

平成20年度
全国閉鎖性海湾の
海の健康診断[®]
調査報告書

豊かな海を取り戻すために

平成21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)

はじめに

本報告書は、競艇交付金による日本財団の平成20年度助成事業として実施した全国閉鎖性海湾の「海健康診断」調査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といった水質改善にあり、沿岸域の“海の恵み”を生み出している「構造（ストック）」や「機能（フロー）」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。

「海の営み」を評価することは、近年、海洋基本計画や第3次生物多様性国家戦略の中などでも重要視されている「生物多様性」や「生物生産性」の確保にも通じるものです。

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「海健康診断」の手法研究を平成12年より全国に先駆けて行って参りました。「海健康診断」は、人間の健康診断になぞって、私たちが職場等で受けている定期検診にあたる「一次検査」と検診の結果、異常が見つかった時の精密検査にあたる「二次検査」で構成されております。

同事業では、これまでに「海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年度には全国の閉鎖性海湾を対象にして「海健康診断」一次検査・診断を行いました。

本年度は、全国の閉鎖性海湾を対象にした3回目の全国一斉の一次検査・診断を実施して参りましたが、この度その結果が出ましたので、診断結果を海湾毎にカルテとしてとりまとめると共に、過去2回実施した全国診断の結果と今回の結果を分析し、日本の沿岸海域で起きている環境変化の傾向や課題を取りまとめました（第一分冊）。また、本年度が当該事業5ヶ年計画の最終年度にあたることから、「海健康診断」を実際に対象海湾で実施するための解説書（第二分冊）や「海健康診断」の主要テーマでもある「豊かな海を取り戻すために」と題して、沿岸海域の環境保全や修復などの活動に携

わるにあたり是非知っておいていただきたい事柄について、社会科学及び自然科学の両分野からご執筆頂きました（第三分冊）。さらに、これまでの研究成果をもとに、「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、「海健康診断」の活用を視野に入れた提言書（第四分冊）も併せて作成いたしました。本書はその第三分冊にあたるものです。本書が閉鎖性海湾の環境保全、改善に日夜尽力されている自治体の担当者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、平野敏行東京大学名誉教授を委員長とする「全国閉鎖性海湾の『海健康診断』判定会議」の委員の皆様のご熱心なご議論・ご指導を賜り、この紙上をお借りして厚く御礼申し上げます。

平成21年3月

海洋政策研究財団
会長 秋山昌廣

全国閉鎖性海湾の「海の健康診断」判定会議

委員名簿

委員長	平野 敏行	東京大学名誉教授
委員	中田 英昭	長崎大学大学院生産科学研究科 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	南 卓志	東北大学大学院農学研究科 教授

(敬称略、順不同)

研究メンバー	寺島 紘士	海洋政策研究財団	常務理事
〃	菅原 善則	〃	政策研究グループ長
〃	市岡 卓	〃	政策研究グループ長
〃	大川 光	〃	政策研究グループ 海洋研究チーム長
〃	眞岩 一幸	〃	政策研究グループ 研究員
〃	日野明日香	〃	政策研究グループ 研究員

目次

豊かな海を取り戻すために

1. 「海の健康診断」構築への道程（みちのり）	1
1.1 「水に流す」汚染問題のはじまり	1
1.2 漁業影響調査の頃	1
1.3 公害問題としての水質汚濁から海洋汚染、海洋環境の問題へ	3
1.4 海洋開発と海洋環境問題	4
1.5 地球環境問題としての海洋の汚染	5
1.6 漁業環境アセスメントについて	7
1.7 「海の健康診断」構築へ	10
2. 物質の円滑な循環	12
2.1 物理的な循環	12
3. 海の健康診断：その実践のために	26
3.1 なぜ「海の健康診断」が必要か？	26
3.2 海の健康診断（1次検査）の全国展開	29
3.3 海の健康診断から見えてきた沿岸環境の現状	32
3.4 おわりに：これからの方向と課題	34
4. 「海の健康診断と沿岸環境管理」	37
4.1 海の健康診断と沿岸環境管理	37

豊かな海を取り戻すために

1. 「海の健康診断」構築への道程(みちのり)

1.1 「水に流す」汚染問題のはじまり

わが国では、古くから「水に流す」「湯水のように」という言葉がある。「何事も水に流してきれいさっぱり」とか「湯水のようにお金を使う」などというように。豊かな自然に恵まれ、「水」に不自由したことの無い日本人には、「水」のありがたみ、貴重さ、重要さがどれだけ理解されていたのだろうか。そして、その「流した水」がどこへ行ってしまうのか、「使った水」がどうなっていくのかなど考えてもいなかったのではないだろうか。

筆者が環境問題にはじめて関わったのは、もう半世紀以上前のことになる。昭和 20 年代の後半、三重県の宮川の上流に水力発電のためのダムを建設して熊野灘へ直接放流するというものであった。熊野灘は古くからブリの大型定置網の漁場として知られている。大量の陸水が放流されると回遊してくるブリの魚道を妨げ漁獲に悪影響をきたすという問題であった。筆者の担当は「放流された陸水が熊野灘沿岸でどんなふう流れ、どんなふう広がるのか」という問題であったが、夢中になって周辺沿岸海域の調査に従事し、論文も書いた。[東海区水産研究所：宮川ダム放水が島勝漁場に及ぼす影響予察調査報告(1956)、東海区水産研究所：宮川ダム放水が桂城湾海況及び漁況に及ぼす影響実態調査(中間報告)、(1957)、平野敏行・杉浦健三：河川流入のある小内湾の塩分分布に就いて、東海区水産研究所研究報告第 22 号(1958)、平野敏行：水道によって内湾と連なる入江の塩分について、東海区水産研究所研究報告第 23 号(1959)]

遠い昔のことである。まだ駆け出しの若造であったが、「いかに漁業者が海と真剣に向かい合っているか、それに引き換え、日ごろ信頼していた研究所の偉い先生方が、意外に、現場の海がどうなっているのか、あまりご存じない」ことが感じられ、なんとなくそれなりに、使命感を持って仕事をしていたように思う。

1.2 漁業影響調査の頃

昭和 30 年から 40 年代にかけては、高度経済成長の時代であっただろうか。その後、「尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす予察調査」(1960 年の論文集：平野敏行：尾鷲湾における平均塩分分布の予察)に次いで火力発電所の建設、さらに原子力発電所建設計画に関連して「温排水の漁業影響」の問題、そして、産業の急激な発展や都市の拡大に伴って水の需要が増加し、各地で水資源開発が推進されるようになった。陸水流入に関係の深い漁業、特にノリ漁業などへの影響は深刻である。「筑後川水系開発に伴う水産業への影響調査」(有明海：福岡県、佐賀県)をはじめ、「伊勢湾奥部漁業影響調査？」(三重県、木曾三川の水資源開発に関係)、「相模川、酒匂川水系の水資源開発に関する問題？」(神奈川県)そして、「湊川取水による水産資源に及ぼす影響調査」(千葉県)など、相次いで取水問題に関する調査に従事している。さすがに、当時東海区水産研究所の海洋部長を務めていた筆者は、「取水問題に追いかけて(平野敏行)」(さかな第 4 号、東海区水産研究所業績 C 集、1969)という一文の中で、「この勢いで行くと、日本中の主だった河

川という河川は、水資源開発という名のもとに、カラカラに干上がってしまっていて、近い将来には、一滴の水も海へ流れ出るものがなくなるのではないかと思われる程である。こういうことは、単に、漁業上における問題というだけでなく、大げさに言うならば、人類が地球上に生き残っているかどうかというような問題にもつながっているのではないかと思われる。」と偉そうなことを述べているが、将来の「地球環境問題」をすでに感じ取っていたのであろうか。またこの中で、取水問題の対応に追われる自分を田舎医者になぞらえながら、早急にしかるべき立派な病院が必要であることを訴えている。

漁業影響の問題はこれだけではない。一方では、工場排水、都市排水による水質汚濁が大きな問題になっていた。特に、瀬戸内海では広島の内海区水産研究所の新田忠雄さんや村上彰男さんなどは漁業影響の立場から、この問題に取り組んでいた。農林水産技術会議の研究プロジェクトであったと思う、水産研究所の調査船蒼鷹丸で東京から瀬戸内海を通過して玄界灘、そして日本海の舞鶴湾まで約一ヶ月、両先輩と一緒に汚染調査に参加したことがあった。駿河湾の奥、まだ白砂青松の田子の浦の海岸から直接海域へ放流されているどす黒いまでに濃い茶褐色のパルプ排水、赤茶けた洞海湾の水が玄界灘へ流れ出している様子など、まだ昨日のように脳裏に焼きついて離れない光景がいくつも残っている。

このほか、水銀（水俣病）、カドミウム（イタイイタイ病）など有害化学物質による問題などがあり大変な時代であった。漁業影響の問題を一つ一つ振り返っていたのではきりが無い。このあたりで、1955年頃から現在までの主だった漁業影響問題を一応整理し列挙して留めておくことにしよう。

-
- ・ 原子力発電所、火力発電所等の設置に伴う一温排水
 - ・ 水資源開発等に伴う一取水問題
 - ・ パルプ工場廃水など一産業排水
 - ・ 臨海都市開発等、下水処理など一都市排水
 - ・ 干拓、埋立て（廃棄物、ゴミ処分場、港湾開発、海上空港建設等）一藻場、干潟等の喪失、流動変化
 - ・ 水銀（水俣病）、カドミウム（イタイイタイ病）など重金属、PCB、DDT、TBT（船底塗料、ヨットハーバー）など一有害化学物質の問題、ダイオキシン、環境ホルモン
 - ・ 赤潮一富栄養化（1972年ごろがピーク、ハマチ養殖の被害）
 - ・ 青潮一貧酸素化（東京湾など）
 - ・ 水島事故など一油汚染（ノリ漁場被害、油臭魚）ナホトカ号沈没による石油流出事故（1997・1・2）、東京湾中の瀬のダイヤモンド・グレース号（1997・7・2）
 - ・ この他、海洋投棄物一ビニール類（ウミガメの胃袋）、釣り針（海鳥）、空き缶（海底）、海ゴミ類（漂着、漂流）など。さらに、放射性廃棄物一旧ソ連の日本海、北極海での投棄の懸念。最近は黄砂、酸性雨。

なお、筆者は当時汚染問題ばかりに従事していたわけではない。本業は水産海洋学。北洋のサケ・マス漁場の海洋調査や沿岸浮き魚類に変動を与える黒潮海域の海洋調査に毎月のように出掛けていた。研究所の調査船で隅田川の河口、月島の岸壁から出航してしばらく行くと、右手に大森海岸一面に張りめぐらされたノリ漁場が見えてくる。左手には、大きな白帆を張った漁船（うたせ）が何隻か、のどかに浮かんでいたものである。あの頃の木更津海岸からは一面見渡す限り干潟が広がっていて、その向こうにかすかにノリ網の柵が見えていた、そういう東京湾であった。

1.3 公害問題としての水質汚濁から海洋汚染、海洋環境の問題へ

当然のことながら、漁業影響の問題はそのまま公害問題であった。1967年（昭和42年）には「公害対策基本法」が制定され、1970年に「水質汚濁防止法、海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」が出来ている。そして、その翌年、1971年には環境庁が発足した。公害といえ、公害対策基本法の第二条に（定義）として、「・・・大気の汚染、水質の汚濁（・・・）、土壌の汚染、騒音、振動、地盤の沈下（・・・）及び悪臭によって、人の健康又は生活環境に係る被害が生ずることをいう。」と述べられている。したがって、沿岸海域で起こる種々の海洋環境問題は、全て「水質汚濁＝水環境問題」の一環として取り扱われていたように思われる。勿論、人の健康、生活環境にとって「水」は欠かすことができないものである。海洋もまた水環境の一環として地球上での水循環、水の供給ということではかけがえのない役割を持っている。しかし、海洋は単なる水溜りではない。この時点では、「地球の7割を占める海洋が、人類をはじめ、地球上の生物の発生、生存を支え、再生産可能な生物資源（海の幸）を供給し、地球規模で、大気、陸域と連携して、独自の仕組みと営みを持ち、水循環のみならず、大規模な物質循環、食物連鎖を通じて、海洋の生態系を維持し、生物圏としての地球の重要で、大きな役割を担っている」という認識はほとんどされていなかったと思われる。

