

平成22年度

「海の健康診断」を活用した
英虞湾の環境評価に関する調査研究

報 告 書

海の健康診断 英虞湾モデル

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)

志 摩 市

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」を活用した英虞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变えて、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、志摩市から英虞湾で実施したい旨ご応募頂いたことから、2ヶ年計画で志摩市と共同で「海の健康診断」英虞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。

本報告書が英虞湾の環境保全、改善に日夜尽力されている志摩市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、広島大学松田治名誉教授を委員長とする「海の健康診断」を活用した英虞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」を活用した英虞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	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 地球環境工学科 教授
委員	前川行幸	三重大学大学院生物資源学研究科 教授
委員	千葉 賢	四日市大学環境情報学部 教授
委員	原条誠也	志摩の海を守る会
委員	国分秀樹	三重県水産研究所 水圏環境研究課 研究員

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
海技研究グループ 国際チーム	市川慎一
政策研究グループ 研究員	眞岩一幸※

志摩市担当

生活環境部環境課 課長補佐	濱野由人
生活環境部環境課環境保全係	坂井 陽
産業振興部水産課水産資源係 係長	浦中秀人

※平成 21 年度担当

目 次

1. はじめに	1
2. 健康な海とは	2
3. 英虞湾の健康を診断する	3
3.1 海健康診断の流れ	3
3.2 一次検査	5
3.3 二次検査<再検査>	9
1) 生息環境の再検査	9
2) 再検査における所見	15
3.4 二次検査<精密検査>	16
1) 英虞湾の環境の変遷	17
2) 歴史的な変遷からみる不健康の原因とその症状の履歴整理	33
3) 不健康の原因の究明	45
4) 精密検査における所見	49
4. 治療の方針	50
5. 処方箋	51
5.1 処方箋リスト	51
5.2 適正な栄養バランスの検討	57
5.3 処方箋実施順序の検討	60
6. 今後の課題と展望	61
6.1 処方箋の精度向上（健康維持に必要な栄養バランスの検証）	61
6.2 処方箋の経過や効果を検証するために必要な検査	62
6.3 今後の英虞湾における取り組み体制の構築	64

1. はじめに

海は生きています。海が元気に生きているか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、生きていく場所です。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。海のことをよく知る漁師は全国津々浦々で「昔に比べて魚が獲れなくなった」と嘆いています。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。海はどうか。これまで海を健康にす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、本当にそれだけで健康が診断できるのでしょうか？

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、海を健康にする「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。

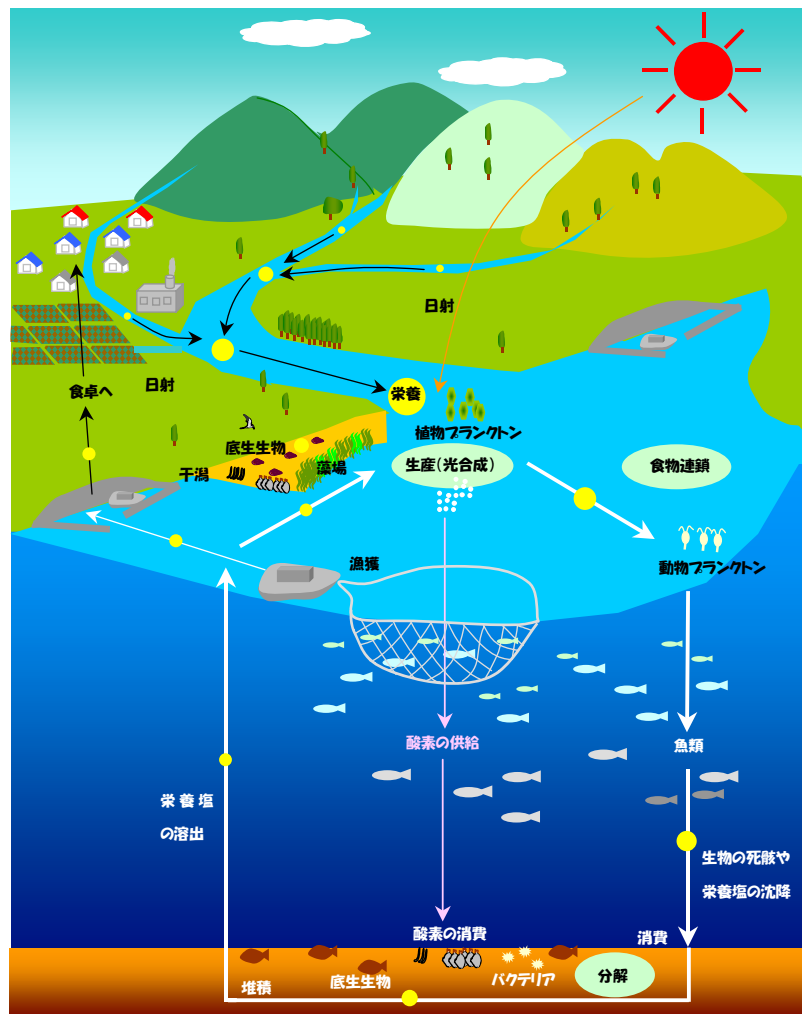


図 1.1 海における栄養の流れのイメージ

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。

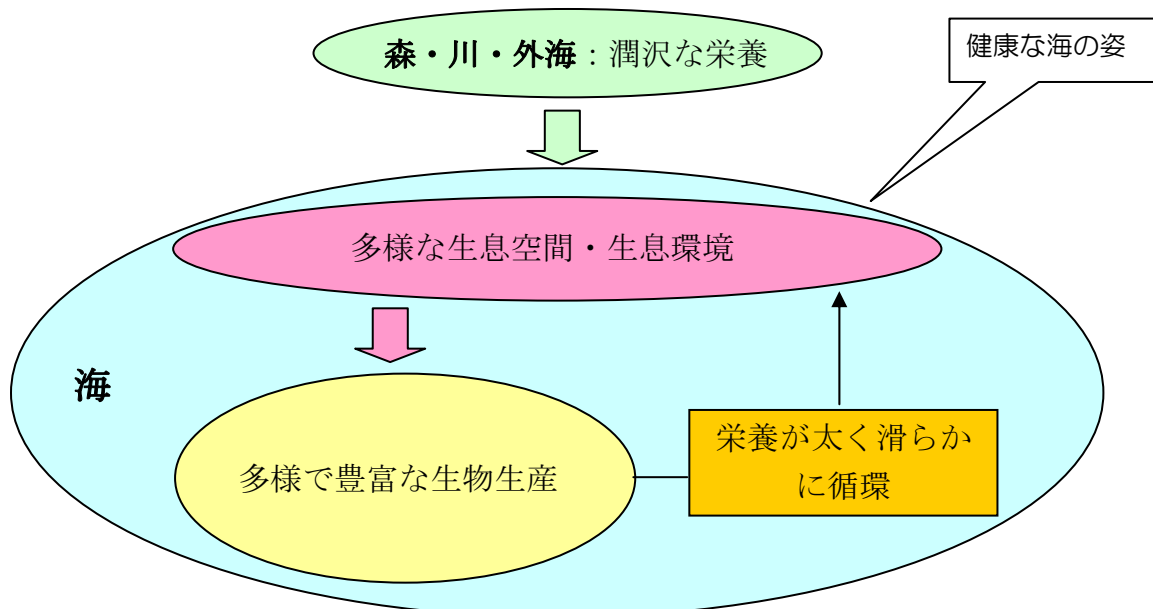


図 2.1 健康な海のイメージ

3. 英虞湾の健康を診断する

英虞湾の一次検査及び再検査では、生物の生息環境が特に不健康であることがわかりました。

また、精密検査の結果、英虞湾では、湾が本来持っていた栄養を蓄えたり、湾外に取り出したりする機能が弱っているところに、多くの栄養が負荷として流入していることが湾を不健康にしている原因であると診断しました。そのため、様々な不健康の症状が英虞湾で見られるようになったと考えられます。

3.1 海健康診断の流れ

「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 3.1）。

「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。

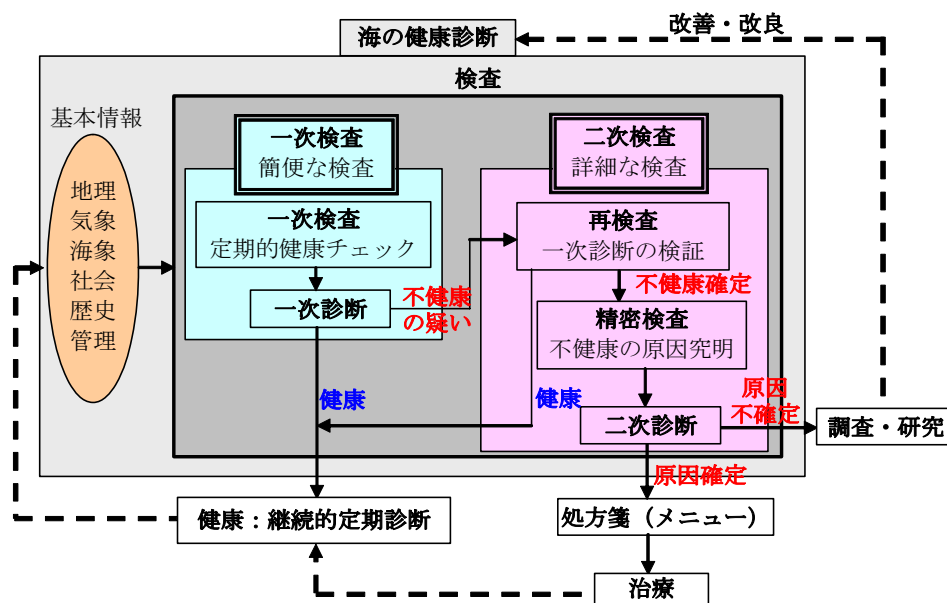


図 3.1 海健康診断の構成

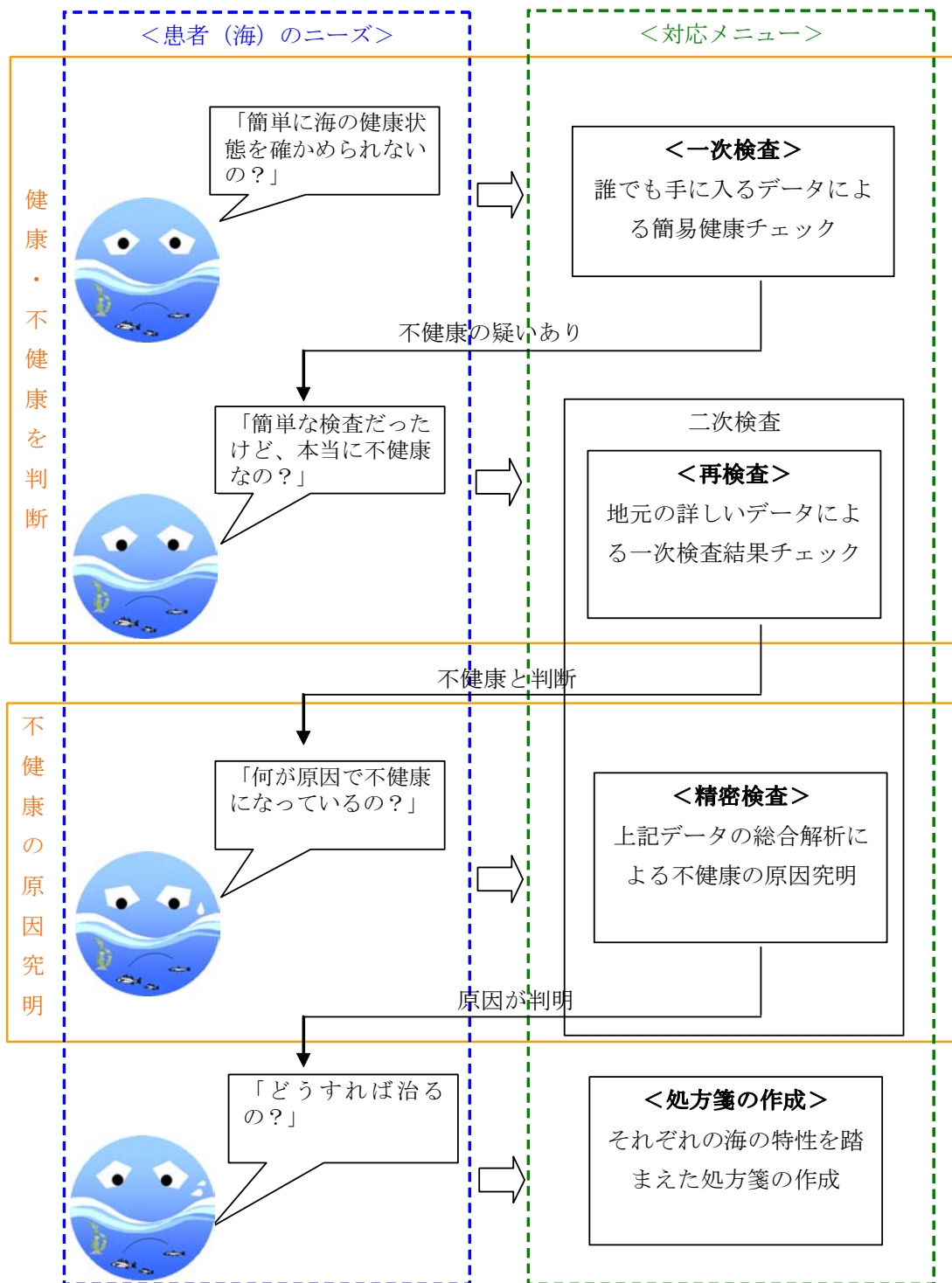


図 3.2 海の健康診断の検査の流れ

3.2 一次検査

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 3.1 に示します。

表 3.1(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)
生物組成 生態系の安定性	漁獲生物の分類 群別組成の変化	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 FRt、漁獲量の平 均をFCtとす る。	FR、FCを求め る。 FR=FRt/FRs FC=FCt/FCs	0.8≤FR≤1.2 かつ 0.7≤FC≤1.3	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	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 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 すべての健康項 目測定値を検査 対象とする。	各健康項目の環 境基準値をPSS とする。	各健康項目の測定 値をPStとす る。	PSを求め る。 PS=PSt/PSS	すべての健康項 目で PS<0.8	1つの健康項目で も 1≤PS
	硝酸素水の確認 頻度	底層の溶存 硝酸素量デー タ（公共用 水域水質調 査など）	-	最新の底層の溶 存硝酸素量の調査 地点数をCWs とする。	硝酸素水 （4.3mg/L未 測定）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

表 3.1(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	結果	良好(A)	要注意(B)	要精検(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 TP _s (cm) とする。	最近 3 年間の平均を TPt(cm) とする。	TP, TD を求める。 TP=TPt/TPs TD= TPt-TPs	0.8 ≤ TP ≤ 1.2 かつ TD < 20	0.8 ≤ TP ≤ 1.2 かつ 20 ≤ 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。	毎年ではないが赤潮が発生している	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）	$\tau = (S_0 - S_1) / S_0 Q$ S_0 : 湾外基準塩分 S_1 : 湾内平均塩分 Q : 河川流量 (m ³ /day) 単位体積当たり負荷量 Hx (mg/day/m ³) を求める。 $Hx = Px / V$ Px : 負荷量 (mg/day) V : 容積 (m ³)	水質項目(α)と以下のおおりにする。 COD 0.2 mg/L $T-N$ 0.2 mg/L $T-P$ 0.02 mg/L	水質項目(α)ごとに負荷滞留濃度(LR)を求める。 $LR(\alpha) = \tau Hx$	$COD, T-N, T-P$ のいずれかがスタンダード値 ≤ LRx の場合	$COD, T-N, T-P$ のいずれかがスタンダード値 ≤ LRx の場合	$COD, T-N, T-P$ のいずれかがスタンダード値 ≤ LRx の場合	
	潮位振幅の変化	実測潮位データ	最近 30 年間の期望平均潮潮位と期望平均干潮位の差を求め、その総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(年) × 傾き	AT < 0.05 かつ最近 3 年間の傾向にない	AT < 0.05 かつ最近 3 年間の傾向にない	AT < 0.05 かつ最近 3 年間の傾向にない	0.05 ≤ 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 ≤ SD < 1	1 ≤ 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 ≤ AW	0.5 ≤ AW < 2.9	AW < 0.5	
除去（漁獲）	底生魚介類の漁獲量	森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（底魚及び底生生物）の漁獲量を検査対象とする。	20 年間の漁獲量平均を FB _s とする。	最近 3 年間の漁獲量平均を FB _t とする。	FB を求める。 FB = FB _t / FB _s	0.7 < FB _s かつ最近 3 年間の傾向にない	0.7 < FB _s かつ最近 3 年間の傾向にない	FB ≤ 0.7

物質循環の円滑さ

平成20年に実施した英虞湾の一次検査では、生物の生息環境について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3.3）。特に海底の環境に心配があるという結果になりました。



図 3.3 全国海の健康診断 一次検査結果 (H20) (英虞湾)

3.3 二次検査<再検査>

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。

英虞湾の一次検査では、生息環境においてC判定がでていますので、生息環境の貧酸素水の確認頻度について再検査を行いました。

1) 生息環境の再検査

海底での酸素の供給と消費のバランスが悪くなると、酸素が少なくなり、生物が窒息死する場合があります。生物が死んでしまうと、海底に積もった栄養が利用されなくなり、それが過剰になると不健康の原因となります。

英虞湾では、すでに底層の貧酸素化（酸素が少なくなること）が問題となっており、三重県及び三重県真珠養殖連絡協議会が実施している「英虞湾環境モニタリングシステム」では、湾内の数点に測定機械を設置して、酸素量の連続測定が実施されています。その測定結果と、過去の記録及び調査結果を用いて、再検査を行いました。

まず、近年の貧酸素水の発生状況を確認してみました。1999～2007年にかけて湾奥の立神を中心に、毎年夏、貧酸素水が発生していることがわかりました（図 3.4）。

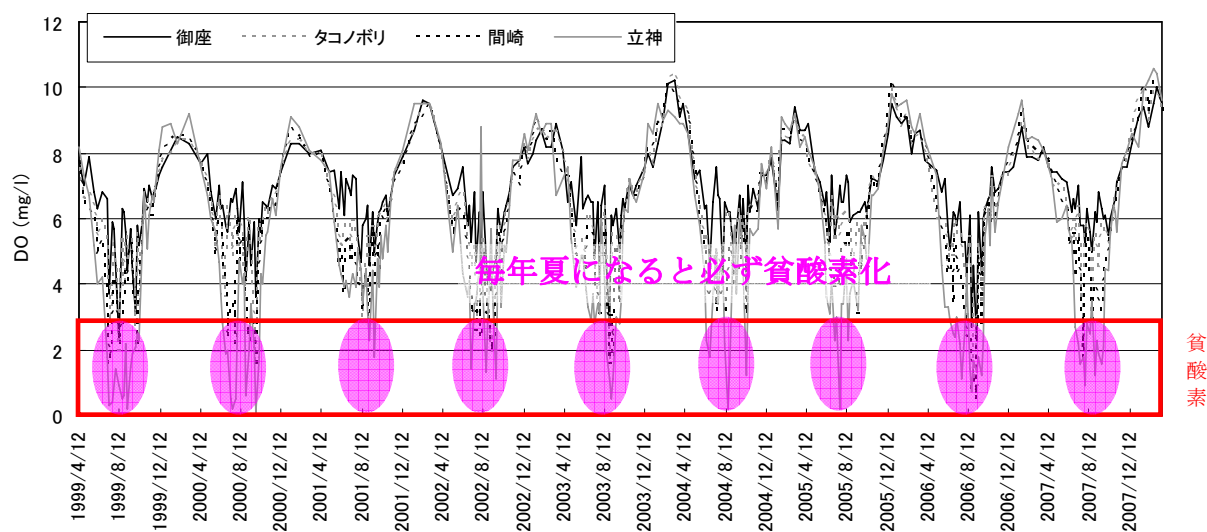


図 3.4 英虞湾の底層DOの連続測定結果

次に、近年の貧酸素水の発生状況を過去と比較してみました。

英虞湾の記録を遡ると、1952年には貧酸素水が確認されています（図 3.5）。1952年に貧酸素水が発生したのは浜島と立神です。浜島周辺ではその後5年間毎年貧酸素化していることがわかります。アコヤガイの斃死が発生した1956年には、船越浦、片田浦、立神浦でも貧酸素化しています。特に、迫子、布施田、立神の3地点では、9月と10月に2ヶ月連続して貧酸素水が確認されており、貧酸素水の影響が強かったことがうかがえます。しかし、この時期の貧酸素水はほぼ底層でのみ確認されており、5m層まで厚みをもって存在することは確認されていません。

