のより詳しいデータを用いて、不健康を検証するのが「再検査」です。再検査は、一次検査でC判定となった項目を対象に行います。

大村湾の一次検査では、生物組成、生息空間、堆積・分解においてC判定が出ていますので、それらを対象に再検査を行いました。

ア) 「生物組成」の再検査結果

長期的な生物組成の変化を知るための情報として、漁獲量があります。

1960年から2006年までの漁獲物の分類群別組成の変遷をみると、1970年代頃までに大きな割合を占めていた底魚類（ヒラメ・カレイ類など）の減少などによって、生物の組成が変化していることがわかります(図 4.4、参考資料)。



出典) 長崎県農林水産統計資料より作成

図 4.4 過去 50 年程度の分類群別漁獲量の変遷

また、魚種別に漁獲量の変遷を調べ、変動パターンを整理した結果、以下の3つのグループがあることがわかりました(図 4.5)。

グループ1は1960年代前半頃に漁獲量がピークを迎え、1960年代後半から1970年代にかけて減少したヒラメ・カレイ類やマダイなどです。大村湾の食物連鎖の中では上位にあたる種類が多いです。

グループ2は1960年代後半から1970年代前半に漁獲量がピークを迎え、1970年代後半に減少したカタクチイワシやナマコ類などのグループです。カタクチイワシのように動物プランクトンを主に食べる種類やナマコ類のような海底の栄養を食べる種類が含まれています。

グループ3は1980年代後半に漁獲量がピークを迎え、その後減少したアサリやガザミのグループです。植物プランクトンを主に食するアサリに象徴されます。

- グループ1 ピーク：1960 前半、減少期：1960 後半～1970（底生高次肉食魚）
 サメ類、ヒラメ・カレイ類、ニベ・グチ類、エソ類、ハモ、タチウオ、エイ類、マダイ、チダイ・キダイ
- グループ2 増加期：1960 後半、ピーク：1970 前半、減少期：1970 後半
 カタクチイワシ、クロダイ・ヘダイ、ボラ類、ナマコ類
- グループ3 増加期：1970～1980 前半、ピーク：1980 後半、減少期：1990
 アサリ、ガザミ

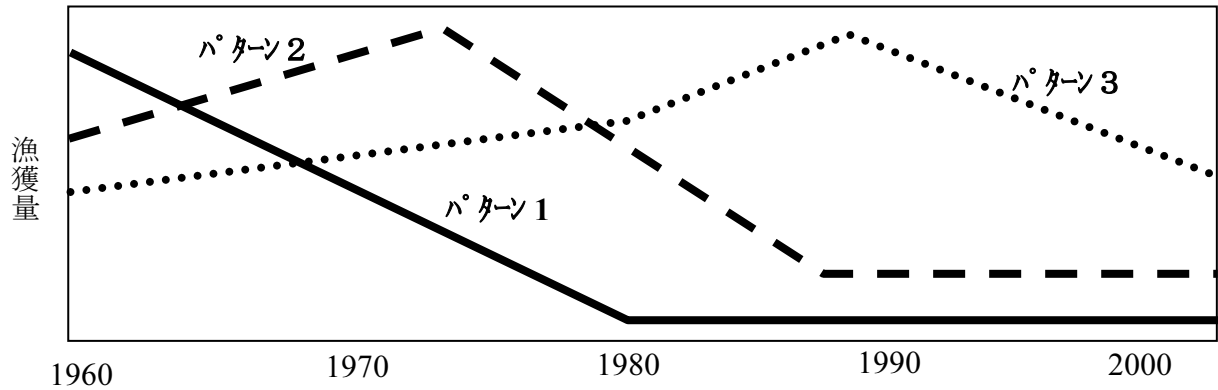


図 4.5 魚種毎漁獲量の変動パターン

このように、長期間で見ると、生態系の上位の魚介類から下位の魚介類まで次々と年代の順に減少している傾向がみられ、生物組成が大きく変化していることがうかがわれます。

一次検査のC判定は妥当な結果と考えられます。

イ) 「生息空間」の再検査結果

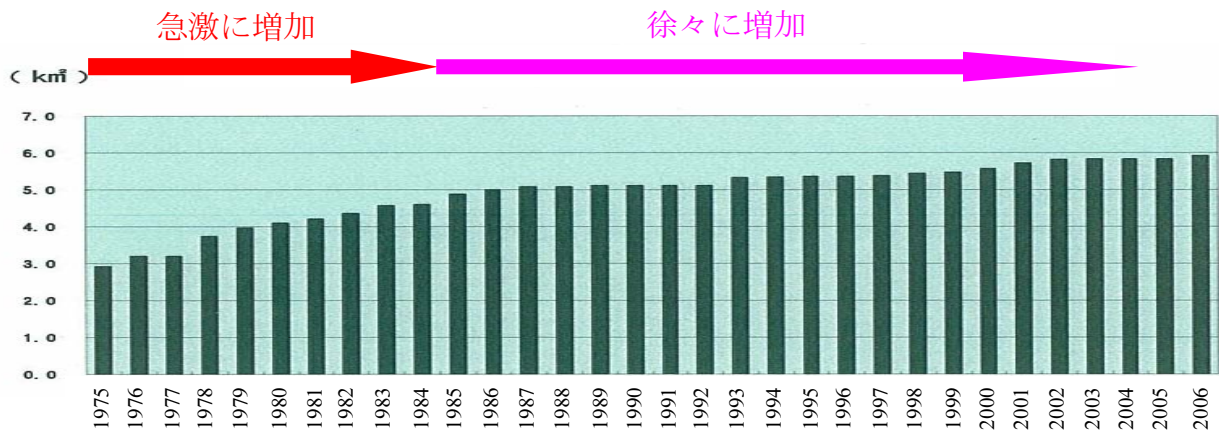
大村湾における干潟・藻場の減少が、人間の活動と関連した変化なのか、また、大村湾の健康を大きく左右する程度のものなのかについて検証しました。

大村湾の埋立は 1970 年代中頃から現在にかけて徐々に行われ、現状までに約 6km² の沿岸部が埋め立てられています (図 4.6)。また、沿岸では港の整備などによって、自然の海岸線が失われ、現在までに沿岸の約 50% が人工海岸に変化しました。

本来、浅場が少ない大村湾では、埋め立てられた約 600ha は湾全体の面積に対して約 2% と非常に小さい面積ですが、水深 5m 以浅の浅い場所に限ってみると、約 25% という大きな割合になります (表 4.2)。

浅場は、太陽の光が海底まで届く生物生産性の高い場であり、大村湾の代表的な漁獲生物であるナマコ類の生息域であるだけでなく、稚魚などの成育場としても重要な役割を担っています。大村湾には様々な魚介類が生息しており、これらの子供が成育する場として、限られた浅場に存在する干潟や藻場といった生息空間は貴重な存在になっているものと考えられます。

以上のことから、大村湾における生息空間、特に浅場の減少が健康に与えた影響は小さくないと考えられ、一次検査の C 判定は妥当な結果と考えられます。



出典) 第2期大村湾環境保全・活性化行動計画(平成21年3月)を改変

図 4.6 大村湾沿岸部における累計埋立面積の変遷

表 4.2 大村湾における海岸線の性状や埋め立ての状況

項目	距離及び面積	割合
人工海岸の延長距離	約 130km	約 50%
埋め立て面積	約 600ha	約 25% (5m 以浅) 2% (全水深)

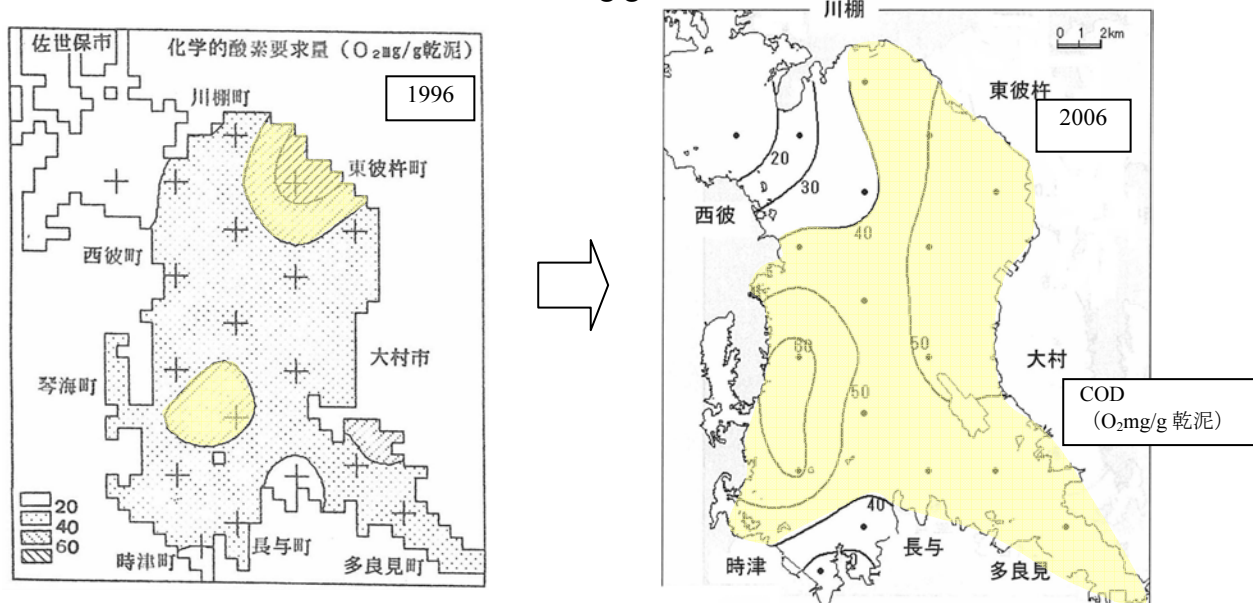
注) 人工海岸の延長距離及び埋め立て面積は、まだ開発がほとんど行われていなかった 1965 年頃(昭和 40 年頃)と近年の状況の代表である 1998 年頃(平成 10 年頃)とを比較して算出した。算出に用いた図は山口委員からご提供を頂いた。

ウ) 「堆積・分解」の再検査結果

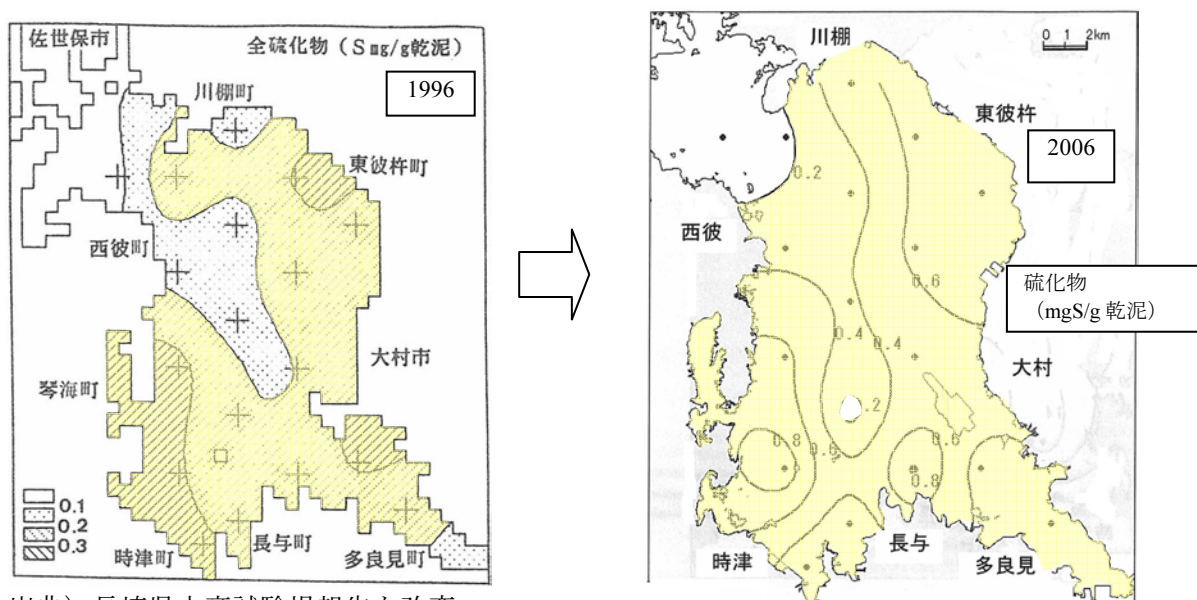
大村湾の海底の底質の状態について、1996年と2006年を比較すると、有機物や硫化物が高い範囲が湾全体へ広がっていることがわかります(図4.7)。

一次検査では、湾内の数点での底質調査結果の評価でしたが、このように湾全体での傾向をみても、C判定は妥当な結果と考えられます。

<COD> (黄色の網掛け部分はCOD40mg/g以上の部分)



<全硫化物> (黄色の網掛け部分は全硫化物0.2mg/g以上の部分)



出典) 長崎県水産試験場報告を改変

図4.7 底質中のCOD及び硫化物の変遷

2) 再検査における所見

再検査の結果、一次検査において C 判定となった検査項目はすべて C 判定となりました。各検査結果の概要は以下のとおりです。

生物組成

過去 50 年程度の漁獲量の変遷をもとに検査した結果、全体の漁獲量における底魚類の割合が減少していることがわかりました。また、魚種別に経年的な漁獲量の変化をみると、生態系の上位から下位の魚介類まで順次減少していることがわかりました。

生物組成は、過去 50 年程度の長い期間でみて、大きく変化していることがわかりました。

生息空間

過去 50 年程度の埋立面積の変遷をもとに検査した結果、大村湾の埋立は 1970 年代中頃から現在にかけて徐々に行われ、その面積約 6km² は水深 5m 以浅の浅場の面積の約 25% にあたる大きなものでした。また、沿岸の約 50% が人工海岸に変化しました。

大村湾には浅海域に存在する浅場がもともと少なく貴重な存在であることから、このような貴重な生息空間が人間の活動によって減少していることの影響は大きいと考えられます。

堆積・分解

大村湾全体の底質の状況を検査した結果、分解されない栄養分が海底に堆積している状態が継続していることがわかりました。

以上の再検査の結果から、大村湾が不健康な状態であることが確認されたので、その原因を検討する精密検査を実施することとします。

「堆積・分解」と「生物組成」の C 判定をつなぐ要因として、貧酸素水塊の影響が疑われます。また、「生物組成」や「生息空間」の再検査では、1970 年代から 1980 年代初めに大村湾の環境が大きく変化したことが推測されました。

このことから、次の 2 点について精密検査が必要であると考えられます。

- ① 貧酸素水塊の状況をより詳しく調べること
- ② 過去 20 年程度の資料で検討してきた一次検査に加えて 50 年程度まで遡りながら年代的な変化の状況を検証すること

4.4 精密検査による診断結果

精密検査は、再検査において確認された不健康の原因を究明するための検査です。

具体的には、再検査の所見にもあるとおり、大村湾の環境情報を過去にさかのぼって詳しく調べた上で、海域の健康状態（症状）とそれを左右する様々な要因（原因）を重ね合わせて、その関係を解析することとしました。（図 4.8）