それでも、環境庁では、水質保全局水質規制課の中に、「海洋汚染・廃棄物対策室」が設けられていた。ロンドン条約（1975）とも関連して、主として海洋投棄や石油流出事故など「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」に基づく問題の対応に当たっていたのであろうが、筆者は、この対策室の「日本近海海洋汚染実態調査」（1975～）というプロジェクトには20年余、「海洋汚染調査検討会」（後、地球環境問題の進展とともに「海洋汚染対策検討会」「海洋環境調査検討会」と名称が変る）の座長として参加してきた。調査船を持たない環境庁が苦勞して行ってきたこの「日本近海海洋汚染実態調査」の成果や「検討会」での議論に基づいて、「海洋環境モニタリング調査指針等作成作業部会」（主査：中田英昭）が作り上げた「海洋環境モニタリング指針」（監修：環境庁水質保全局、財団法人環日本海環境協力センター編、平成12年7月21日発行）は一つの大きな成果だったと思っている。地球サミット（UNCED）（1992）、環境基本法（1993年）以後になるとはいえ、この「指針」の第1章背景と目的、1背景、1.1概要の冒頭に、「わが国は四方を海に囲まれた海洋国家であり、海洋は古来より漁業資源の宝庫として活用されるとともに、船舶による輸送、観光レクリエーション等、様々な形で人間活動に利用されてきた。海洋では物理、化学、生物学的な諸過程が複合的に作用を及ぼし合いながら、非常に多

様な生物環境が作り上げられており、海洋生態系は人類を含む地球全体の物質循環系において重要な役割を担っている。従って、将来にわたって海洋の恵沢を享受できるように海洋環境を良好な状態で保全していくことは極めて重要な課題である。」と述べられている。

一方、環境庁の発足に呼応するように、同年（1971年）に水産庁には漁場保全課が調査研究部に設けられた。（筆者は昭和45年5月から二年間この調査研究部の調査官を勤めていた。）そして、1975年頃から設けられた「魚介類有害物質調査検討委員会」には、委員としてそして後には座長として長い間参加した。勿論この頃、海域における公害問題を単に水質汚濁→水環境問題ととらえるのではなく、海洋の汚染、海洋環境問題としての議論がなかった訳ではない。

日本海洋学会では、1972年の国連人間環境会議などの影響もあり、人間活動の急激な増大による海洋汚染、海洋環境悪化への問題が学会有志によって取り上げられるようになり、学会内に設けられた「海洋環境問題小委員会」（委員長：宇田道隆）で、学会として今後進むべき方向が検討された。その検討結果に基づいて学会は、1973年4月8日の総会決議として、「海洋環境問題に関する声明」（Statement on Problems of the Marine Environment）を出し、新たに「海洋環境問題委員会」（委員長：平野敏行）を発足させた。そしてこの委員会は、数十人にのぼる学会員の協力のもと、2年後の1975年10月、日本海洋学会誌特集号「海洋環境汚染に関連する調査研究の現状と問題点」を纏め上げ報告している。この報告では、「第一部海洋環境汚染に関連する項目別調査研究の現状と問題点」、「第二部海洋環境汚染に関連する地域別調査研究の現状と問題点」として詳しく述べられている。さらに、その頃FAOや1960年に新しく発足したユネスコのIOC（政府間海洋学委員会）など国際的な場で進行していた海洋環境汚染の問題については、第三部で「海洋汚染問題の国際事情と日本」（菅原健）「海洋環境汚染研究の歴史的経過」（宇田道隆）に詳しく述べられている。1970年FAOがローマで開いた「Technical Conference on the Marine Pollution and its Effects on Living Resources and Fishing」というシンポジウムは海洋汚染問題を世界で最初に取り上げたものであった。その後、この委員会は現在も継続して活動しているが、1994年には、20年の歩みの総括として、日本海洋学会編「海洋環境問題の変遷と課題 海洋環境を考える」（恒星社厚生閣）が出版されている。

1.4 海洋開発と海洋環境問題

戦後10年して1955年頃からは国際的な海洋共同調査が活発化して行った。NORPAC（国際北太平洋共同調査）、EQUAPAC（国際赤道太平洋共同調査）、IGY（国際地球観測年）、HIOE（国際インド洋共同調査）そしてCSK（黒潮共同調査）などが次々と実施され、これに伴って、海洋開発、海洋分割論そして海洋の新秩序が求められるようになり、国連海洋法会議そして200海里時代へと進んでいったように思われる。

このような国際的動向に対応して、わが国では1956年（昭和31年）に科学技術庁が発足し、「原子力開発」、「宇宙開発」とともに三本柱の一つとして「海洋開発」が発進している。そして、1961年（昭和36年）には海洋科学技術審議会が設置された。なお、1962年には東京大学海洋研究所が新設、1963年には東海大学海洋学部ができています。宇田道隆、松江吉行、中井甚二郎

などの先生方とともに筆者ら 6 人で立ち上げた水産海洋研究会（現水産海洋学会）も 1962 年であった。1978 年、海洋科学審議会は海洋開発審議会となり、この年、海洋科学技術センター（科学技術庁、現在文科省海洋研究開発機構）そして、海洋水産資源開発センター（水産庁）などの法人が相次いでできている。マリノフォーラム 21 や栽培漁業センターなどもこの頃である。（現在は、海洋資源開発センターと栽培漁業センター（栽培漁業協会）は、独立行政法人水産総合研究センターとして水産研究所とともに、同じ組織になっている。）

筆者は、1977 年 10 月、日本学術会議農業科学研究連絡委員会水産学分科会主催、関連学会共催の第 1 回水産学の将来計画に関するシンポジウム（仙台）に水産学会からの推薦で“水域環境”という課題で話題提供を行っている。この内容は、「水産海洋学の課題」シンポジウム「海洋学」—その課題と展望—、海洋科学(号外)、第 1 巻、第 1 号（1978）及び「水域環境—水産海洋学の課題」水産海洋研究会報、第 32 号（1978）として報告しているが、この中で、水産庁が昭和 51 年度から 7 年計画で海洋開発の一環として実施していた「沿岸漁業整備開発事業」について、「・・・しかも、海洋に、少なくとも人為的变化を加えようとするものであるから、開発に伴う環境保全ということも十分な配慮が必要となる。・・・」また、「環境保全」という項目の冒頭、「海洋開発利用は、環境保全を前提に進められなければならない。」と述べている。

また、この 1978 年には海洋開発審議会は「長期的展望にたつ海洋開発の基本構想及び推進方策について、貴会の意見を求める。」という諮問を受け、昭和 54 年（1979）に「長期的展望にたつ海洋開発の基本構想について—21 世紀の海洋開発と保全—」を第一次答申として、また翌 55 年には「長期的展望にたつ海洋開発の推進方策について」を第二次答申として発表している。筆者はこの海洋開発審議会に委員（1975～1983）として参加し、「海洋環境保全全部会長」として、これらの答申の作成にあたっている。作業の過程で、海洋開発と海洋環境保全について「開発と保全の調和」と表現しようという意見が出されたが、筆者はそのとき、「調和」とは生ぬるい、少なくとも「一体」とすべきであると主張し、和達清夫会長が積極的に賛意を示していただいたことを昨日のように思い出している。事実、第一次答申の「序章」においても、「第 1 章 海洋開発の重要性、第 5 節海洋開発の基本的推進方針」においても、「・・・海洋環境の保全と一体となった海洋開発を進めるべきである。」となっており、第二次答申もこの文言がしっかり引き継がれている。一昨年「海洋基本法」が制定され、広範にわたる立派な「海洋基本計画」が策定されているが、唯一つ、海洋基本法 第一章総則(目的)第一条の中に「・・・海洋の平和的かつ積極的な開発及び利用と海洋環境の保全との調和を図る・・・」そして基本的理念の一つとして掲げられている「(海洋の開発及び利用と海洋環境の保全との調和) 第二条・・・」に「調和」という文字が用いられていることを残念に思っている。

1.5 地球環境問題としての海洋の汚染

1988 年の「温暖化問題」、1992 年の地球サミット「アジェンダ-21」を受けて、わが国では 1993 年「環境基本法」が制定されている。そして、この基本法の第一章総則の（定義）第二条 2. には、“「地球環境保全」とは、人の活動による地球全体の温暖化又はオゾン層の破壊の進行、

海洋の汚染、野生生物の種の減少その他の・・・”となっていて、「海洋の汚染」の問題は「地球環境保全」として温暖化の問題について、重要課題として取り上げられている。さらに環境基本法には基本理念として、第三条「環境の恵沢の享受と継承等」及び第四条「環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会の構築等」そして第五条「国際的協調による地球環境保全の積極的推進」とあるように、「海洋の汚染」とか「海洋環境の保全」の問題は、今では既に、「温暖化」と同じ、人類の生存に関わる「地球環境問題」である。「調和」であるとか「一体」であるとかといっている時ではなく、「海洋環境の保全」は「海洋の開発や利用」の前提あるいは大前提として考えられなければならないのではないかと考えている。

さらに、この「海洋の汚染」「海洋環境の保全」という表現については、「国連海洋法条約」の「第1部 序 第1条 用語及び適用範囲 1この条約の適用上（1. For the purposes of the convention :）」としてその4項目目に、“(4)「海洋環境の汚染」とは、人間による海洋環境（三角江を含む。）への物質又はエネルギーの直接的又は間接的な導入であって、生物資源及び海洋生物に対する害、人の健康に対する危険、海洋活動（漁獲及びその他適法な海洋利用を含む。）に対する障害、海水の水質を利用に適さなくすること並びに快適性の減殺のような有害な結果をもたらす又はもたらすおそれのあるものをいう。”（外務省経済局海洋課監修、財団法人日本海洋協会発行、英和対訳〔正訳〕）となっていて、「生物資源及び海洋生物に対する害（harm to living resources and marine life）」を第一番にあげている。筆者はかねてから一貫して、「海洋環境の保全」は基本的には「海洋の生物資源の持続的、安定的な生産（再生産）の維持」であると考えてきた。

ちなみに、ここで地球環境問題に関連する事項を、年代を追って列記しておくことにしよう。

- ① 1962年：「沈黙の春（Silent Spring）」（R.カーソン）。DDT、BHCなど殺虫剤をはじめとする人間のつくりだす有害物質の脅威を厳しく警告
- ② 1967年：公害対策基本法（厚生省）
- ③ 1970年：アメリカ環境保護局（EPA）
- ④ 1971年：環境庁発足
- ⑤ 1972年：国連人間環境会議（ストックホルム会議、Only One Earth、かけがえのない地球）、国連環境計画（UNEP）設立、「成長の限界（The Limit to Growth）」（ローマクラブ）
- ⑥ 1980年：「西暦2000年の地球（Global 2000）」（米国政府）（時の鯨岡環境庁長官が懇談会を設け、筆者は海洋汚染についての意見を述べたことがあった。）
- ⑦ 1987年：「Our Common Future」 Sustainable Development がメインテーマ
- ⑧ 1988年：「温暖化問題」 J. F. Hansen 博士（米国航空宇宙局、NASA）米国議会上院で証言
- ⑨ 1989年：気象庁「異常気象レポート'89」
- ⑩ 1992年：地球サミット（UNCED : United Nation Conference on Environment and Development , 国連環境開発会議）「アジェンダー21」－持続可能な開発のための人類

の行動計画一、および「環境と開発に関するリオ宣言」の採択により「地球環境問題が世界的課題、冷戦終了に替わる国際的正義課題となる。

- ⑪ 1993年：「環境基本法」（公害対策基本法廃止）
- ⑫ 1997年：地球温暖化防止京都会議（COP3）

1.6 漁業環境アセスメントについて

「環境アセスメント」ということが言われたのは1970年代になってからだろうか。手元に、「環境アセスメント 原則と方法」（島津康男訳、スコープリポート1、環境情報科学センター、1975）という本がある。「ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT：PRINCIPLES AND PROCEDURES Edited by R. E. Munn, 1975 ICUS-SCOPE」の訳本である。世界の学会の連合体である国際学術連合会議（International Council of Scientific Union; ICUS）の環境問題に関する科学委員会 SCOPE(Scientific Committee on Problem of the Environment) の45人の専門家が1974年1月29日から2月8日までカナダのビクトリア・ハーバーに集まってできたものであると書かれている。この集まりに参加した訳者は「訳者はしがき」の冒頭、“「環境アセスメント」という言葉がはやっている。だが、その中味は雲をつかむようでわからないというのが真相だろう。国連環境計画の定義によると、環境アセスメント（environment assessment）とは、「人間の行動が環境を変える恐れがある時に、どうしたらよいかを評価し決定するための行動」である。そして、特に、「環境の変化に関する情報を確認し、予測し、分析し、公表する行動」を環境への影響アセスメント（environmental impact assessment）と呼んでいる。・・・なお、中央公害審議会が昭和49年6月に公表したアセスメントの運用上の指針では「環境影響評価」と呼んでいる・・・”と述べている。このような流れは、環境基本法の現在も「環境影響評価法」（平成9・6・13）として引き継がれており、「海洋の環境保全」に対しても、基本的には「水質の汚濁」という水環境問題の一環として取り扱われているように思われる。