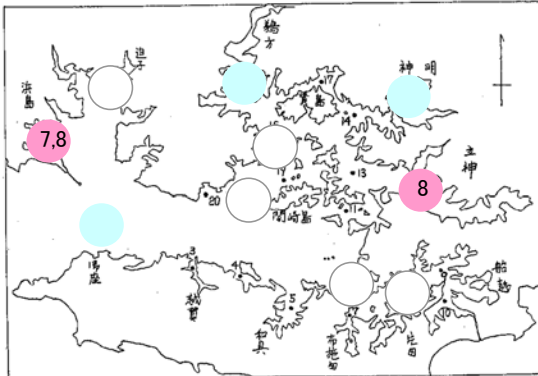
近年の調査結果をみると、1950年代には貧酸素水が確認されていなかった御座でも1999年、2003年、2006年に貧酸素水が確認されています（図 3.6）。また、立神、間崎ではほぼ毎年貧酸素化しています。湾口部に近いタコノボリでも約6割の確率で夏季に貧酸素化しており、貧酸素化しない年でも夏季にD0が低下する様子が確認されています。このように、1950年代に比べ、貧酸素水の発生頻度が増加していることがわかります。

しかし、近年の問題は貧酸素水の発生頻度の増加だけではありません。最も貧酸素水が確認される立神においては、4~5ヶ月間も継続して底層が貧酸素化している年もあり、貧酸素水の発生期間が長期化している様子がうかがえます。さらに、底層から数メートルにわたって貧酸素化している状態もみられ、鉛直的な厚みが増している様子もうかがえます。

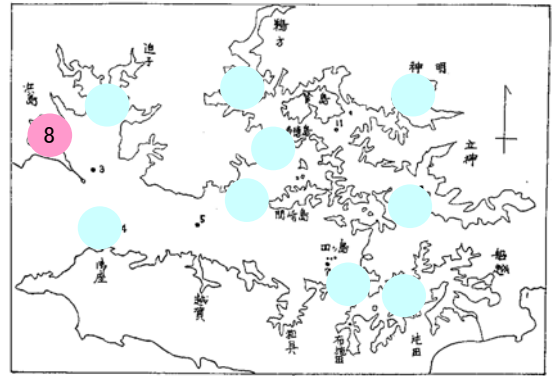
以上のように、1950年代と比較すると近年は貧酸素水の強度（発生頻度、発生期間、厚みなど）が増していると考えられます。また、2010年には約10年ぶりに湾奥で青潮が発生しました。青潮は貧酸素水塊が表層に浮上してきたもので、底生生物だけでなく浮魚類にも被害が及ぶため、より海域の生態系への影響が深刻です。

このような結果からも長期間にわたる貧酸素水の存在が確認されていることから、一次検査のC判定は妥当と考えられるため、再検査結果はC判定とします。

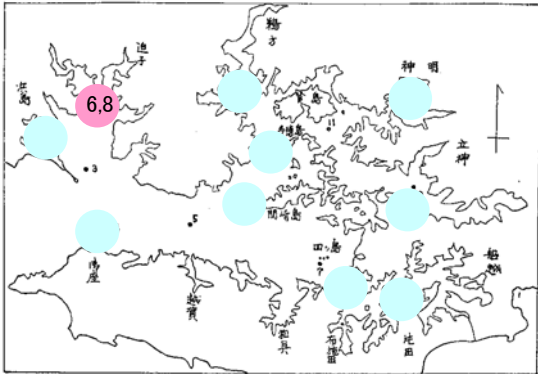
1952 (S27)



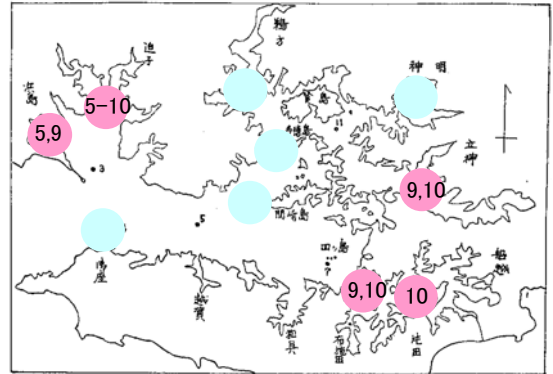
1955 (S30)



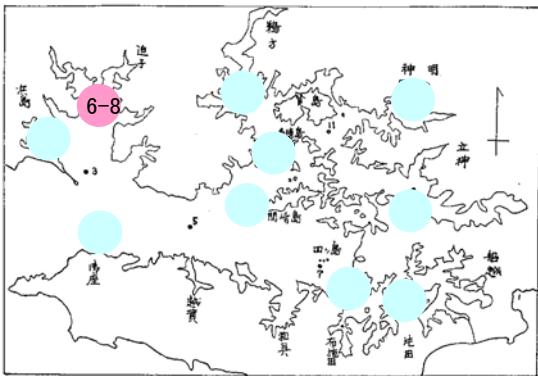
1953 (S28)



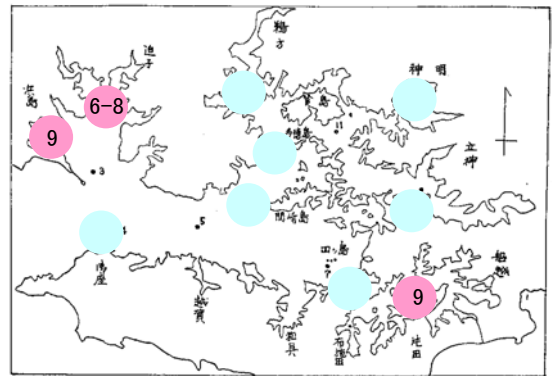
1956 (S31)



1954 (S29)



1957 (S32)



- 貧酸素(DO:3.0mg/L未満)化した地点
- 貧酸素(DO:3.0mg/L未満)化していない地点
- 未観測

※○の中の数字は、貧酸素化した月を示す。
(例、6:6月、6-8:6月~8月)

図 3.5 英虞湾における貧酸素水の発生状況 (1952年~1957年)

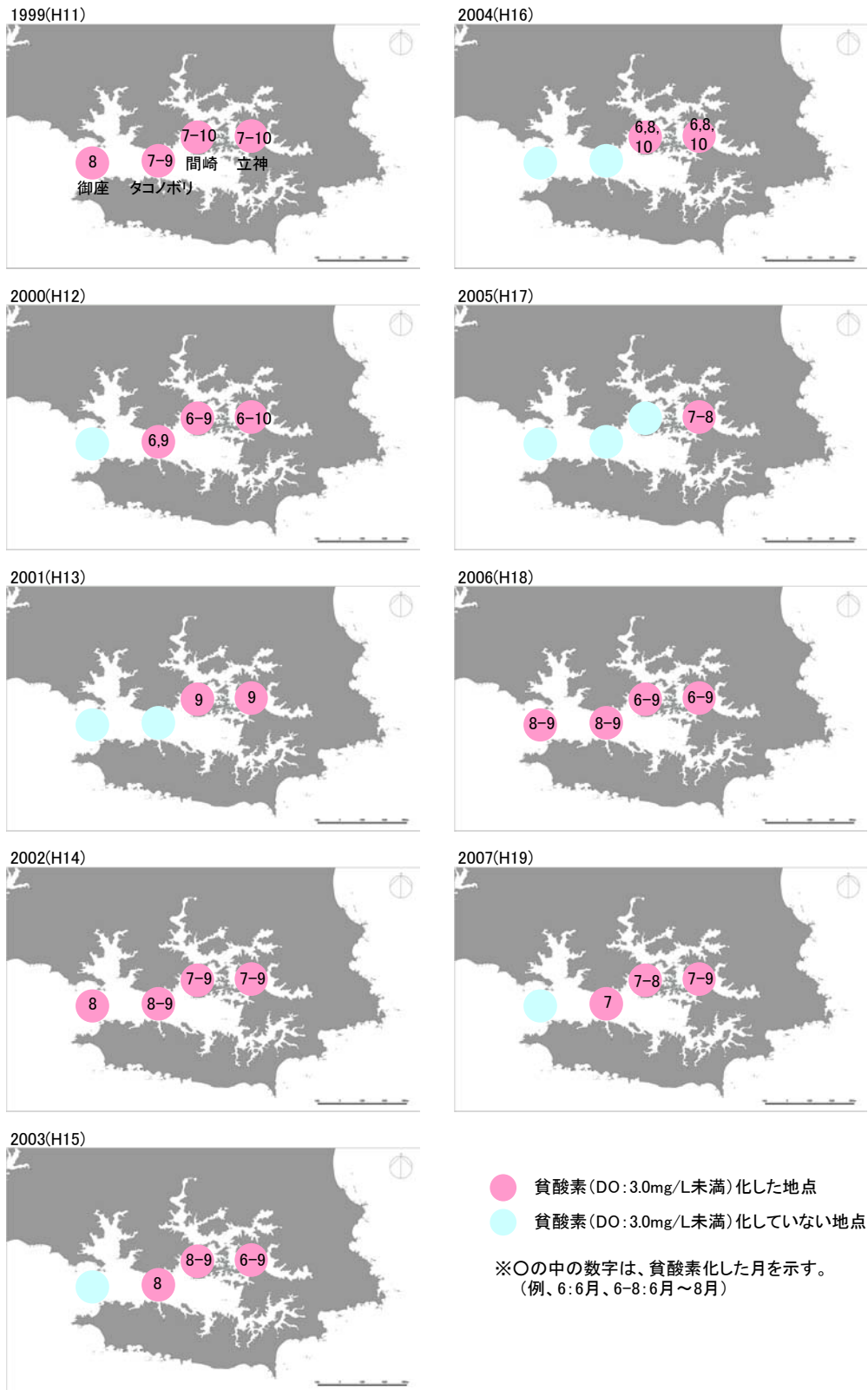
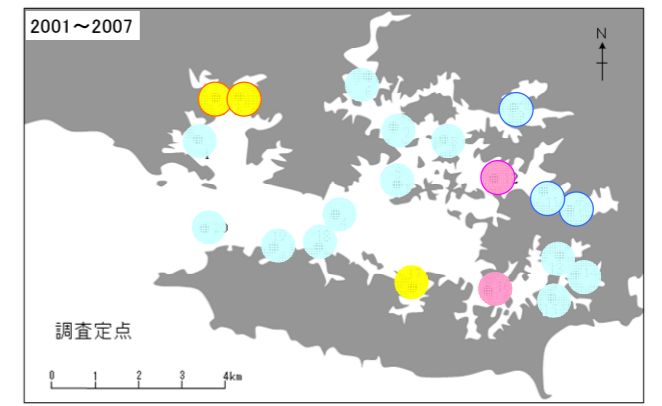
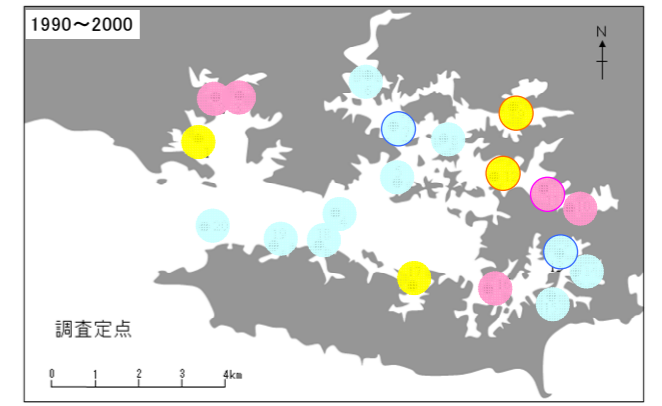
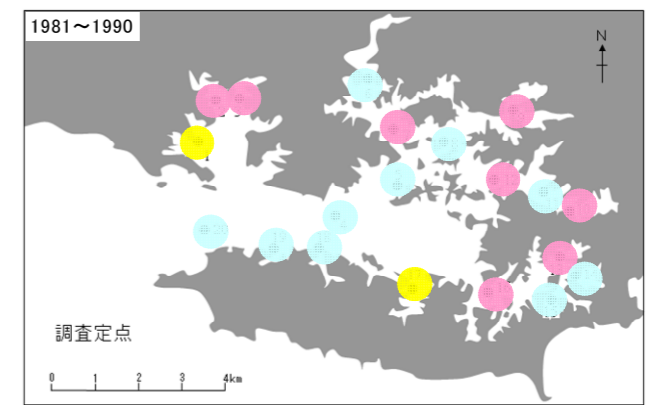
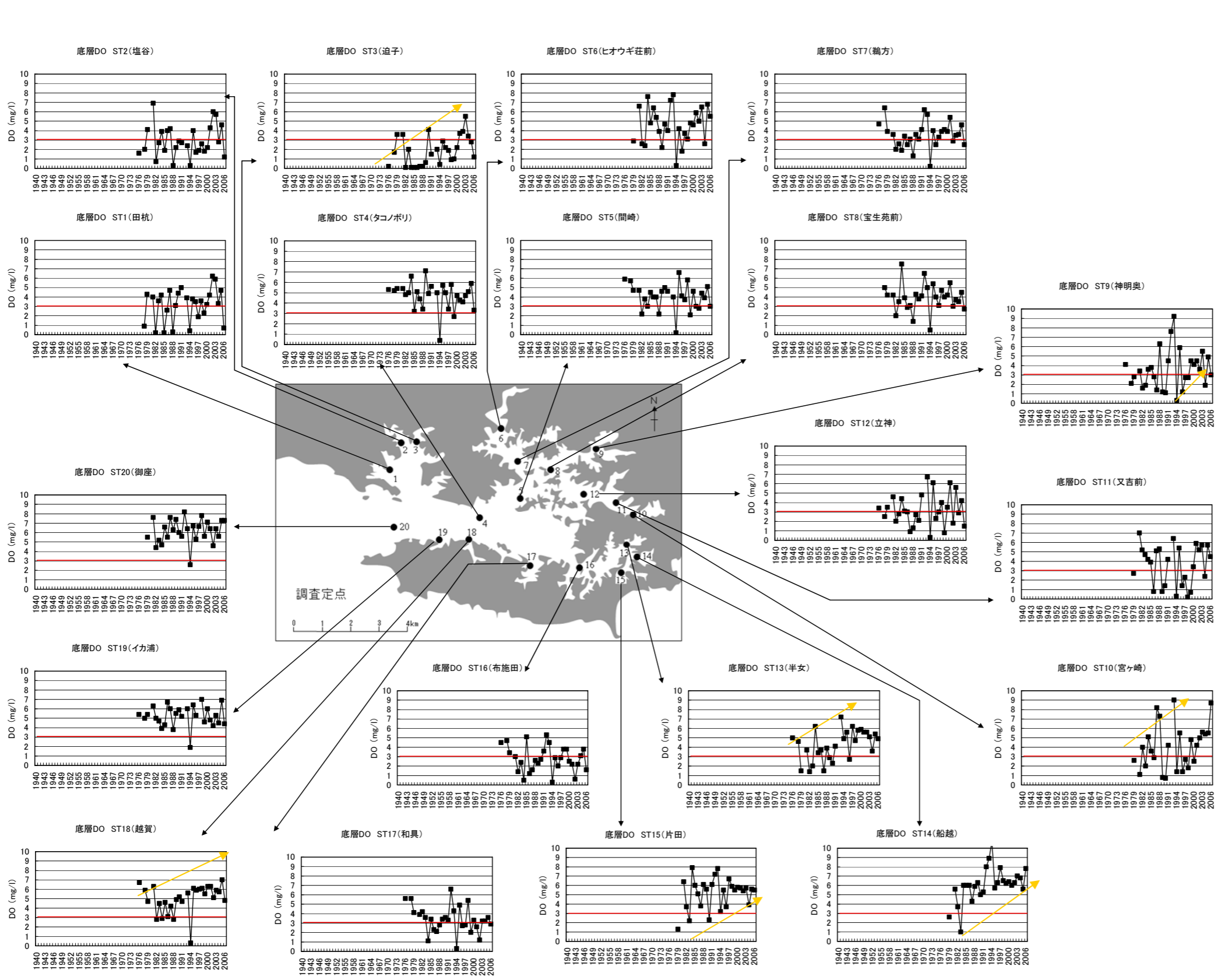


図 3.6 英虞湾における貧酸素水の発生状況（1999年～2007年）



各期間における
貧酸素(3.0mg/L未満)
の発生割合(夏季)

- 50%以上
- 30~50%
- 30%以下

※各年1回の調査

図 3.7 英虞湾における溶存酸素量の変遷(各地点)

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 判定となった生息環境は C 判定となりました。再検査における所見は以下のとおりです。

生息環境

生息環境について、過去 50 年程度の貧酸素水の発生状況から検査した結果、英虞湾では 1950 年代から貧酸素水が確認されていました。また、近年も湾奥の立神を中心に毎年夏季に貧酸素水が発生しており、1950 年代に比べて貧酸素水の発生頻度が増加していることがわかりました。

英虞湾における生物の生息環境は、長い期間でみても不健康であることがわかります。

再検査では、一次検査において C 判定となった生息環境を貧酸素水の発生状況で確認しましたが、貧酸素水の溶存酸素量は堆積・分解にも関係する検査項目でもあるので、堆積・分解の不健康さも心配されます。

以上のように、再検査によって英虞湾が不健康であることがわかったので、その原因を究明する精密検査を行います。

精密検査では、生息環境が不健康となった原因を究明するために、総合的に検査していくことが必要です。

3.4 二次検査<精密検査>

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。精密検査では、英虞湾の環境の変遷を整理した上で、海域の健康状態（症状）とそれを左右する様々な要因（原因）を歴史的に重ね合わせて診ることで、英虞湾の病歴を整理し、不健康の原因を究明していきます。

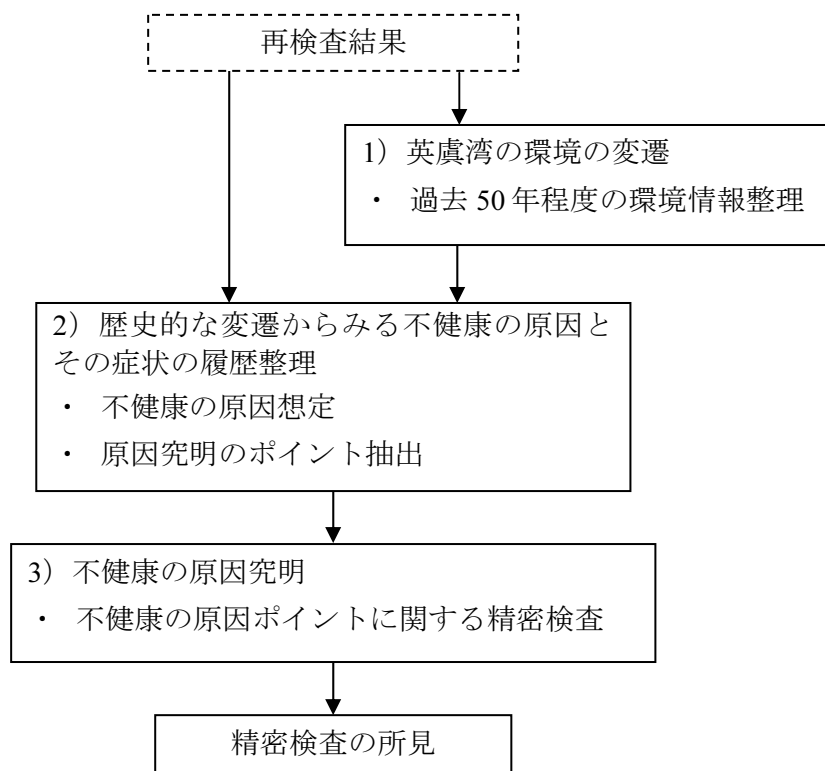


図 3.8 精密検査の流れ

1) 英虞湾の環境の変遷

再検査での所見を受けて、英虞湾の環境情報を詳しく整理しました。特に、一次検査では過去 20 年間の検査対象としていましたが、実際に英虞湾の環境が大きく変化した時期が 20 年以上前にあるので、ここでは、さらに長期間にわたる英虞湾の変遷について振り返ってみました。