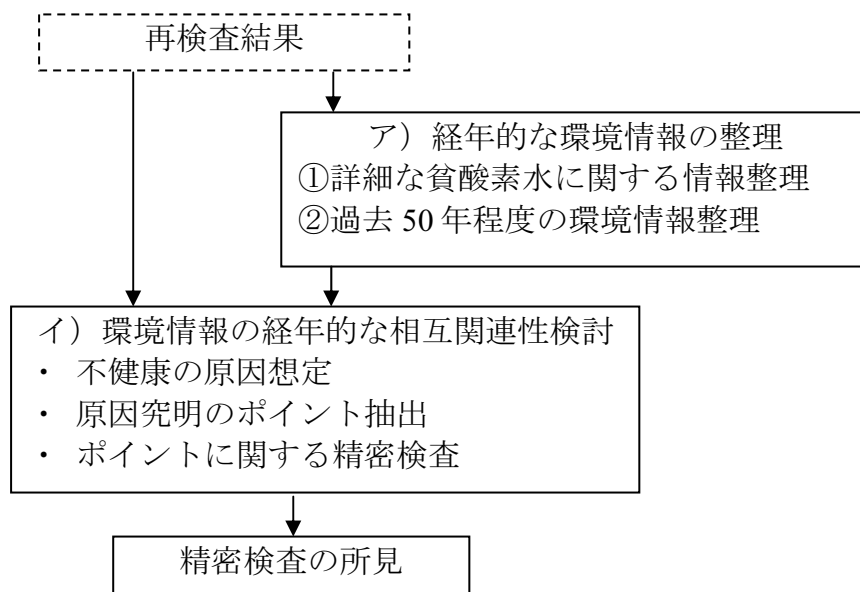


図 4.8 精密検査の流れ

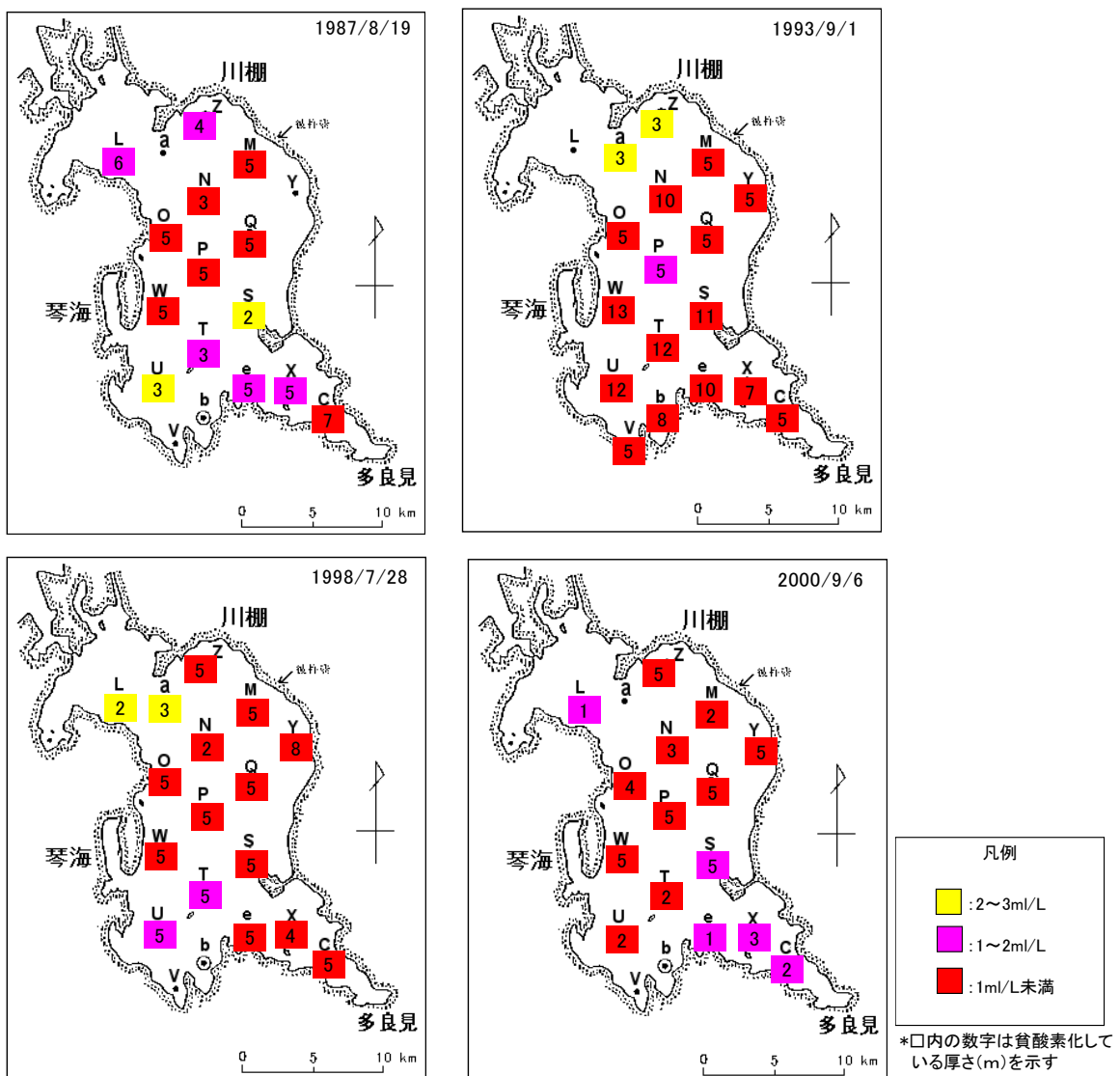
1) 経年的な環境情報の整理

再検査での所見を受けて、大村湾の環境情報を過去にさかのぼって詳しく調べてみました。

① 毎年貧酸素水が発生している

現在、日本全国の多くの内湾では海底の酸素が不足する現象（貧酸素化）によって生物が大量死するという問題が起きています。

大村湾でも、ほぼ毎年、7月から9月上旬にかけて湾の中央部を中心に貧酸素水（3mL/L未満）が発生しており、無酸素水（1mL/L未満）も出現しています（図 4.9）。



出典) 長崎県総合水産試験場調査
注) 詳細については参考資料参照

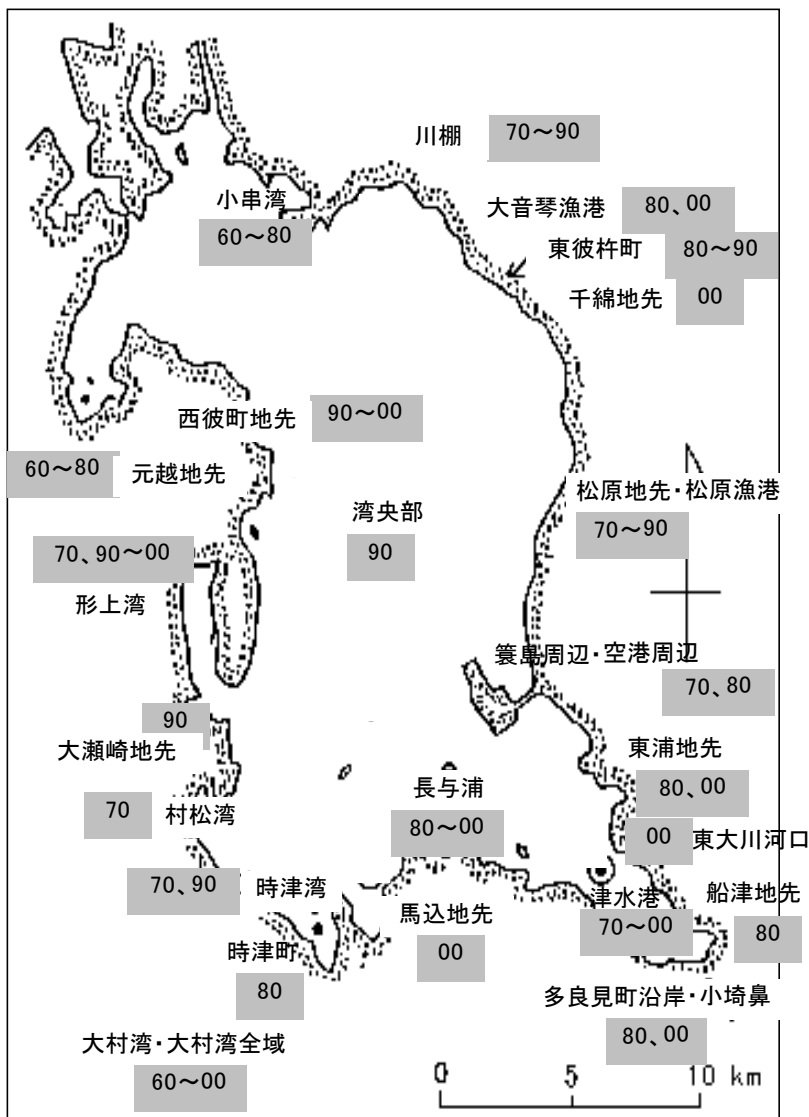
図 4.9 大村湾における貧酸素水の発生傾向

② 赤潮は大正時代から発生している

かつて公害や富栄養化が問題となった時代から、赤潮は、海が不健康になったことの象徴と考えられてきました。しかし、赤潮を発生させる植物プランクトンは生態系全体を支える重要な基礎でもあります。

大村湾ではいつから赤潮が発生しているのでしょうか？

古い時代の大村湾における赤潮の発生状況については、長崎県総合水産試験場による報告があります。この報告を整理すると、大村湾では、古くは 1917 年から赤潮が発生した記録があり、その後 1960 年代以降もその発生状況に大きな変化はみられていません。



出典) 長崎県総合水産試験場資料より作成

(■の数字は発生した年代を示す。)

図 4.10 赤潮の発生場所及び年代

表 4.3 大村湾における赤潮の発生記録

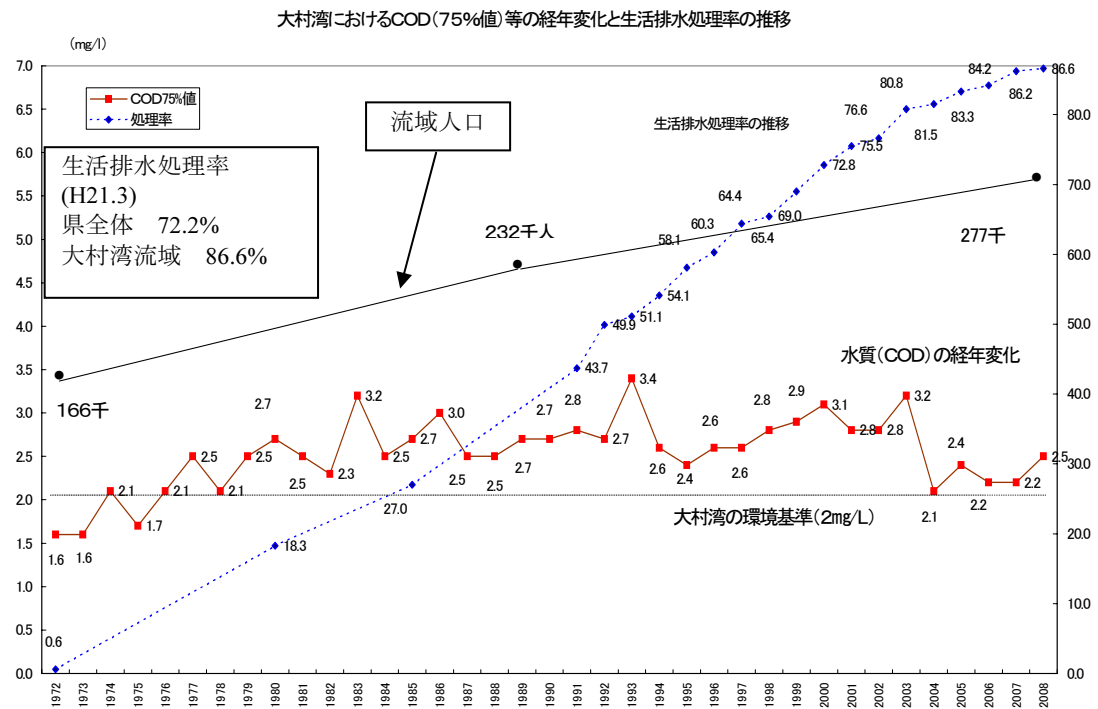
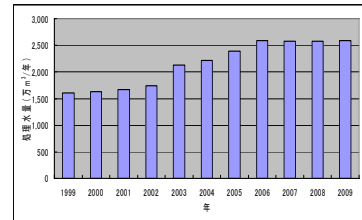
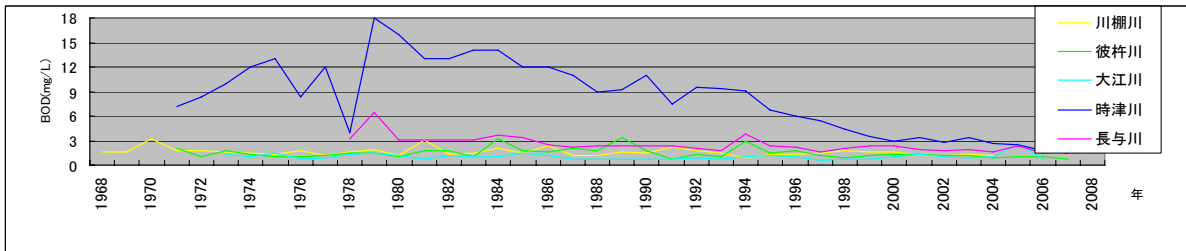
西暦	和暦	日付	確認場所	優占種
1917	T6	1~2/	大村湾	Dinophysis
1947	S22	8/	大村湾	Gymnodinium simplex, Dictyocha fibula
1949	S24	1/	大村湾	Rhizosolenia styliformis
1952	S27	8/25~28	小串湾	Ceratium fricos, Copepoda
1955	S30		小串湾	Rhizosolenia sp, Thalassionema sp, Ceratium fusus
1962	S37	9/21~10/11	大村湾	Goniulax sp
1965	S40	8/28~9/15	大村湾	Gymnodinium sp
1967	S42	8~9/	大村湾	Gymnodinium sp, Dictyocha fibula
1968	S43	9下	大村湾	Gymnodinium sp
1973	S48	8/8~9/27	津水湾	Gymnodinium sp, Ceratium furca, Exuviaella sp, Dictyocha fibula
1974	S49	6/5~20	津水湾	Olisthodiscus sp
		8/25~9/2	川棚	Gymnodinium sp
1975	S50	9中	形上湾、時津湾	Ceratium furca, Ceratium sp, Dictyocha sp
1976	S51	9/16~27	全域	Gymnodinium sp
		10/23~11上	津水湾	Prorocentrum sp
		10/22~27	村松湾	Prorocentrum sp
1977	S52	6/29	鏡島周辺	Gymnodinium sp
		6/30~7/1	小串湾	Gymnodinium sp
		7/2~4	村松湾	Gymnodinium sp
		10/11~16	時津湾	Olisthodiscus sp
1978	S53	8/11~23	大村湾全域	Gymnodinium sp
		9/11~12	村松湾	Cheatocecos spp
		10/30~11/7	時津湾	Olisthodiscus sp
1979	S54	8/17~19	時津湾	Gymnodinium sp
		8/29~9/3	松原地先等	Gymnodinium sp
		9/4~6	小串湾	不明
1980	S55	8/27	小串湾	Gymnodinium spp
		8/28~31	津水湾	Gymnodinium spp
		9/2~13	鏡島周辺	Gymnodinium spp
		10/10~13, 16~24	長与浦、津水湾	Gymnodinium nelsonii
1981	S56	8/10	大音琴地先	Gymnodinium spp
		8/13~17	空港周辺	Gymnodinium sp
		8/22~24	川棚地先	Cheatocecos spp
		9/1~6	津水湾	Thalassiosira sp
		10/9~13	東浦地先	Prorocentrum sigmoides
		10/14~15	時津町	Prorocentrum sigmoides
		11/24~12/17	時津町	Prorocentrum sp
1982	S57	8/13~17	小串湾	Ceratium sp
		9/14~17	小崎鼻	Mesodinium rubrum
		9/20~21	東彼杵町地先	Prorocentrum sp
		9/27~29	松原地先等	Prorocentrum sigmoides
1983	S58	8/15~19	大音琴漁港	不明
1984	S59	6/11	船津地先	Tetraselmis sp
		6/26~29	川棚町深浦	Rhizosolenia sp, Cheatocecos spp
		10/1~4	東彼杵町地先	不明
1985	S60	10/1~11/13	松原地先等	Prorocentrum sigmoides
		12/7	長与浦	不明
1986	S61	9/2~24	津水湾周辺	Gymnodinium nagasakiense
		9/16~25	川棚漁港	Skeletonema costatum
		9/24	川棚町深浦	Prorocentrum sp
1988	S63	7/2~15	東彼杵町地先	Noctiluca miliaris
1989	H1	11/1~8	松原漁港	Prorocentrum sigmoides
		11/10~12/2	津水湾	Prorocentrum sigmoides
1990	H2	6/25~30	形上湾	Leptocyrrindus sp
		9/17~10/3	大村湾東海岸一帯	Prorocentrum sigmoides
1991	H3	9/7~9	大村湾	不明
1992	H4	8/27~31	津水湾	Cheatocecos spp
1993	H5	8/5~16	南東部	Cheatocecos spp, Rhizosolenia spp
		12/7~28	大村湾	Prorocentrum sigmoides
1994	H6	8/4~5	川棚漁港	Prorocentrum sp
		9/13~15	松原地先	Prorocentrum sigmoides
		10/1~11/13	大村湾全域	Prorocentrum sigmoides
1995	H7	6/26~30	満中部	Noctiluca scintillans
		9/3~19	形上湾、時津湾	Heterocapsa circularisquama
1996	H8	9/19~26	松原地先	Gymnodinium mikimotoi
		12/24~25	松原漁港	Noctiluca scintillans
1997	H9	8/14~18	大瀬崎地先	Gymnodinium mikimotoi
1998	H10	5/15~18	長与浦	Gymnodinium spp
		7/2~9	大村湾	Cheatocecos spp
		7/23~27	西彼町地先	Gymnodinium sanguineum
		9/8~9	松原地先	Prorocentrum sigmoides
1999	H11	7/27~30	形上湾	Gymnodinium mikimotoi
		8/10~17	西彼町地先	Cochlodinium polykrikoides
		8/10~19	東彼杵町地先	Gymnodinium mikimotoi
		8/20~24	形上湾	Gymnodinium sanguineum, Dictyocha fibula
		9/13~10/16	形上湾	Heterocapsa circularisquama
		11/15~27	元越地先	Prorocentrum sigmoides
2000	H12	11/8~9	東浦地先	Prorocentrum sigmoides
		11/9~12/6	形上湾、長与浦	珪藻類
		6/12~8/16	千瀬地先	Gymnodinium mikimotoi
		9/23~10/6	形上湾	Prorocentrum sigmoides
2001	H13	10/1~2	形上湾	Prorocentrum sigmoides
2002	H14	10/9~11/8	長与浦	Prorocentrum sigmoides
2003	H15	6/23~7/17	大村湾全域	Heterosigma akashiwo, Chattonella globosa, Chattonella antiqua
2004	H16	7/5~12	西彼町地先	Gymnodinium mikimotoi
		7/8~12	形上湾	Gymnodinium mikimotoi
		10/22~11/6	形上湾	Prorocentrum sigmoides
2005	H17	8/1	形上湾	Fibrocapsa japonica
		10/3	形上湾	Prorocentrum sigmoides
		10/6	馬込地先	Prorocentrum sigmoides
2006	H18	2/24	東大川河口	微細藻類(クリプト藻類等)
		5/16	形上湾、音琴漁港	Heterosigma akashiwo
		10/26	多良見町沿岸	Prorocentrum sigmoides
2007	H19	9/16~18	津水湾	Prorocentrum sigmoides
		10/3~5	形上湾	Prorocentrum sigmoides