「環境アセスメント」がはやりだした当時は、高度経済成長のための工業用地の開発をはじめ港湾開発や海上空港建設などの海面埋立てによる、沿岸環境、特に内湾漁業や浅海増養殖漁場への影響が、急激に増大していたときであった。日本水産学会では、昭和49年(1974年)11月京都でシンポジウム「海面埋立ての沿岸環境および漁業生産への影響」（「海面埋立てと環境変化」川崎健，平野敏行，島津靖彦編，恒星社厚生閣，1977）を開催しているが、この中で、いち早く漁業への影響という立場から「環境アセスメント」についても真剣な議論が行われている。そして、日本水産学会昭和58年度春季大会において、シンポジウム「漁業環境アセスメント」が開催されている。その詳細は「漁業環境アセスメント」吉田多摩夫編（水産学シリーズ48，恒星社厚生閣，1983）としてまとめられているが、その「はしがき」に「・・・進行する沿岸海域の環境汚染に対して、漁業を永続的に維持，発展させるための沿岸漁場の保全と，そのために必要な環境アセスメントについての討議を重ねてきた。・・・」その結果、「・・・これまでに得られている知見を自然環境，ならびに，社会・経済の両面について総合的に討議，集約すること

によって漁業を対象とした環境アセスメントの適切な手法の開発・・・」を図ったものであることが述べられている。また、本文中の「I-1. 漁業環境アセスメントとは(平野礼次郎)」では、日本水産学会では、以前から漁業環境アセスメントについて討議を重ねてきたこと、そして、昭和53年6月に日本水産資源保護協会の協力を得て、「漁業環境アセスメントに関する研究討論会」を開催したことが述べられている。そして、筆者らは「IV. 漁業への影響の予測と評価の手法 5. 構造モデル法(平野敏行, 中田英昭)」として集録されているように、このシンポジウムにおいて、「構造モデル法」を提案している。

この「構造モデル法」は、昭和54年、社団法人日本水産資源保護協会に設置された「漁業環境調査検討事業、評価基準等策定委員会(委員長花岡 資)」において検討されたもので、「・・・水産分野で今まで取り組んできた海洋に関する調査研究の成果やそれにもとづく考え方が最も信頼できるものであるという視点にたつて、これまでの研究の蓄積や豊富な経験にもとづき、「評価手法」として、海洋に関心をもつ社会のいかなる分野に対しても常に、客観性をもち、しかもわかりやすいもの、科学的で、最も信頼できるものとなることを目標としている。」そして、この構造モデル法の基本的な考え方を「資源生物(資源量)とこれをとりまく海洋環境との係わり合いに関する仕組み—構造と機能(はたらき)を可能な限り明確にする」としている。なお、この構造モデル法は、カラー・イラスト(14枚)付で「構造モデル法による漁場環境影響評価手法マニュアル(漁場環境調査検討事業, 社団法人日本水産資源保護協会, 昭和59年3月)」として公表されている。ちなみに、この報告の冒頭にある綺麗なカラー・イラストは、全て中田英昭氏夫人の作であったことを記憶に留めている。

その後、この漁業環境調査検討事業は昭和59年度からさらに5年間にわたり「漁場環境容量策定事業」として引き継がれ、漁場環境容量について真剣な検討が行われてきた。そして、その成果は日本水産学会平成3年度春季大会のシンポジウム「漁場環境容量と評価モデル」で報告され、「漁場環境容量」平野敏行編(水産学シリーズ87, 恒星社厚生閣, 1992)として出版されている。いずれにしても、この「漁場環境容量」という概念は、それまでの「漁場環境影響評価手法」が漁業環境に対する単一のインパクトによる影響評価を問題にしたものであったのに対して、「漁場環境容量策定」の委員会では、複数あるいは、複合インパクトを命題にしたものであった。筆者は、この報告の「I. 漁場環境容量の概念 1. 環境からの視点」の中で、「・・・水産庁の意図はどうあれ、また漁場環境影響評価であれ漁場環境容量であれ、基本的には、いかに漁業にとって望ましい漁場環境を考え、維持するか、ということに留まらず、漁業が海洋の開発利用と環境保全に果たしてきた歴史的現実を立て、我々人類の限りない発展と生存のために、あるべき海洋環境を考えるという立場でとらえてみる必要がある」という考えで検討を行ってきた。」と述べている。そして、この報告では、「II. 水域別の検討 3. 三河湾・東京湾(松川康夫), 4. 大阪湾(城久)」として、具体的な海湾についての検討に加え、「III. モデルによる検討」では、「5. 国際的動向(中田喜三郎・蔵本武明)」「6. 物質循環モデル(蔵本武明・中田喜三郎)」さらに、「7. 生活史モデル(堀家健司・平野拓郎・細田昌広・平野敏行)」として、種の生活史に基づいて、生物の側から環境の動的な特性を捉えようとしたモデルを提案している。

最後にもう一つ、平成 17 年 2 月に開港した「中部国際空港（セントレア）」の計画は、早くから議論されてきていた。昭和 60 年 12 月、「財団法人中部空港調査会」が設立され、当然のことながら環境への影響を配慮して、平成 4 年 11 月に「中部新国際空港に関する環境影響調査検討委員会」、一方漁業への影響を懸念して社団法人日本水産資源保護協会に委託された「中部新国際空港建設計画検討のための漁業調査委員会」（平成 5 年）がそれぞれ設置されている。しかし、その調査内容の枠組みは、当初、前者においては、基本的には、従来の「環境影響評価」の手法を踏襲するものであり、一方後者は現在の「漁業への影響」にしばった調査が中心であるように思われた。筆者がこの調査会の専門委員を委嘱されたのは、それぞれの委員会発足後であったと記憶しているが、直接特に事務局に要請して、これらの委員会とは基本的には別に、“新空港建設に伴う環境影響の緩和策という観点からは、海域環境の中でも、特に重要で密接な関係を持つ「海域の生物資源の生産」及び、海域が自然の営みとして受け持つ自然浄化、物質循環の中で重要な役割を担う「生物生態系の維持」に着目した「海域生物」について検討することが重要であると考えられる”ことから、新たに「海洋生物研究会」が平成 7 年 7 月に発足した。この研究会は、中田英昭氏を始めとして何人かの研究者と熱心な議論を重ね、平成 8 年 10 月、「中部新国際空港の設置に伴う海域生物に関する検討」として、公表されている。

この研究会に関連して、後日、新空港が開港した年、平成 17 年 11 月 16 日開催の「海の健康診断シンポジウム in なごや」出席のため前日（15 日）の夕方訪れた名古屋駅の近くで、昔お世話になった調査会や愛知県の担当者の方々が何人かで、旧交を温める場を設けていただいた。このときの模様を、(財) 中部空港調査会報「GARF NO. 67 (2005 DECEMBER) 設立 20 周年記念号」に寄稿した“「海洋生物研究会」のことども（平野敏行）”の中で、次のように述べている。「・・・楽しい集いだった。期せずして「海洋生物研究会」の頃の話に花が咲いた。私が無理を言うので皆さんをずいぶん苦しめたい。それでも当時の私の部屋の片隅にあった作業机を囲んで、喧々諤々議論したこと。みんな真剣で、一生懸命であったこと。みんな達成感を持っておられてうれしかった。このときの、事務局のリーダーであった I さんは、持参された研究会の報告書「中部新国際空港の設置に伴う海域生物に関する検討，平成 8 年 10 月」を取り出して、今でもよくこれを眺めている、特に「はじめに」のところは繰り返しよく読んでいるとおっしゃっていた・・・」また、この寄稿文では、平成 8 年 5 月に発行された「はばたけ 21 世紀へー中部新国際空港への期待」という「(財) 中部空港調査会設立 10 周年記念論文集」に掲載されている「伊勢湾と海洋の環境保全（平野敏行）」の最後のところで「環境影響アセスメントのためとか、漁業影響のためとかということではなく、伊勢湾の海洋環境とはどういうものか、どういうものでなければならないか、・・・全力を挙げてみたい・・・」と述べているところを引用して、当時の思い出を語っている。さらに、翌日の「海の健康診断」シンポジウムで、“この「海の健康診断」の基本的よりどころを 1. 生態系の安定性と 2. 物質循環の円滑さにおいているが、これには「海域生物研究会」で・・・「海域生物」についての検討がよりどころになっている”と話したと、「海の健康診断」と深いかかわりのあることを述べている。

1.7 「海の健康診断」構築へ

財団（当時は財団法人シップ・アンド・オーシャン財団）は、日本財団の平成11年度補助事業として実施した「沿岸海域における海洋環境改善技術に関する調査研究事業」の成果を取りまとめた「沿岸海域における海洋環境改善技術に関する調査研究報告書」（平成12年3月）を公にしている。この報告書の冒頭「調査研究の概要 1. 調査研究の目的」（1頁）の中で、「本来海域においては、陸域から負荷された栄養物質を生物が利用し、成長し、その一部は漁獲されて再び陸域に回帰していた。沿岸海域にはそのような漁獲対象となる生物の産卵、成育を支える藻場や干潟が存在し、豊富で多様な生物生産の場が形成されるとともに、生物生産を通じた物質循環によって良好な環境が維持されてきた。」とある。次いで、「1. 海洋環境改善技術導入のための基本的な考え方と手順 1.1 基本的な考え方（1）沿岸海域環境をめぐる背景と本調査の位置づけ」（6頁）には、「・・・陸域からの負荷は、海域において移流、拡散、食物連鎖、漁業活動など、様々な要素や過程を経て陸域と循環している。本調査研究では、このような沿岸域本来の物質循環システムに着目し、海域に流入した栄養物質に対してどのような考え方で改善技術を適用することが望ましいか、その手順や今後の課題について検討を行った。」とかかれている。そして、「おわりに」（104頁）その結果「持続的な環境改善のためには、生物活動に支えられた自然本来の物質循環システムを、長期的、広域的な視点から修復、強化していくことの重要性が示された」としている。

この報告書がもとになって、翌平成12年度、13年度に実施された「閉鎖性海湾の環境モニタリングに関する調査研究」の中で、「海の健康診断」の構想が生まれてきたように考えられる。いうまでもなく、海洋の調査や観測は古くからいろいろの機関で、気象、海象、漁海況等のため行われてきている。しかし、内湾や閉鎖性海域では、水質汚染のための水質調査が主で、湾全体の環境保全のためのモニタリングの体制は必ずしも十分とはいえない。アジェンダー21の第17章や国連海洋法条約に、海洋環境の保全、海洋汚染問題について、生物資源や海洋生物の保護が大きく取り上げられているにもかかわらず、これらに対する明確な保全対策、モニタリングの体制はどうなっているのだろうか。そもそも、海の、特に閉鎖性海湾の環境モニタリングのあるべき姿は？そして、海洋環境のあるべき姿はどうあるべきか。それは、活発な生物生産をもたらす正常で安定した生態系が維持される「豊かな海」「健全な海」そして、それは「健康な海」ではないだろうか。それに対して、現状はどうだろうか。長期にわたって人間の手加わってきた「現在に海」はどうなっているのだろうか。「現在の海の環境評価」それは、現在の海の健康状態を調べる「海の健康診断」ではないだろうか。このような筋道をたどって、「海の健康診断」というコンセプトにたどり着いたのではないだろうか。

筆者の手元に、上記「平成13年度 閉鎖性海湾の環境モニタリングに関する調査研究 報告書 平成14年3月 財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団」のもとになった、事業計画書やこの事業で立ち上げた「閉鎖性海湾の環境モニタリング検討委員会」（委員長中田英昭）の検討資料、それに、平成12年11月から平成13年7月まで5回にわたってこの委員会で行われた議事録がある。残念ながら公開されていないが、この調査研究に携わった、財団事務局の担当者の方々、

また事務局としてこの調査研究の資料整備などの業務を受け持った、いであ（株）（当時は、新日本気象海洋（株））のスタッフそして、この検討会の中田英昭、中田喜三郎、松田治の各委員、アドバイザーとして参加の城久氏、これらの方々の並々ならぬ努力と熱意そして何よりも、7度にわたってフリー・トーキングの形で行われている熱気のこもった討論が記録されている。「海健康診断」は何よりもこの検討会の成果として立ち上がってきたものである。筆者は残念ながらこの検討会に参加していない。これらの方々に心からの敬意を送りたい。

それにつけても、筆者がかつてトキワ松学園女子短期大学（現横浜美術短期大学）の学長の頃、造形美術科長であった文化勲章受章者の帖佐美行先生がある時、「このごろの子供は写生をしなくなった。写生は大切ですよ。自然には一つとして同じものはありませんよ。どんな良いものでも大量生産でつくった同じものはちっとも面白くありませんよ。」といわれるのを聞いて、「はっ」と衝撃を受けたようになったことを覚えている。昭和47年5月、長崎の水産庁西海区水産研究所の所長になったとき、同時に、水産庁から長崎県へ出向した水産部長の要請で一緒に、県下の漁業、漁業組合を訪ねて歩いたことがあった。さすがに北海道に次ぐ全国二番目の水産県である。ちょっと岬をかわすたびに、一つ一つ異なった湾、海岸に出会い、そこには異なった漁業、異なった魚種を対象に異なった漁法が行われ、それぞれに漁業組合があったのを忘れることが出来ない。考えてみれば、当たり前のことである。自然には一つとして同じものはない。一度あったことは二度繰り返すことはない。人間の体も一つとして同じものはない。人の健康も、ましてや「海健康診断」もそう単純なものではない。「海健康診断」は海洋環境保全のための大事な手法、課題であるが、それだけに、一つ一つの現実の海を大切に、具体的に、着実にやっていきたいものである。