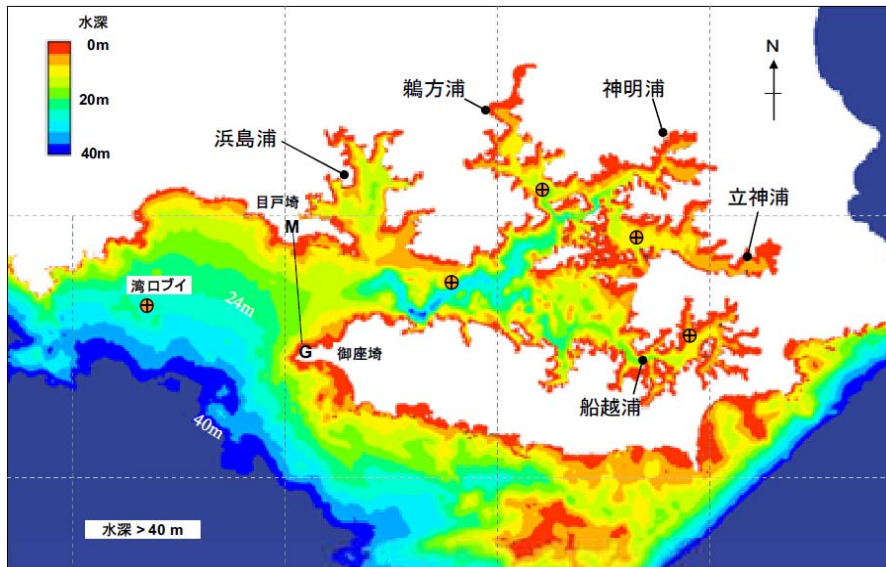
ア) 英虞湾の干潟・浅場の多くは元禄時代に消失

英虞湾は、海岸線が複雑に入り組んだりアス式海岸をもち、平均水深が 10.5m と全体的に浅い湾です。海岸線の入組んだ湾奥はさらに浅く、5m よりも浅い場所（干潟・浅場など）が多く存在しています。

干潟・浅場を代表とする生物の“生息空間”は、川から流れ込む栄養を一旦吸収し、直接海に流れ込むことを緩衝する重要な場所です。生息空間が減少することによって、川から流れ込んだ栄養が直接海底に達しやすくなることによって、過大な栄養が海底に堆積することが心配されます。

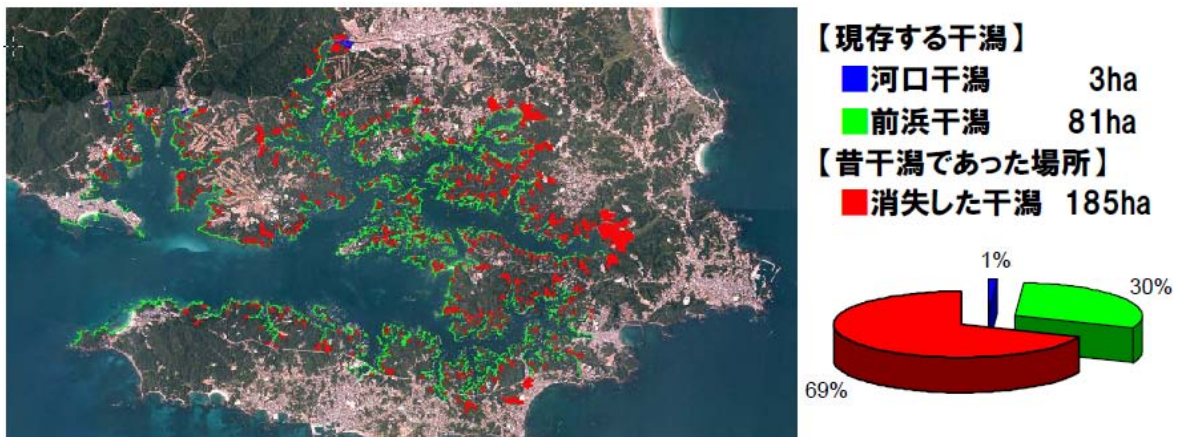
現在、河口付近に形成された河口干潟が 3ha、大きな河川の流入のない海岸部に形成された前浜干潟が 81ha、合計 84ha が英虞湾内に存在しています。しかし、かつて英虞湾には、英虞湾の海域面積 2,710ha の約 10%にあたる約 269ha もの干潟が存在していました。これらの多くの干潟は、元禄時代から水田開墾などのための干拓によって急激に減少しました。その後は急激な減少はないものの、徐々に減少し、約 70%の干潟が英虞湾からなくなりました。

このような干潟の減少は、現在の私達の生活様式とは大きく異なる古い時代の出来事ではありますが、徐々に英虞湾の健康を蝕み、その影響が近年になって顕在化してきた可能性も否定できません。過去に多くの干潟が失われ、干潟がもっていた栄養を蓄えたり分解する機能が失われたと考えられます。



出典) 「英虞湾物質循環調査研究報告書～豊かな里海の創生に向けて～」(平成 20 年 3 月、三重県)

図 3.9 英虞湾の水深



出典) 「英虞湾～新しい里海へ～」(平成 19 年 12 月、(財) 三重県産業支援センター、三重県科学技術振興センター 水産研究部)

図 3.10 英虞湾の干潟の変化

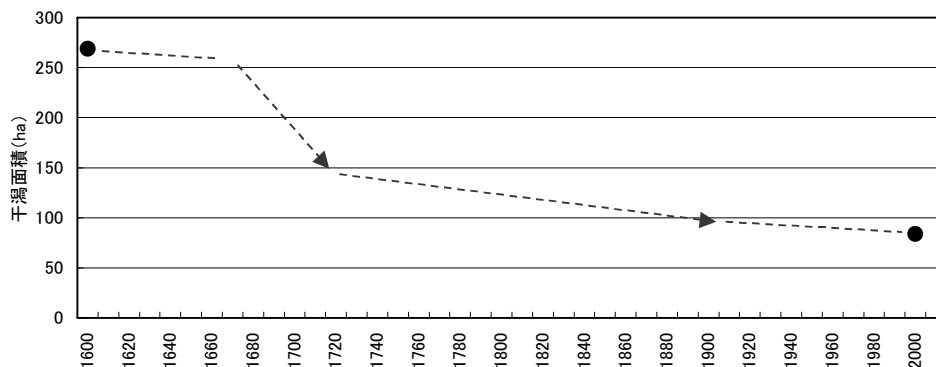


図 3.11 1600 年代からの長期的な英虞湾における干潟面積の変遷の想定

イ) 英虞湾では魚介類の漁獲量が減少

英虞湾に流れ込んだ栄養は生物に取り込まれますが、そのまま、その場で生物が死んでしまうと、栄養は湾内に蓄積するばかりです。漁業は生物を海から取り出すという形で、湾の栄養の循環の一部を担っています。

英虞湾では、ナマコやクルマエビ、ガザミ、アサリといった海底に生息する生物を漁獲したり、モズクやミルといった海藻を採り上げたりと様々な漁業が行われています。その漁獲量は、1960年頃までは採貝をはじめ、採藻、底曳網などで毎年200t以上あり、最大で850t(1959年)もありました。しかし、1963年以降急激に減少し、50t以下の漁獲量しかありません。2000年以降は20t以下で推移しています。

このような漁獲量の減少は、英虞湾内の魚介類が減少したこと、また、漁業者の減少が理由として考えられます。どちらがより影響しているのかは不明ですが、漁獲量の減少は、栄養の取り上げ量の減少につながり、湾内に残存する栄養が増加していると考えられます。

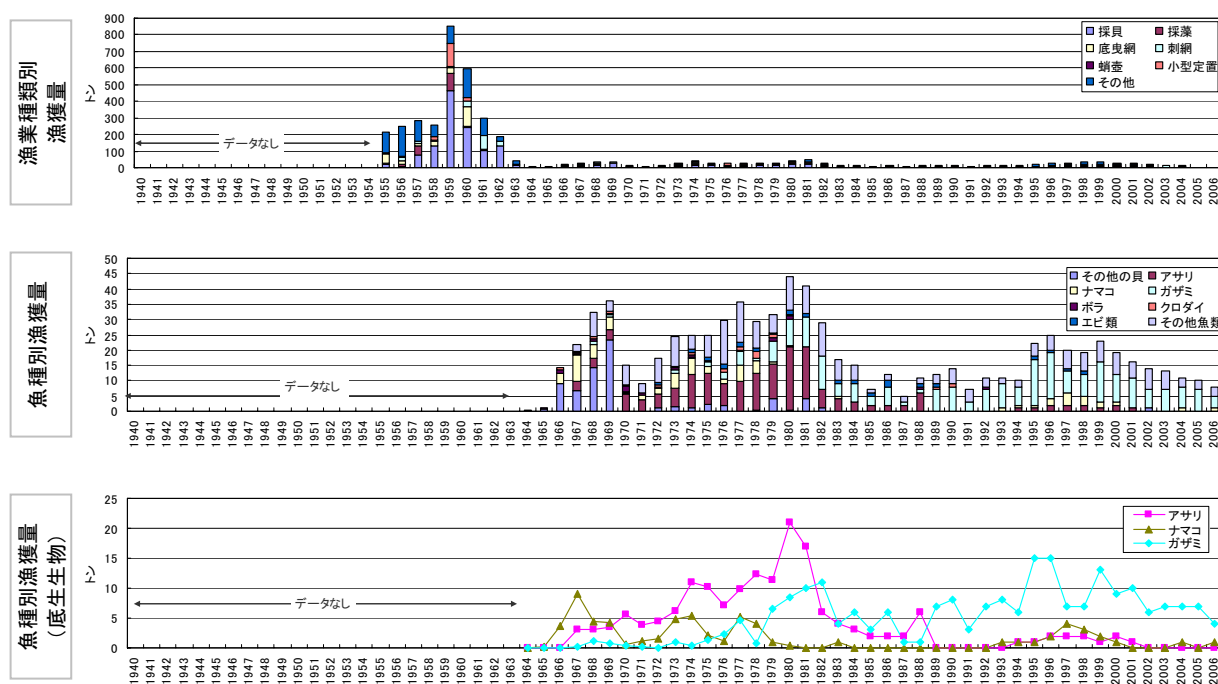


図 3.12 英虞湾内の沿岸漁業漁獲量の変遷

ウ) 1960年代後半からアオサ養殖量が急増

英虞湾では前述したとおり、沿岸漁業による魚介類の漁獲量は減少していますが、1960年代後半からはアオサ（アオノリ、ヒトエグサ）養殖によっても栄養を取り上げています。

アオサ養殖は1960年代後半から急激に生産量が増加し、1978年に最大の465tを生産しています。その後生産量は減少し、近年はピーク時の半分程度の生産量となっています。

アオサは、成長する際に、二酸化炭素を吸収するとともに酸素を放出しています。そのため、アオサは海水中から栄養を除去するだけでなく、海水中へ酸素を供給するという効果ももっています。

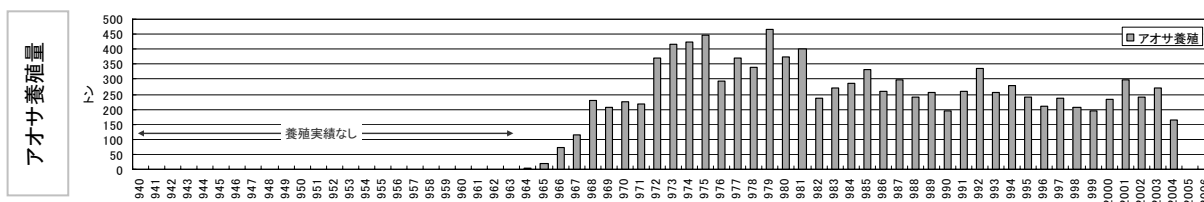


図 3.13 アオサ養殖量の変遷（英虞湾）

エ) 英虞湾での歴史の長い真珠養殖

英虞湾は真珠養殖発祥の地として知られ、古くからアコヤガイによる真珠養殖が盛んに行われています。

1893年（明治26年）、御木本幸吉がアコヤガイを用いた真珠養殖に成功した後、英虞湾周辺での真珠養殖が盛んに行われるようになりました。現在でも、三重県の真珠生産量の70%以上を占めるほど、英虞湾は真珠養殖の中心的存在となっています。

英虞湾での真珠養殖は、昭和初期に第一次真珠増産期がありましたが、戦争により1945年（昭和20年）の終戦まで一時的に中断していました。その後、1950（昭和25年）年頃から真珠養殖経営体数、真珠生産量は増大していきます（第二次真珠増産期）。1966年には最大の13,722貫（三重県）を生産しましたが、過剰生産、品質低下によって真珠不況となり、経営体数、生産量ともに減少していきます。また、真珠生産量の増加に伴い、それまで採貝により確保してきた天然母貝だけでは母貝が不足するようになったため、天然採苗による母貝用の稚貝も養殖するようになり、母貝生産量も増加しました。しかし、母貝養殖も真珠不況に伴い1965年をピークに減少に転じています。

真珠の養殖は、沿岸漁業による魚介類の漁獲やアオサ養殖と異なり、単純な栄養の取り上げだけでは考えられません。アコヤガイは主に海中の植物プランクトンを食べて成長するので、浜揚げ時には栄養の取り上げになります。しかし、アコヤガイを一定期間同じ場所で成育するため、アコヤガイの糞や貝殻への付着生物の掃除などによって海底に有機物を溜めてしまうという副作用があります。

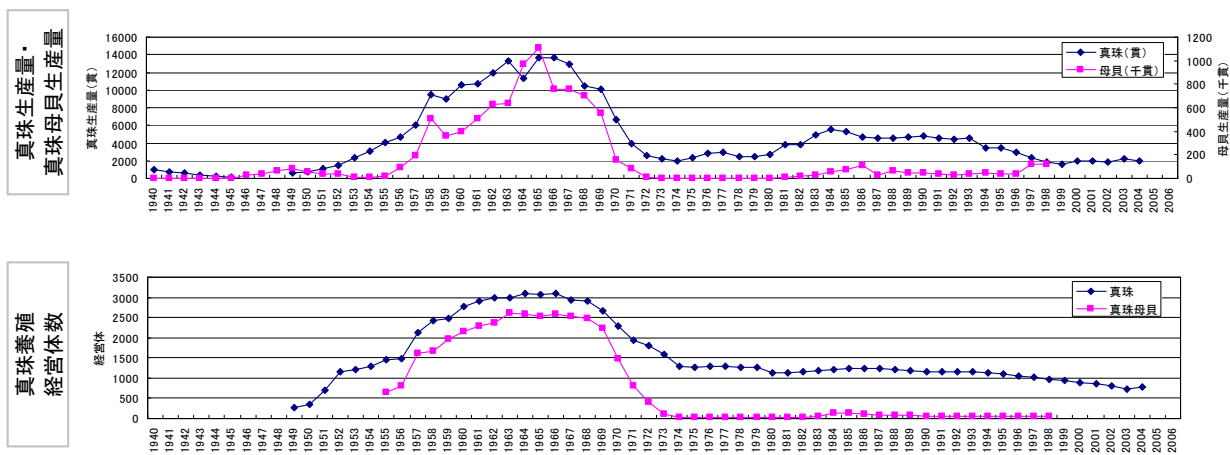


図 3.14 真珠生産量・母貝生産量・真珠養殖経営体数の変遷（三重県）

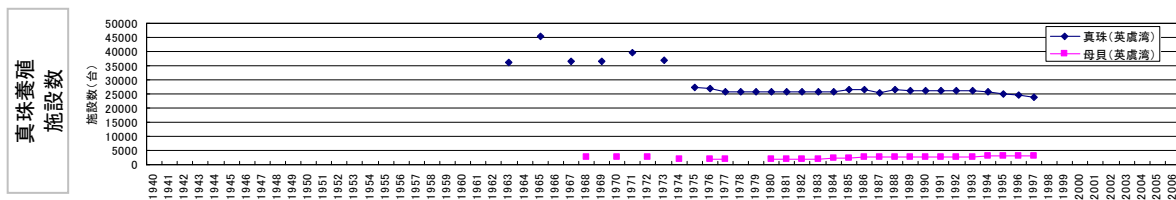


図 3.15 真珠養殖施設数の変遷（英虞湾）

オ) 陸域からの発生負荷量は依然増加傾向

英虞湾周辺の陸域の状況はどのように変化してきたのでしょうか？

英虞湾を囲む志摩市（旧阿児町、志摩町、大王町、浜島町）の人口は約 4 万人で、概ね横這い傾向でしたが、近年減少しています。また、1970 年に近鉄志摩線で賢島まで特急が乗り入れたことにより、その頃から伊勢志摩地域の観光客数が増加しています。志摩市の観光客数は 500 万人程度で推移しています。それに伴い、陸域で発生する負荷量は 1950 年から 1990 年にかけて増加傾向にあります。特に、私達の家庭から出る生活系、工場や事業所から排出される産業系による負荷量が顕著に増加しています。

志摩市では、公共下水道や農業・漁業集落排水などの生活排水処理施設の整備率が低く、家庭からの排水処理はし尿のみを処理する単独浄化槽※が多く設置されたまま残っています。単独浄化槽では生活雑排水が処理されないため、生活雑排水がそのまま英虞湾に流れ込んでしまいます。そこで志摩市では、英虞湾の水質悪化を防ぐため、下水道の整備や合併浄化槽への転換を推進しています。なお、し尿も処理可能な施設を設置していない家庭から出るし尿（汲み取りし尿）や浄化槽汚泥は、2007年に廃棄物処理法で全面禁止されるまで外洋に海洋投棄されていましたが、全面禁止以降は、鳥羽志勢広域連合のし尿処理施設（鳥羽志勢クリーンセンター：2007年から稼動）で処理が行われています。

また、英虞湾周辺の陸域の土地利用も変化しています。英虞湾周辺では、過去50年程度で田畑が減少し、山林や宅地が増加しています。特に林野面積（山林・原野）は7ha程度面積が増加しています。また、かつては薪炭採取などのため樹木を伐採していたため、はげ山も見られましたが、近年は緑豊かな状態になっていることが写真から見て取れます。このような陸域環境の変化が英虞湾の海域環境の変化に関係していることも考えられます。



【1960年（昭和35年）】



【2007年（平成19年）】

出典) 志摩市資料

図 3.16 英虞湾周辺の景観の変化（登茂山公園）

※ 浄化槽：単独浄化槽と合併浄化槽に分類される。単独浄化槽は、し尿（便所汚水）だけを処理し、合併浄化槽はし尿と生活雑排水を併せて処理する。

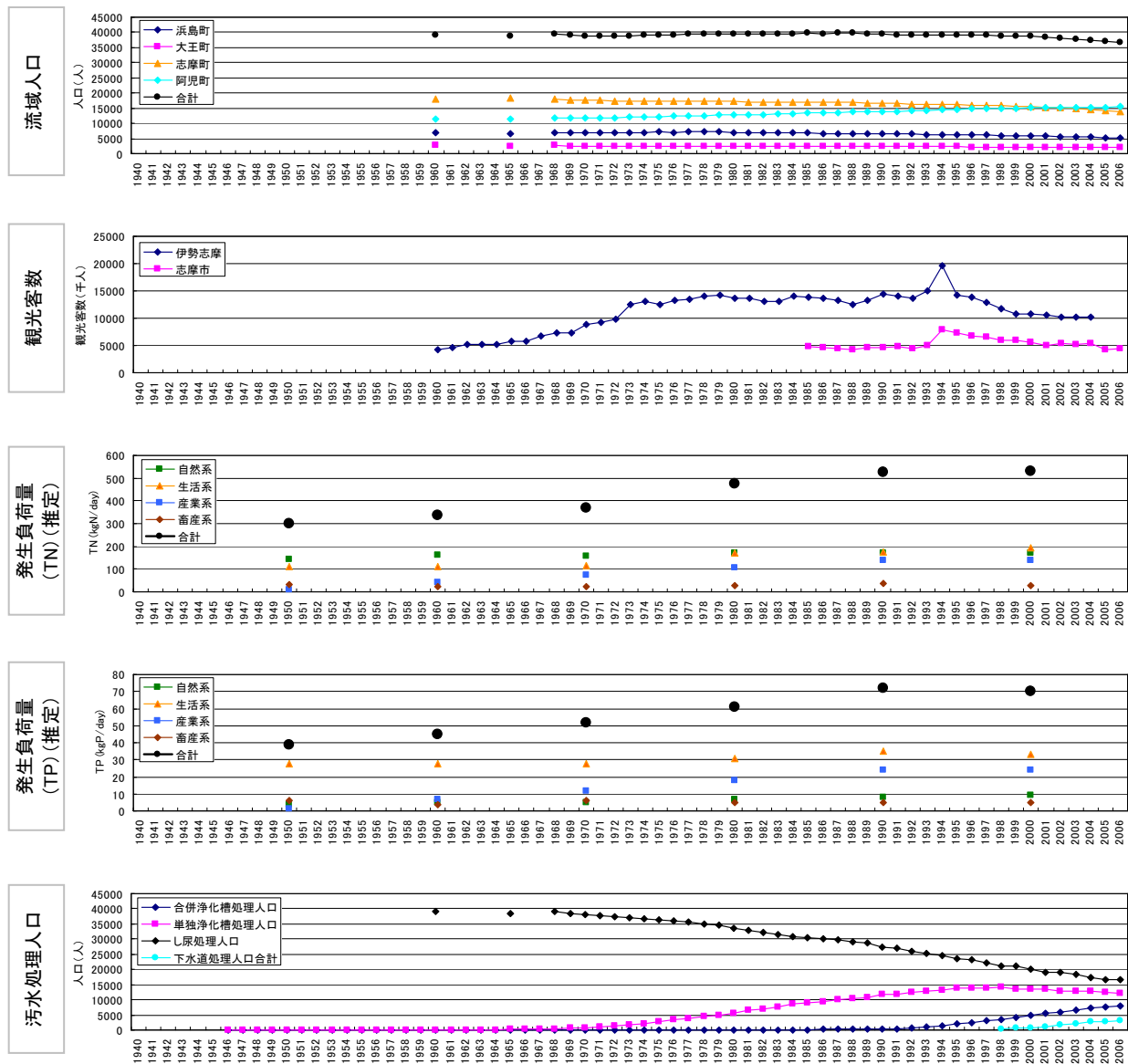
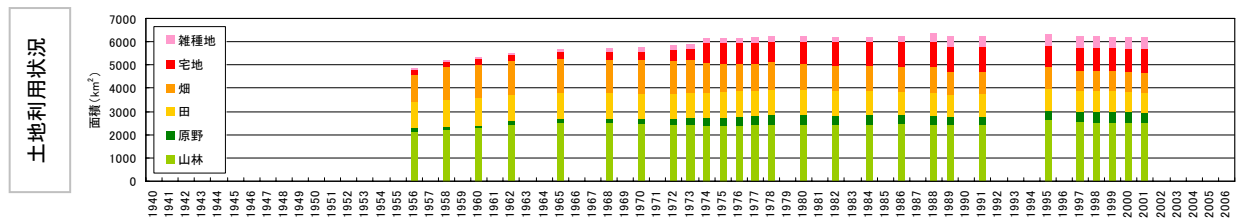