資料提供) 長崎県総合水産試験場調査 (有害赤潮プランクトン等監視調査)

③ 河川からの栄養は現在過剰ではない

大村湾に流入する河川からの栄養負荷はどのように変化しているのでしょうか？

大村湾の流入河川では、1970～1980年にかけて南部の時津川でBODが増加しましたが、その後、排水処理等によって減少しています。(図 4.11)



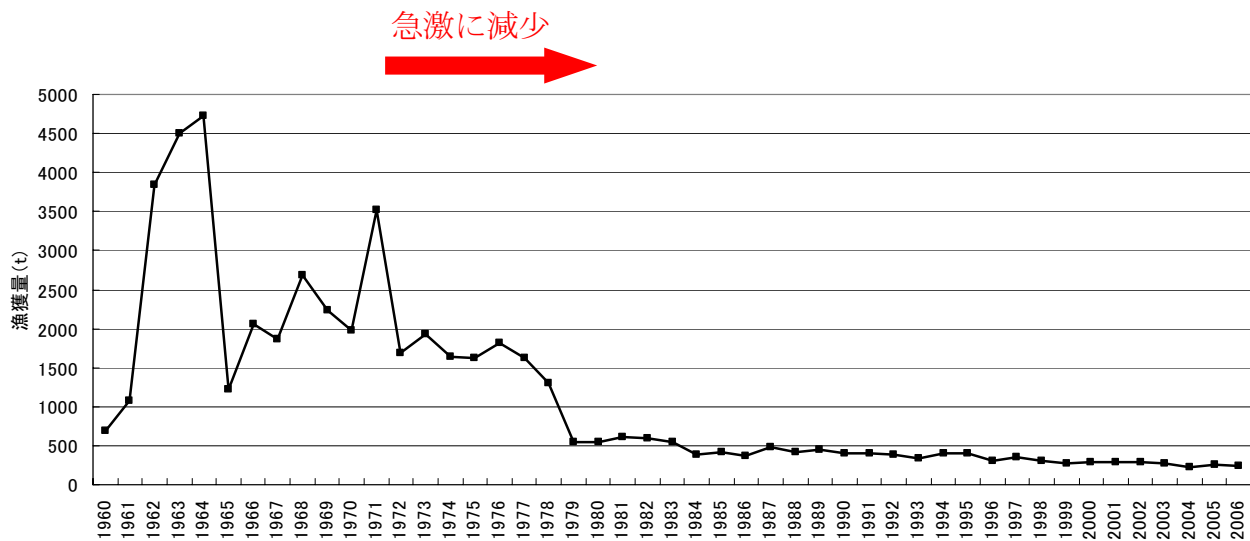
出典) 長崎県公共用水域水質調査結果

図 4.11 大村湾流域の河川 BOD の変遷 (上) 及び沿岸における下水道処理水量 (中) COD 及び生活排水処理率の推移 (下)

④ 漁業による栄養取り出しが減少している

大村湾の環境への依存性が高いと考えられる底生魚介類（海底付近で生活している魚介類）の漁獲量の変遷を調べました。

底生魚介類の漁獲量は、1960年代後半から1970年代に急激に減少し、1980年代以降は漁獲量が少ない状況が継続しています（図 4.12）。



出典) 長崎県農林水産統計資料より作成

図 4.12 底生魚介類の漁獲量の変遷

2) 環境情報の経年変化の相互関連性の検討

次に、不健康の原因を特定するため、経年的な各環境情報の関連性を検討しました(図 4.13)。環境情報は、人為的なインパクト、海中の栄養状態、貧酸素水の状態、生物の状態という4つのカテゴリーに分けて表現しました。

沿岸の人工化・埋立が1960年代より継続的に行われた時期に、ヒラメ・カレイ類など高次の魚介類の減少がみられ、陸域からの負荷量が減少し始めた1980年代以降、カタクチイワシやナマコ類など代表的な漁獲生物の減少がみられることがわかりました。

また、このように大村湾の生態系に不健全な変化が起きている時代の水質環境基準(COD)の達成状況をみると、2000年代に入りやや改善傾向がみられるものの、1970年代後半から未達成の状態が続いています。

以上から、生物の減少要因として、次の3つが考えられました。

- ① 沿岸の人工化や埋立が生物の生息域や成育場所を減少させたこと
- ② かつて大量に流入した負荷が蓄積し、貧酸素水を発生させ、生物の生息域を減少させたこと
- ③ ①の影響等により、漁業等による栄養の取り出し作用が弱まり、②の現象と相まって、生物の生息域を減少させたこと

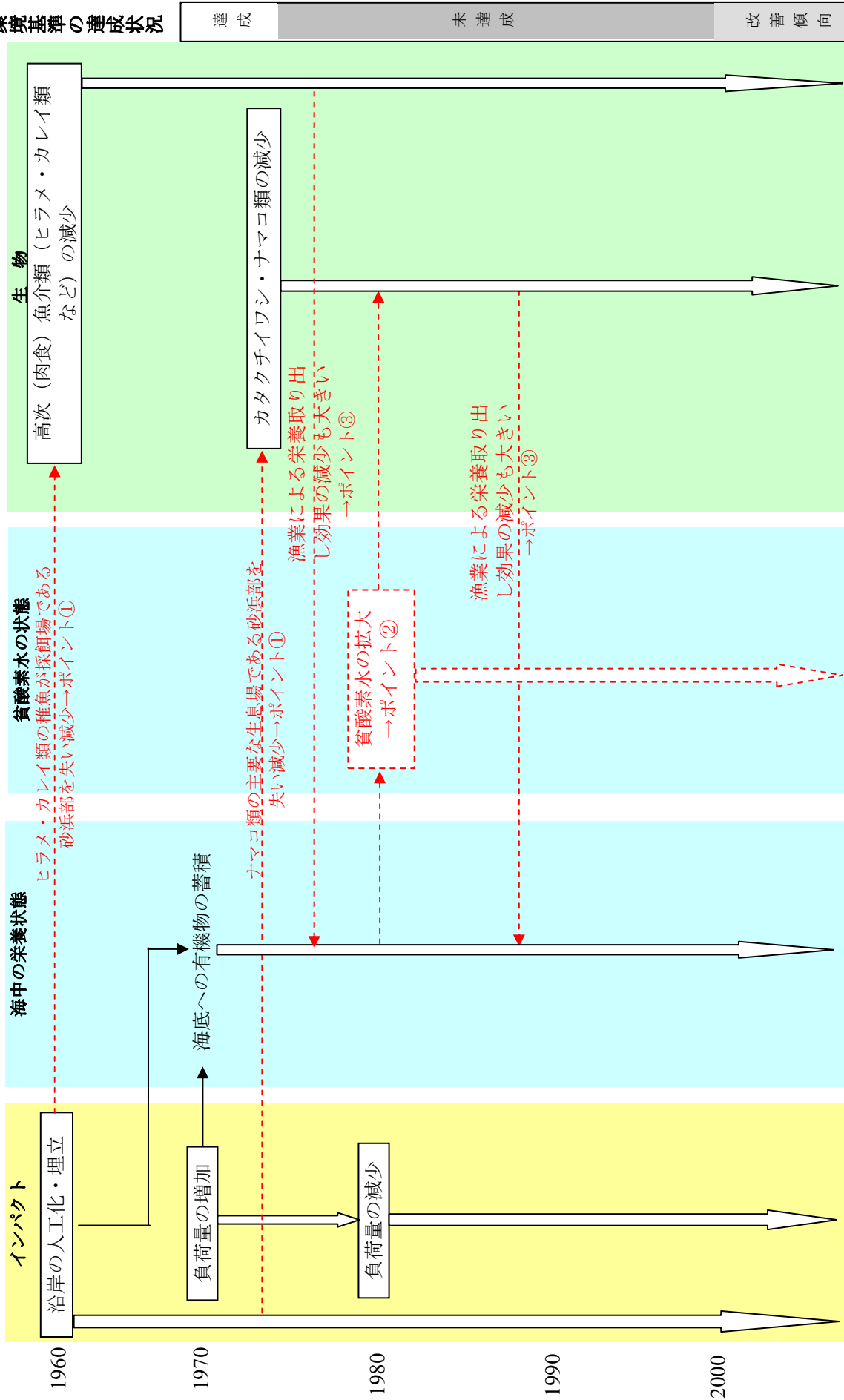
そこで、これらの原因を詳細に究明するために、次の3つのポイントについて精密検査を行うこととしました。

ポイント① 沿岸の人工化や埋立はどのように生物量に影響するのか

ポイント② 貧酸素水は負荷の増加によって発生したのか

ポイント③ 漁業による栄養の取り出しはどの程度減少したのか

環境基準の達成状況



赤字部分は精密検査による検証が必要な部分、太矢印は継続していることを示す

図 4.13 不健康の原因及び症状の履歴

ポイント① 沿岸の人工化や埋立はどのように生物量に影響するのか

大村湾におけるナマコの漁獲量と沿岸の埋立面積の変遷を図 4.14、沿岸の開発・埋立場所とナマコの主漁場の範囲を図 4.15 に示します。

沿岸の埋立は 1970 年代以降盛んに行われ、その 1970 年代はナマコ類の漁獲量が急に減少した時期と一致しています。

また、埋立や開発が行われた場所はナマコ類の生息域であり、ナマコの主な漁場である浅場です。1940 年代には、貧酸素水を避けて蛸集してきた生物を漁業によって集中的に捕らえられたという記録もあることから、ナマコのように通常水深の浅い場所に生息している生物以外の種にとっても、埋立や開発が行われた沿岸の浅い場所は、夏季に貧酸素水から避難する場として重要と考えられます。

大村湾のように元々水深の浅い場所が少ない湾では、そのような場を好むナマコや貧酸素水から避難する生物にとって、水深が浅い場所は非常に貴重な存在であると考えられます。その貴重な場所が集中的に開発・埋立されてきたことは、生物を減少させた原因の 1 つと考えられます。