「海健康診断」の詳細な中身については別に、それぞれの専門家から報告されることになっているが、どんな立派な手法であっても完全ということはありません。まして、まだ始まったばかりである。これからもどんどん、実際のいろんな海健康診断に取り組み、より良いものに進化させ、わが国のみでなく、世界の海を視野にいれた「海健康診断」を目指したい。そしてその成果は、「海洋環境モニタリングの手法」である「検査、検診の手法」、さらには、「海洋環境改善策、修復技術」とも言うべき「海の治療法」にまでも発展させていきたいものである。

2. 物質の円滑な循環

内湾の中での物質の循環は生物がかならず持っている、炭素や窒素のような元素を使って表現される場合が多い。その前にまず、物質循環といっても、それが湾内の物理的な過程、つまり流れや拡散によって窒素や炭素を含んだ物質が輸送されたりする場合と、生物・化学的な過程、つまり生物の光合成や、生物の間で食ったり、食われたり、糞をしたりすることで移動していく場合に分けられる。

ここでは、汚染の進行しやすい閉鎖性の内湾における物質循環について考えていく。最近では河川の感潮部も含めてエスチャリーと呼んでいる。エスチャリーとは、半閉鎖性の沿岸水で、外洋と自由な接点を有し、陸からくる淡水で海水が希釈されている水域と定義されている。この考え方を適用すると、東京湾や伊勢湾等の海域もエスチャリーとなる。湖沼とは異なって、エスチャリーの水の流れによる循環は塩分分布からある程度推定できる。

(注) 海水の塩分は 1kg 中に溶解している固形物質の全量に相当する。これを直接測定することは困難なため、海水の電気伝導度を測定して塩分を求めるのが一般的である。現在は比電気伝導度によって決定された無次元の塩分を実用塩分とよび、現在はこれを使っています。これまでは $o/ooNaCl$ を使っていたが、現在では使われていない。塩分表示は例えば 35 とだけ記すか、あるいは実用塩分(practical standard unit)であるという意味で 35psu と記している。

しかし、ここではエスチャリーという言葉は使わないで、一般的に内湾と呼ぶことにしよう。まず内湾における流れについて述べていくことにする。

2.1 物理的な循環

1) 流れを起こす仕組みについて

まず内湾はたんに水たまりではなく、流れが存在することを知っておく必要がある。つまり人間で言うと、心臓のようなもので血液を体内に循環させるのと同じように、流れは流入してきた物質を内湾のいたるところに供給する働きをする。内湾において流れを起こす力には 3 つの種類がある。潮汐を起こす力によるもの、風が海面を引きずる力（風応力）によるもの、密度（重さ）の違いによる圧力差（圧力勾配力）によるものである。それぞれの力で起こされた流れは、順に潮流、吹送流、密度流、と呼ばれている。

a) 潮流について

図 1 に潮位記録を示した。これは 2005 年 1 月に岩手県大船渡湾で観測された潮位記録である。この図の中で、潮位が高くなっていく過程が満潮で、低くなっていく過程が干潮になる。図には月齢も示してある。この図からわかることは、満潮と干潮は一日に 2 回生じること、一日に 2 回起きる潮汐の大きさ（満潮で潮位が高い時の値から、干潮で潮位が低くなった時の値を引いたもので、潮差という）は必ずしも等しくないこと（日潮不等とよばれる）、場合によっては一日に 1 回しか満潮、干潮が生じないこともあること、満月と新月の時に潮差が大きくなり、下弦、上弦のときに潮差が小さくなること、などがわかる。この潮位の変化を詳しく見ると、満潮や干潮は平均して日々ほぼ 50 分ずつ遅れている。従って一つおきの満潮、干潮の間隔が 24 時間 50

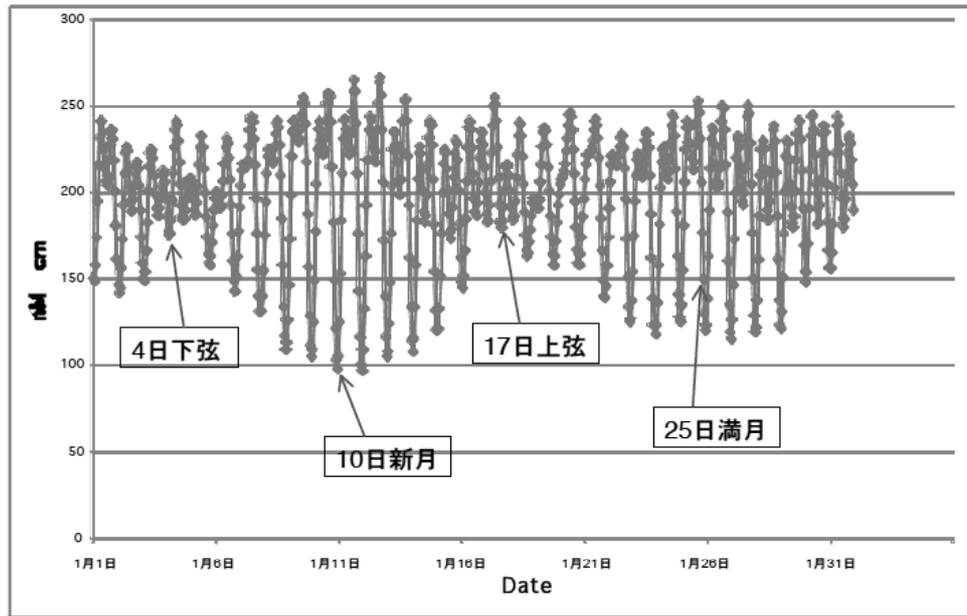


図1 2005年1月に大船渡湾で観測された潮位の連続記録。月齢も共に示されている。

分となり、この時間は月がある地点の真上を通過してから、次に通過するまでの時間、すなわち1 太陰時と一致し、月と潮汐の関係が極めて密接なことがわかる。一般に二つの天体、例えば、地球と月は図2に示されるように共通重心 G の回りをほぼ円運動に近い回転をしている。地球と月の共通重心は地球の質量のほうがはるかに大きいため地球の内部に G があるし、地球と太陽では太陽の中にあることになる。月と地球の共通重心と地球の重心との距離は 4700km 程度である。両天体は約一ヶ月かけてこの共通重心をはさんでそれぞれ公転をしています。公転の際は常に共通重心を中心とする公転に伴う遠心力が作用している。また地球と月の間には万有引力が働いている。潮汐現象を引き起こす力、起潮力はこの万有引力と、遠心力の差（ベクトルの差）から生じる。万有引力は天体に最も近いところで、最大、遠い点で最小になります。遠心力は地球上の全ての点で一定で、地球の重心の共通重心からのずれと同じ方向に働く。結局、図2に示されたような方向の起潮力分布が得られる。

地球とほかの様々な天体との間に生ずる起潮力を比べると、太陽と月が大きく、他は無視できません。太陽と月では、月による起潮力が距離が近いことが効いて大きい。図2のような起潮力が働くと、海水はラグビーボールのような形になり、その中を地球が自転をするので、地球上のある点では一日に2回の高潮と低潮が発生する。ラグビーボールの長軸と地球の自転軸が直交しない場合には二つの干満は等しくなく日長不等が生じるという訳である。また月と太陽がそれぞれラグビーボールを作るために、月と太陽が同じ方向にある満月や新月の場合、ラグビーボールが重なり、潮差が大きくなる。これを大潮とよぶ。また上弦や下弦の場合には二つのラグビーボールの向きは大きくずれて小潮になる。図1に月齢を示したのは、このような理由からである。

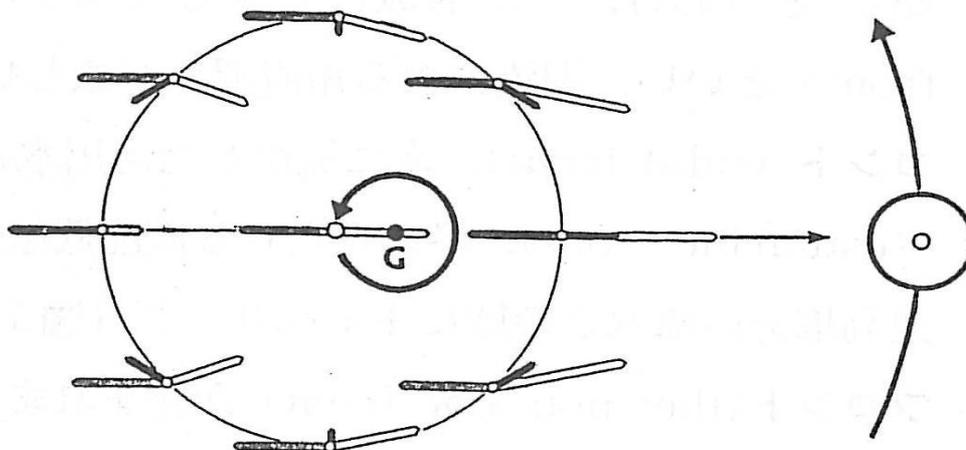


図2 共通重心(G)のまわりの2つの天体の運動と、それに伴う遠心力(斜線矢印)、
万有引力(白矢印)、及び起潮力(黒矢印)

このような潮汐が内湾の境界から出入りすると、内湾の海水はそれにともない、満潮のときには湾の奥に向かう流れ、干潮時には湾奥から湾口に向かう流れが生じる。これが潮流である。従って潮流の周期は潮汐の周期に対応することになり、大潮、小潮に対応して潮流の速度も大潮時は大きくなり、小潮時には小さくなる。また日潮不等も現れる。

河川や工場などから流れ込んだ物質はこの潮流によって運ばれていくことになる。しかし潮流は一般に一日2回の往復流となるので、場合によっては同じ所を行ったり、来たりすることになり、かならずしも物質を移動させることにはならない。物質の移動で重要になるのは潮流の周期で平均した場合に残る流れの成分である。これを潮汐残差流という。これは地形の効果によって生じてくる。岬や、半島の先端、狭い水路の出入り口付近では潮流から渦が生じる。この渦が徐々に蓄積されて湾全体の循環に発展し、一見して湾内に定常的な環流が存在するようになる。図3は大阪湾での潮汐残差流の例である。大阪湾には、沖の瀬を中心とする湾西部に形成される時計回りの強い循環流(中の瀬環流とよばれている)。物質は長期的にはこのような潮汐残差流によって運ばれることになる。その過程で拡散によって回りの海水と混合してうすめられていくことになる。

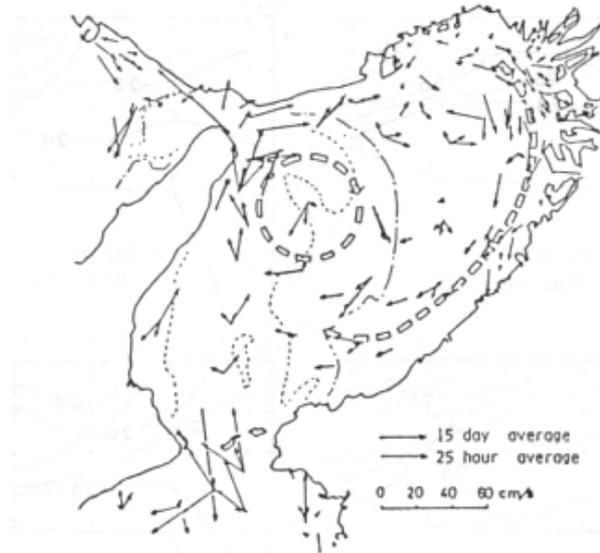


図3 大阪湾の潮汐残渣流(中国工業試験所,1980)

b) 吹送流

内湾に風が吹くと、海面では風にひっぱられて風速の約 3%程度の流れが発生する。例えば 10m/s の風で、海表面には 30cm/s の流れとなる。流れの向きは小さな湾では風の吹き去る方向に向かうが、大きい湾や外洋では地球の自転の効果が効いてきて、北半球では風の吹き去る方向に対して右に偏った方向に流れる。湾の地形や風の強弱の時間変化、また同じ方向へ吹いていく風の継続時間などによって湾内には吹送流による水平方向の循環流が生じてくる。そして浅いところでは表面から海底まで同じ方向に流れていくが、深いところでは表面付近と深いところでは向きが違う場合がある。このような場合には鉛直循環流も発生する。

c) 密度流

軽い河川水が流入する内湾では、海側には重い外洋水が存在するので、圧力場が不均衡になるので、これを解消するために密度場を調節する流れが生ずる。流出する淡水は密度が小さいので、海から入り込んでくる密度の大きな塩水の上に浮かぶ。この型は世界中の温帯における内湾の典型である。表層水は下流向きの流れ、その下の重い水は下層から湾の奥に向かう流れとなり、鉛直循環流が形成される。これを密度流と呼ぶが、重力循環流、あるいはエスチャリー循環と呼ばれたりしている。海水の密度を ρ 、内湾水と海水との密度差を $\Delta \rho$ とし、水深を h 、湾奥から湾口までの距離を l とすると、この循環流の強さは

$$Q_{\mu} = \frac{Dr gh^3}{r K_z l}$$

で表される。ここで K_z は鉛直渦粘性係数である。この式は、密度差や、水深が大きいと鉛直循環流が発達するが、鉛直混合が強かったり、水域が長いと、循環は発達しないことを示している。下層に流入する外洋水は潮流の影響を受けている。潮流が強いと、鉛直渦拡散係数は大きくなるので、鉛直循環流は弱くなるし、河川水の流量が大きくなると $\Delta \rho$ が大きくなるので、循環流が