図 3.17 英虞湾周辺の人口・観光客数・推定発生負荷量・汚水処理人口の変遷



注) 旧阿児町、志摩町、大王町、浜島町の4町の合計を示す。

図 3.18 英虞湾周辺の主な土地利用の変遷

カ) 海水中の栄養は 1990 年頃にピーク

英虞湾の海水中の COD は、測定が開始された 1970 年代後半から増加し、1990 年頃をピークに湾内全域で高くなっています。その後は 1991 年から 1992 年に急激に減少し、以降横這い傾向にあります。溶存無機態窒素 (DIN) やリン酸態リン ($PO_4\text{-P}$) には COD ほどの顕著な傾向はみられませんが、 $PO_4\text{-P}$ は 1991 年に湾内全域で高くなっています。また、DIN と $PO_4\text{-P}$ は表層よりも底層で高い値が確認されています。これは、底層において、底泥から栄養が溶出しているからかもしれません。また、1990 年頃のピーク時にも、底泥からの栄養の溶出が影響している可能性が考えられます。

海水中の栄養は、生物の食物網に取り込まれ、随時利用されていきます。湾内の栄養のうち、どの程度が生物の食物網に入り込み利用されているのかはわかっていませんが、利用する生物が少なければ、また、過剰に栄養があれば、余剰となって海底に有機物として沈降・蓄積します。

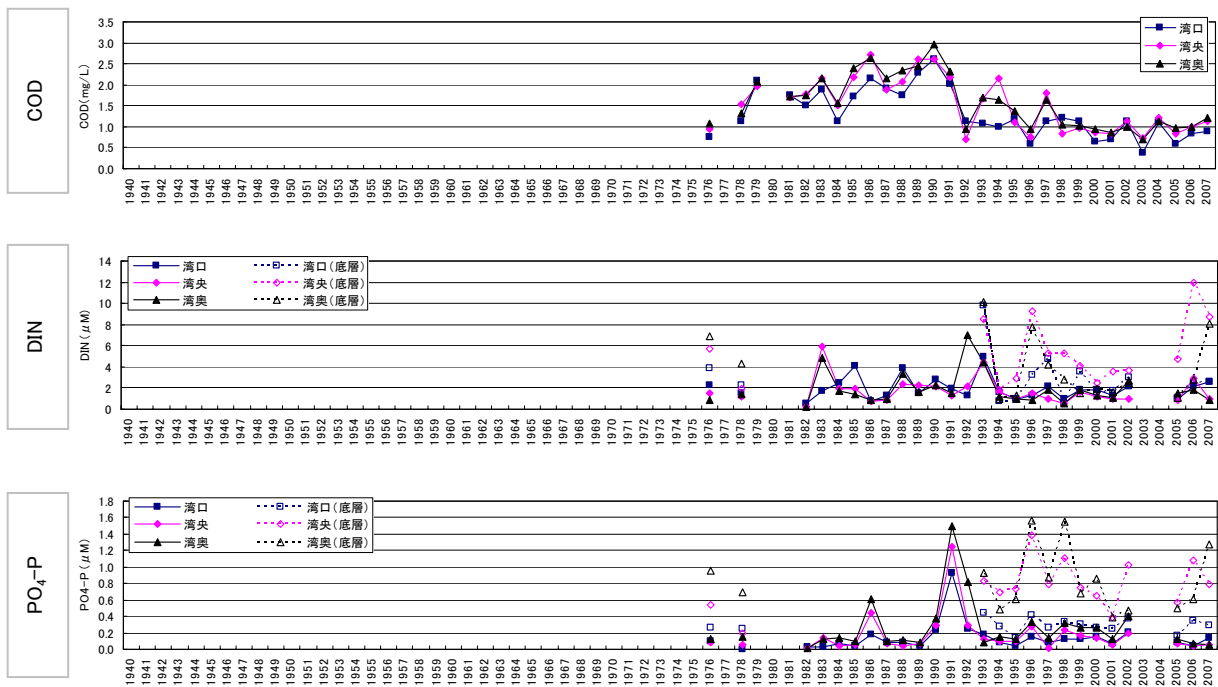


図 3.19 英虞湾の海水中の栄養の変遷

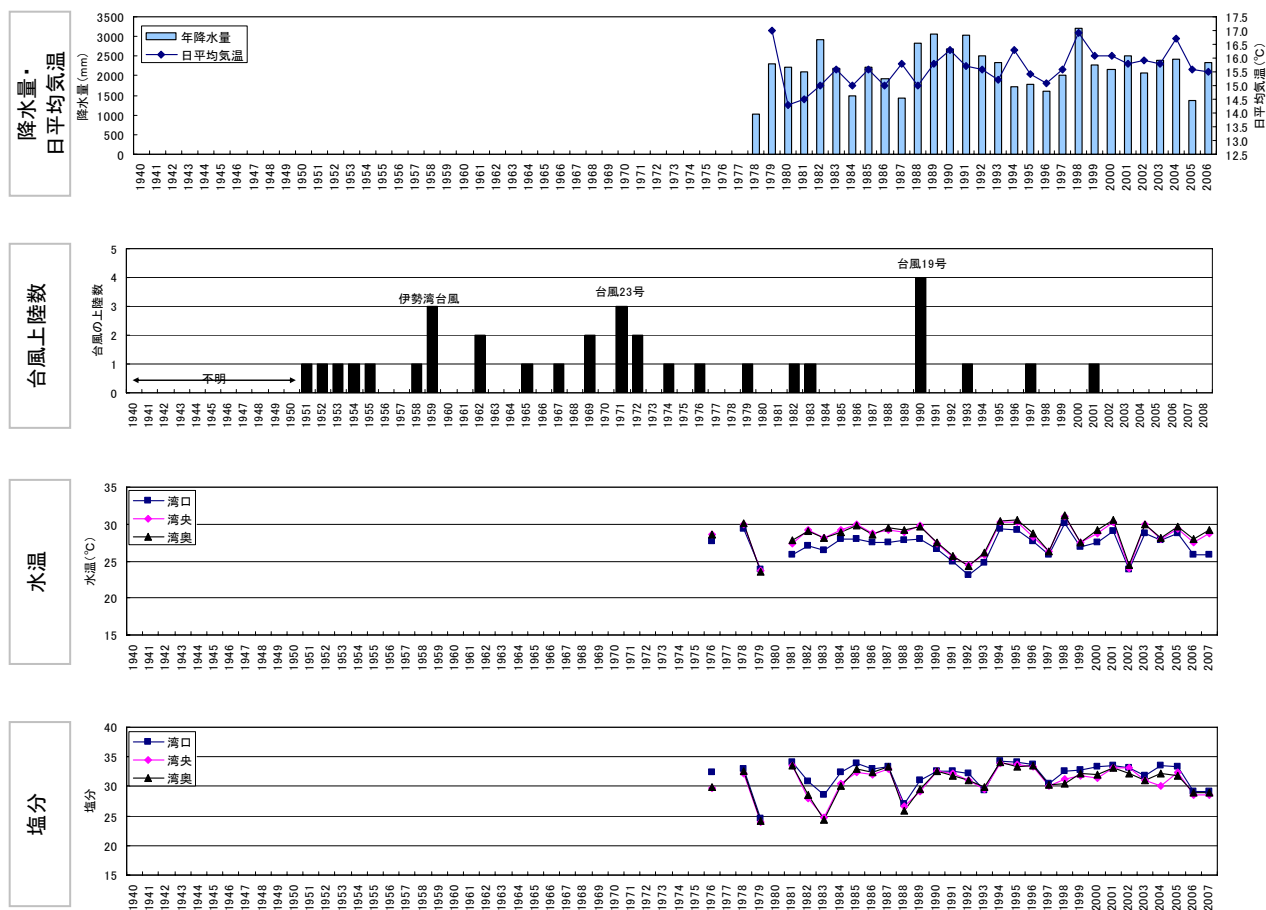
キ) 英虞湾周辺への台風上陸頻度は近年減少

英虞湾を取り囲む気象や海象の変化も海域の環境に影響を及ぼします。

英虞湾周辺の自然環境として降水量と平均気温を確認してみると、データの ある 1978 年以降顕著な変化はみられていません。しかし、台風の上陸数は、

1950年代から1970年代までは2~3年に一度台風が上陸しているのに対し、1980年代以降は各年代1~3回しか上陸しておらず、台風の上陸頻度が減少している様子がうかがえます。また、英虞湾内の水温・塩分には顕著な変化はみられていません。

台風は養殖筏を壊したり、流出させたりと悪い面が強調されがちですが、海水を攪拌し、躍層を破壊するため、湾内の環境をリセットしてくれるという良い面も持ち合わせています。一般に、海水中の躍層が強くなると貧酸素水塊が発生しやすくなるといわれているため、夏季の躍層が形成されやすい時期に台風が通過すれば、貧酸素水塊の発生抑制にもつながると考えられます。また、貧酸素水塊が発生している時には、周囲の海水と混ざり合うことによって貧酸素水塊が消滅します。近年は、台風の上陸頻度が減少していることから、台風による貧酸素水塊の発生抑制や消滅の可能性も低下していることが考えられます。



備考 1) 降水量及び平均気温は南伊勢での観測値である。

備考 2) 台風の上陸数は、過去の台風経路図から東海地方に台風が上陸した件数を示す。

図 3.20 英虞湾周辺の気象状況と湾内の水温・塩分環境の変遷

ク) 湾奥ほど底質の有機物が多量

英虞湾では、古くから海底に有機物が堆積していることが問題となっています。

1966年の英虞湾における底質の分布状況(図3.21)をみると、有機炭素、硫化物ともに概ね鵜方、立神、波切、船越、片田、布施田、浜島といった湾奥部で値が高くなっています。また1966年には既に英虞湾の湾奥部のほとんどで底質が悪化していたこともわかります。

1977年の英虞湾における底質の分布状況(図3.22)をみても、COD及び硫化物は、1966年時点で底質悪化漁場とされた、鵜方、波切、塩屋、迫子で値が高くなっています。

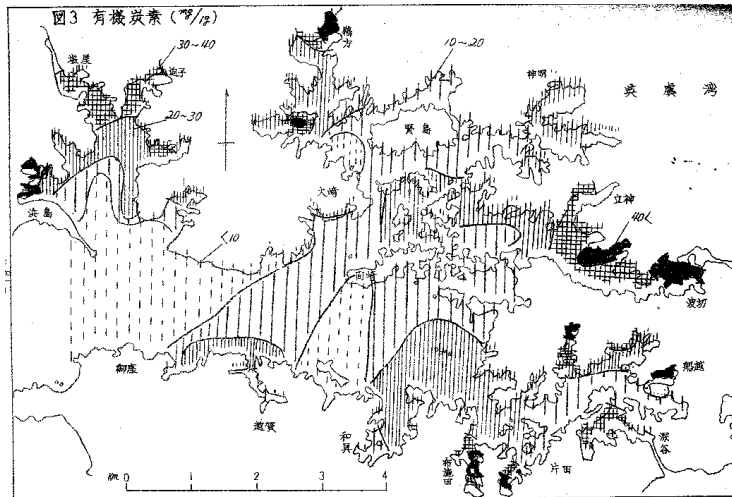
また、項目毎の経年的な変遷をみると(図3.23)、CODは湾口では1980年代以降横這い傾向にありますが、湾央・湾奥では1980年代から微増傾向にあり、1990年代に入ると急激に増加しています。一方、硫化物(AVS)は、湾口・湾央では1970年代以降概ね横這い傾向にありますが、湾奥では増減を繰り返しつつも1990年代後半から減少傾向にあることがうかがえます。

これらの項目を地点毎にみると(図3.24)、湾奥部に位置する地点ほどCODと全窒素の値が高く、1990年代には、より湾央の地点でも底質が悪化しており、有機物含有量の多い範囲が拡大している様子がうかがえます。

これらのことから、英虞湾では、1960年代から底質が悪化しており、特に1970年代以降、湾奥を中心にCOD及び硫化物が底生生物に影響がある30mg/g(COD)、1mg/g(硫化物)を超える高い値となっていることがわかります。

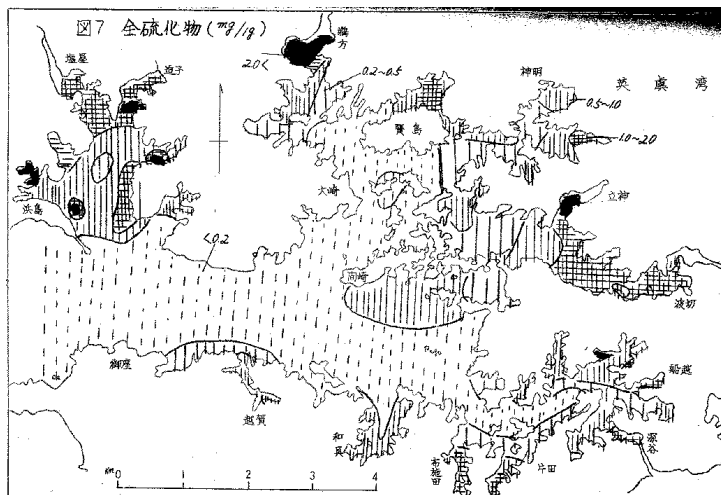
水産用水基準では、底質のCODについて、20mg/gまでを正常泥、20~30mg/gまでを初期汚染泥、30mg/g以上を汚染泥と定義しています。また、底質の硫化物について、0.2mg/gまでを正常泥、0.2~1.0mg/gまでを初期汚染泥、1.0mg/g以上を汚染泥と定義しています。この基準に当てはめると、英虞湾の底質はCODでは湾央と湾奥で、硫化物では湾奥で汚染泥にあたります。

このように過剰な海底の有機物を分解するために酸素が消費され、貧酸素水の発生につながっていることも考えられます。



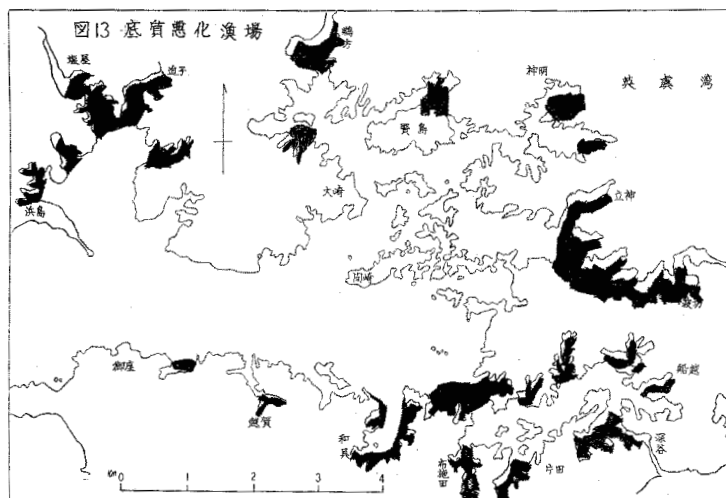
出典) 「昭和 41 年度 浅海漁場開発事業調査報告書 (I) -真珠養殖漁場の底質改良に関する諸調査-」 (昭和 42 年 3 月、三重県)

図 3.21(1) 英虞湾における底質分布状況 (1966 年、有機炭素)



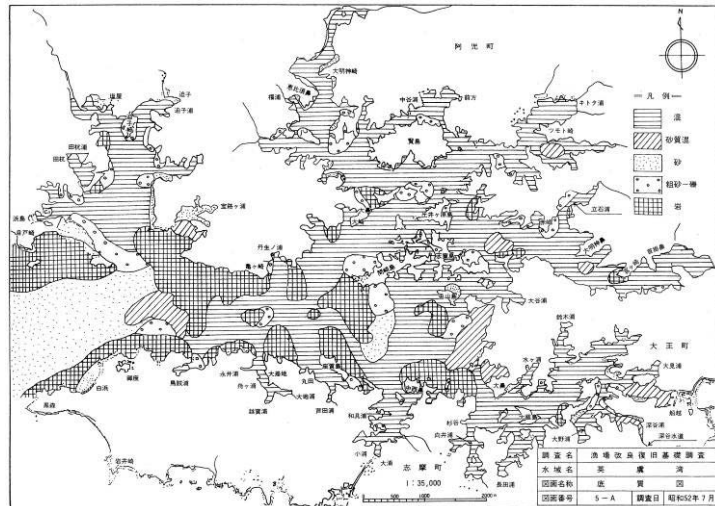
出典) 「昭和 41 年度 浅海漁場開発事業調査報告書 (I) -真珠養殖漁場の底質改良に関する諸調査-」 (昭和 42 年 3 月、三重県)

図 3.21(2) 英虞湾における底質分布状況 (1966 年、硫化物)



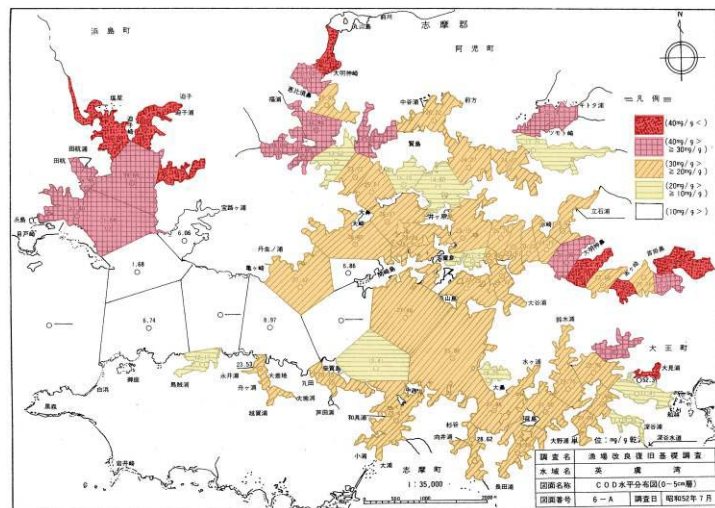
出典) 「昭和 41 年度 浅海漁場開発事業調査報告書 (I) -真珠養殖漁場の底質改良に関する諸調査-」 (昭和 42 年 3 月、三重県)

図 3.21(3) 英虞湾における底質悪化漁場の分布 (1966 年)