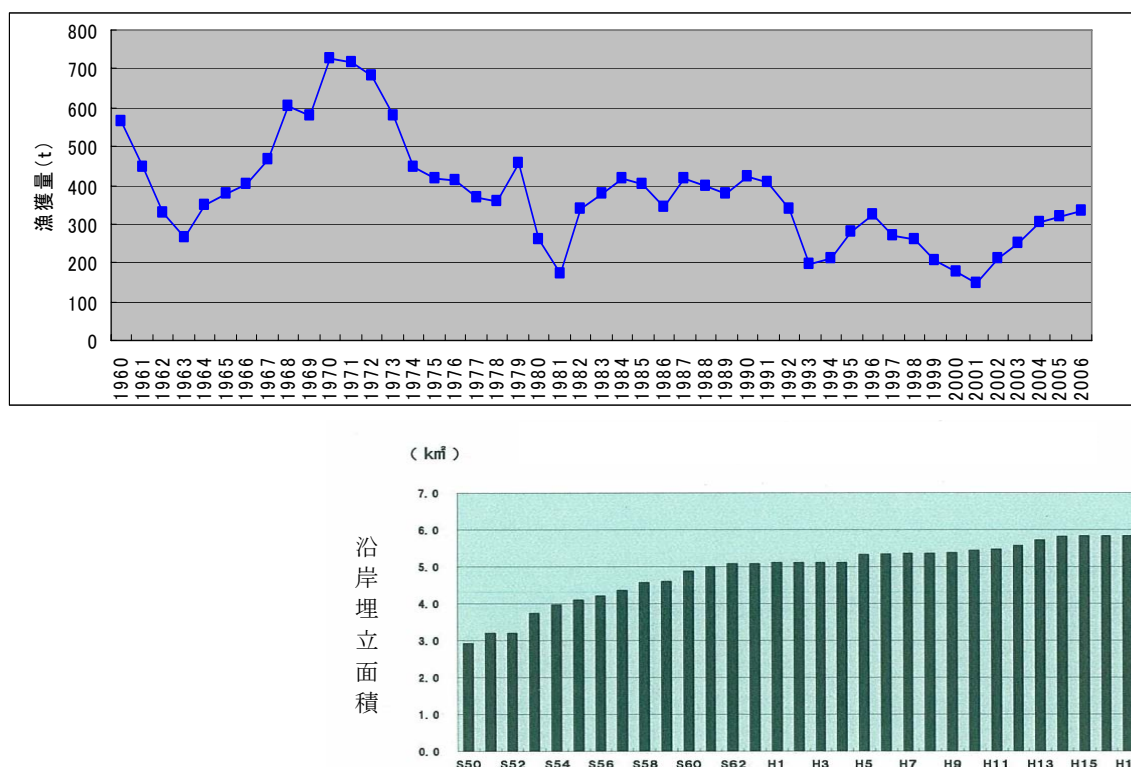


図 4.14 ナマコの漁獲量と沿岸埋立面積の推移

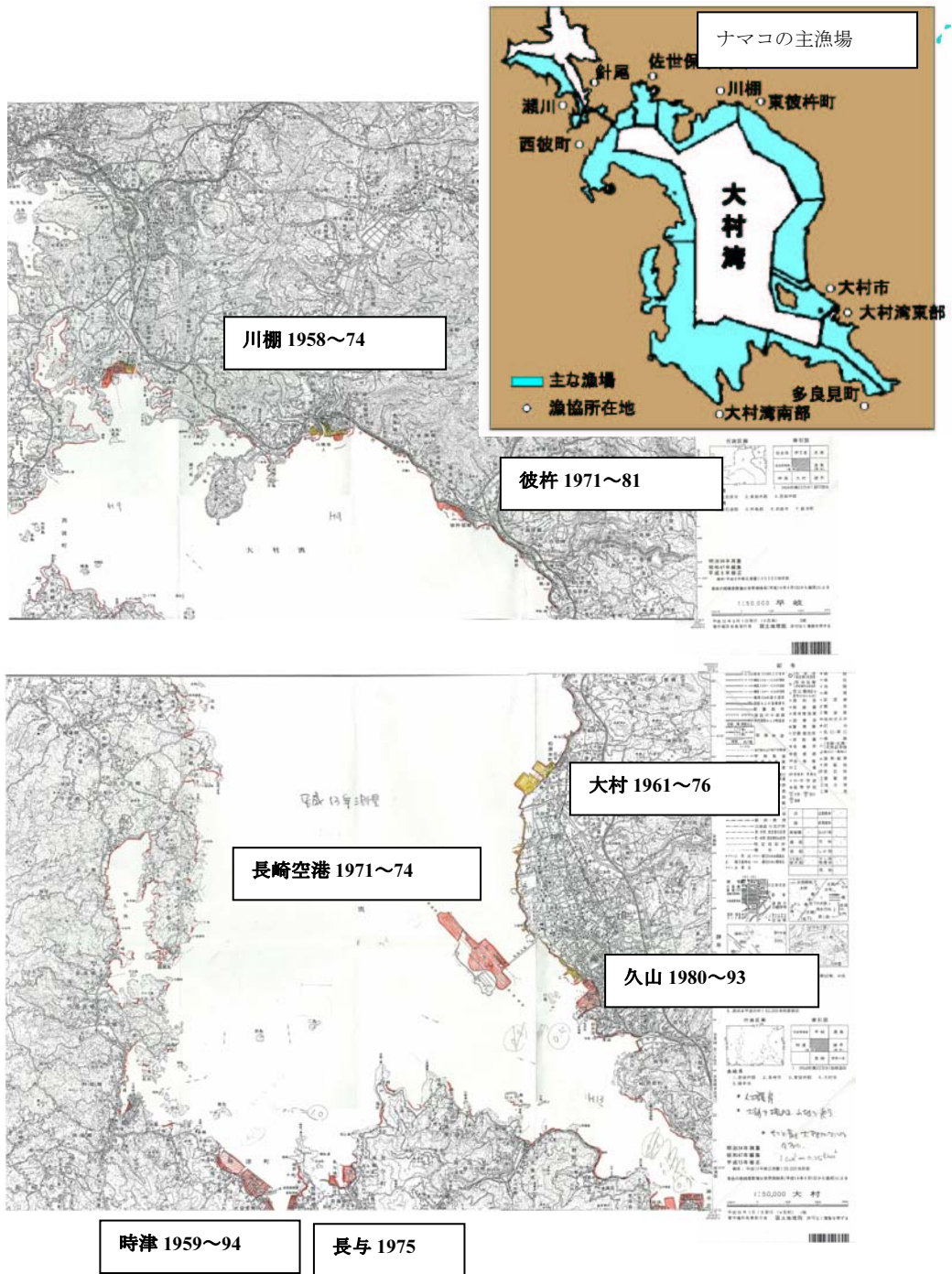
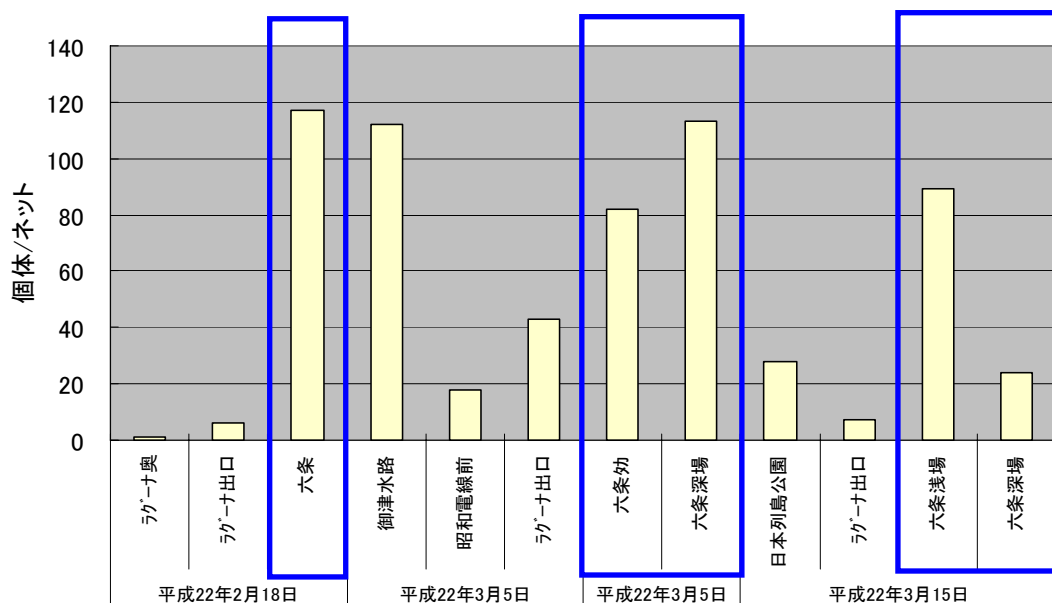


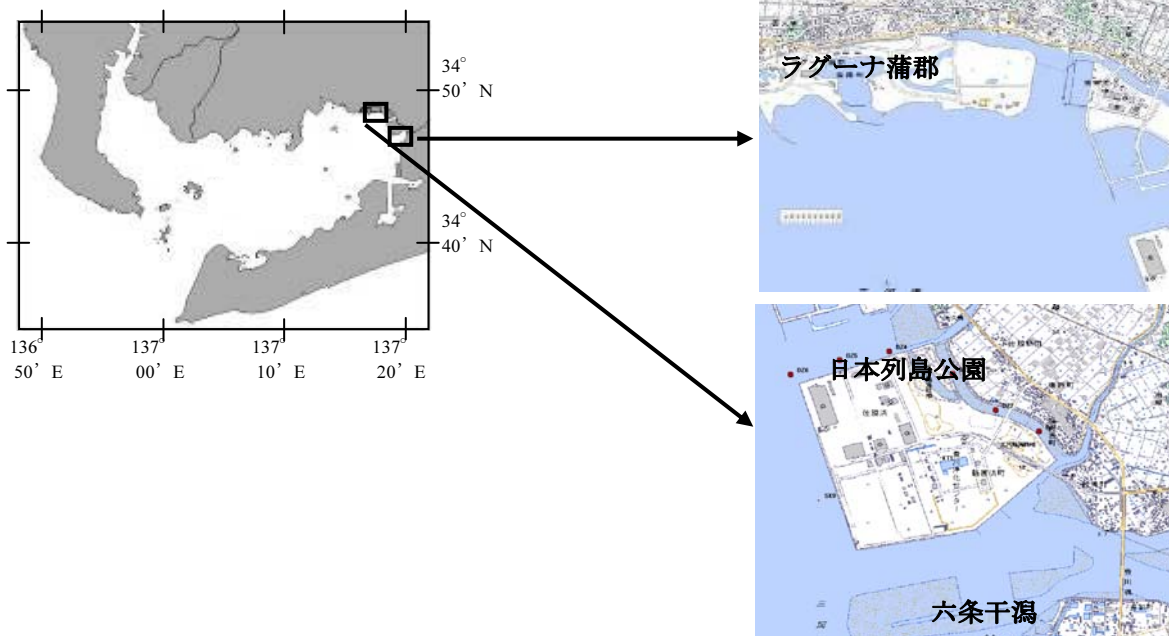
図 4.15 ナマコの主漁場と沿岸の開発・埋立場所

また、大村湾の情報ではありませんが、愛知県の三河湾では、干潟・浅場付近及び港湾等でソリネットにより魚介類の出現状況を調査した結果、イシガレイの稚魚の生息場所が干潟・浅場周辺に集中していたことが報告されています（図 4.16）。

干潟・浅場は稚魚にとって格好の餌場として機能していることが一般的にも知られており、かつてカレイ類が多く漁獲された大村湾でも、沿岸の砂浜部がこの三河湾の干潟・浅場と同じような機能を有していたものと考えられます。



注) 青枠は干潟・浅場周辺



出典) 平成 21 年度「海の健康診断」を活用した三河湾の極小海域における環境評価手法の調査研究（平成 22 年 3 月）より作成

図 4.16 三河湾におけるイシガレイ稚魚の出現状況

ポイント② 貧酸素水は負荷の増加によって発生したのか

大村湾では、今から 70 年程度前の 1940～50 年代にも海底の溶存酸素濃度の調査が行われていました。そこで、湾内の 3 箇所における 1940～50 年代と 1980 年代以降の水深別の溶存酸素濃度を比較してみました。

その結果、豊かな生物組成であったと考えられる 1940～50 年代にもすでに貧酸素水が発生していたことがわかりました。特に湾の中央部の水深 20m 付近では無酸素水 (1mL/L 未満) も確認されています。

その後の貧酸素水の発生状況をみると、発生範囲や期間には大きな変化はありませんでしたが、貧酸素水の厚さが増している傾向がみられます。その原因としては、海底の栄養蓄積が進行して、海底で消費される酸素が多くなっていることが考えられます。

また、「貧酸素水が発生する頃は漁場や漁獲高が変動しやすい。貧酸素水が発生する初期には、シャコ、ハゼ、エビ、タコ類が貧酸素水の前線付近に蟄集し、一時的に漁獲高を増加させる。また、貧酸素水発生盛期には、底生魚類はほとんどみられず、苦潮内で漁獲された魚類は死にやすく、死魚として漁獲されるものも多い。」との記録が残っており、1940～50 年代には、すでに貧酸素水の存在が認知され、生物に対する影響もみられていたことがわかりました。

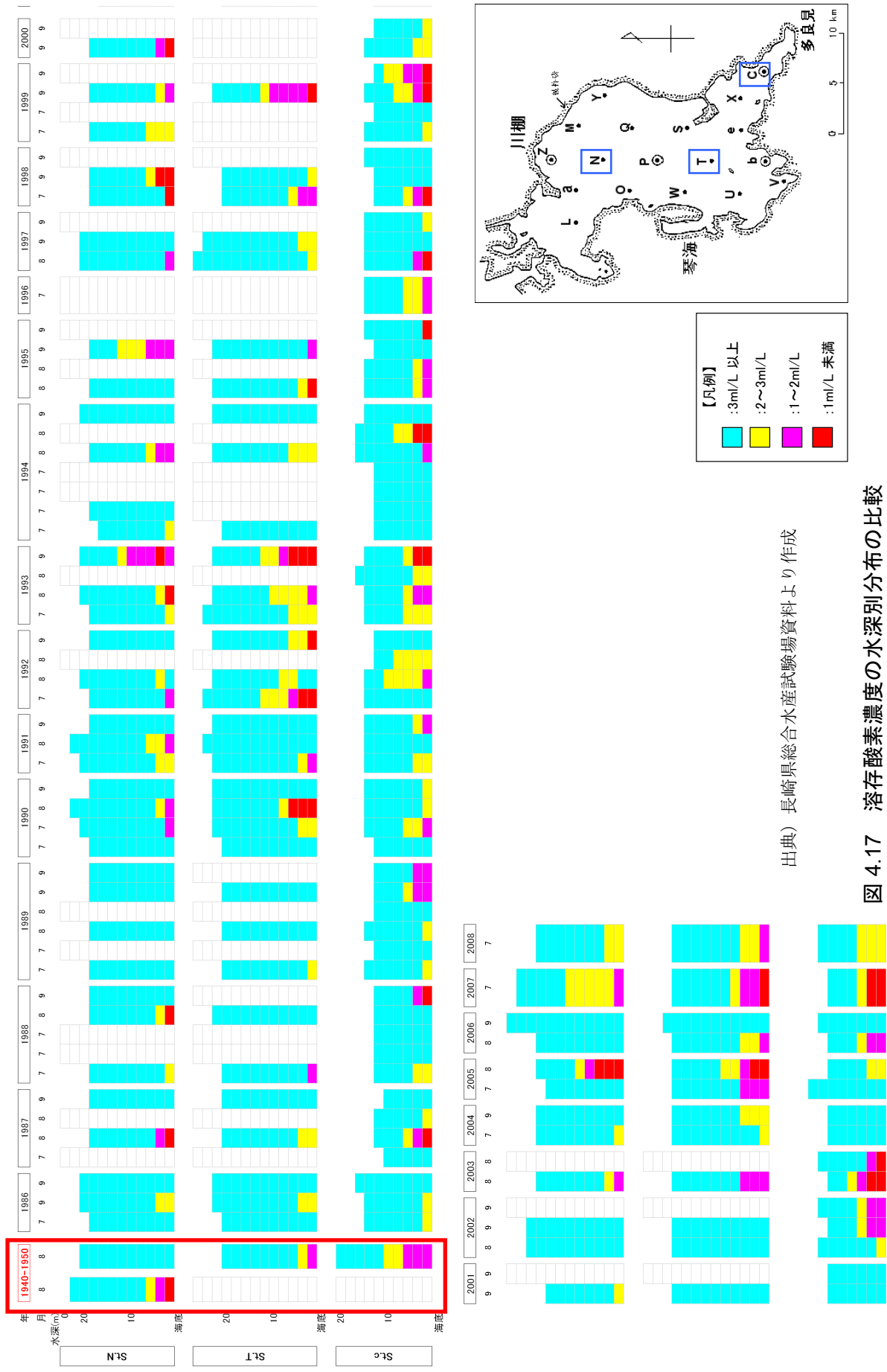


図 4.17 溶存酸素濃度の水深別分布の比較

ポイント③ 漁業による栄養の取り出しはどの程度減少したのか

漁業による栄養の取り出し量の減少は湾全体の栄養状態を変化させる規模のものでしょうか？

再検査までに収集した資料を用いて、1960年代以降の各年代における陸域からの栄養負荷量と湾外への取り出し量のバランスを調べてみました（図4.18）。なお、漁業による取り出しについては、湾内で一生を送る可能性が高い底生魚介類に絞って検討しました。