発達するようになる。潮流の影響が強い場合は強混合型、河川水の影響が強い場合は強成層型、両者の影響が均衡する場合は緩混合型と呼んでいる。

緩混合型の場合模式的には図 4 のような循環になる。任意の点では表層水は底層水より塩分が低く、流れの鉛直分布は表層では下流側に向かい、底層では湾奥に向かっている。強成層型との違いは、淡水が最奥部でしか見られないことである。東京湾や伊勢湾、大阪湾等の代表的な閉鎖性内湾はこの型に属している。

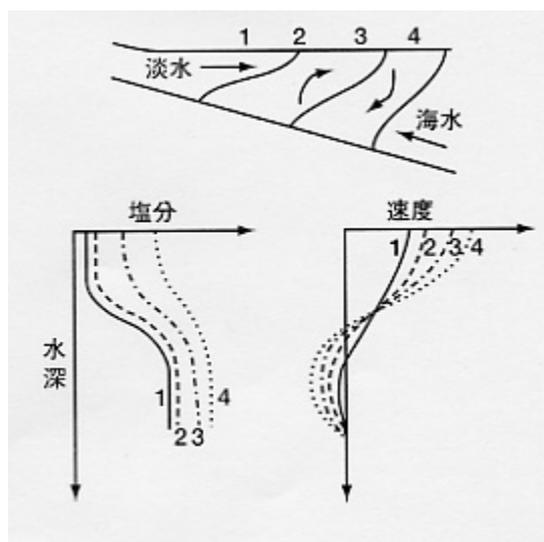


図4 緩混合型の塩分と速度分布の模式図。4点での塩分と速度分布も示す。

流れの速度や向きなどは、流速計を繫留して、連続的に観測することができる。観測されたデータから、例えば潮汐周期で平均すると、潮流成分が除去でき、残った成分が、潮汐残渣流と呼ばれているが、実際にはその中には密度流や吹送流なども含まれる。観測データから密度流、吹送流などの寄与をとりだすには、さらに工夫が必要となる。

2) 流れの働き

流れは、人間でたとえると心臓のような役割なので、陸から供給された淡水やその中に含まれている物質を湾内の様々な場所に輸送する。もちろん、プランクトンや魚卵などのそれ自身では動くことができない生物を輸送する役割も持っている。また流れの中に内在する乱れ、気象では風の息ともよばれているような、細かな変動によって回りの水とかき混ぜられ、薄められながら広がっていく。このような過程を渦拡散とよんでいる。河川を通して内湾に供給された淡水は、流れのはたらきによって、湾内水と混合をしながら運ばれていき、湾口を通して外洋に出て行くことになる。このような淡水の挙動は湾内に形成された塩分分布によって推定することができる。鉛直の2次元の断面で見ると図 4 のようになる。この塩分分布から、その水域の環境特性をおおまかに知ることができる。その特性の一つとして流入した淡水の滞留時間(あるいは交換時間)がある。通常フラッシング時間(平均滞留時間)と呼ばれる概念である。淡水の滞留時間が長い

ということは、内湾の海水交換が悪く（人間でたとえると血圧が高い）、環境汚染を起こしやすい水域であると考えて良い。大雑把には、平均滞留時間 T は流入河川流量 R と内湾に存在する淡水の全容積 Q から求められる。これは流入する淡水によって、内湾に存在する淡水が入れ替るために必要な時間である。

最も簡単な方法で求める場合、淡水の全容積 Q は内湾の容積 V と平均塩分 S_i 、外洋の塩分 S_o から計算できる。

$$Q = \frac{S_o - S_i}{S_o} \times V$$

そして流入する淡水の流量を R とすれば、淡水の平均滞留時間 T は、

$$T = Q/R$$

例えば東京湾では 30 日程度になる。これも河川流量の大きさに大きく変化する。また、よく混合し、外洋水との交換が活発な内湾は、 $S_o - S_i$ が小さい値をとり、平均滞留時間 T が短くなる。

内湾の物理的な循環過程は、ここで述べてきたように密度流、潮流、吹送流などで決定される。現在では、河川流量、外洋での塩分や水温の鉛直分布、風の場合などの気象要因を性格に境界条件として与えれば、流れの場は数値モデルによって精度よく再現することができる。そして、この物理モデルの結果を用いて水質予測が行われている。しかし、精密な数値モデルを使わなくても、その内湾が汚染されやすいかどうかは、簡単な平均滞留時間 T を求めるだけでもある程度は判断できることも知っておくことは重要である。前述したようにこれは健康診断では血圧測定に対応するもので、血圧が高いといろいろな疾病をひきおこしやすいように、内湾でも環境が汚染しやすくなることを示している。埋め立てなどによって、海水交換が悪くなる傾向は潮位の変化で見ることができる。すなわち、湾奥部が埋め立てられると、湾の長さが短くなることで潮位が減少し、潮流が弱くなる場合がある。つまり血圧が上昇する。潮位の変化も簡単に調べることができる項目であるのでわれわれは比較的容易に知ることができる。

また運動をすると血圧が下がることがあるが、これは時折の風による鉛直混合の促進や、河川流量増加による密度流循環により一時的に海水交換が促進されることに対応する。しかし血圧だけで健康診断ができるわけではない。海の場合も同様である。

・ 生物・化学的な循環

内湾に流入してきた物質は流れのはたらきを受けて、薄められながら、湾内の様々な場所に運ばれていく。その過程で、生物に取り込まれたり、海底に沈降したり、また生物から排出された物質も再び流れの働きで運ばれていくことになる。

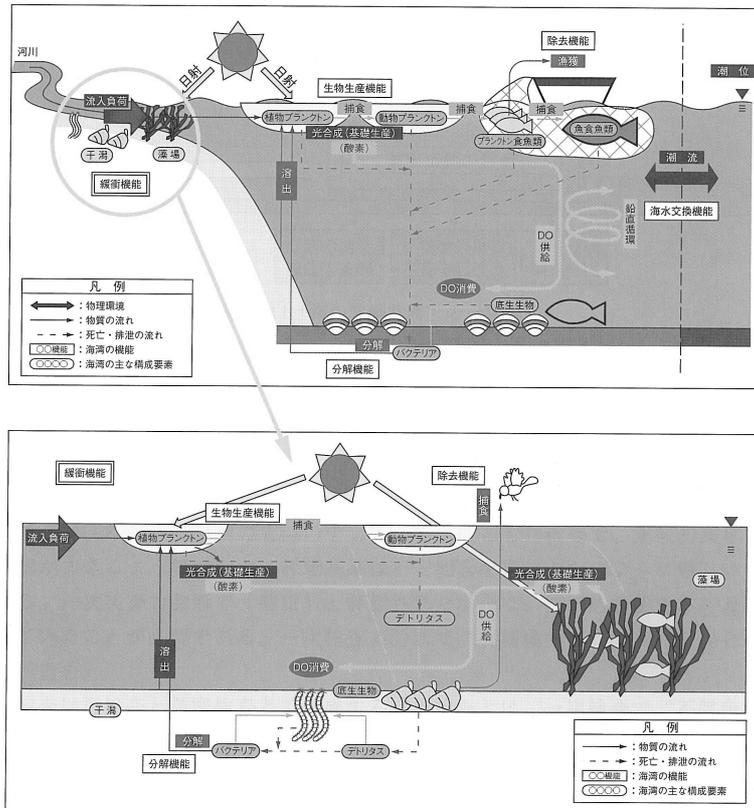


図5 内湾の生物地球化学的な循環の模式図

このような過程が物質の生物・化学的な循環、あるいは最近では生物地球化学的な循環とよばれている。人間でたとえると、様々な箇所ですべて流れてきた養分を吸収し、成長に使い、必要のないものは排出していく消化器間に相当する。

河川を経て湾内に流入する負荷は、例えば炭素や窒素のような元素の場合だったり、CODのような有機汚染を示す指標などで表現されたりする。

水域での生物を介した有機物の流れは、図5に示したように、まずは植物プランクトンに代表される植物の行う光合成によって無機物から変換される。それは動物プランクトンに代表される植食者、そして肉食の魚や肉食動物プランクトンへと摂食によって移っていく。これが食物連鎖と呼ばれている過程である。しかし、食物連鎖で生産された有機物の全てが移動していくわけではない。例えば、植物プランクトンは光合成した有機物のうちある割合を溶存有機物として体外に浸出させる。これはバクテリアによって無機化され無機態栄養塩にもどる。また枯死によって粒状有機物となり、海底へと沈降していく。また、植物プランクトンから動物プランクトン、そして魚へと食物連鎖を通じた物質の移動は、自身の成長の他には、呼吸、排泄、排糞などによって体外に出される。これは無機態の形で出される場合（排泄、呼吸）と有機態の形で出される場合（排糞）がある。粒状有機物は水中や海底でバクテリアによって分解されたり、動物プランクトンによって摂食をうけたりもする。堆積物に沈積した有機物は海底に生息する生物によって摂食される。海底に生息する生物は、海底近くに生息するカレイのような底魚に摂食されるので、

海底付近でも食物連鎖が存在している。沈降した有機物は無機態の形で水中へ戻っていく。このように、流入してきた物質は形態を変えながら、生物間を移動しており、その移動経路は非常に複雑である。食物連鎖という表現は、生産者から植食者、肉食者へと物質が移動していく過程の表現であるが、実際の内湾で起こっている現象は、物質の移動が網の目状になっているので、食物網と呼ばれている。

健康な海というのは、植物プランクトンによって生産された有機物が効率的に動物プランクトンや魚類へと移動しており、海底に沈降した有機物は海底堆積物中に生息する生物を経て底魚に摂食されるというような物質の生物間の移動がスムーズに行われている海域のことである。従って健康度はこの物質の循環がどこかで滞っていないかどうかで計ることができる。

3) 物質循環から健康を診断する

一般に、内湾に流入する負荷量が高いと、水質の悪化を引き起こし、低すぎても生物の生産活動が制限されるために、生物の生息、ひいては内湾の物質循環が細くなりすぎて漁業などに影響が大きくなることが想定される。そのために、人間活動に伴い排出される負荷量を、それぞれの内湾に対して適正にコントロールすることが望まれる。では適正な流入負荷量とどのようにして決められるか。適正な流入負荷量とは、流入物質に対する内湾がもつ許容量とも言い換えることができる。内湾特有の物質循環による系外への物質の散逸はあるが、内湾を一つの入れ物と見たとき、第一近似的には流入してくる負荷量が内湾特有の海水交換により、どの程度湾外に排出されるかを見積もればその許容量を評価でき、この値の評価より適切な負荷量を簡便に評価できると考えることができる。前述した淡水の平均滞留時間などは内湾の物理的な海水交換を表現する有効なパラメータである。

武岡(1984)は平均滞留時間を用いて河川起源の物質の総量は河川の流入負荷量に平均滞留時間をかけたものであることを示した。このような知見をもとに、内湾特有の海水交換を考慮した場合の許容できる負荷量を評価するために「流入負荷量×平均滞留時間/湾容量」というパラメータを考えてみよう。このパラメータは濃度の次元を持ち、流入負荷量に伴う物質の湾内の平均濃度とも言い換えることができる。この値を用いることで、異なるスケールや、異なる海水交換性を持つ内湾での平均濃度を同じグラフ上で相対的に評価できる。河川負荷量が大きいか、また平均滞留時間が長いほど、大きな値となり、逆に湾の容量が大きいか小さな値となる。この特徴は直感的にも理解しやすい性質である。人間にたとえれば海水交換はいわば血圧のようなものであるとすると、これは健康診断で言う所のコレステロール値に対応すると考えて良い。内湾がもつ流入負荷物質に対する許容量の指標になると考えることができる。このパラメータを負荷滞留濃度と呼んでいる。この負荷滞留濃度のスタンダードな値を 0.2mg/L として、健康診断としては、現状がこの値より大きな値をとる内湾は要注意、あるいは精密検査が必要であるとしている。