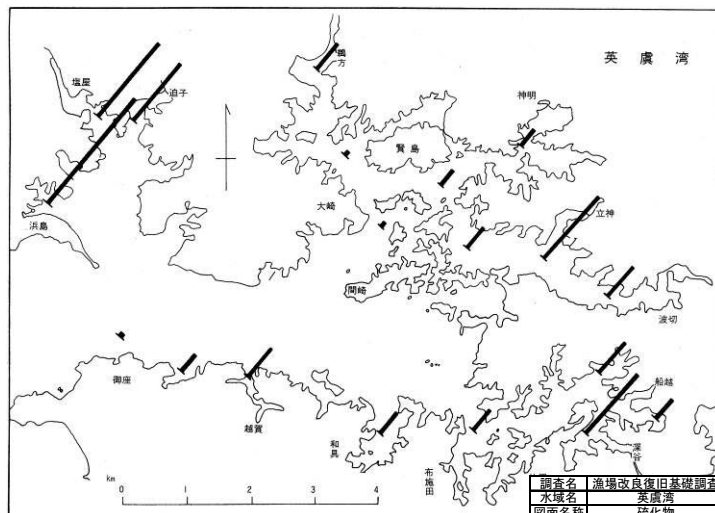
出典) 「英虞湾漁場環境調査結果報告」 (昭和 56 年 3 月、英虞湾汚染対策協議会)

図 3.22(1) 英虞湾における底質分布状況 (1977 年、底質性状)



資料) 「英虞湾漁場環境調査結果報告」 (昭和 56 年 3 月、英虞湾汚染対策協議会) より作成

図 3.22(2) 英虞湾における底質分布状況 (1977 年、COD)



出典) 「英虞湾漁場環境調査結果報告」 (昭和 56 年 3 月、英虞湾汚染対策協議会)

図 3.22(3) 英虞湾における底質分布状況 (1977 年、硫化物)

湾央・湾奥において高値が続いている

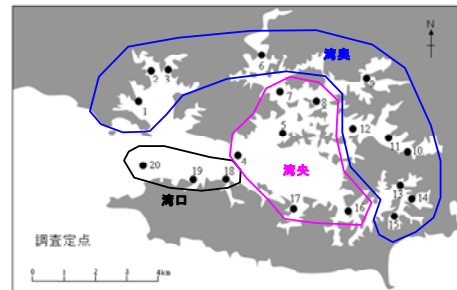
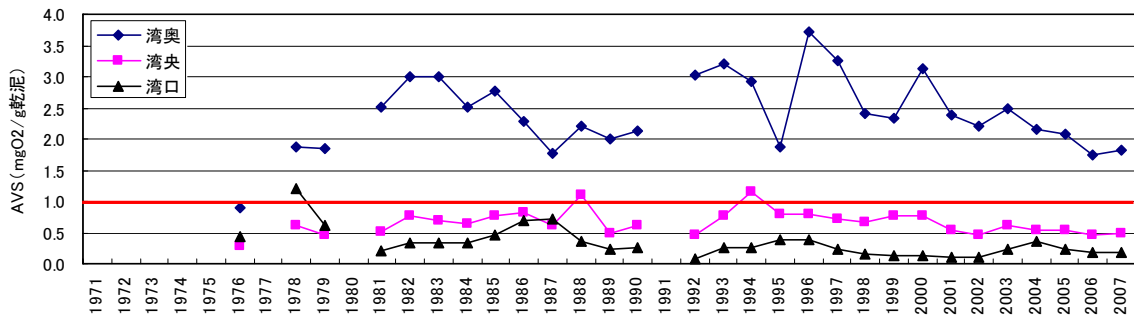
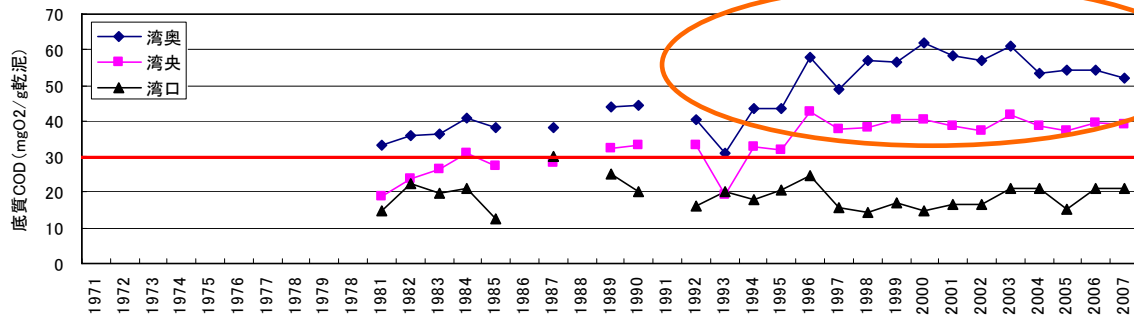
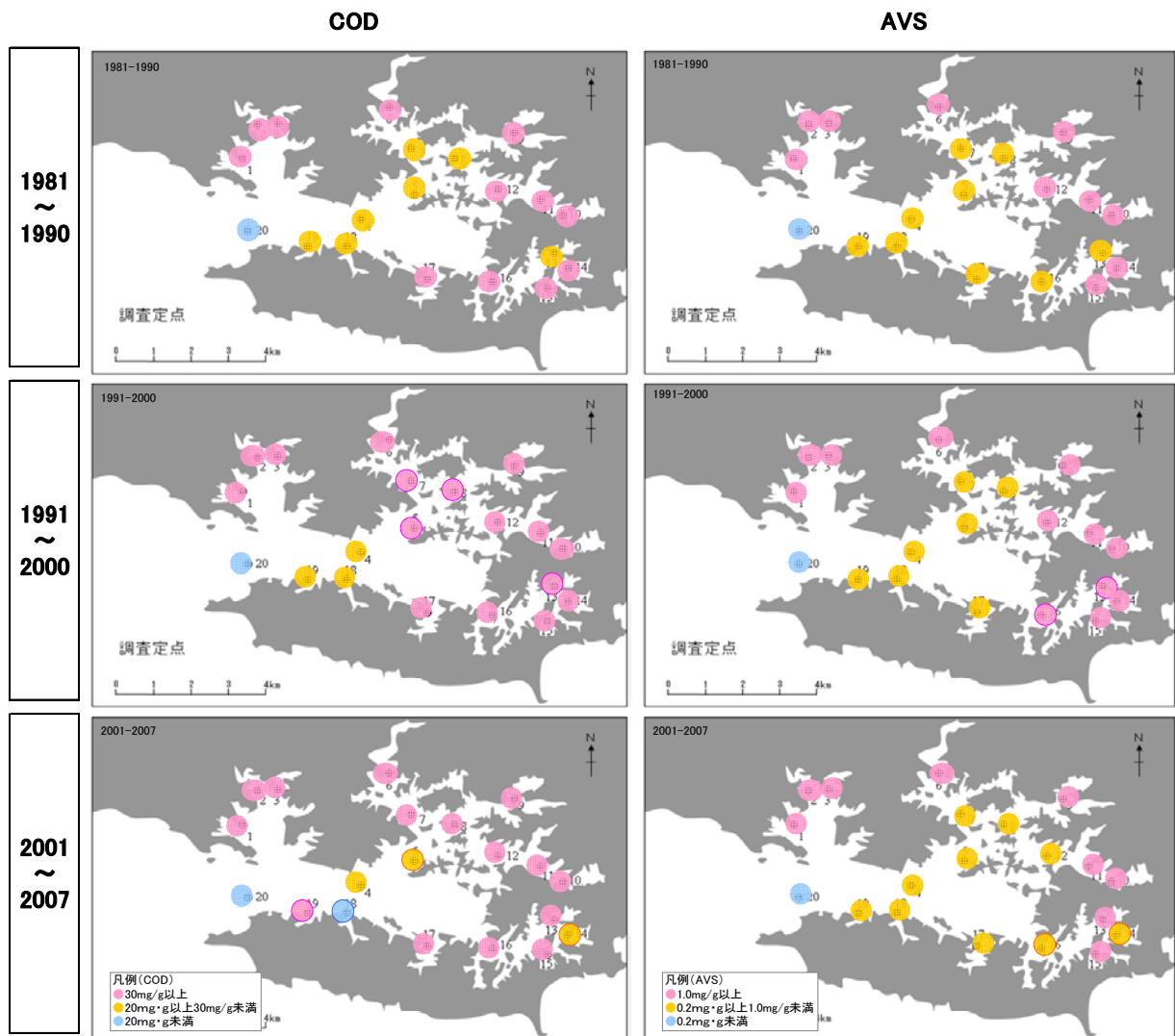


図 3.23 英虞湾における底質の経年変化（1971 年以降）



注1) 各年代の平均値で評価している。

注2) 円の外周の色は前の年代からの変化を示す。●は前の年代より悪化したことを、●●は前の年代より改善したことを示す。

図 3.24 英虞湾における底質の経年変化（地点毎、1981 年以降の各年代）

ケ) 赤潮は昔から発生、近年赤潮構成種が変化

英虞湾では、古くから赤潮の発生が確認されています。1892年（明治25年）、1900年（明治33年）、1905年（明治38年）に赤潮が発生し、被害を受けたという記録があります。過去30年程度の間では、年間8件以下で概ね横這い傾向にあります。しかし、赤潮化する植物プランクトンの種類構成が近年変化しています。特に、赤潮発生時に被害の大きい渦鞭毛藻に関してみると、1990年以前は *Karenia mikimotoi* による赤潮が頻繁に発生し、漁業被害を出していました。1990年以降、*Karenia mikimotoi* の出現は減少し、新たに *Heterocapsa circularisquama* が発生するようになりました。この新しく出現した種は、1992年に英虞湾で大発生して以来、頻繁に赤潮化していますが、二枚貝を殺す毒性があるため、アコヤガイを斃死させ、真珠養殖業に大きな被害をもたらしています。

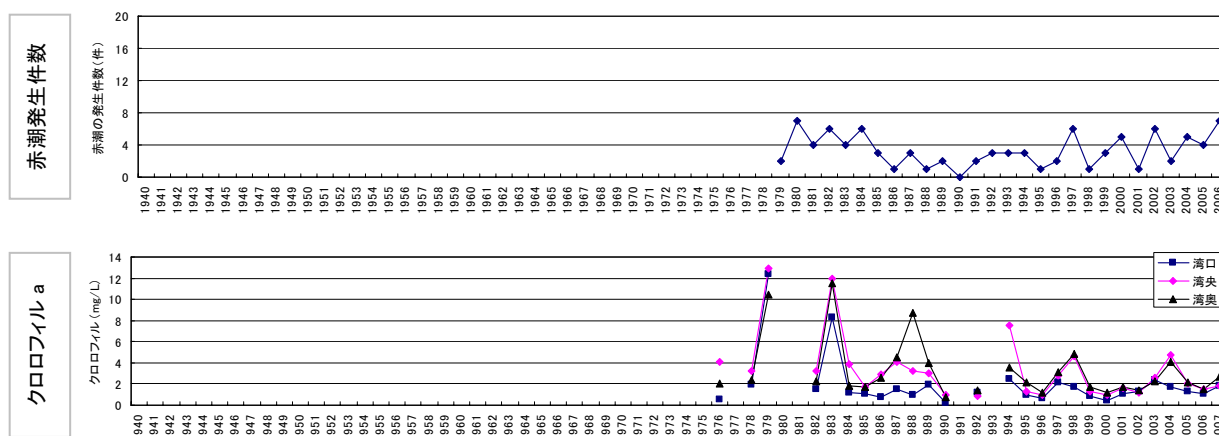


図 3.25 英虞湾における赤潮発生件数及び表層クロロフィル a 濃度の変遷

表 3.2 英虞湾における渦鞭毛藻赤潮の発生状況の変遷

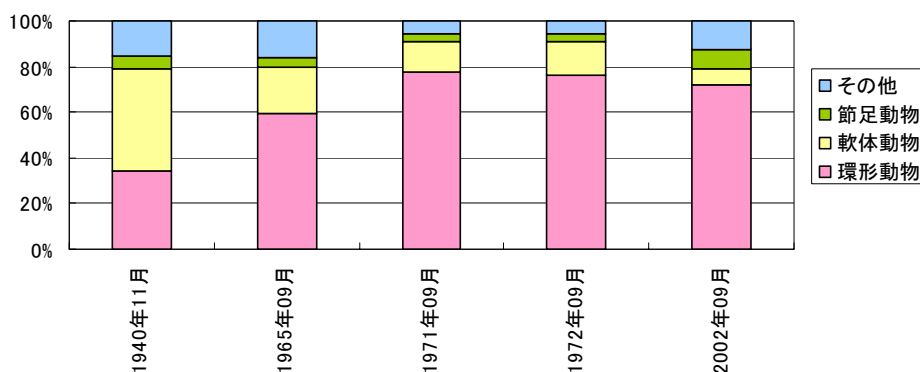
種名	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
<i>Gonyaulax polygramma</i>																													
<i>Heterocapsa circularisquama</i>															○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Heterosigma akashiwo</i>				○											○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Karenia mikimotoi</i>			○												○														○
<i>Noctiluca scintillans</i>				○		○																							
<i>Prorocentrum dentatum</i>			○																										

※各種とも英虞湾内で赤潮の報告があった年を○で示した。

コ) 底生生物は環形動物が優占

貧酸素水の影響を最も受ける、英虞湾の底に住んでいる生物はどのように変遷しているのでしょうか？実は、英虞湾には底生生物を調査した結果があまり多くありません。英虞湾で底生生物の調査が行われた、1940年（昭和15年）、1965年（昭和40年）、1971年（昭和46年）～1972年（昭和47年）、2002年（平成14年）の結果から、秋季の結果を抜き出し、分類毎の出現個体数の割合を比較してみました。1940年には貝類を始めとする軟体動物が45%を占め、最も多く出現しており、次いでゴカイなどの環形動物が約35%出現していました。25年後の1965年になると、軟体動物の出現割合が著しく減少し、約60%を環形動物が占めるようになりました。1971年以降も同様の傾向にあり、出現個体数の70%以上を環形動物が占める状況が続いています。

底生生物の種組成の変化は、底層の環境変化の影響を受けていることが考えられます。一般に、軟体動物よりも環形動物の方が貧酸素水への耐性があるといわれているため、貧酸素水の発生頻度の上昇などによる底層環境の悪化に伴い、貧酸素水に耐性のある種が増加しているものと考えられます。



備考) 割合は個体数の割合を示す。

図 3.26 英虞湾における底生生物の出現割合の変遷

2) 歴史的な変遷からみる不健康の原因とその症状の履歴整理

1) で項目毎に英虞湾の環境の変遷を振り返ってきました。それぞれの項目の変遷は整理できましたが、それぞれの変遷はどのように関係しているのでしょうか。そこで、英虞湾全体としての環境の変遷としてまとめ、その関係性を整理することによって、全ての症状の履歴がわかるだけでなく、不健康の原因を想定することが可能になります。

英虞湾における不健康の原因と症状の履歴を整理し、図 3.27 に示します。ここでは、英虞湾で実施されてきた環境改善施策についても追加して記載しました。

英虞湾では、古くから干潟・浅場が埋め立てられ、真珠養殖が行われてきました。1950年代以降の状況をみると、魚介類（漁獲）の減少、海底への有機物の蓄積、貧酸素水の発生など、様々な症状が出ており、過去に発生した現象の影響が現在も続いているといえます。また、それぞれの症状は単独で出現しているのではなく、互いに関連していることがわかります。

このような整理から、以下の2点を含む物質循環バランスの変化が不健康の原因と考えられます（図 3.27 中の赤矢印箇所）。

- ・ 再検査で C 判定が確定された生息環境（貧酸素水の発生）に強く影響を与えていると考えられる「海底への有機物の蓄積」
- ・ 「海底への有機物の蓄積」に関係すると考えられる「陸域の発生負荷量の増加」と「真珠生産量の増加」

この2点に関して、より詳しく検証し、不健康の原因を究明していきます。

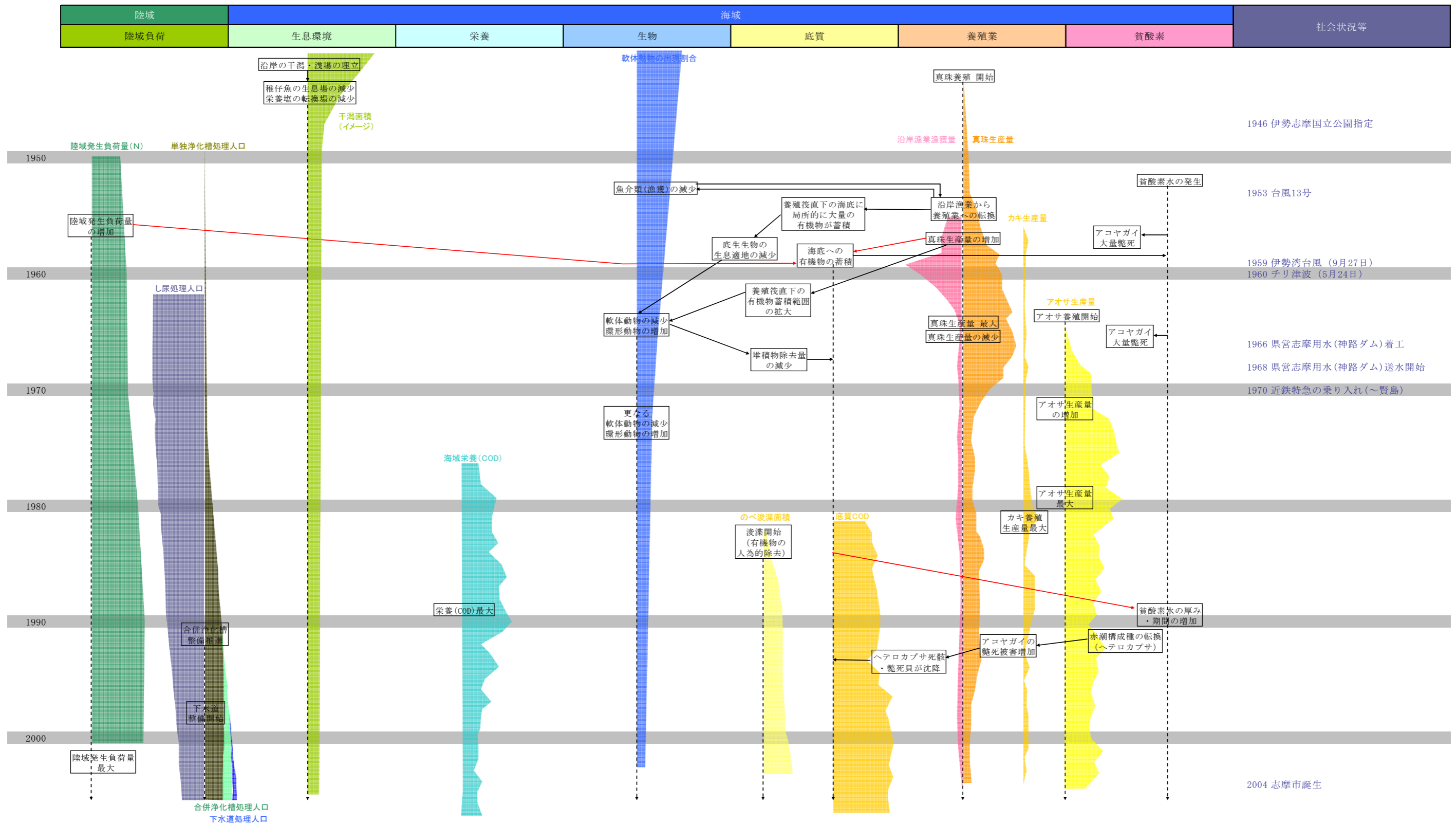


図 3.27 不健康の原因及び症状の履歴

3) 不健康の原因の究明

ア) 物質循環バランスの検討（陸域負荷と真珠養殖による海底への有機物沈降、除去の関係）

英虞湾における物質循環は非常に複雑であり、その全てを把握することは容易ではありません。そこで、英虞湾における物質循環バランスの変化を概念的にみるため、簡易的に、流入量と除去量、そして真珠養殖による海底への有機物沈降量に分類して検討を進めることとしました。

○ 流入量（陸域からの負荷）

英虞湾には、大きく分けて 2 つのルートから栄養が入ってきます。1 つは、河川や水路、もう 1 つは、外海水によるものです。

これらの流入する栄養の量は時代とともにどのように変化してきたのでしょうか？残念なことに、外海水からの流入量は詳細なデータがないためわかりません。そこで、ここでは陸域からの負荷量の変遷についてみてみます（外海水からの栄養の流入量は年代間での大きな違いがないと想定してみました）。