その結果、1960年代には、底生魚介類の漁獲によって取り出した栄養量は陸域から流入する栄養量の約10%でしたが、その後は、数%程度に減少していることがわかりました。

漁業等による栄養取り出し量を増加させることは、湾内の栄養のバランスを保持していく上で重要と考えられます。

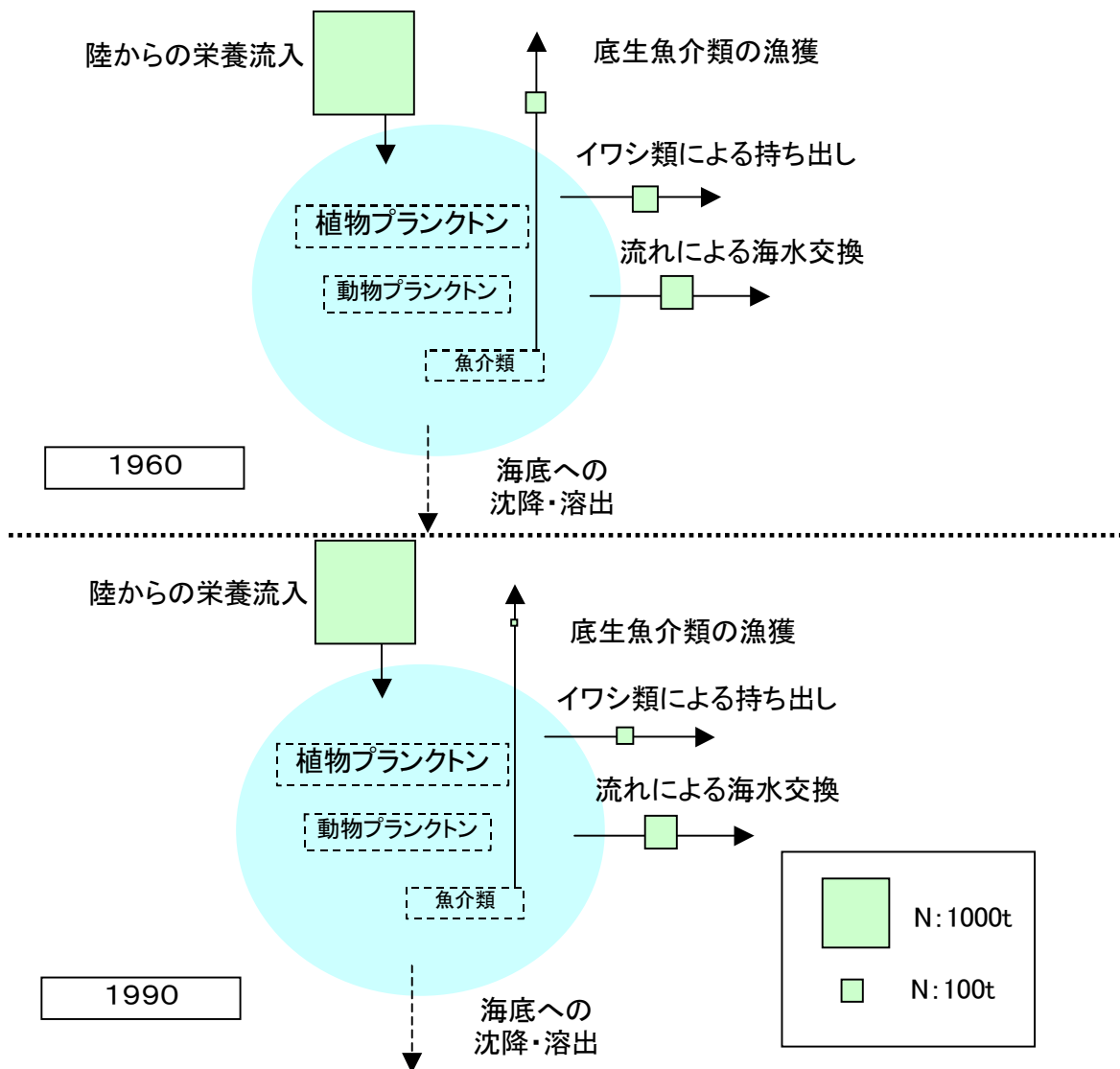
参考（図4.18の設定根拠）

陸域からの栄養流入：平成7年度大村湾底質改善調査業務報告書（平成8年3月、長崎県・（社）底質浄化協会）による流入負荷量や河川における水質の変遷から想定

底生魚介類の漁獲：図4.12に示す漁獲量に、魚介類の体内中のおおよその窒素含有率（3%）をかけあわせて算出。

イワシ類による持ち出し：漁獲統計によるイワシの漁獲量を参考にして、その3倍の現存量があると推測し、漁獲で取り上げられる以外のイワシが外海へ出て行った場合を想定。窒素含有率は底生魚介類の漁獲と同様。

流れによる海水交換：平成7年度大村湾底質改善調査業務報告書（平成8年3月、長崎県・（社）底質浄化協会）による1980年代の海水交換量が過去から現在にかけて変化していないと想定



注) 点線部分是不確定な部分

図 4.18 陸域からの栄養負荷量 (窒素:N) と湾外への取り出し量のバランスの変化 (年間)

3) 精密検査の所見

大村湾の不健康の原因を探る3つのポイントをまとめると、次のようになります。

○沿岸の人工化や埋立はどのように生物量に影響するのか

沿岸の人工化・埋立が行われた場所はナマコなど生息域として重要な場であり、他の海域での調査事例では干潟・浅場などの浅い場所に稚魚が蝟集する傾向がみられていることから、もともと浅場の少ない大村湾では、沿岸の人工化・埋立が生物の減少要因の1つになり得ると考えられました。

○貧酸素水塊は負荷の増加によって発生したのか

大村湾の貧酸素水塊や無酸素水は、人為的に大きなインパクトが少なかった1940年代からみられており、大村湾の閉鎖的な地形が生み出す体質的な現象と考えられました。ただし、近年は、貧酸素水塊の厚さが増している傾向がみられており、その原因として、湾全体に堆積している栄養を分解するために消費される酸素が多くなっていることが考えられました。

○漁業による栄養の取り出しはどの程度減少したのか

1960年代には、底生魚介類の漁獲によって取り出す栄養量は陸域から流入する栄養量の約10%でしたが、その後は、数%程度に減少していることがわかりました。漁業による取り出し量が少なくなったことは湾の健康を考える上で無視できないことと考えられました。

以上の精密検査の結果から、次のようなことが想定されます。

- ・ 本来浅場が少ない大村湾ではその存在は重要であり、詳細は不明であるが、ナマコ等の生息場やその他の魚類の再生産の場が失われた可能性がある。さらに体質的に発生しやすい貧酸素水塊から避難できる場を奪ってしまったことの影響も大きい。
- ・ 湾内に多くの生物が生息し、生物が栄養をストックするとともに、その一部の漁業による取り出しが確保されていた時代には、湾内の物質循環のバランスがとれていた。しかし、陸域からの栄養が急激に増えて漁業による栄養の取り出しが相対的に少なくなった時代から、貧酸素化や海底への栄養蓄積が進行し、それが生物を減少させ、湾内の富栄養化をさらに進めるという悪化スパイラルに陥っている。

以上から、大村湾の不健康の原因は、

「生息する生物にとって貴重な存在である自然の浅場が減少した影響に加えて、かつて陸域から多くの栄養が流れ込んだことによって、過剰な栄養が湾内に蓄積し、貧酸素化が進行していること」

と診断します。

この状態を放置しておく、上記の悪化スパイラルがさらに進行していく恐れがありますので、早急に治療が必要と考えられます。

5. 治療の方針

大村湾は、古くから真珠やナマコ漁など静穏性を活かした漁業が行われる豊かな海として地域の人々に大きな恵みを与えてきました。しかし、その姿は変化し、赤潮の頻発、有機物の蓄積、貧酸素水塊の発生などの現象が恒常化し、また、それに伴う漁業の衰退といった問題が起きています。

精密検査の結果から、健康な大村湾の姿は、以下のようなものであると考えられます。

ナマコからスナメリまで多様な生物が安定した生活ができる、栄養が低次から高次の生物まで太く円滑に循環する海

精密検査までの結果から、大村湾の不健康の原因は、「湾内に蓄積した栄養が過剰であること」（人間で言えばメタボリックな状態であること）が大きいと考えられます。

この状態を改善し、栄養が円滑に循環する海にするためには、以下のような治療方針が想定されます。

- ① 負荷される余分な栄養を制限する（人に例えれば食生活の改善）
- ② 生物による栄養の取り込みを促進して、余剰な栄養を分解や食物連鎖の過程で消費する（人に例えれば運動により余分な栄養を消費させること）
- ③ すでに湾内に余剰となっている栄養を取り上げる（人に例えれば脂肪の吸引などの外科手術）

さらに、上記の各種の治療を確実に実施するためには、そのための機能的な実施体制の構築が必要不可欠です。実施体制の構築については「7. 今後の展望と課題」の中で、検討することにします。

6. 処方箋

6.1 処方箋リスト

「5. 治療の方針」を受けて作成した大村湾における処方箋リストを表 6.1 に示しました。なお、再検査において、「生物組成」、「生息空間」、「堆積・分解」について不健康の診断を受けたことから、それらとの関連性もあわせて整理しました。

「②生物による栄養の取り込みを促進して、余剰な栄養を分解や食物連鎖の過程で消費する（人に例えれば運動）」ための処方箋については、再検査においてC判定となった「生息空間」の治療を中心とした処方箋を選定しました。

また、「①負荷される余剰な栄養を制限する（人に例えれば食生活の改善）」「③すでに湾内に余剰となっている栄養を取り上げる（人に例えれば外科手術）」ための処方箋としては、再検査においてC判定となった「堆積・分解」を治療するための処方箋を選定しました。

なお、再検査において同様にC判定となった「生物組成」については、「生息空間」及び「堆積・分解」に対する処方箋の相乗作用によって、改善されるものと考えています。

表 6.1(1) 大村湾における処方箋リスト

分類	処方箋候補	効能	実施にあたっての参考情報			想定実施主体
			メリット	デメリット	注意事項その他	
① 負荷される余分な栄養を制限する(人に例えれば食生活の改善) ↓ 「堆積・分解」の治療	陸域から流入する余分な栄養を減らす ＜下水道の整備、栄養を流しすぎないなど＞ 海底から溶け出る栄養を減らす ＜覆砂など＞	湾内に流入する栄養を制限することによって、メタボリック状態を解消する 海底に蓄積している栄養を清浄な砂等で覆い水中へ溶け出る栄養を減少させる	・ 確実に栄養を減少させることができる ・ 即効性がある	・ 過剰な制限は生物生産を低下させる ・ 継続性が低い ・ 継続性を保持するためには定期的な実施が必要であり、費用がかかかかる ・ 造成材の確保や安定性の確保が課題となる	・ 生物の生息を支えつつ、環境を良好に保持するために必要な栄養量を検討する必要がある ・ 清浄な覆砂材を準備する必要がある	行政 一般市民
② 生物による栄養の取り込みを促進し、余剰な栄養を分解や食物連鎖の過程で消費する(人に例えれば運動により余分な栄養を消費させると) ↓ 「生息空間」の治療	浅海域の生物生息場の再生 ＜干潟・藻場・磯場・砂浜の再生＞ 海底に酸素を注入し生物による除去機能を高める 例) 酸素の導入 海底に生物を投入して生物による除去機能を高める 例) ナマコなど底生生物の投入	浅海域における生物の生息・成長場を再生して生物が増加する基盤(基礎体力)を整える。 直接酸素を供給し底生生物の生息を確保すること で、底生生物による除去機能を高め栄養の蓄積を緩和する。 直接生物を供給することにより、底生生物による除去機能を高め栄養の蓄積を緩和する。	・ 陸域からの栄養を一時的に貯留して海底の有機物の蓄積を緩和する作用がある。 ・ 即効性がある	・ 実施場所等については漁業者などの地元関係者との調整が必要である ・ 継続性を保持するためには定期的な実施が必要であり、費用がかかかかる	・ 実施場所等については漁業者などの地元関係者との調整が必要である ・ その場の環境条件に応じた生物を選定する必要がある	行政 漁業者 民間団体 大学

表 6.1(2) 大村湾における処方箋リスト

分類	処方箋候補	効能及び選定理由	実施にあたっての参考情報		想定実施主体	
			メリット	デメリット		
③すでに湾内に余剰となつている栄養を取り上げる(人に例えれば脂肪の吸引などの外科手術)栄養状態の改善 ↓ 堆積・分解の 治療	漁業等による海中からの栄養の取り上げ <資源管理的、効果的持続的、漁業活動、釣りや潮干狩などのレクリエーション> 海底に蓄積した栄養の取り上げ(例)浚渫	海水中に存在する過剰な栄養を生物の形で取り上げて海底への栄養の蓄積を抑制する。	メリット	デメリット	注意事項その他	
			<ul style="list-style-type: none"> 漁業振興や海域の親水性向上という相乗効果が期待される 	<ul style="list-style-type: none"> 極端に多くの生物を採取することは悪影響となる 浅海域の生物息場の再生など生物を増加させる処方箋との併用が必要である 		<ul style="list-style-type: none"> 排泄物が多くなる 動物種や施肥が必要な種類の養殖は不適
		海底に蓄積する栄養を除去して減少させる。	<ul style="list-style-type: none"> 即効性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 継続性が低い 継続性を保持するためには定期的な実施が必要であり、費用がかかるといえる 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模な工事は生態系へのリスクを伴うので十分な注意が必要である 	漁業者 一般市民 行政