図5に日本の内湾から16の湾を例として選び、それぞれの湾について、淡水滞留時間と、単位容積当たりの負荷量をプロットしてみた。この図の中で負荷滞留濃度 0.2mg/L に相当すると

ころが、実線で示されている。つまり、この線の上側に来るか、下側に来るか海水交換と負荷のバランスがとれているか、あるいは相対的に負荷が多いかを知ることができる。選ばれた湾で、この項目に限ってみれば、釜石湾、尾鷲湾、大村湾、噴火湾などは健康であると判断される。

伊勢湾や有明海、はほぼ滞留負荷濃度 0.2mg/L の線上にある。一方血圧はそれほどでもないが、コレステロールが溜まっているのが函館湾、福岡湾、舞鶴湾、であり、両方問題なのが英虞湾、東京湾、伊万里湾、陸奥湾、サロマ湖などと分類できる。

さてここまでは、主として物理的な循環に着目して話を進めてきた。次は生物にとって必須である溶存酸素について見て行くことにする。酸素がないと特殊な微生物を除いては、生物は生きていくことができないのは陸も海も同様である。図 5 に示した生物地球化学的な循環には酸素の循環も描かれている。酸素は大気中や河川水、外洋水、さらには植物プランクトンによる光合成などによって内湾に供給され、流れによって輸送され湾内くまなく行き渡ることになる。

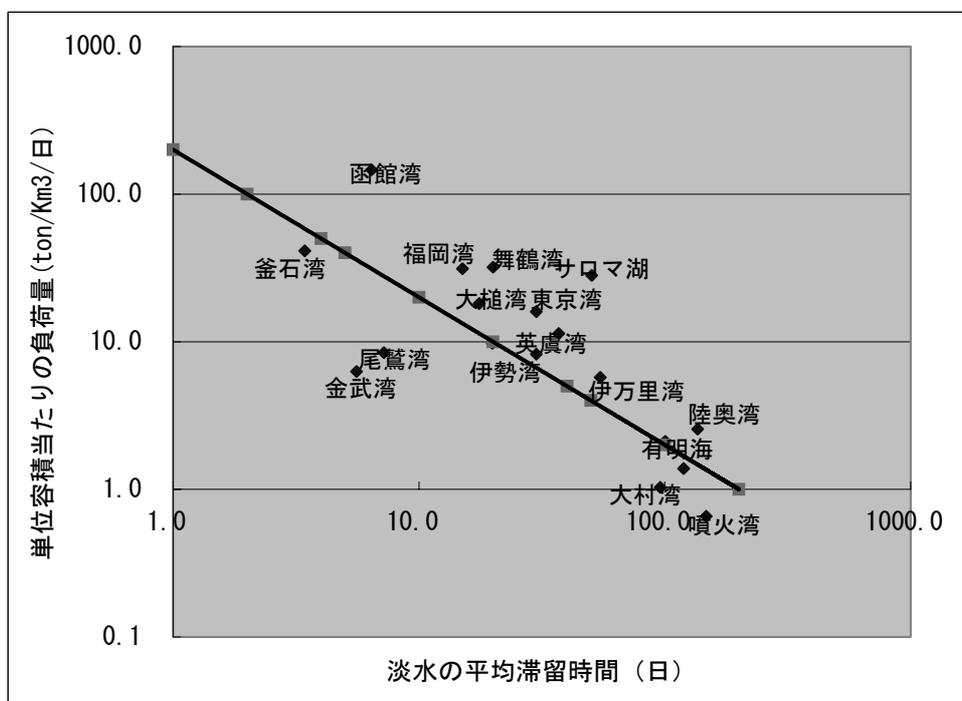


図6 各湾における単位容積当たりの負荷量と淡水の平均滞留時間との関係
図中の実線は滞留負荷濃度 0.2mg/L に相当する。

しかし、陸から供給や、内湾で生産された有機懸濁物が海底に沈降し、そこで微生物によって分解されると、酸素が消費される。酸素の消費は生物の呼吸によって全水柱で行われるが、特に問題となるのは海底付近である。流れによる酸素供給が海底での酸素消費に追いつかないと、そこでの酸素が徐々に不足し始め、ついには酸素がなくなっていくことになる。これが貧酸素水塊の形成である。これは夏に表面が暖められ（軽くなる）、水柱が安定な成層をする時に起こる。安定なので、水はかき混ぜらなくなり、酸素が底層に運ばれなくなるわけである。コレステロールが溜まり血行障害が起こっていくことに対応する。そして、貧酸素水塊の形成が長期化するよ

うな海は、動脈硬化が起こっていることになる。底層には生物がいなくなるので、物質は循環が止まり、海底に有機物が溜まっていく。いわゆるヘドロの堆積がおこっていく。さらには堆積物の中では酸素が無いので嫌気的な細菌による硫酸還元によって、硫化水素のような硫化物が蓄積されることになる。これもコレステロールの溜まりに該当する。従って底層の溶存酸素濃度は健康の重要な指標となる。貧酸素水塊が形成されている場合、風の吹き方によっては干潟や浅場に酸素のない底層水が湧昇し、青潮が発生する。青潮が発生すると、干潟や浅場に生息する生物が大打撃を受けることになる。

滞留負荷濃度ではスタンダードな値にちかい伊勢湾は貧酸素水塊の発生は湾全体に及び、長期化している。なぜこのような状況になったのか？最近の研究では1970年から80年にかけて行われた干潟や浅場の埋め立てが大きくかかわっていることが示されてきた。干潟や浅場はアサリなどの二枚貝が大量に生息している場所である。二枚貝は水柱に存在している植物プランクトンを含めた有機懸濁物をろ過しながら餌として吸収している、懸濁物食者である。これらの懸濁物食者であるアサリの資源量と貧酸素水塊面積の年間積分値との関係をモデル計算から求めた結果として図7のような結果が示された(山本他、2008)。この計算は1960年から1988年までの28年間三河湾を対象として行われ、干潟、浅場の埋め立ての変遷や、河川からの負荷の変遷を考慮したものである。その結果1980年以降は貧酸素水塊形成には、負荷量の増大よりは干潟、浅場の埋め立ての影響のほうが大きいことが明らかになった。

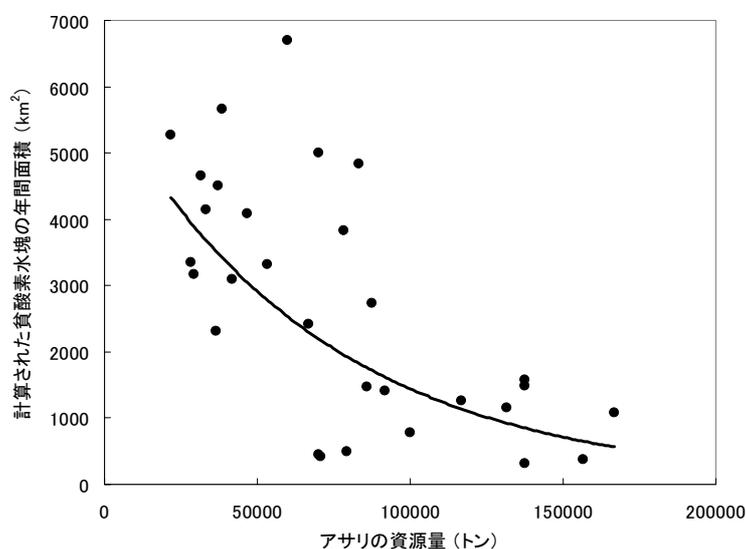


図7 アサリ資源量とモデル計算による積分された貧酸素水塊面積の相関(山本他,2008による)。

この図からわかるように、アサリの資源量が10万トンを超えるような年は貧酸素水塊の面積は小さいが、5万トン以下になると指数的に貧酸素水塊の面積が増大していることがわかる。干潟、浅場そして藻場などでも、図5の下のパネルに示されたような物質循環が形成されている。前述したように、そこに流入してきた物質、特に懸濁態有機物は二枚貝によって摂取される。二枚貝資源が大きければ大きいほど懸濁態有機物はそこで水柱から堆積物へ移行する。そして、二

枚貝から出された有機物は、ゴカイなどの堆積物食者に摂取され、ゴカイは底魚などに摂食され、浅場から除去されていく。残った有機物は細菌による分解を受け最終的には無機態となって溶出する。無機態栄養塩は藻場があれば、藻場での光合成に利用されるので、干潟や藻場から沖合に出て行く量は軽減される。このような干潟、浅場、藻場の機能は、図5には緩衝機能として示されている。干潟、浅場はこのように懸濁態有機物の海域への供給を軽減し、底層の貧酸素化を防ぐ役割を持っている。つまり貧酸素化によって海底に健康を阻害する硫化物や、ヘドロなどの毒素の蓄積を防ぐので、肝臓のような役割を持つとも考えられる。

生物地球化学的な循環におけるもう一つの問題は赤潮である。これは植物プランクトンの大量増殖が原因で、海の水が着色する現象である。青潮とは違って植物プランクトンが大量に存在するために、溶存酸素は過飽和状態になっている。この赤潮は動物プランクトンによる摂食は期待できず、枯死してそのまま海底に沈積していくことが多い。これは底層が貧酸素化していく要因ともなる。そして、動物プランクトンによる摂食が小さいと、その上の栄養段階である肉食者への物質の移動が極端に少なくなることになる。つまり有機物の生産は大きい、そのまま海底に貯められていくことになるので、ある意味では糖尿病にかかったような状態である。夏場の東京湾などは、表層は赤潮状態で、底層は貧酸素状態が常態化している。これは腎臓機能と肝臓機能が止まっているような状態であるとも考えられる。

赤潮についても、干潟、浅場が存在しておれば、二枚貝による摂食が働き、植物プランクトンから次の栄養段階にスムーズに物質が移動できるので、糖尿病状態になることは防げると考えられる。その意味では干潟、浅場は腎臓機能をも有しているということになる。

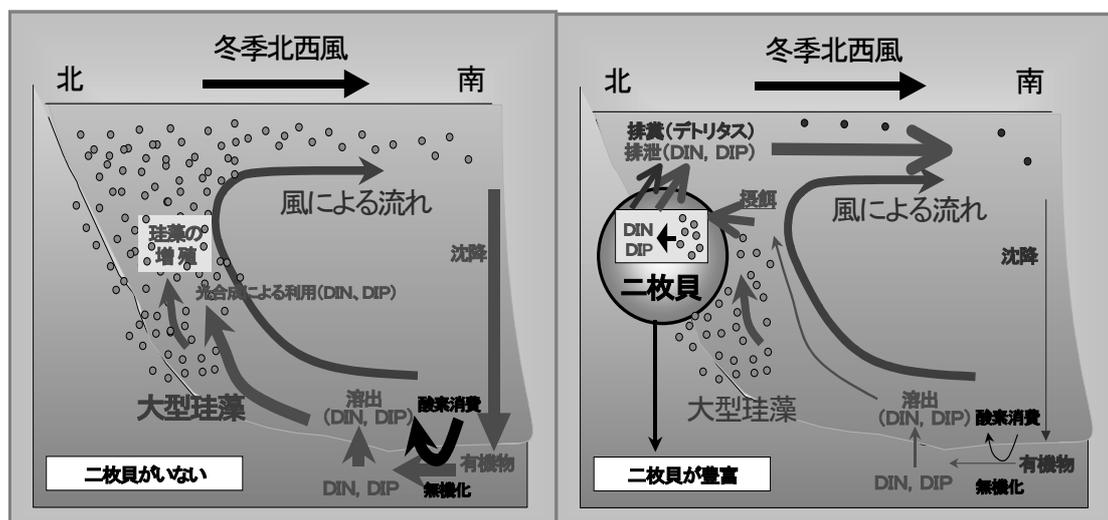


図8 播磨灘におけるノリの生産と二枚貝の役割に関する模式図(兵庫県、2007)

我が国では冬期には内湾ではノリ養殖が盛んに行われている。しかし、最近では総量規制の影響で、冬季の特に2月～3月にかけて大型の珪藻であるコシノディスカスやユーカンピアの増殖によって無機態の栄養塩が摂取され、海域が貧栄養化し、ノリの色落ち被害が問題となっている。例えば播磨灘の兵庫県沿岸について考えてみる。この場合は図8に示したような機構が考えら

が減少し、更なる水質環境の悪化へとつながっていく。生物が減少すると、生物が利用してきた栄養塩が過剰に水柱や堆積物に溜まり、生物を通した物質循環が機能しなくなってしまう。これは環境悪化（高次栄養段階の生物生産のない）のスパイラルに陥った状態を表す。従来行われてきた環境修復は流入負荷の削減であったり、浚渫であったり、覆砂であるが、これらは全て対症的な治療であったという位置付けである。つまり問題の一時的な回避でしかないということである。

それに対して、この図で示している環境修復法は干潟、浅場の回復こそが生物生産の豊かな海への自律的回復をもたらすという考え方であり、従来行われてきた環境修復パラダイムの転換といえる。