陸域の発生負荷量は 1950 年代から 2000 年代まで徐々に増加しており、50 年間で 2 倍近く増加しています（表 3.3）。英虞湾では陸と海が近いため、陸域で発生した負荷はすぐに英虞湾に流れ込んでしまいます。

志摩市では、公共下水道や農業・漁業集落排水などの生活排水処理施設の整備率が低く、また各家庭においても、生活雑排水を処理しない単独浄化槽を設置している世帯が多いことから、生活雑排水が処理されず河川や英虞湾に流れ込んでいると考えられます。そのため、発生する負荷量の増加が英虞湾内の栄養の増加に寄与していることは否めません。

表 3.3 陸域の発生負荷量の年代比較（窒素換算）

単位: tN/年

年代	陸域の発生負荷量(推定)				
	自然系	生活系	産業系	畜産系	合計
1950	53	41	3	12	109
1960	58	41	15	9	123
1970	58	42	26	8	135
1980	62	62	38	11	174
1990	63	65	51	13	191
2000	63	71	51	10	195

資料) 「英虞湾物質循環調査研究報告書～豊かな里海の創生に向けて～」(平成 20 年 3 月、三重県)より、負荷量の値 (kgN/day) を年間値に換算した。

○除去量（干潟・藻場の有する除去機能と漁業）

英虞湾のような閉鎖性海域で、浅い場所に存在する干潟・藻場といった環境は、栄養を貯留したり、様々な生物を通して栄養を系外（ここでは、英虞湾の外海や陸域のことをいいます）に運び出したり、水質浄化に関わる機能を有しています。この機能をイメージで示すと図 3.28 のようになります。

湾内に流入した栄養は、底生動物や海草藻類、底生藻類などが生存していくために使用され、生物の身体の中に溜まっていきます。そして、これらの生物が上位の魚や鳥に食べられたり、人間によって採取されたりすることで、栄養が湾内から取り出されます。一方、これらの生物に使用されなかった栄養は、海底に沈降し、海底に溜まっていきます。海底に溜まった有機物も、底生動物の餌になり、体内に取り込まれれば、食物連鎖の過程で系外に取り出されます。このような干潟・藻場のもつ機能により、湾内に流入する栄養や海底に沈降する有機物が循環していきます。

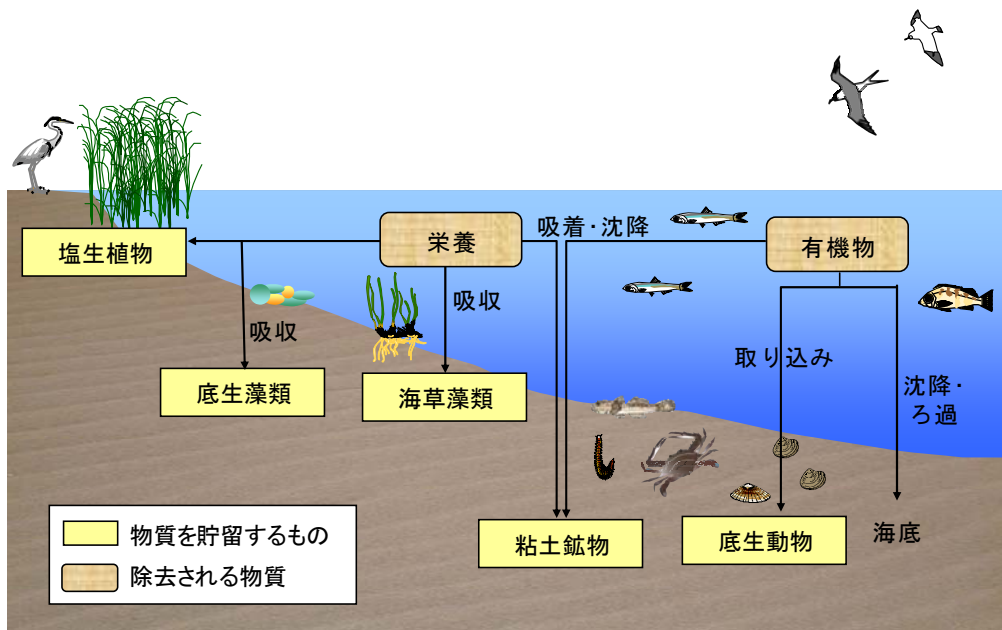


図 3.28(1) 干潟における水質浄化機能（物質を貯留する機能）

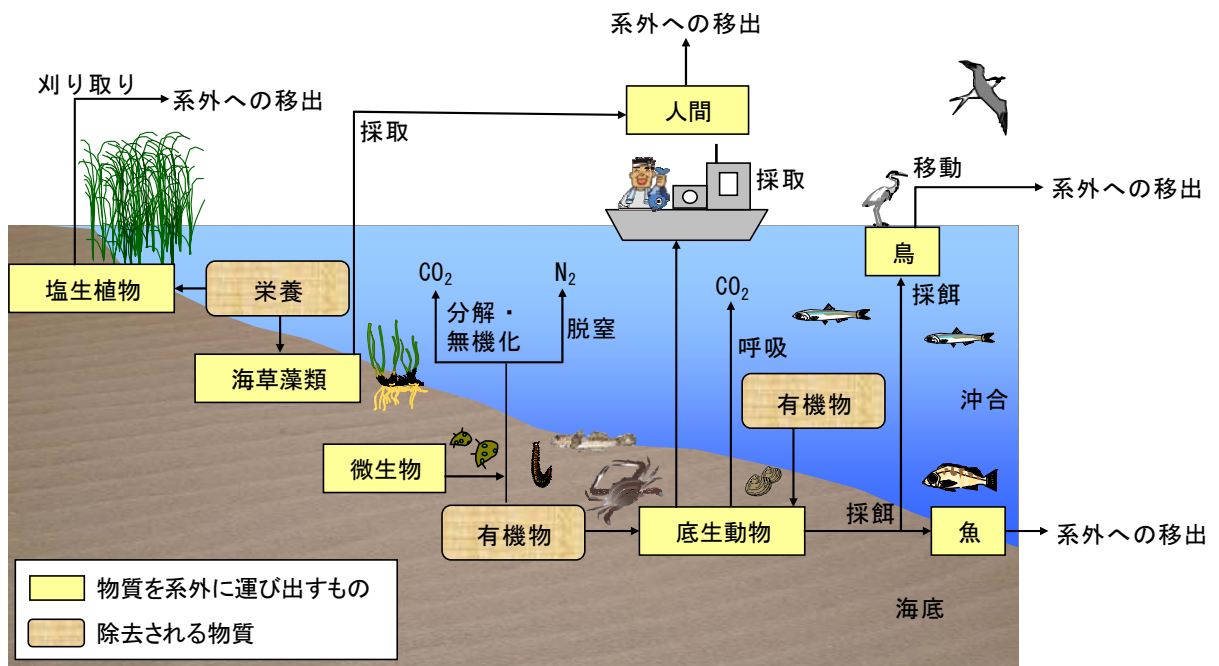


図 3.28(2) 干潟における水質浄化機能（物質を系外に運び出す機能）

まず、栄養を系外に取り出す機能として、比較が可能な陸域への取り上げについてみてみます。陸域への取り上げは主に沿岸漁業と養殖漁業によるものなので、これらの漁業による栄養の除去量の変遷を表 3.4 に示します。1950 年代は沿岸漁業によって約 4t、養殖漁業によって約 7t、合計約 11t の窒素を除去しています。その後、沿岸漁業による取り上げ量は減少し、1970 年以降は 0.3t 以下の取り上げしかありません。一方、養殖漁業による取り上げ量は、漁業種類や年代による変動がありますが、1950 年代の約 7t が最も少なく、1980 年代の約 22t が最多となっています。2000 年代は約 9t です。

表 3.4 沿岸漁業・養殖漁業による栄養の陸域への取り上げ量の変遷

単位: tN/年

年代	沿岸漁業			養殖漁業				陸域への取り上げ量
	魚介類	採藻	小計	アオサ養殖	カキ養殖	真珠養殖(貝柱)	小計	
1950	2.84	1.18	4.02	0.16	1.30	5.24	6.70	10.72
1960	1.05	0.06	1.11	1.04	1.39	14.89	17.33	18.44
1970	0.20	0.06	0.25	5.75	3.78	3.81	13.34	13.60
1980	0.17	0.01	0.17	4.29	12.43	5.61	22.33	22.50
1990	0.17	0.06	0.23	3.82	4.77	4.27	12.86	13.09
2000	0.16	0.10	0.26	3.10	2.91	2.50	8.51	8.77

備考 1) 陸域への取り上げ量は以下のように算定した。

【魚介類】魚種別漁獲量を主な食性別に分類し、各年代の食性別漁獲量に、栄養量を比例配分し、その合計とした。栄養量(TN)は、2000年代を0.16tN/年とした。

【採藻】各年代の採藻漁獲量に栄養量を乗じた。栄養量(TN)は、漁獲量 1t 当たり 0.032tN とした。なお、栄養量は、1950 年後半(1955-1961年)の年平均漁獲量 27.6t と、そのときの栄養量 0.88tN/年から算出した。

【アオサ養殖】各年代のアオサ生産量に栄養量を比例配分した。栄養量(TN)は、2000年代を3.1tN/年とした。

【カキ養殖】各年代のカキ生産量に栄養量を乗じた。栄養量(TN)は、生産量 1t 当たり 0.14tN とした。なお、栄養量は、カキ現存量 2,340t と、そのときの窒素取り込み量 895kg/day から算出した。

【真珠養殖(貝柱)】各年代の真珠生産量に栄養量を比例配分した。栄養量(TN)は、2000年代を2.5tN/年とした。

【陸域への取り上げ量】沿岸漁業と養殖漁業の合計。

資料) 算定に用いた栄養量(TN)は、以下の資料を参考とした。

魚介類、採藻、アオサ養殖、真珠養殖(貝柱)：「英虞湾物質循環調査研究報告書～豊かな里海の創生に向けて～」(平成 20 年 3 月、三重県)

カキ養殖：「松川浦干潟調査結果報告」(平成 12 年度、財団法人 地球・人間環境フォーラム)

次に、干潟・藻場による貯留機能についてみてみます。英虞湾では、概ね藻場で 9t、干潟全体で約 40t が取り込まれると推定できました。この貯留機能は、主として干潟や藻場の面積に比例するので、江戸時代に多くの干潟・浅場を失った英虞湾では、1950 年以降大きな変化はないといえます。しかし、干潟に生息する生物量は貧酸素水の影響を受けるか否かで倍以上も違います。貧酸素水の影響を受けず生物が多く生存していれば、その分取り込まれる栄養の量も多くなると考えられます。現在、英虞湾では、毎年夏季に貧酸素水が発生していますが、貧酸素水の発生がなくなれば、生物の現存量が 2 倍以上になる可能性も秘めています。

表 3.5 英虞湾における干潟・藻場による栄養の取り込み量の変遷

単位: tN/年

年代	藻場	干潟		
	藻場の蓄積	干潟全体での取り込み	干潟の生物現存量(貧酸素あり)	干潟の生物現存量(貧酸素なし)
干潟干拓前	-	91.77	8.84	18.29
1950～1990	9.24	41.67	4.02	8.30
2000	8.40	41.67	4.02	8.30

備考 1) 藻場の蓄積量は、2000 年代の年間蓄積 N 量 8.4tN/年 (アマモ場面積 171ha) を、1950 年代～1990 年代の藻場面積に比例配分して算定した。なお、1990 年代の藻場を 188ha と算出し (第 4 回自然環境保全基礎調査より)、1950 年代から 1990 年代の面積として取り扱った。干潟干拓前の藻場面積は不明であるため、藻場の蓄積量は算定していない。

備考 2) 干潟全体での取り込みは、三河湾御津地区造成干潟(6 月)における物質収支計算による取り込み量 135.9mgN/m²/day を原単位として用い算定した。なお、英虞湾の年代別干潟面積は不明なため、1950 年代から 1990 年代は現在の干潟面積 (84ha) と同様として取り扱った。干潟干拓前の干潟面積は 185ha として算定した。

備考 3) 干潟の生物現存量は、三河湾一色干潟における貧酸素水の来襲前後の干潟生物現存量 (細菌、付着藻類、メイオベントス、マクロベントス) 9.885 gN/m² (来襲前: 貧酸素なし)、4.781gN/m² (来襲後: 貧酸素あり) を原単位として用い算定した。

資料) 算定に用いた原単位は、以下の資料を参考とした。

藻場: 「英虞湾物質循環調査研究報告書～豊かな里海の創生に向けて～」 (平成 20 年 3 月、三重県)

干潟: 「海の自然再生ハンドブック-その計画・技術・実践- 第 2 巻 干潟編」 (平成 15 年 11 月、国土交通省港湾局監修/海の自然再生ワーキンググループ著)

○真珠養殖による海底への有機物沈降量

英虞湾では湾内の多くの場所で真珠養殖を行っているという特徴があります。真珠養殖に際して餌を与えたり、栄養を添加したりといったことはおこなっていないので、真珠養殖によって栄養が追加されることはありません。しかし、アコヤガイを筏で数多く養殖することにより、栄養を体内で糞に変え、海底に有機物として沈降させてしまいます。真珠養殖による海底への沈降量を年代別に比較すると、真珠養殖が最も盛んに行なわれていた1960年代には年間約72tもの窒素を海底に沈降させていました（表3.6）。真珠生産量が減少した2000年代でも年間約12tの窒素を沈降させています。

陸域や外海から英虞湾に流入した栄養は、海水中にあれば各種の生物の餌となり、食物連鎖によってより上位の生物に取り込まれていきます。しかし、真珠養殖用に育てられているアコヤガイは他の生物に食べられないことがないため、アコヤガイに取り込まれた栄養は糞となって排泄されたり、自然に死亡したり、真珠を取り出した後の軟体部が廃棄されたりすることにより、海底に有機物として沈降します。海底に多種多様な底生生物が生息し、有機物の分解が進めば、再度栄養として海中で循環していきませんが、過剰に有機物が沈降した場合は分解しきれず蓄積し、その結果底生生物の種組成が変化したり、種類数や個体数が減少したりすることによって、底質の分解能力が減少している可能性も考えられます。つまり、自然の物質循環がアコヤガイによってショートカットされることによって、有機物が強制的に海底へ沈降する過程が作られてしまいます。

なお、英虞湾における近年の真珠生産による海底への沈降量は12.1tですが、このうち、4.9tは浜揚げ時の軟体部廃棄による沈降量なので、軟体部を陸域で処理すれば7.2tにまで沈降量を減らすことができます。

表 3.6 真珠養殖による海底への沈降量の年代比較（窒素換算）

単位: tN/年

年代	真珠養殖による沈降量			
	排泄	死亡 (斃死)	軟体部 廃棄	合計
1950	9.6	5.5	10.3	25.4
1960	27.4	15.5	29.2	72.1
1970	7.0	4.0	7.5	18.4
1980	10.3	5.8	11.0	27.2
1990	7.9	4.4	8.4	20.7
2000	4.6	2.6	4.9	12.1

備考 1) 真珠養殖による沈降量は、アコヤガイから直接海底に沈降するもののみを対象とした。
備考 2) 各年代の真珠養殖による沈降量は、2000年代の排泄量4.6tN/年、死亡（斃死）量2.6tN/年、軟体部廃棄量4.9tN/年を用い、真珠・真珠母貝生産量から比例配分により算出した。

資料) 「英虞湾物質循環調査研究報告書～豊かな里海の創生に向けて～」（平成20年3月、三重県）

また、これらのアコヤガイ由来の沈降物のうち、糞に関しては、「英虞湾物質循環調査研究報告書～ゆたかな里海の創生に向けて～」(平成 20 年、三重県)において、養殖筏から 10 数 m の範囲内に多く堆積すると推測されており、養殖筏下及び周辺の底質の有機物量の増大が顕著であると考えられます。

真珠養殖に関しては、海底への有機物の強制的な沈降以外にも、真珠養殖筏が表層に浮かべられることによって、海底に光が届かなくなり、海草藻類を枯死させてしまう作用もあります。また、近年では、使用されなくなった養殖筏が海面上に放置されているものも多く、筏の老朽化とともに英虞湾への負荷となってしまうという問題もあります。

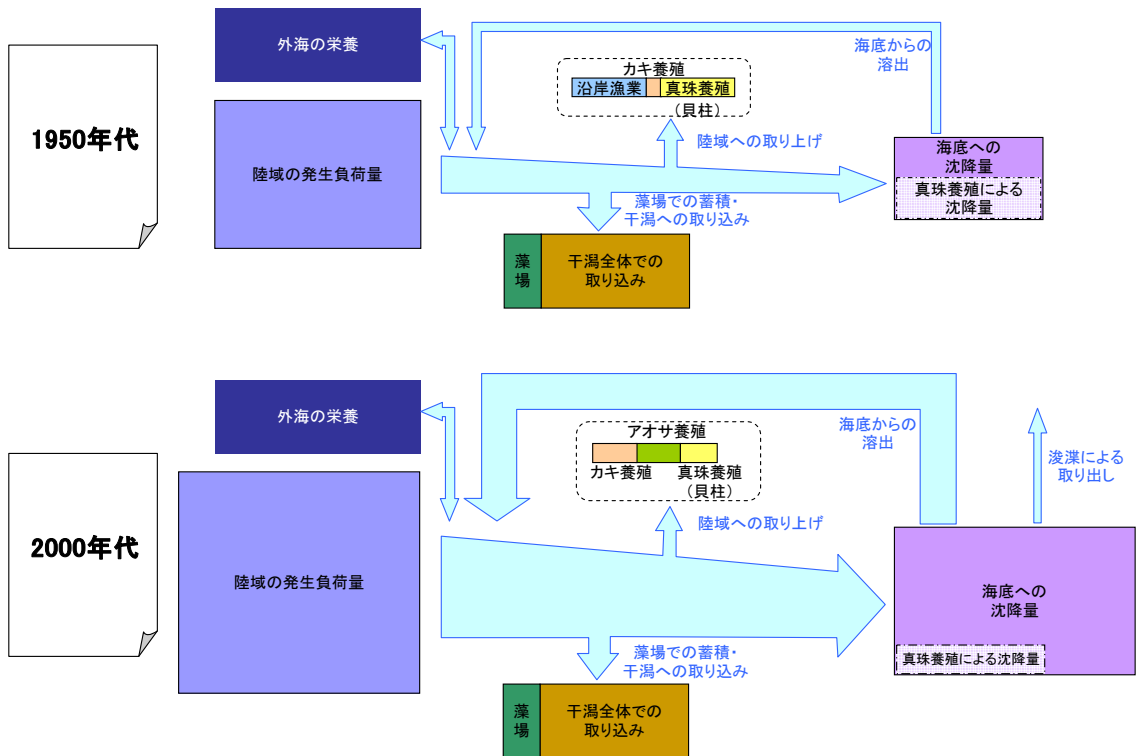
○物質循環バランスの検討

ここまで、陸域の負荷、栄養及び有機物の除去、そして真珠養殖による海底への沈降について、過去 50 年程度のそれぞれの変遷をみてきました。それでは、これらのバランスは英虞湾の物質循環のなかでどのように変化してきたのでしょうか？過去 50 年程度の変遷からみても、過去の英虞湾と近年の英虞湾とでは物質循環バランスが異なっていることが考えられます。そこで、英虞湾がまだ健康であった頃(1950 年代)と近年の物質循環を模式的に示し、比較してみました(図 3.29)。

1950 年代と 2000 年代では、その内訳は異なりますが、陸域への取り上げ量は概ね同程度です。また、藻場での蓄積・干潟への取り込み量も同程度です。一方、陸域の発生負荷量は約 2 倍に増加していますので、蓄積または除去されない栄養がその分多くなり、1950 年代から 2000 年代で約 3 倍の量になります。蓄積または除去されない栄養が湾内に大量に残っている状態です。これらが貧酸素化を助長する原因と考えられます。

なお、1950 年代には、海底への沈降量に対する真珠養殖による沈降量の占める割合が多くなっていましたが、2000 年代には真珠養殖による沈降量が減少していることもあり、その割合は 1 割以下にまで減少しています。また、1950 年代に比べ、2000 年代には海底から溶出する栄養量も多くなっています。その栄養が再度湾内で循環することにより、2000 年代にはさらに栄養が過剰に存在することが考えられます。