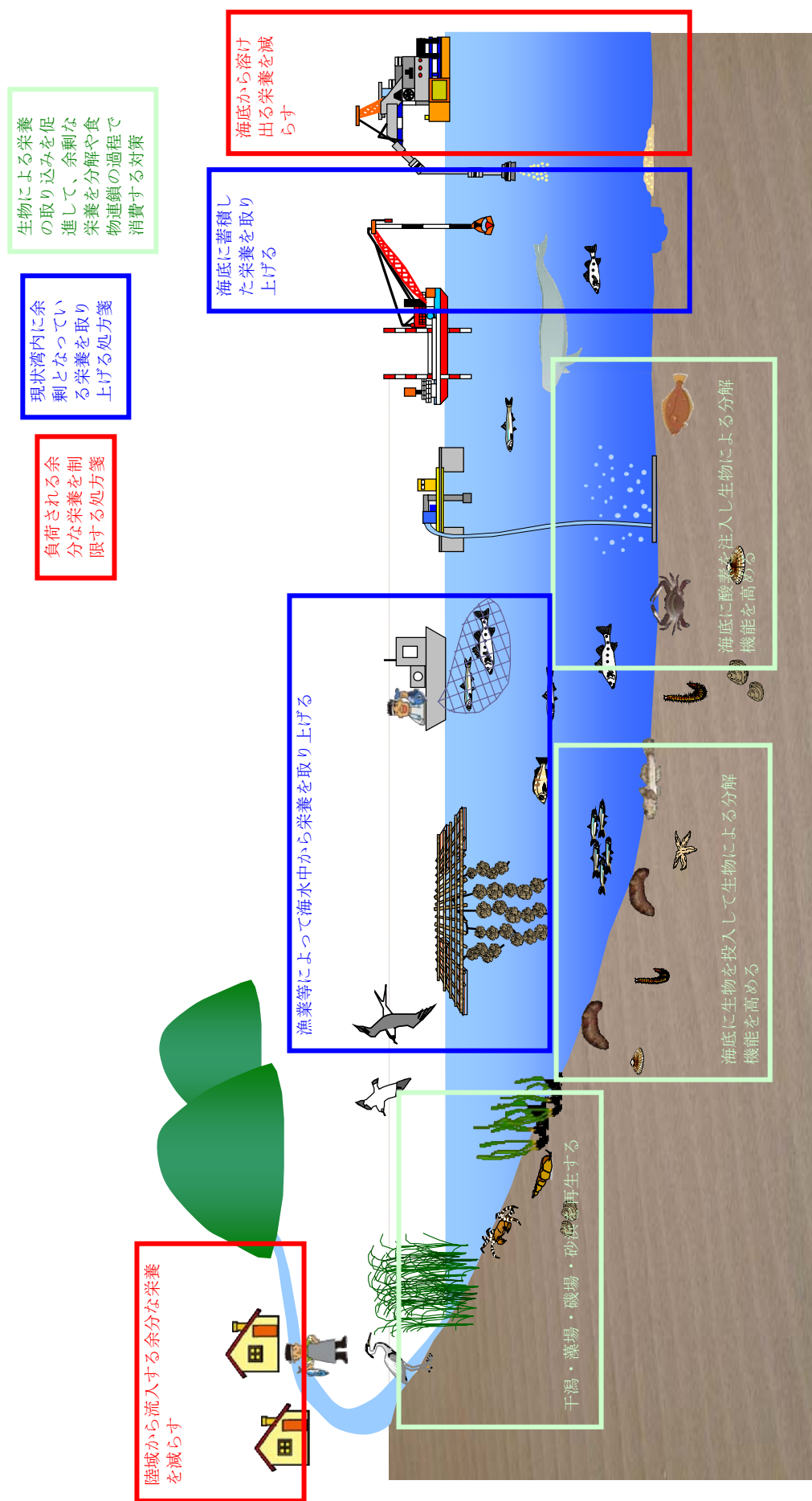


図 6.1 処方箋の候補イメージ

6.2 具体的な処方箋の実施イメージ

処方箋は、6.1 に示すリストから大村湾の特性に応じた適切な処方箋を選択し、効果的に組み合わせる必要があります。

処方箋を選択する視点としては、次の3点が重要と考えられます。

① 実行可能性

まず、実際に実行できる処方箋であることが必要です。如何に良い処方箋でも実際に実施できるものでなければ、意味がありません。

② 持続性

大村湾の特性を活かしつつ、長い年月にわたって変化した海を短期間で劇的に回復させられる特効薬はないと考えられます。そのため、安定的で持続性の高い処方箋を選択する必要があります。

③ 自律性

上記の①や②を満足した処方箋でも、対症療法（原因を取り除かずに症状を和らげるのみの治療）は、継続的な処方が必要になるなどコストがかさみ、徐々に実行可能性や持続性が低下します。湾の健康状態が特に悪い場合には、ある程度即効性が期待できる対症療法を選択する必要がありますが、それと同時に大村湾が自律的に健康を回復維持できるような処方箋が必要です。

では、具体的にまずどのような処方箋が必要でしょうか？

現在は食生活がある程度健康な頃の状態に戻っていることを踏まえると、これまで蓄積してきた栄養を運動等によって消費することが必要です。そして、その消費を支えるのが、生物の存在です。

これから大村湾を健康な姿（栄養が低次から高次の生物まで円滑に循環する海）にしていくためには、生物の多様性や生産量を高める方向の処方箋を中心に考えていく必要があります。ただし、生物の多様性や生産量を高める方向の処方箋が社会条件等によって十分にできない場合には、それ以外の処方箋を効果的に組み合わせる必要があります。

今後の大村湾の再生バランスイメージを図 6.2、治療イメージを図 6.3 に示しました。

まず生物の多様性や生産量を高める直接的な処方箋としては、かつて多くを漁業で取り上げていた底生魚介類の漁獲量をかつての量まで増加させることを目指すことが必要です。そのための具体策として、中長期的には浅場を再生することによって、底生魚介類の成育環境を整えることをお薦めします。

また、かつてイワシ類のように大量の魚類が外海から進入して、大村湾において栄養を取り込んで外海へ持ち出していた機能については、人為的な処方箋で回復させることが難しいことから、それに代わる養殖（栄養を負荷しない無給餌型）等を用いた栄養の取り上げによって、その機能を担保していくことが必要と考えます。

これらの処方箋によって、海底へ沈降する栄養は少しずつ減少することが想定されますが、これまでの蓄積があるため、その程度では不十分なことも考えられます。そこで、海底に酸素を注入するなど、海底の生物による除去・分解能力を高める対症療法を組み合わせることによって、堆積した海底の栄養を減らしていくことも必要です。

また、以上の処方箋の効果的な実施順序としては、短期的には対症療法により貧酸素水を改善し、中期的には貴重な浅場を守り増やし、底生魚介類が生息できる環境を整備してまず生物を増やすことが必要です。それらの効果が漁業・養殖業による栄養の取り上げという長期的な処方箋につながっていくものと考えられます。

以上のことを確実に実施していけば、大村湾は、自分で健康を維持できる高い新陳代謝をもつ豊かな海に再生されていくものと期待されます。

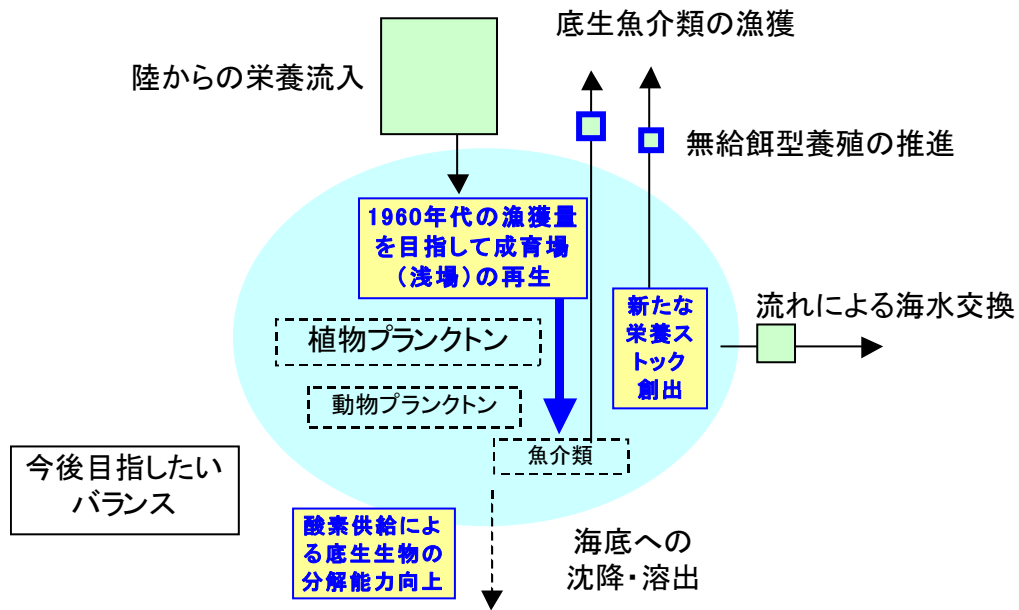


図 6.2 今後の大村湾の再生に向けた栄養バランスのイメージ

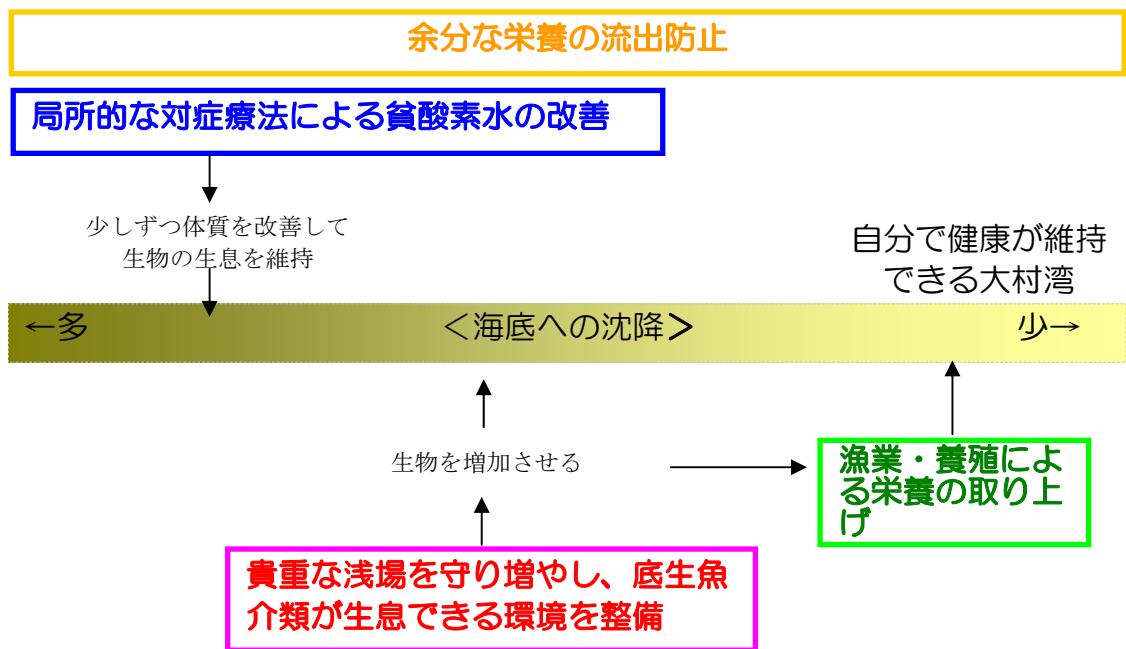


図 6.3 大村湾の長期的な治療イメージ

7. 今後の展望と課題

1) 処方箋の精度向上（良好な栄養バランスの検証）

精密検査の所見や処方箋に示したように、大村湾の健康を取り戻すためには、栄養の流入・取り出し・蓄積などの物質循環の現状を精度良く解析した上で、どのような栄養バランスに改善していくのが適切かを詳細に検討することが重要です。

人間活動のインパクトが少なかった時代の大村湾が持っていた栄養バランスは、健康な大村湾を取り戻す際の重要な指標にはなりますが、大村湾を取り巻く社会的な条件が大きく変化した現状においては、その頃と同じ姿に戻すことは困難です。

以上の考え方から、大村湾の現状の社会的条件に応じた新たな栄養バランスを精査することが必要です。精密検査では、既存資料を用いて健康のバランスを検討し、処方箋を提示することができましたが、その実施規模や量、期間などの具体的な方法までは提示できませんでした。

今後、処方箋の精度を上げるためには、現在不足している以下のデータに関する調査研究が必要です。

表 7.1 今後必要となる調査研究（良好な栄養バランスの検証）

調査項目	内容
外海からの栄養流入量	湾口からの栄養の流入状況を調査する。 湾口部における季節的な栄養塩類調査及び流れの調査等により、外海からの栄養の流入量を算出する。
河川から流入する栄養負荷の量や質	河川からの栄養負荷の流入状況を調査し、栄養のバランスを検証するための情報にする。また、難分解性の有機物など栄養の質についてもチェックする。 河口部における季節的な栄養塩類調査及び河川流量調査等を実施し、栄養負荷の量や質を把握する。
湾内の生物種別の現存量	湾内の数点を調査点として、湾内に生息する生物の種類や数量を調査する。 対象生物としては、海草藻類、底生生物、魚介類、プランクトン、スナメリ、鳥類などが考えられる。
海底における栄養の沈降量・溶出量	海底に沈降、堆積する栄養の量や速度、海底から溶出する栄養の量や速度を調査する。 方法としては、セディメント・トラップの設置、柱状のコアを用いた溶出実験等が考えられる。

2) 処方箋実施後の経過や効果の検証

処方箋を試行し、その効果を検証していくとともに、さらに効果的な処方箋を提案していくという順応的な管理の考え方が必要です。

そこで、以下の3点に関する検査の観点や方法を提案します(表 7.2)。

- ① 処方箋の実施状況の確認
- ② 処方箋の効果の検証
- ③ 今後の大村湾の健康状態のモニタリング(健康診断の大村湾モデル)

表 7.2 は、全国閉鎖性海湾の「海健康診断」一次検査手法を基本として、ここまでの診断結果からそれをできる限り大村湾版にカスタマイズしました。今後は、この大村湾モデルを活用して、大村湾の治療方針を策定し、その効果、さらにその後の経過を見守っていく必要があると考えます。

なお、各検査項目の検査基準については、全国閉鎖性海湾の「海健康診断」一次検査手法やここまでの診断結果を考慮して、できる限り大村湾に適切な基準となるように設定しましたが、「1) 処方箋の精度向上(良好な栄養バランスの検証)」で提示した調査研究の進展を踏まえながら、さらに内容を精査していく必要があります。