すなわち、干潟、浅場の造成によって、二枚貝等の生物が回復増加し、赤潮の発生が抑えられ、底質への有機物の蓄積が減少し、貧酸素水塊形成の軽減によって、生物が増加し水質環境が自律的に改善されていくというような、環境良化（高次栄養段階の生物生産が豊になる）スパイラルに転換されていく、すなわち生物を通した物質循環が機能していくという構図である。環境修復の評価を従来のように環境基準である水質指標（COD,T-N,T-P）で行うのではなく、生物を通した物質循環がうまく機能しているかどうか評価することで、生物生産の豊かな海へと自律的に回復したかがわかるとする考え方である。

内湾の物質循環を議論するうえでもう一つ重要な要素が存在する。それは漁獲による物質の系外への除去である。例として伊勢湾における漁業生産による窒素やリンの回収量を推定し、伊勢湾流域で発生する窒素やリンの負荷量に対する割合として1979年度から2004年度まで5年おきにまとめた結果を図10に示した。図中の藻類は主としてノリ、貝類はアサリである。また魚類のうちイワシ類も実線で示した。図からわかるように、窒素で3%から5%の範囲、リンで5%から9%の範囲となっている。これは発生負荷量に対する比であるから、流入負荷量に対する比はこれより大きいと思われる。伊勢湾における発生負荷量は1979年には窒素で188トン/日、リンで24.4トン/日であったのに対し、2004年では窒素で129トン/日、リンで10.8トン/日と減少している。漁獲における除去量も絶対量としては減少している。伊勢湾は貧酸素水塊が全湾規模で形成され、長期化するところであるが、漁獲による除去がかなり大きいことがわかる。資源量は漁獲量よりは大きいので、それを考慮すると、高次栄養段階への物質循環はまだ細くはなっているが、動脈硬化状態には至っていないことを示している。しかし、負荷量の減少に応じて、高次栄養段階生物の絶対量も減少しており、全体的な物質循環量は小さくなっていることも示している。このように漁獲量も物質循環が詰まっているかどうか、物質の循環量が増大しているか、減少しているか（豊かな海かどうか）の良い判断材料になる。この図では漁獲に対する、浮魚と底魚の寄与は明らかになっていない。これがわかれば、底生における物質循環や浮遊系での物質循環にかんする状況が判断できるはずである。

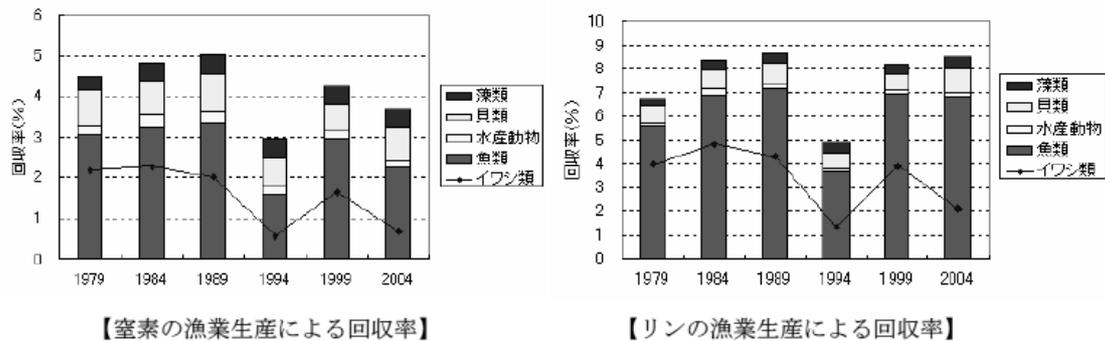


図10 伊勢湾流域における窒素、リン除去発生負荷量に対する漁業生産による除去率

ここでは物質循環という観点から内湾の健康を測る物差しにはどのようなものがあるかを述べてきた。生物間の物質の移動を実際に測定することは難しいが、ここで示した方法は現在存在するデータから判断できる方法について示してきた。どこにもつけない残らない物質循環が健康で豊かな海の基本である。

参考文献

閉鎖性海域保全対策の費用対効果調査（伊勢湾）報告書、中部経済産業局、(2007) 189 頁

工業技術院中国工業試験所（1980）東部瀬戸内海における潮汐、潮流、拡散の相似性について、瀬戸内海全域の汚染予測に関する研究報告書。260-293

山本祐也、中田喜三郎、鈴木輝明(2008) 三河湾における貧酸素水塊形成過程に関する研究, 海洋理工学会誌、14, 1-14

相馬 明郎(2007) きれいな海から豊かな海へー干潟、浅場域と湾中央部及び底生系と浮遊系のカップリング（内湾複合生態系モデル）から見えてきたものー, 海洋理工学会誌,13, 49-60

兵庫県ノリ漁場環境予測モデル開発総合報告書、兵庫県(2007) 337 頁

3. 海の健康診断:その実践のために

3.1 なぜ「海の健康診断」が必要か？

海洋は地球を包む薄い水の膜であり、その水の膜のごく表層で植物プランクトンによってつくられる有機物が、人類を含むさまざまな生物の生命を支えるエネルギー源となっている。こうした海の働きが健全に保たれれば、海は将来にわたって貴重な蛋白資源を供給し続けてくれる。海の環境を保全し健全な形で将来の世代に引き継ぐことの意義はまさにこの点にある。ところが、地球上の人口やエネルギー消費の急激な増加にともない、温暖化などさまざまな環境変化が引き起こされ、海洋を含む地球の物質循環のシステムに大きな影響を与え始めている。また、これまでに自然界に放出された各種の人工化学物質の多くは、さまざまな物質循環の経路をたどりながら海に運び込まれ、生物の体内に著しく濃縮される。一方、身近な海岸では埋め立てや護岸の造成などにより、生物生産や浄化に重要な役割を果たしてきた干潟や藻場などの浅海域が急速に失われ、陸から負荷される過剰の栄養分や有機物による環境の悪化を加速している。そのため、とくに閉鎖性の強い内湾では、赤潮発生や底層水の貧酸素化による生物被害が相次いでいる。しかも、その影響は大都市圏を背後に持ち汚濁が進行した内湾から沖合に向かって拡大する兆しを見せている。

将来に向けて貴重な食糧資源生産の場として、また多様な生物の生息の場として、内湾の環境の保全と回復が急務であることはいままでもない。そのためには、海の環境の現状や環境悪化の要因などを的確に診断・分析することがまず必要であり、そうした検討の基礎となる環境変化の実態に関する海洋現場のデータが不可欠である。これまで日本周辺海域に関しては、各種の法令にもとづいて、「公共用水域水質測定調査」をはじめとする環境省所轄のモニタリング調査、海上保安庁の「海洋汚染調査」、気象庁の「海洋バックグラウンド汚染観測」等が継続的に実施されている。しかしながら、その調査の範囲や頻度は海洋の広がりや環境変動の大きさを考えれば十分なものとはいえない。また、これらの調査はいずれも水質の汚濁や汚染に着目したものであり、環境基本法や環境基本計画が求める海洋生態系を含めた総合的な環境保全をめざすためのものとしてはおのずと限界がある（中田、2002）。

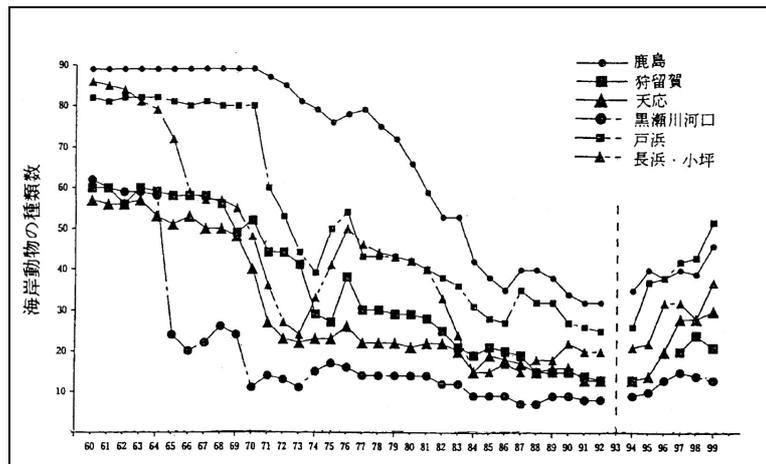


図1 呉周辺の海岸における海岸動物の出現種類数の長期変動(1960~1999年)
(湯浅・藤岡, 2004)

とくに沿岸・内湾域の環境モニタリングの現状に目を向けると、そこでも水質の監視が中心で生物生態に関する情報が著しく不足している点が第1の問題としてあげられる。図1は、瀬戸内海の呉市周辺の海岸(6地点)で毎年夏に各地点の海岸幅500m、水深10mないし15mまでの範囲で観察された動物の種類数について、1960年から30年間ほどの変化を示したものである(湯浅・藤岡, 2004)。最近に至ってやや回復に向かう傾向が見られることは注目されるが、いずれの地点でも種類数の減少は顕著であり、回復の程度はまだ十分といえない。また、地点によって種類数が急速に減少した時期が異なっており、都市部に近く閉鎖性の強い場所ほど早く減少する傾向がみられることから、生息環境の悪化が種類数減少の原因となったことが推察される。残念ながら、わが国ではこの事例のほかにはこれに類する長期的な生物調査データは見あたらない。このように継続的な生物生態情報を各地で蓄積していくことは、国土保全計画の一環として早急に取り組むべき課題である。沿岸の人間活動等に起因する環境変化の影響が累積的にあらわれる生物生態情報を、長期的・恒常的に蓄積していくためのモニタリング体制を早急に整えていくことは、海を利用しそこから何らかの恵みを得ようとするものの責務といえよう。

第2に、現状のモニタリングのほとんどは「点」の環境監視が主体で、これから重要性を増す生態系の物質循環や物質収支の全体像を一つの「構造」としてとらえ、その変化を総合的に監視する視点に欠けていることも問題である。たとえば、各自治体の環境関係の部署で行われている公共用水域水質測定調査では、上記の観点からもっとも重要な項目の一つと考えられる底層水の溶存酸素濃度の測定が、特定の海湾を除けばほとんど実施されておらず、そもそも海域の表層以外のデータはどの水質項目についても驚くほど少ない。また、この調査の海域における測点の配置は、河川が流入する場所などごく沿岸部に偏っており、海湾全体の変化を知るにはきわめて不十分である。これからは環境管理の現場でもモニタリングで検出された海的环境変化の原因やその生態系への影響に踏み込んだ検討が求められるようになるものと考えられる。その意味でも、調査項目や測点配置など計画そのものの再検討が急務である。



図2 オランダ海洋研究所クリスマスカードの図案

第3には、モニタリングそのものの継続性とそのデータの管理や利用の問題がある。モニタリングのように幾世代にもわたって調査記録を地道に積み上げていく仕事は、ともすれば蔑ろにされがちである。実際に、これまで沿岸・内湾域のモニタリングに重要な役割を担ってきた水産試験場など公的な機関による定線調査が、予算の削減のために規模の縮小を余儀なくされ、極端な場合は定線調査そのものが中止される事例が相次いでいる。これはわが国周辺の沿岸海域における環境診断や人間活動の影響評価のための情報基盤を揺るがす大変憂慮すべき事態である。モニタリングの意義をさらに強力に訴えていく必要があることは言うまでもないが、モニタリングの目的に応じて個々のデータの質を向上させること、また、他のデータとの互換性を高め情報のネットワーク化を進めること、さらにはこれまでのデータや情報をできるだけ分かりやすい形で公開し、その共有化のしくみを確立していくことが必要である。

以上、沿岸海域を中心に海洋環境モニタリングの現状から見た課題について述べてきたが、もっとも基本的な課題は海洋環境保全の総合的な目標をどう設定するかであろう。従来は主として人間の健康の保護と生活環境の保全という観点から海洋汚染の防止がはかられてきたが、最近はそのに加えて、海洋の生態系を保全することの大切さに対する認識が高まってきた。最初にも述べたように、地球の物質循環において重要な役割を担っている海洋生態系の機能を良好な状態に保つことは、海洋生物のみならず人類の生存にとっても必要不可欠である。そうした生態系保全を視野に入れた海洋環境モニタリングの目標や基準を具体的にどのように設定していくかは、これからの重要な課題である。

このような背景のもとで、海洋環境の健全性や健康状態を複数の指標で具体的に表現し、ある基準のもとでその現状を診断しようとする新たなモニタリング調査の枠組み「海の健康診断」の検討が進められてきた。これは、人間活動の影響に対してとりわけ敏感な閉鎖性の強い海湾を主な対象として、人間の健康診断を定期的に行うのと同じような形で、生物の生息場としての海の変化をたえずチェックできるようにしていこうとする新たな試みである。図2は、20年ほど前にオランダの海洋研究所から私に送られてきたクリスマスカードの図案である。急速な富栄養化の進行などの影響を受けて環境の悪化が懸念されていた北海の模型に、聴診器や温度計をあてる医者と看護師がデザインされていることが分かる。例えば、欧州ではこの頃から「海が病気になりかけている」という実感を持って、その健康状態の診断や病気の防止に力を入れ始めていたのかもしれない。この古ぼけたカードは今も私の机の引き出しに大切にしまいこまれている。「海の健康診断」のおよそのイメージは、まさにこのカードに示されている通りである。海洋環境を生態系の視点から総合的に診断・評価する方法の一つとして注目される。