これらのことから、英虞湾では湾内の物質循環が滞っていることが考えられます。このように、英虞湾における栄養の物質循環のバランスが変化していることが英虞湾の健康を損ねている原因であり、英虞湾が健康であった時代の物質循環のバランスを取り戻さなければ、不健康な状況が継続すると考えられます。



備考) 各ボックスの大きさは概ねの栄養量を示す (外海の栄養量を除く)。ただし、海底への沈降量については陸域の発生負荷量以外の要因を考慮していないため、過少に評価している可能性がある。また、栄養が 1tN/年未満の項目は図示していない。

図 3.29 英虞湾における物質循環の模式図 (1950 年代、2000 年代)

イ) 海底への有機物の蓄積と貧酸素水の規模拡大の関連検討

英虞湾では、毎年底層で貧酸素化しているだけでなく、貧酸素水の厚みや発生期間といった規模が拡大しているという症状が生じています。貧酸素水の規模の増加については、長期的な海底への有機物の蓄積が関与していると考えられます。

英虞湾内で底質と底層 DO を測定している地点毎に変遷をみると（図 3.30）、海底の有機物量（COD）が富栄養の基準である 30mg/g を継続的に超過している地点では、たびたび貧酸素化している様子がうかがえます。一方、底質の有機物量が 30mg/g を超えない地点では、貧酸素化することは稀です。このように底質の有機物量が一定基準値を超えた状態が続くと、貧酸素化する傾向があるようです。海底の有機物量は、ほとんどの地点で近年 30 年間増加または横這い傾向にあるため、貧酸素水の発生が続いているのだと考えられます。

また、海底への有機物の蓄積や貧酸素水の発生に、各地点・各浦での漁業活動が影響しているのではないかと考え、漁業の実施状況と底質 COD、底層 DO のグラフを重ね合わせてみました。底質 COD と底層 DO の測定は、漁業活動が縮小された後に始まっているため、最盛期の状況はわかりません。しかし、底質 COD は、測定が開始された時には既に多くの地点で富栄養の基準値を超えた値や基準値に近い値が確認されています。これらの地点では古くから養殖型の漁業が営まれているので、それらの影響を受けて底質の有機物量が増加している可能性は否めません。

このように、貧酸素水の発生には底質有機物量が関係しており、また、その場所での漁業活動も影響を与えていることが考えられました。再検査で貧酸素水の発生規模の拡大傾向が著しかった湾奥部では、現在も底質の有機物量が 30mg/g を超えているため、今後も貧酸素水による影響を受け続けることが懸念されます。

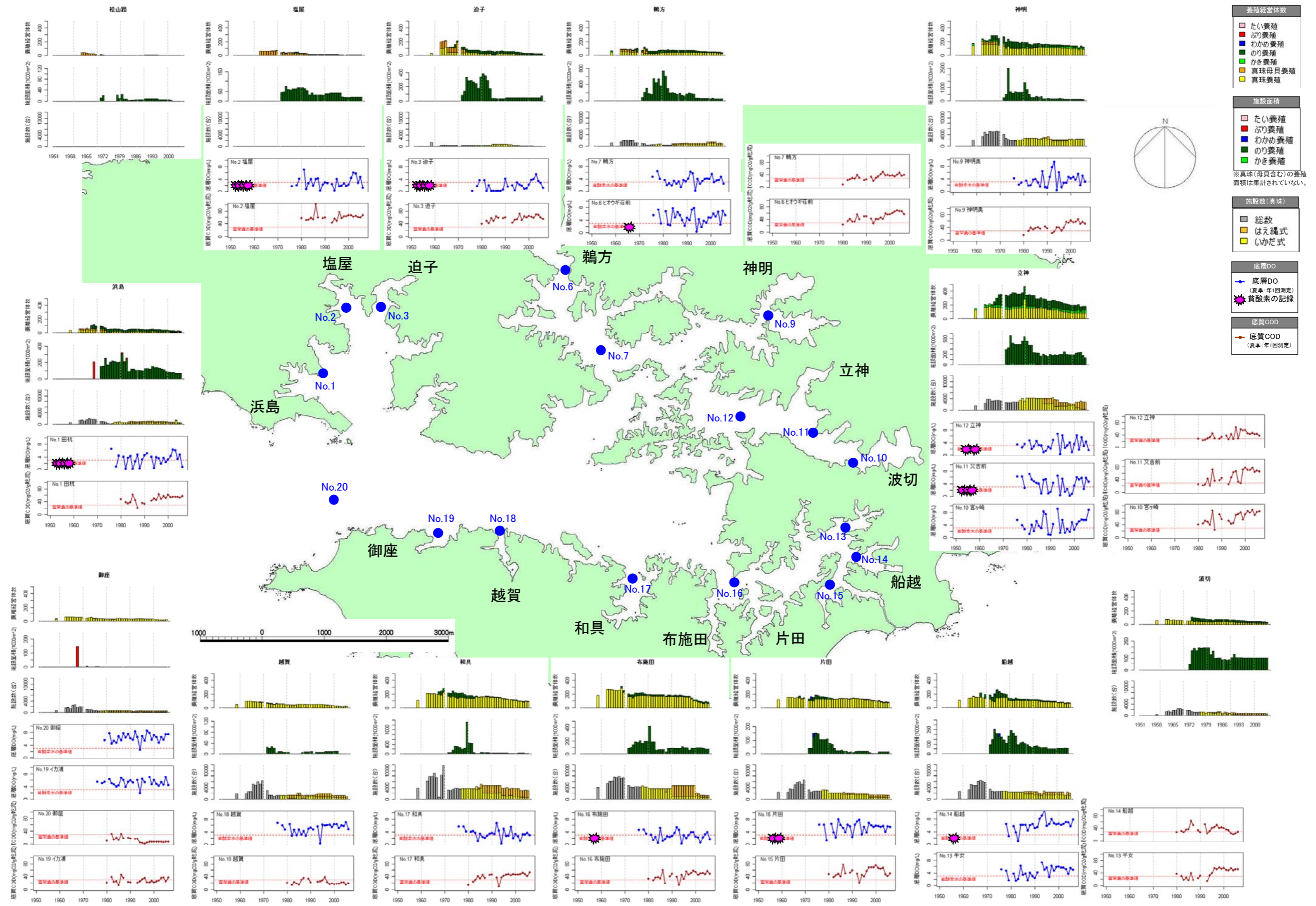


図 3.30 英虞湾における漁業の実施状況と貧酸素水・底質有機物の変遷

4) 精密検査における所見

精密検査では、英虞湾における不健康の原因及び症状の履歴に基づき、陸域からの負荷の増加と真珠養殖による海底への沈降を含む物質循環バランス、海底への有機物の蓄積と貧酸素水の発生規模拡大について検討してきました。

その結果、英虞湾への負荷は依然として多く、特に陸域からの負荷が1950年代に比べて多くなっていることがわかりました。これらの多い負荷も、湾内で生物の物質循環の中に取り込まれ、結果として漁獲などによって取り上げられれば良いのですが、その機能も弱っているため栄養がさらに余剰となり、海底に蓄積しているものと考えられます。この証拠として、海底への栄養が徐々に蓄積し、それに伴って貧酸素水が頻繁に発生するという傾向もみられています。

これらを総合すると、英虞湾では、湾が本来持っていた栄養を蓄えたり、湾外に取り出したりする機能が弱っているところに、多くの栄養が流入していることが湾を不健康にしている原因であると診断しました。

4. 治療の方針

英虞湾はかつて漁業やレクリエーションを通じた人々との関わりの強い“里海”でしたが、その姿は変化し、赤潮の頻発、有機物の蓄積、貧酸素水の発生などの現象が常に起きると同時に、それに伴う漁業や養殖業の衰退といった地場産業の問題も起きています。

精密検査の結果から、健康な英虞湾と今後目標とする姿は以下のように考えられます。

■健康な英虞湾

「通年、海底で多様な生物が生息できる円滑な物質循環をもつ海」

■今後目標とする姿

「農林水産、商工、観光など主要な地場産業を環境の改善によって活性化し、レクリエーションや学びを含めて人々との関わりを取り戻した“新しい里海”」

精密検査までの結果から、英虞湾の不健康の原因は、「本来持っていた生物を育てる機能や、栄養を蓄えたり湾外に取り出したりする機能（漁業など）が弱っているところに、多くの栄養が流入していること」（人間に例えると、食べ過ぎと運動不足が原因であるメタボリック・シンドローム（メタボ）の状態）と診断しました。

志摩市では、合併浄化槽や下水道の整備を進め、陸域から流入する負荷の削減に努めています。また、英虞湾内の底質の有機物を薄層浚渫によって取り上げています。これらの施策も英虞湾の物質循環を円滑にするためには確実な対策ですが、それだけで英虞湾が健康な状態に戻らないのも現実です。

この状態を改善し、通年、海底で多様な生物が生息でき、栄養が円滑に循環する海にするためには、以下のような治療が考えられます。（括弧内は人間に例えた場合を示します）

- ① 英虞湾に流入する栄養を減らす（食べ過ぎを控え、食生活を改善する）
- ② 英虞湾の栄養循環機能を高める（運動によって代謝を上げ、脂肪を消費させる）
- ③ 英虞湾の海底に蓄積した栄養を除去・封印する（外科的手術により脂肪を取り出す（脂肪吸引など））

5. 処方箋

5.1 処方箋リスト

「4. 治療の方針」から考えられる、英虞湾を健康にするために必要な処方箋リストを表 5.1 及び図 5.1 に示します。ここでは、各処方箋の効能や実施にあたってのメリット/デメリット、注意事項などについて整理し、各処方箋の主な実施者となるであろう主体（関係者）についても併記しました。

また、これらの処方箋によって期待される物質循環の変化イメージを図 5.2 に示します。過剰な負荷をもたらしている矢印を細くしつつ、干潟・藻場といった沿岸の緩衝帯で十分に栄養を取り込み、漁業等による取り上げ量の矢印を太くすることによって、物質循環を円滑にしていけることが期待されます。

表 5.1 英虞湾における処方箋リスト

分類	処方箋候補	具体的施策	効能	実施にあたっての参考情報			主な想定実施主体
				メリット	デメリット	注意事項その他	
①英虞湾に流入したり沈降したりする栄養を減らす（食べ過ぎを控え、食生活を改善する）	陸域から流入する栄養を減少させる	・発生負荷量を減らす ・下水道の整備、接続率の向上 ・合併浄化槽の設置、適正管理	湾内に流入する陸域由来の栄養を減らし、循環する栄養を減少させる	・確実に栄養を減少させることが可能 ・継続性が高い	・過剰な制限は生物の餌資源を劣化させる ・塩素消毒など処理方法によっては影響が未知数	・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	行政・一般市民
	養殖由来の負荷を減少させる	・養殖廃棄物の海域廃棄防止	湾内に沈降する養殖由来の栄養を減らし、循環する栄養を減少させる	・確実に栄養を減少させることが可能 ・継続性が高い	・処理費用が漁業者の負担となる可能性がある	・技術開発は既に行われている	漁業者
②英虞湾の栄養循環機能を高める（運動によって代謝を上げ、脂肪を消費させる）	生物の生息空間を再生し、物質循環を活発にする	・干潟の再生・造成 ・藻場の再生・造成	浅海域における生物の生息空間を再生し、生物が増加する基盤を整える	・安定性が保持できれば継続性が高い ・酸素供給の場、魚類などの成育場としても機能する可能性がある	・特になし	・造成材の確保や安定性の確保が課題となる ・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	行政・漁業者・一般市民
	陸域への栄養取り上げ量を増加させる	・沿岸漁業漁獲量の増加 ・アオサなどの養殖量の増加	湾内に存在する栄養を生物（漁獲）として取り上げ、海底への栄養の蓄積を抑制する	・継続性が高い ・漁業を通じて英虞湾との関係強化、地元産業活性化できる	・特になし	・沿岸漁業は湾内の生物量が増えた後に行う必要がある ・アオサ養殖は現状でも漁場面積が過密であるため、漁場面積の拡大による生産量の増加は難しい ・過剰な漁獲は湾内の生態系を損なう恐れがあるため、適正な漁獲量を検討する必要がある	漁業者
	生物を投入して分解能力を高める	・ナマコなどの底生生物の投入	直接生物を投入することにより、底生生物による分解機能を高め、物質循環を活発にする	・即効性がある	・貧酸素水の影響により継続しない可能性が高い ・他の生物の餌資源となる可能性がある ・現状の生物の生息を阻害する恐れがある	・その場の環境条件に応じた生物を選定する必要がある ・英虞湾の在来種を使用し、外来種を湾内に持ち込まない	行政・漁業者
③英虞湾の海底に蓄積した栄養を除去・封印する（外科的手術により脂肪を取り出す（脂肪吸引など））	海底から溶け出る栄養を減少させる	・覆砂 ・石灰散布	海底に蓄積した栄養を覆い、水中への栄養の溶出を抑えるとともに、栄養を分解するための酸素消費を抑制する	・即効性がある	・継続性が低い ・負荷が減少しなければ早期に再度蓄積する ・継続性を保持するためには定期的な実施が必要であり、費用がかかる	・全湾的に行えば効果は大きい ・全湾的な実施には多額の事業費がかかる ・清浄な覆砂材を準備する必要がある	行政
	海底に蓄積した栄養を取り出す	・浚渫	海底に蓄積した栄養を人為的に取り出し、湾内の栄養量を減少させる	・即効性がある	・負荷が減少しなければ早期に再度蓄積する ・海底水深を深くし、貧酸素水の発生を助長する恐れがある	・全湾的に行えば効果は大きい ・全湾的な実施には多額の事業費がかかる ・土捨場の確保など浚渫土の処理が課題となる	行政

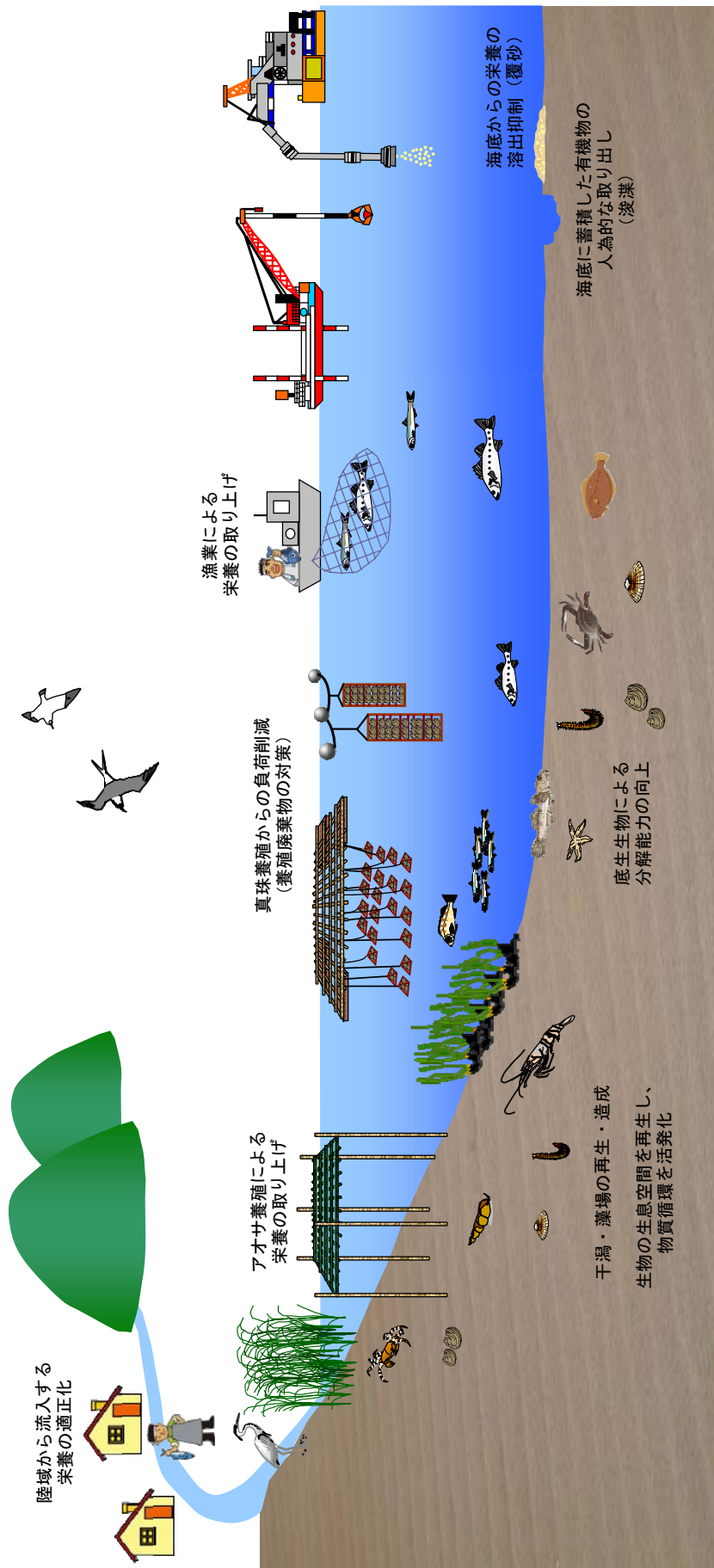


図 5.1 英虞湾における処分策のイメージ

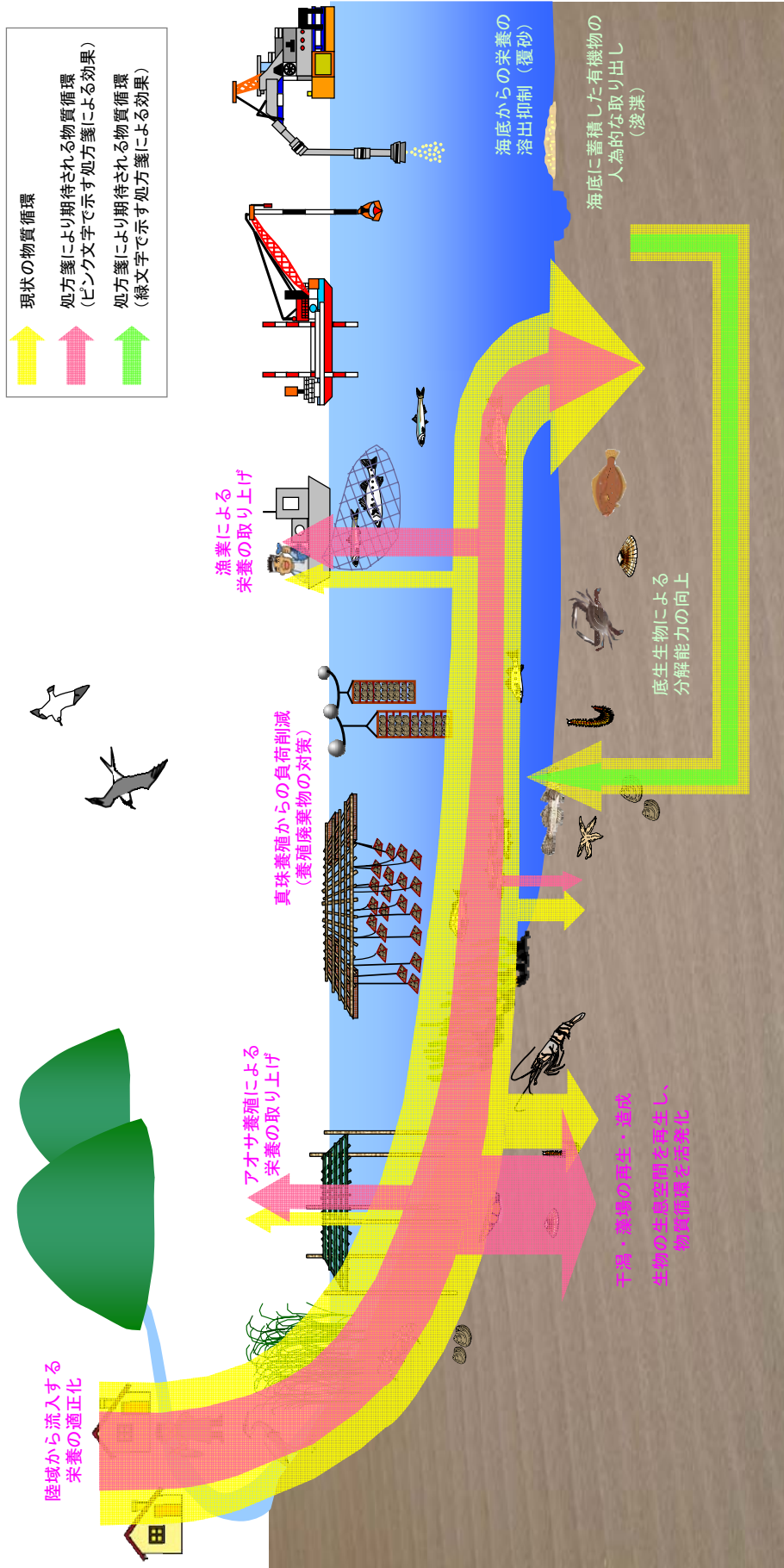


図 5.2 処方箋による物質循環の変化イメージ

5.2 適正な栄養バランスの検討

英虞湾における処方箋として、陸域の発生負荷量を減少させることや干潟・浅場の再生・造成などが考えられました。今後、これらの処方箋を実施することによって、英虞湾の栄養バランスを適正にしていくことが求められます。