表 7.2 今後の大村湾の総合的な検査（案）

視点	検査項目	検査基準			検査資料の変更	検査目的		
		良好 (A)	要注意 (B)	要精査 (C)		処方箋の実施状況	処方箋の効果検証	大村湾の健康状態
【生態系の安定性】を示す項目	生物組成	濾過生物の分類群別組成の変化(最近3年間の平均/1960年代の平均：最優占分類群の漁獲割合(FR)、漁獲量(FC))	$0.8 \leq FR \leq 1.2$ かつ $0.7 \leq FC \leq 1.3$	$0.8 \leq FR \leq 1.2$ かつFC<0.7または1.3<FC	FR<0.8または1.2<FR	なし	○	○
		海岸生物の出現状況(代表種の確認割合：LC)	LC=1	$0.8 \leq LC < 1$	LC<0.8	なし		
	生息空間	浅場(水深5m以浅)面積の變化(新たな干潟・浅場・砂浜・磯場造成分を含む)	浅場面積がかつての面積まで増加	浅場面積に変化なし	浅場面積が減少	造成面積のデータ	○	○
		人工海岸の割合(AC)	$AC \leq 20$	$20 < AC \leq 50$	$50 \leq AC$	なし	○	○
	生息環境	貧酸素水の確認頻度(貧酸素水確認調査点の割合：CW)	$CW < 0.1$	$0.1 \leq CW < 0.5$	$0.5 \leq CW$	長崎県の調査結果	○	○
【物質循環の円滑さ】を示す項目	基礎生産	赤潮は発生していない	毎年ではないが赤潮は発生している	毎年赤潮は発生している	なし		○	
	負荷・海水交換	負荷と滞留のバランス(負荷滞留濃度：LR)	COD、T-N、T-PともにLR<スタンダード値の場合	COD、T-N、T-Pのいずれかでスタンダード値≤LRの場合	COD、T-N、T-Pともにスタンダード値≤LRの場合	なし		○
		底質環境(全硫化物量の最大値：SD)	$SD < 0.2$	$0.2 \leq SD < 1$	$1 \leq SD$	長崎県の調査結果		○
	堆積・分解	無酸素水の出現状況(最低溶解酸素濃度：AW)	$2.9 \leq AW$	$0.5 \leq AW < 2.9$	AW<0.5		○	○
		底生動物の漁獲量(最近3年間の平均/1960年代の平均：FB)	0.7<FBかつ最近3年間増加もしくは横這い傾向	0.7<FBかつ最近3年間減少傾向	FB≤0.7	なし	○	○
除去(漁獲)	養殖漁業(無給餌型)の収穫量	増加	横這い	減少	農林水産統計年報	○	○	

※ 検査基準は精査していく必要がある。
※ 赤字部分は大村湾の状況にあわせて追加・変更した部分。

3) 今後の大村湾における取り組み体制の構築

以上に示した処方箋や今後の課題に取り組むためには、大村湾に関わる様々なステークホルダー（行政、漁業者、一般市民、学識者など）がそれぞれの特長を活かして役割を分担し、実質的に大村湾の健康回復のために行動できる体制を構築することが必要です。

大村湾では、平成 15 年 12 月に、総合的な観点から大村湾の水質改善や自然環境の保全を進め大村湾流域の活性化を図るための基本的な枠組みとして、「大村湾環境保全・活性化行動計画～スナメリと共にくらせる湖（うみ）づくり～」を策定し、平成 15～20 年度まで各種の施策が実施されてきました。

さらに、平成 21～25 年度までの第 2 期行動計画（基本的な方向性：表 7.3）では、第 1 期行動計画を基本的に踏襲しつつ、国の提唱する「里海」創生に向けた取り組みを推進していく予定です。

また、「大村湾をきれいにする会」をはじめ、様々な団体が、湾内に浮遊するゴミの除去や、住民に対する水質保全の啓発活動を毎年行っています。

このほか、県が事務局となっている「大村湾環境ネットワーク」は、様々な活動団体の情報交換などの場となっています。

今後は、このような既存の組織を有機的に結び付け、大村湾を取り巻くすべての人たちがどう協働し、どう連携していくかを考えることが重要です。

また、海健康は海だけではなく、陸や川の問題でもあります。大村湾及びその流域を含めた広い範囲の環境を総合的に管理する「流域を含めた総合的な沿岸管理」の仕組みが必要であり、それを構築するためには、大村湾に関連する幅広いステークホルダーの連携が必要不可欠です。

長崎県及び海洋政策研究財団が主催し、2011 年 2 月 26 日（土）に長崎県大村市の郡地区公民館で行われた「第 3 回大村湾シンポジウム」では、本報告書の概要をとりまとめたパンフレットを配布し、最後に以下のような提言をしました。大村湾の健康を取り戻し維持していくためには、大村湾沿岸の住民の皆さんの協力が必要不可欠です。

おわりに ～大村湾の明日に向けての提言～

- ・ ここで提案した処方箋が効果をあげ、さらにその効果を持続させるためには、私たちの生活と連携した環境管理の仕組みを充実させることが必要不可欠です。
- ・ 大村湾には、長崎県が事務局となっている「大村湾環境ネットワーク」などがありますが、大村湾沿岸の住民の皆さんも参画できるようにしながら、大村湾の健康を将来にわたってみんなで管理していくための仕組みづくりを進めることが大切です。

表 7.3 第 2 期大村湾環境保全・活性化行動計画

第 2 期大村湾環境保全・活性化行動計画	
◆策定時期：平成 21 年 3 月	
◆目標年度：平成 25 年度	
背景	<p>県本土の中央に位置する大村湾は、閉鎖性の強い海域であり、流域人口の増加、経済活動の進展などにより、昭和 51 年度以降、水質が環境基準（COD2.0mg/リットル）を超過した状況にある。</p> <p>平成 15 年 12 月に、「大村湾環境保全・活性化行動計画」を策定し、4 つの基本的な方向を柱に、水質の保全など、各種の施策を推進してきた。この結果、下水道や浄化槽などの整備が進んだこと等により、水質の改善傾向が見られる。</p> <p>県では、「第 2 期大村湾環境保全・活性化行動計画」を策定のうえ、さらなる水質改善や生物多様性の保全などを目指す。</p>
目的	<p>大村湾を、自然生態系と調和しつつ、多様な魚介類が生息し、人々が将来にわたり享受できる自然の恵み豊かな里海としての保全と再生を図りながら、大村湾を宝ものとして守り育み、次世代に引き継いでいく。</p>
基本方針等	<p>「美しく豊かな大村湾の里海づくり」の実現を計画目標に、大村湾の環境保全と地域活性化を進めるための基本的な指針として、次の 4 つの基本的な方向を柱に、重点的に取り組むべき施策や事業の展開方向、推進体制を明らかにし、その推進を図る。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 流域全体の一体的な環境保全による里海づくり 2 生物多様性の保全による里海づくり 3 水産や観光などの産業の振興による里海づくり 4 住民参加による里海づくり
主要事業等	<p>住民参加による里海づくり</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 流域全体の一体的な環境保全による里海づくり <ul style="list-style-type: none"> 陸域からの水質汚濁負荷物質の処理対策の推進 湾岸・流域における自然浄化能力の向上・維持・活用 湾内の水環境の改善 2 生物多様性の保全による里海づくり <ul style="list-style-type: none"> 自然環境などの調査の推進 生物多様性や自然景観などの保全対策の推進 自然とふれあい楽しむ機会の提供 3 水産や観光などの産業の振興による里海づくり <ul style="list-style-type: none"> 漁場環境の改善と資源管理・栽培漁業の推進 農水産物のブランド化と販路の拡大 体験型観光・交流の推進 環境改善型産業の振興 4 住民参加による里海づくり <ul style="list-style-type: none"> 住民参加を促進する環境学習・啓発活動の推進 住民と行政、住民相互の協働の推進 住民と行政が共に考えた実践活動の推進
問い合わせ先	<p>環境部環境政策課 095-895-2355</p> <p>HP アドレス http://www.pref.nagasaki.jp/kankyo/</p>

出典) 長崎県HP (http://www.pref.nagasaki.jp/new_naga/11/kei_03.html)