しかし、どのような処方箋をどの程度、どのように組み合わせて実行することが必要なのでしょうか？

適正な栄養バランスについては、図 3.29 に示す 1950 年代及び 2000 年代の物質循環模式図と、図 5.3 に示す複数のパターンから検討を行いました。

現状は陸域の発生負荷量が多いにも関わらず、陸域への取り上げ量や干潟・藻場での取り込み量が少ないため、多くが海底に沈降しています。1950 年代は、陸域への取り上げ量や干潟・藻場での取り込み量は現状とあまり変化がありませんが、流入する量が少ないため、海底への沈降量が少なくなっています。物質循環で消費しきれなかった余剰な栄養が海底に沈降することから、湾内の物質循環が健全であれば、海底への沈降量はかなり減少すると考えられます。

そこで、2000 年代の物質循環を基本として、図 5.3 で示すように、陸域負荷、陸域への取り上げ量、干潟・藻場での取り込み量、海底への沈降量の 4 つの量を変化させて、物質循環のバランスを比較してみました。

陸域からの負荷は、英虞湾の生態系を支える栄養でもあり、英虞湾の健康な姿にある「多様な生物の生息」を実現するためには、その栄養を減らさずに最大限活用する処方箋がまず想定されます。

そこで、まず、かつて英虞湾に存在していた干潟の再生や漁業という人の力を借りて、可能な限り栄養を生物に再生産し、さらに系外へ取り上げる処方箋の効果を推定してみました。

【パターン 1：すべての干潟を再生した場合】

かつて英虞湾に存在したすべての干潟を再生したとしても、陸域負荷量と漁獲量が現状のままであれば、海底への沈降量はあまり減少しません。これでは、物質循環のバランスが良いとはいえません。

【パターン 2：すべての干潟を再生した上で、さらに健康な頃の海底状況に戻すために漁獲量を増加させた場合】

現状の陸域負荷のまま、1950 年代頃の海底への沈降量と同程度とするためには、かつて英虞湾に存在したすべての干潟を再生し、かつ 2000 年代の 6 倍以上の漁獲量が必要となります。しかし、かつて英虞湾に存在した干潟を全て再生すること、また、漁獲量を 6 倍以上にさせることは、そう容易ではありません。

漁獲量が最大であった 1960 年頃には現在の 10 倍程度の漁獲があり、健康な英虞湾ではその程度の生産力を持つことが可能であると考えられます。しかし、現状の英虞湾の漁業形態などを考えると、現状の 6 倍以上の漁獲を得ることは至難の業です。

上記の 2 つのパターンに示したとおり、残念ながら干潟の再生や漁業という処方箋だけでは、英虞湾の健康を取り戻せそうにありません。そこで、陸域からの負荷量を減らす処方箋の効果についても推測してみました。

【パターン 3：陸域からの負荷量を 1950 年代まで減少させた場合】

陸域からの負荷量を 1950 年代程度まで減少させると、現状の漁獲量、干潟面積でも、海底への沈降量は 1950 年頃と同程度まで減少します。しかし、現状において海底に栄養が蓄積し、それが貧酸素水の拡大を招いていると考えられる英虞湾ではやや不十分な処方箋といえるでしょう。

【パターン 4：陸域からの負荷量を 1950 年代まで減少させた上で、すべての干潟を再生した場合】

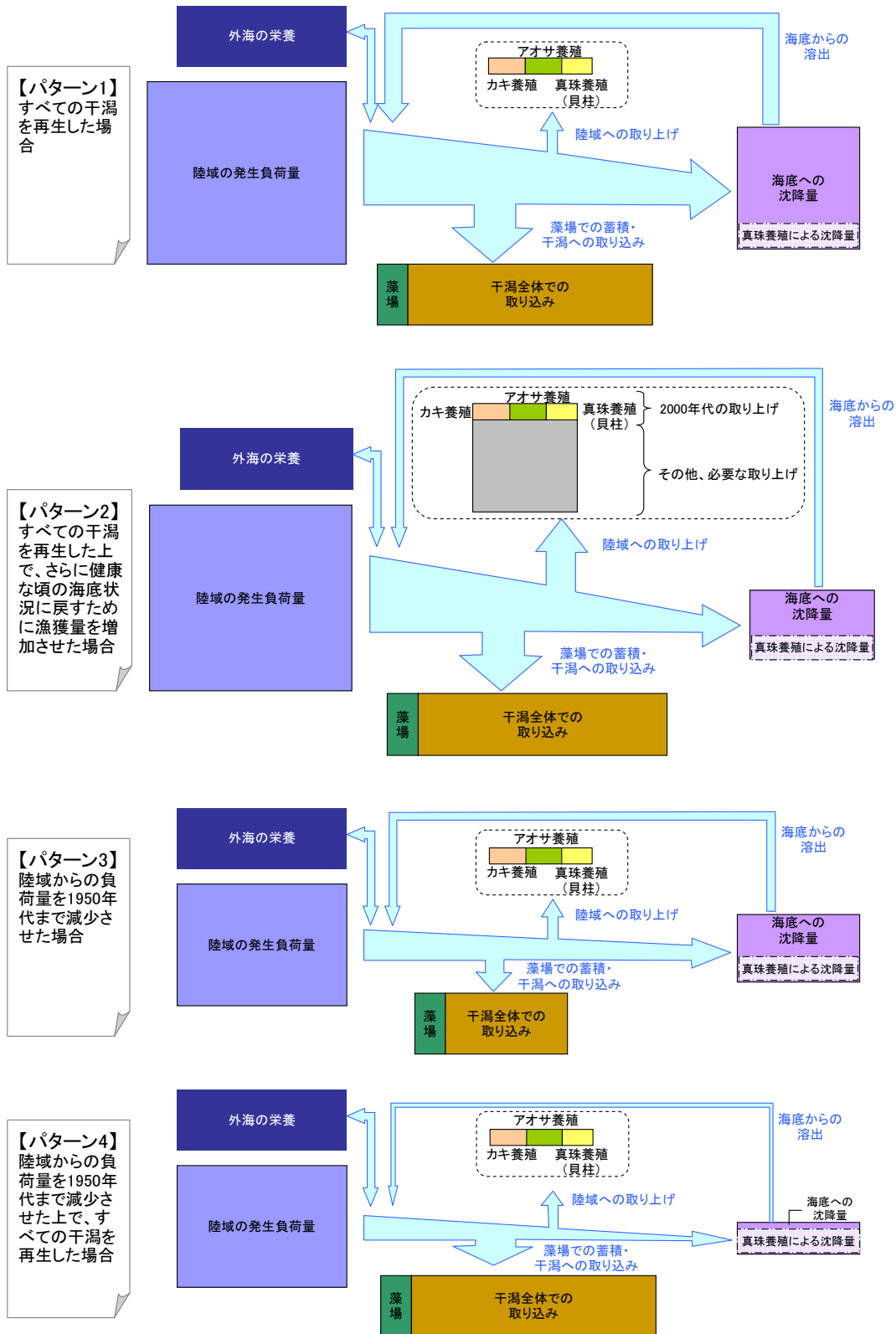
パターン 3 に対して、さらに干潟をすべて再生する処方箋を付与すると、海底への沈降量を最も減らすことが可能になります。これは、英虞湾の物質循環の望むべき状態に最も近い状態です。

また、実施上の問題から干潟をすべて再生するという処方箋が十分にできない場合には、真珠養殖の浜揚げ時にアコヤガイの軟体部を海洋投棄せず陸域で処理するなど沈降量を減らす工夫や栄養を添加しなくてもできるアオサ養殖などの漁獲量を増やすことによって系外へ栄養を取り出すことによって、それを補っていける可能性は十分にあると思います。

○適正な栄養バランスの検討結果

これらのことから、英虞湾の健康を取り戻すためには、陸域の負荷量を 1950 年頃と同程度まで減少させつつ、かつてと同程度の干潟を再生させることを処方箋としてお薦めします。ただし、実施上の問題から干潟の再生が十分にできない場合は、アコヤガイ養殖時の排泄物処理の工夫やさらなる漁業増進などの処方箋でそれを補うことも必要です。

なお、上記の検討では、干潟を再生することによる副次的効果（生物量の増加やそれによる漁獲量の増加など）は評価していません。しかし、実際に干潟を再生した際には、これらの副次的効果によって海底への沈降量はさらに減少することが期待されます。



備考) 各ボックスの大きさは概ねの栄養量を示す(外海の栄養量を除く)。ただし、海底への沈降量については陸域の発生負荷量以外の要因を考慮していないため、過少に評価している可能性がある。また、栄養が 1t N/年未満の項目は図示していない。

図 5.3 英虞湾における物質循環の模式図(処方箋の検討)

5.3 処方箋実施順序の検討

英虞湾の健康をできる限り効率よく、コストを抑えつつ取り戻すためには「5.2 適正な栄養バランスの検討」から得られた有効な処方箋を闇雲に行うことは有効ではなく、英虞湾の特性に応じた処方の順序があります。

それぞれの処方箋には、即効性や継続性の観点から、様々な特徴があります。この特徴を考慮しつつ、長期的な治療順序を検討することが必要です。また、長期的には、継続的に人為的な処方を必要とするのではなく、英虞湾が自立的に健康を維持できるように治療することが大切です。

「5.2 適正な栄養バランスの検討」では、英虞湾の健康を取り戻すためには、陸域の負荷量を 1950 年頃と同程度まで減少させつつ、かつてと同程度の干潟を再生させることを処方箋としてお薦めしました。負荷を削減する処方箋や干潟を再生する処方箋は継続性が高いものの、即効性が低いという特徴があります。これらの処方箋の実施効果は高いと考えられますが、効果の発現までに時間がかかります。そのため、その効果が発現するまで、即効性が高いが継続性が低い処方箋を対症的に実施することをお薦めします。

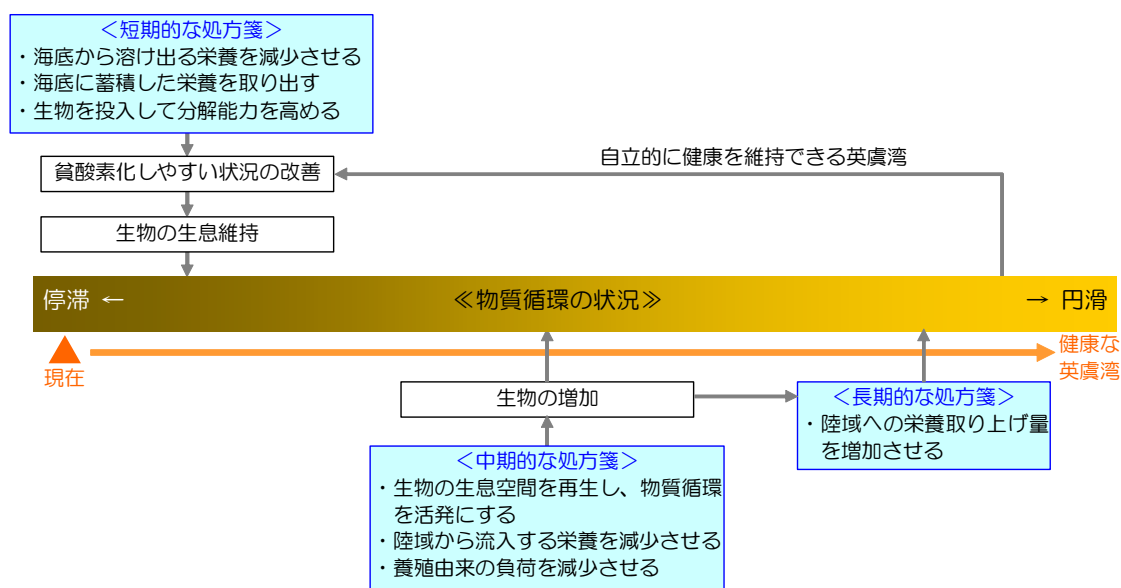


図 5.4 英虞湾における長期的な治療イメージ

6. 今後の課題と展望

ここまでの結果から、今後英虞湾の健康を取り戻すための課題や展望として、以下の点が挙げられます。

6.1 処方箋の精度向上（健康維持に必要な栄養バランスの検証）

精密検査や処方箋に示したように、英虞湾の健康を取り戻すためには、現状の様々な栄養の流入・取り出し・蓄積などの物質循環状況を精度良く解析し、どのような栄養バランスに改善していくかが重要です。特に、私達人間によるインパクトが少なかった時代の英虞湾が持っていた栄養バランスは、健康な英虞湾を取り戻す際の重要な指標にはなりますが、英虞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、その頃と全く同じ姿に戻すことは不可能です。

これからは、現状の英虞湾の社会的条件に応じた新しい里海・英虞湾を実現するために良好な栄養バランスを検証していく必要があります。本検討において行った精密検査では、これまでの既存資料を用いて上記のバランス検討を実施し、処方箋となる施策やその方法については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情報までは提示できませんでした。

実施規模などを想定するためには、良好な栄養バランスをより定量的に表現するための以下の情報が必要になります（表 6.1）。

表 6.1 英虞湾において今後必要となる調査（良好な栄養バランスの検証）

調査項目	内容	想定実施主体
外海からの栄養流入検査	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調査の結果から、外海からの栄養の流入量を算出する。	行政・研究者
河川からの栄養流入検査	河川からの栄養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。 河口部における季節的な栄養塩類調査及び流量調査の結果から、河川からの栄養の流入量を算出する。	行政・研究者・一般市民
湾内の生物現存量検査	湾内の数点を調査点として、湾内においてどの程度の生物がいるかを調査する。 対象生物としては、底生生物、魚介類、プランクトン、鳥類などが考えられる。	行政・研究者・漁業者・一般市民

6.2 処方箋の経過や効果を検証するために必要な検査

6.1 に示したさらなる検討も必要ですが、その結論を待つ間にも英虞湾の健康状態が徐々に悪くなっていく危険性があります。また、処方箋を試行し、その効果を検証して、さらに効果的な処方箋を計画していくという順応的な管理の考え方も必要です。

そこで、以下の3点を確認することを目的とする検査を提案します。

- ① 処方箋の実施状況
- ② 処方箋の効果検証
- ③ 英虞湾の健康状態

これらの目的を達成するための総合的な検査として、表 6.2 に示す内容が考えられます。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できる限り英虞湾版にカスタマイズしました。今後は、この内容をベースにして、英虞湾を健康にするために治療し、さらにその後の健康状態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、できる限り英虞湾にあった基準となるように設定しましたが、6.1 に示したさらなる検討を踏まえつつ実際に検査をしながら精査していく必要があります。

表 6.2 英虞湾において今後必要となる検査（処方箋の経過・効果検証）（案）

視点	検査項目	検査基準			一次検査からの変更点	検査目的		備考（現状の評価）
		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	
【生態系の安定性】を示す項目	海岸生物の出現状況（代表種の確認割合：LC）	LC=1	0.8≤LC<1	LC<0.8	【使用データ・資料】 英虞湾生き物調査隊による底生生物調査	○	不明	
	干潟・藻場面積の変化（新たな干潟再生による面積の増加分を含む）	干潟・藻場面積がともにかつての面積程度まで増加	干潟・藻場面積がともに増加している	干潟・藻場面積がともに横這いまたは減少している	【使用データ・資料】 環境省資料、三重県資料、志摩市資料など 【検査基準】変更	○	84ha（2000年代） 269ha（かつて）	
	人工海岸の割合（AC）	AC≤20	20<AC<50	50≤AC	なし	○	AC=40	
【物質循環の円滑さ】を示す項目	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≤CW<0.5	0.5≤CW	【使用データ・資料】 英虞湾汚染対策調査 英虞湾モニタリングシステム	○	CW=0.55（11地点/ 全20地点）（2006年）	
	クロロフィル濃度（単位：mg/L）	クロロフィル濃度≤10	10<クロロフィル濃度≤30	30<クロロフィル濃度	【検査項目】変更 【使用データ・資料】 英虞湾汚染対策調査 英虞湾モニタリングシステム 【検査基準】変更	○	約2.0（2000年代全 湾平均）	
	赤潮の発生頻度	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	○	毎年ではないが赤潮は発生している	
【生物多様性の豊かさ】を示す項目	下水道・合併浄化槽処理率（下水道処理人口+合併浄化槽処理人口）/対象区域人口	下水道・合併浄化槽処理率は90%以上	下水道・合併浄化槽処理率は50%以上	下水道・合併浄化槽処理率は50%未満	◆新綿項目 【使用データ・資料】 志摩市資料	○	19%（2006年）	
	アコヤガイ軟体部の陸域処理量	軟体部の90%以上を陸域処理	軟体部の50%以上を陸域処理	軟体部の50%未満を陸域処理	◆新綿項目 【使用データ・資料】 志摩市資料	○	処理割合は不明	
	底質環境（全硫化物量の最大値：SD）	SD<0.2	0.2≤SD<1	1≤SD	【使用データ・資料】 英虞湾汚染対策調査	○	SD=1.5（2000年代 全湾平均）	
【除去（漁獲）】	沿岸漁業の漁獲量	1950年代と同等の漁獲量まで増加	1950年代までではないが漁獲量が増加している	漁獲量が横這いまたは減少している	【使用データ・資料】 英虞湾モニタリングシステム 【検査項目】変更 【検査基準】変更	○	22t（2000年代） 370t（1950年代）	
	養殖漁業（無給餌型）の収獲量	2000年代の収獲量と同程度または増加	2000年代の収獲量より減少	2000年代の収獲量より大幅に減少	◆新綿項目 【使用データ・資料】 豊後水産統計年報、志摩市資料	○	198t（2000年代・アオサ養殖）	

※ 検査基準は、これらの検査を行いながら精査していく必要がある。

6.3 今後の英虞湾における取り組み体制の構築

ここまで挙げた診断結果に基づく処方箋の実施に当たっては、英虞湾に関わる様々なステークホルダー（行政、一般市民、関係産業団体、教育機関、研究機関など）がそれぞれ役割を分担し、実際に行動できる取り組み体制を構築することが必要と考えます。

志摩市では、平成 18 年 3 月に策定された『住んでよし、訪れてよし』を基本理念とする、「志摩市総合計画前期基本計画」（平成 18 年度～22 年度）に基づいて、平成 20 年 3 月に地域の多様な主体で構成される「英虞湾自然再生協議会」を設立されました。この協議会では、英虞湾の環境改善に向けて実施された「英虞湾再生プロジェクト」の成果を活用し、「新しい里海」の創生に向けた情報交換や取り組みの方向性について議論が進められています。

また志摩市では、平成 22 年 5 月に 13 の部局¹が連携を図る組織として「志摩市里海創生プロジェクト」チームを設置し、生産性が高く豊かな生態系を持った里海づくりに向けて検討が行われています。

さらに平成 23 年 3 月には「志摩市総合計画後期基本計画」（平成 23 年度～27 年度）に、「稼げる・学べる・遊べる、新しい里海の創生」が重要施策としてうたわれ、沿岸域の総合的管理（森・川・海の一体的管理）の推進を図るための部局として里海推進室が設置されることになりました。

今後、里海推進室や英虞湾自然再生協議会が連携して、処方箋が実施され、その経過や効果を検証しながら英虞湾が徐々に里海としての健康な姿を取り戻して行くことが期待されます。

既存の組織を活かしつつ、英虞湾を取り巻くすべての人たちが協働して沿岸域を総合的に管理していくことが必要です。

¹ 里海創生プロジェクトチーム関係部局：建設整備課、都市計画課、学校教育課、生涯学習人権教育課、下水道課、水産課、農林課、観光戦略室、商工課、環境課、美化衛生課、地域防災室、企画政策課



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」を活用した英虞湾の環境評価に関する
調査研究報告書 海健康診断 英虞湾モデル

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・アント・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。 ISBN978-4-88404-261-5