8. 参考資料

- ・ 大村湾内全域の溶存酸素濃度の水平分布
- ・ 各種別の漁獲量の変遷

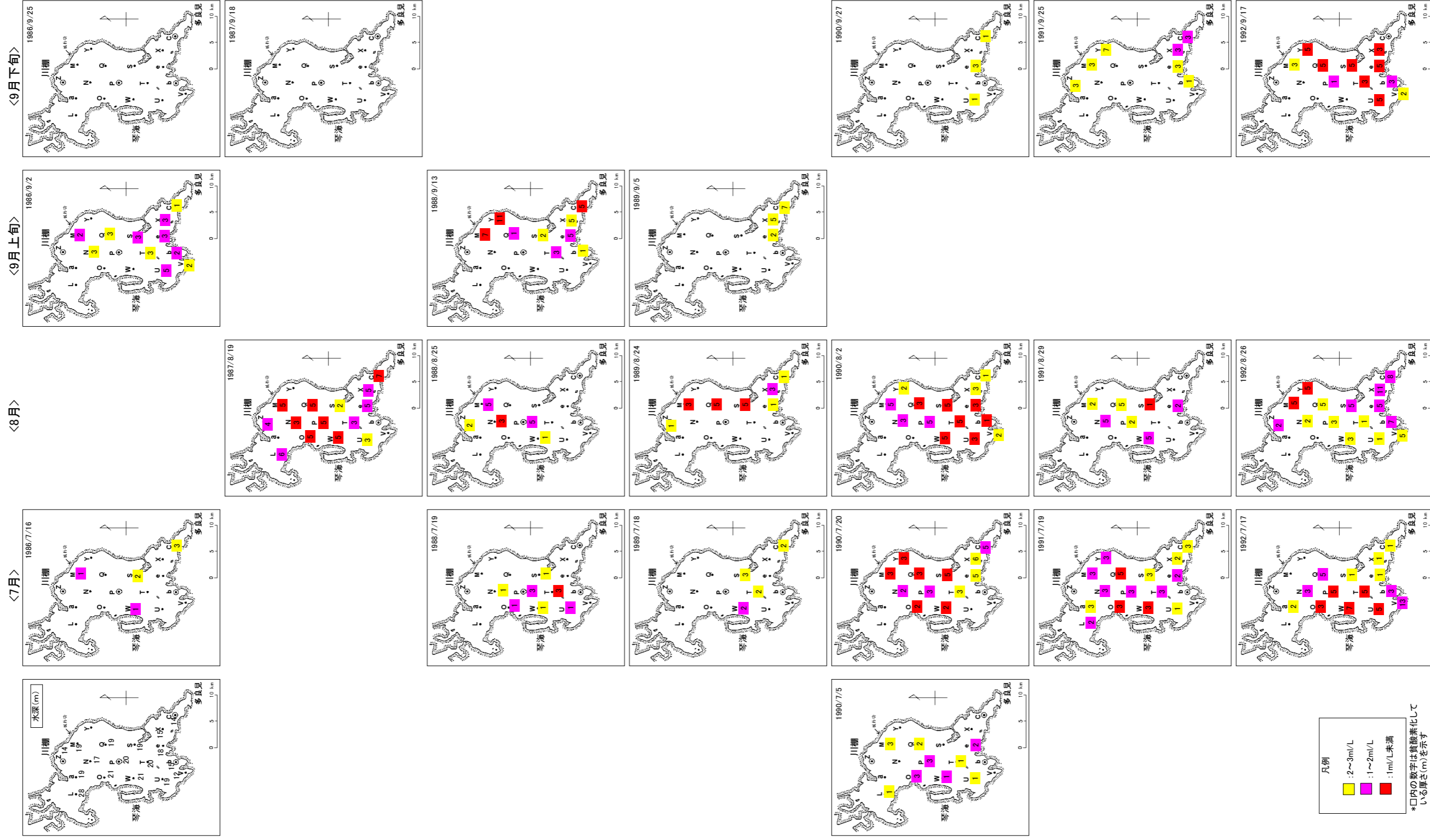


図 8.1(1) 大村湾内全域の溶存酸素濃度の水平分布

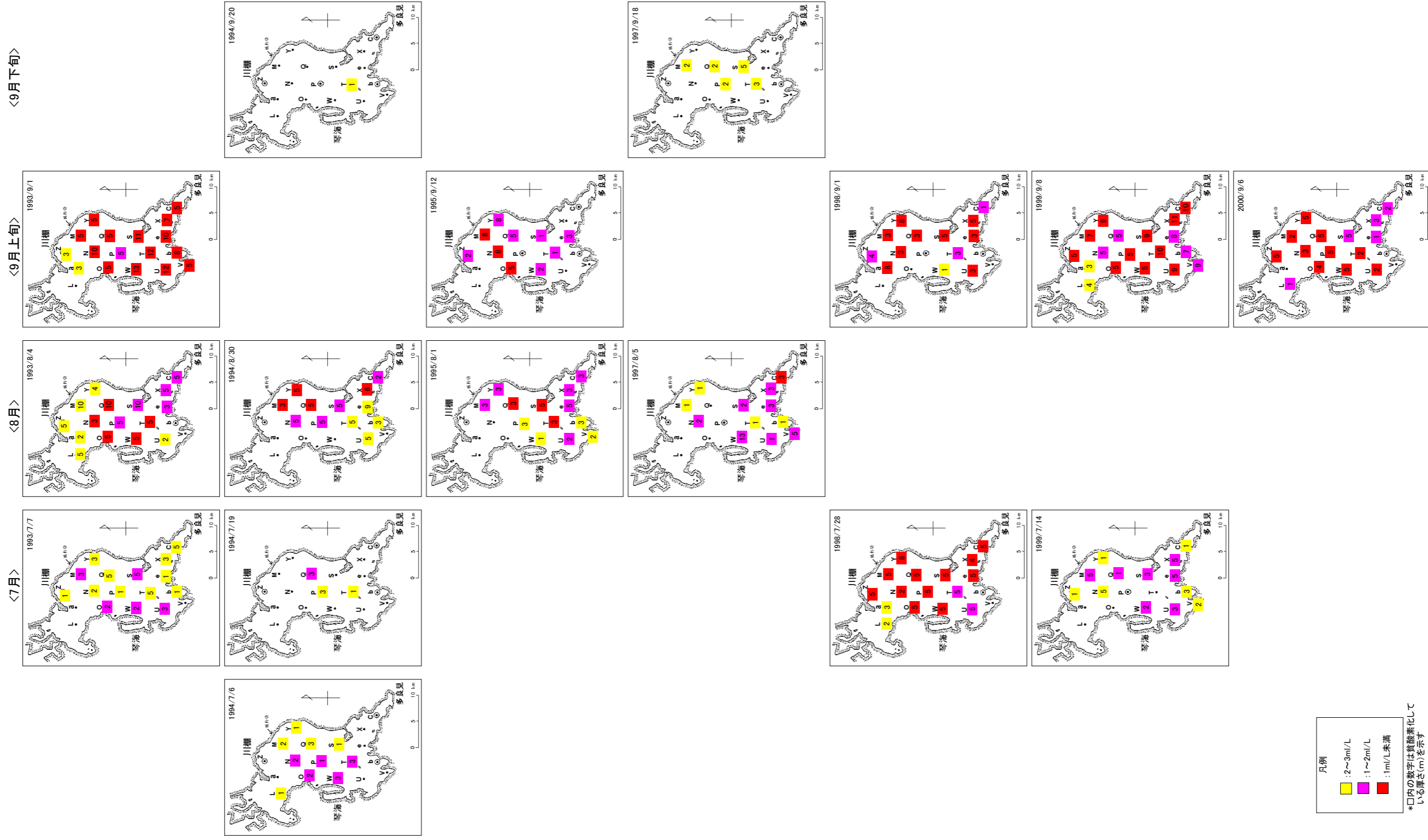


図 8.1(2) 大村湾内全域の溶存酸素濃度の水平分布

<7月>

<8月>

<9月上旬>

<9月下旬>

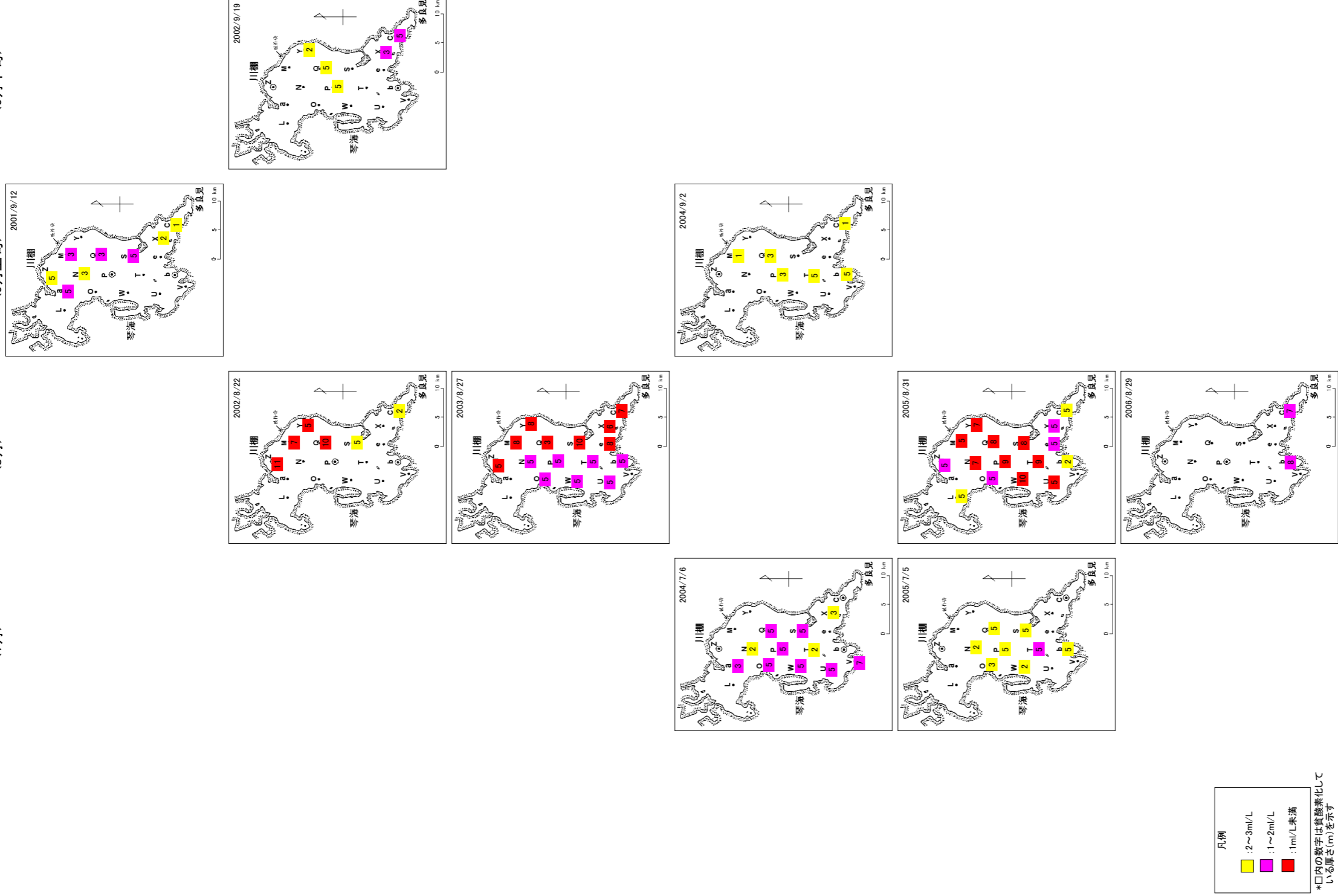


図 8.1(3) 大村湾内全域の溶存酸素濃度の水平分布

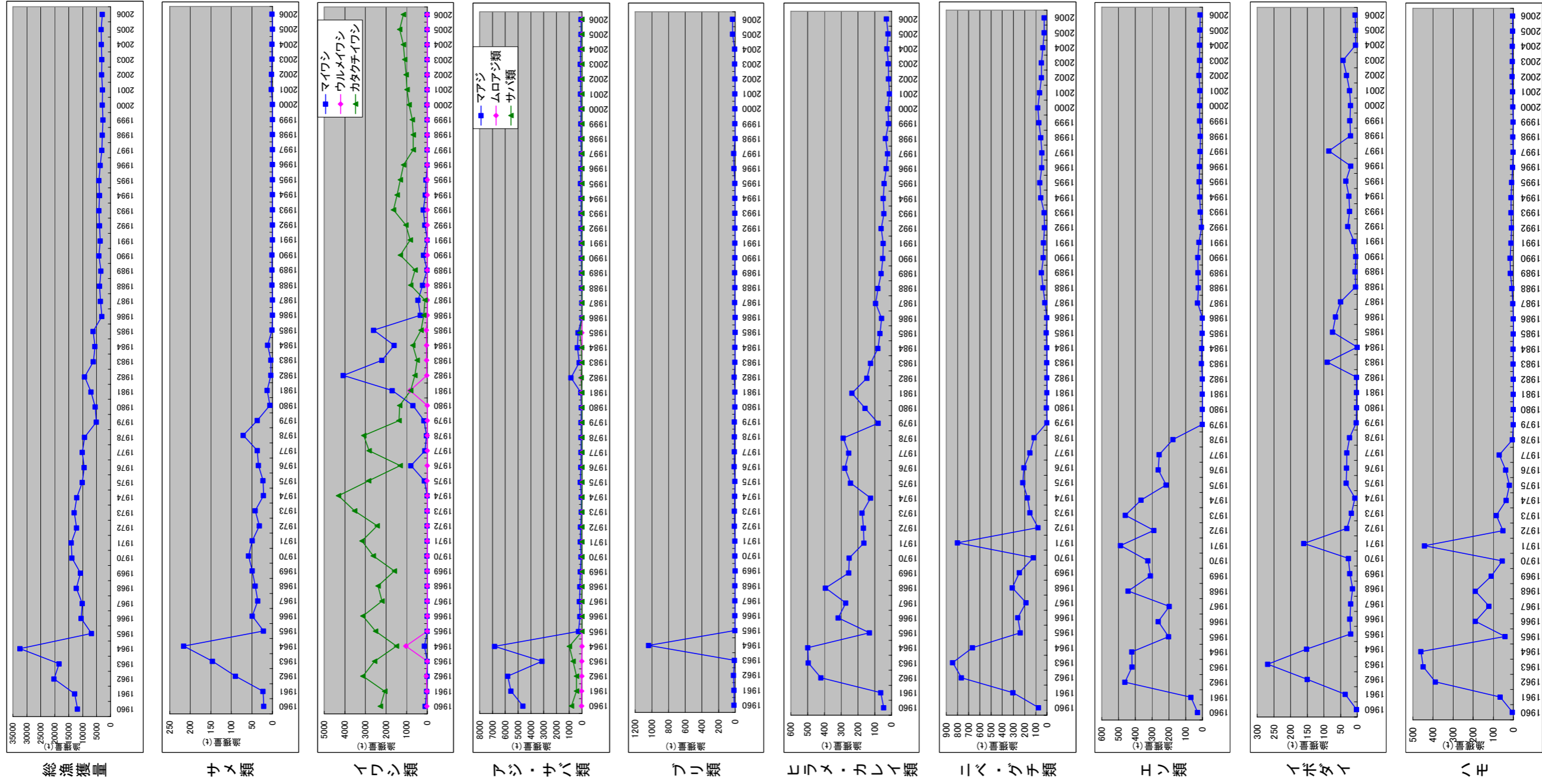


図 8.2(1) 各種別の漁獲量の変遷

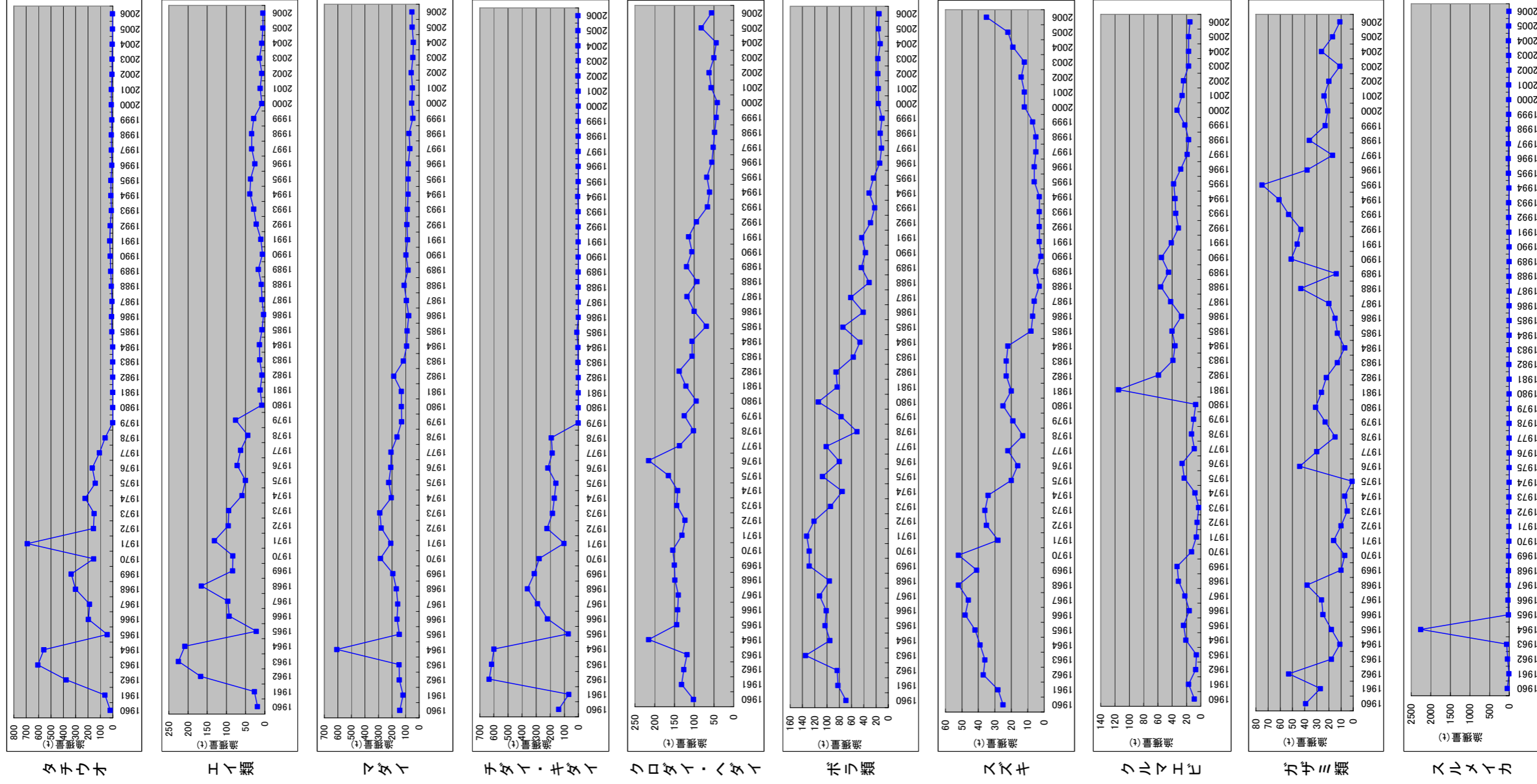


図 8.2(2) 各種別の漁獲量の変遷

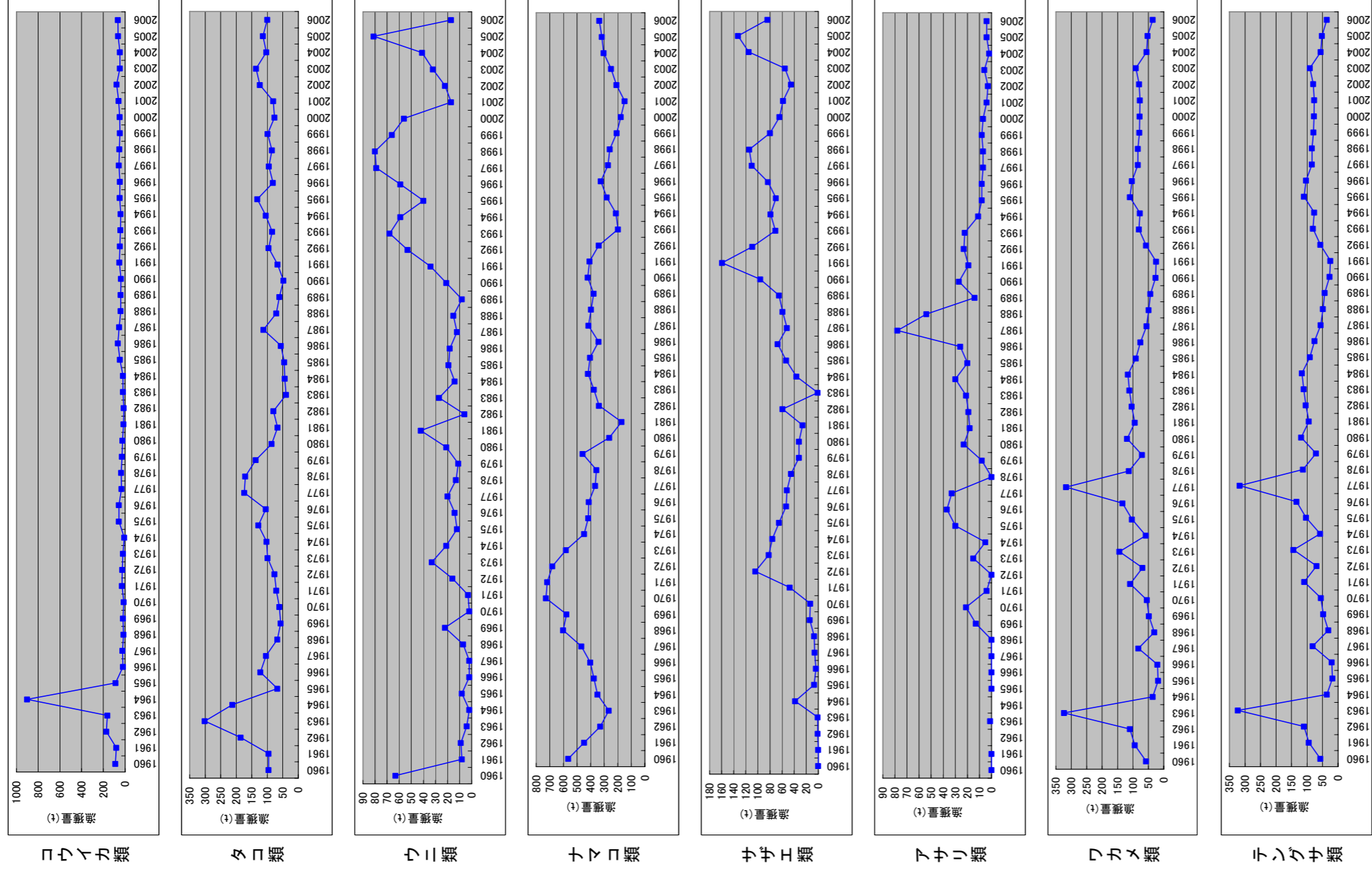


図 8.2(3) 各種別の漁獲量の変遷



この報告書は、ボートレースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

平成22年度 「海健康診断」を活用した大村湾の環境評価に関する
調査研究報告書 海健康診断 大村湾モデル

平成23年3月発行

発行 海洋政策研究財団（財団法人シップ・アンド・オーシャン財団）

〒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

<http://www.sof.or.jp> E-mail: info@sof.or.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。 ISBN978-4-88404-262-2