3.2 海の健康診断(1次検査)の全国展開

まず問題となるのは、「海の健康」をどう定義するかということである。すでに2-3-1に述べられているように、「海の健康診断」では、海の健康さを生態系の働きに着目して、「生態系の安定性(復元力の大きさ)」と「物質循環の円滑さ」の2つに関連する諸事項を用いて診断することが提案されている。これは、赤潮やクラゲの大発生などの異常現象や、貧酸素化・青潮などによる生物斃死が起きない、生態系の機能が健全に保たれた海の状態を健康と定義するものである。人間の健康診断がそうであるように、まず体格や体質に相当する地理や気象条件などの基本的な情報の整理と比較的簡便な方法を用いた1次検査を行い、健康状態に赤信号が点滅している場合には、その原因究明のために専門的な精密検査(2次検査)を行う。そして最終的に必要があれば、環境管理あるいは環境改善のための「処方箋」を提示することになる。

以下に、わが国の閉鎖性海湾の健康度の現状を診断するために、図3に示した全国の閉鎖性海湾(環境省によって指定された88カ所)を対象に実施した健康診断(1次検査)の結果について概説する。なお、診断結果は良好(A)、要注意(B)、不健康(C)の3段階で行われ、複数の細部項目で評価が分かれる場合には安全側に立って下位の評価が採用され、評価に「+」を付してB+、C+と表示されることになっている。評価に必要なデータや情報が欠落している場合は、当然のことながら評価は下せない。

まず1次検査の診断結果(平成18年度に71海湾で実施)を集計してみると、『生態系の安定性』については、「漁獲生物の分類群別組成の変化」(C判定:29%)と「人工海岸の割合」(C判定:36%)を除けば、C判定の数は概して少ない。ただし、「貧酸素水の確認頻度」についてはデータが得られていない海湾が多いため検査の実施率は37%と低く、しかもその31%はC判定であった。それに対して、『物質循環の円滑さ』については全体にC判定の海湾の割合が高く、とくに「底質環境」と「底生魚介類の漁獲量」はそれぞれC判定の割合が65%、50%ときわめて大きかった。また、「無酸素水の出現状況」は「貧酸素水の確認頻度」と同じく検査実施率が

低かったが、C判定はデータが得られた海湾の27%を占めた。図4は、健康診断の視点（大項目）別にC判定の割合を比較したものである。右側の『物質循環の円滑さ』の方が『生態系の安定性』よりも「不健康」という判定を受ける割合が大きいことが分かる。詳しくは、海洋政策研究財団（2007）を参照していただきたい。

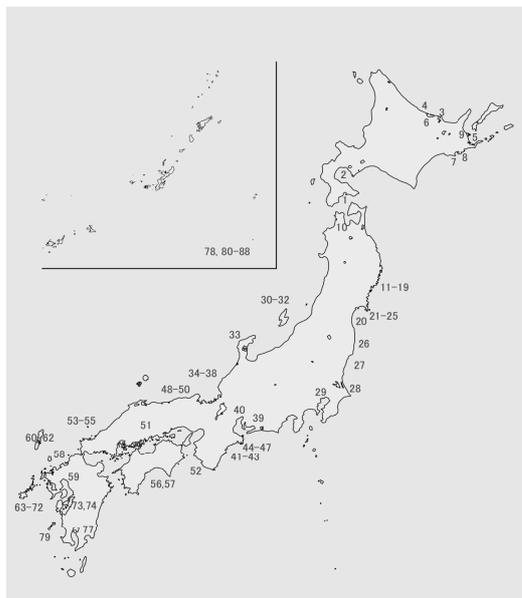


図3 日本の閉鎖性海湾
(環境省によって指定された88か所)

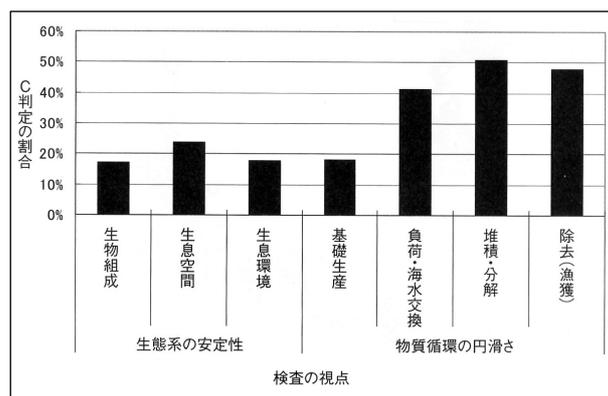


図4 海健康診断(1次検査)におけるC判定の割合の項目間比較

一次検査は二次検査の必要性の有無を判断することを主な目的としているので、単純な総合化は適切でないかもしれないが、以上の集計結果は、日本の閉鎖性海湾の多くが陸からの流入負荷に由来する有機物等を海底に蓄積しており、底層水の貧酸素化など海底付近の環境悪化に苦しんでいる現状を浮き彫りにしている。その影響を受けて多くの海湾で、底生の魚介類の減少が顕著となっている。図5と図6には、それぞれC判定の割合がとりわけ大きかった「堆積・分解」と「除去(漁獲)」について、C判定を受けた海湾の位置をプロットしてみた。これまで環境悪化が憂慮されてきた大都市圏の海湾だけでなく、全国的に「不健康」の判定を受ける海湾が広がりを見せていることが分かる。一方、『生態系の安定性』に関する項目は、『物質循環の円滑さ』に関する項目に比べてC判定の割合は少なく、上記の環境悪化に生物が辛うじて適応している様子がうかがえる。いずれにしても、今後の動向について定期的、継続的な監視が必要である。

ここでもう一つ注意を要するのは、健康診断の基準にとった期間(過去20年間の平均に対して最近の3年間の状況を比較する項目が多く含まれている)が、環境変化の傾向を診断するのに適切であるかどうかである。埋め立て等による海岸線の改変や干潟・藻場の消滅が急速に進んだ時期は20年以上前にさかのぼるので、「生息空間」の評価にはその直接の影響は含まれていない。(3)に後述するように、「人工海岸の割合」の増加は「底生魚介類の漁獲量」の減少や「透明度」の減少と明らかに負の相関を示しており、これまでの海岸線改変の累積的な影響がそこに表れていると見ることもできる。

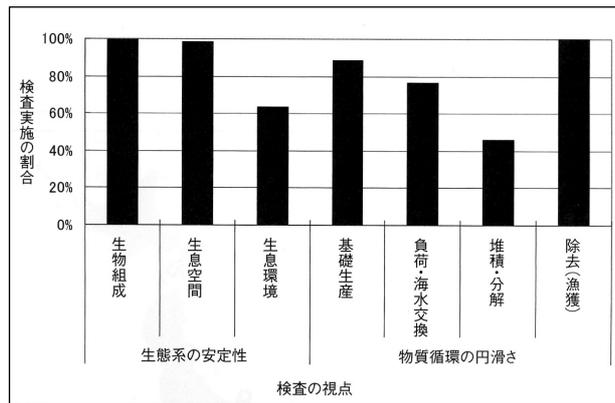


図5 海健康診断(1次検査)における検査実施率の項目間比較

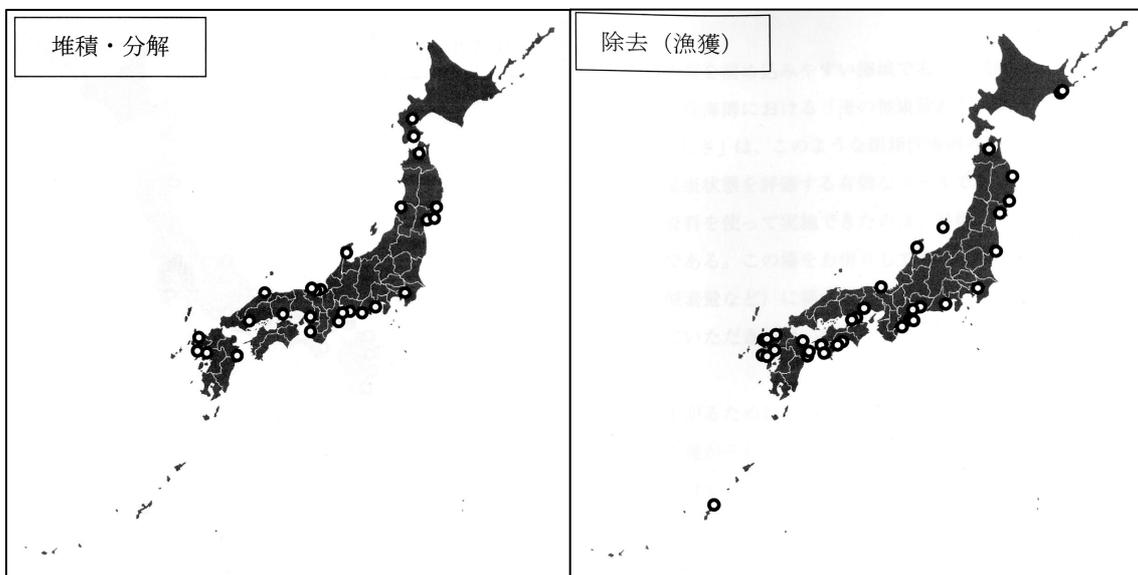


図6 海健康診断(1次検査)において「堆積・分解」でC判定を受けた海湾の分布

図7 海健康診断(1次検査)において「除去(漁獲)」でC判定を受けた海湾の分布

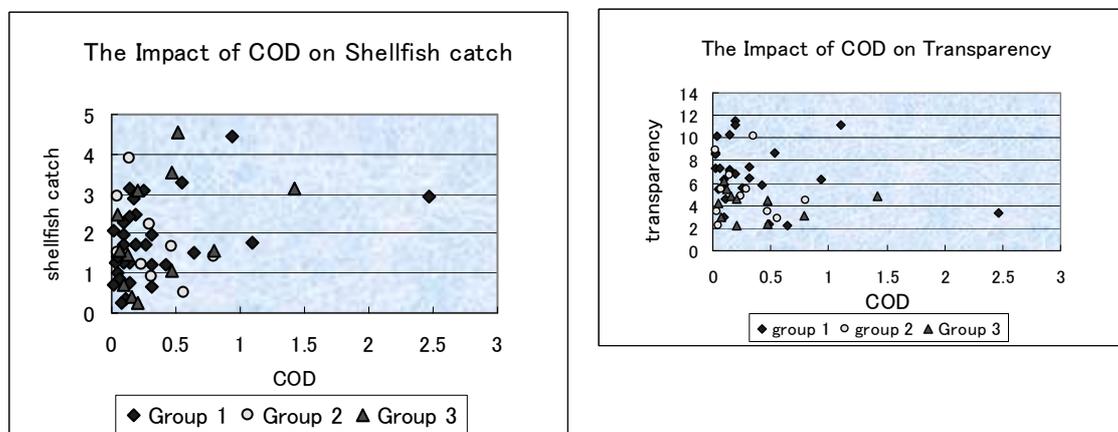
健康診断に必要な基礎データ不足の問題はきわめて重大である。図7は、健康診断の視点(大項目)別に検査実施率を比較してみたものである。「堆積・分解」(「底質環境」と「無酸素水の出現頻度」)および「生息環境」(とくに「貧酸素水の確認頻度」)については、利用できるデータが不足しているため実施率がきわめて低く、ほとんどまともな評価ができない状態であることが分かる。ここで対象とした閉鎖性海湾は、環境に対する対策が比較的充実していると一般に考えられているだけに、この現状はきわめて深刻である。とくに、海健康診断の要ともいえる「堆積・分解」や「生息環境」の診断に不可欠な底層水の溶存酸素濃度に関するデータについては、早急な対応が必要である。窒素やリン、CODなどについては環境基準が設定されているのに対して、溶存酸素についてはまだ基準がないということがその背景にあるようであるが、基準の設定も含めて早急に検討すべき重要な課題の一つといえる。

3.3 海の健康診断から見てきた沿岸環境の現状

平成16年度に全国の88海湾で最初に実施した「海の健康診断」(1次検査)で得られた各海湾の詳細な情報をもとに、閉鎖性海湾の環境の現状について少し細かい分析を試みた。「海の健康診断」で得られる各種のデータ・情報の中には、大別して環境悪化の原因とみなされるものと、逆に環境悪化の結果とみなされるものがある。たとえば、「負荷・海水交換」の大きさを指標する「負荷滞留濃度」(陸からの流入負荷の大きさと海湾の海水交換の能力を組み合わせたもの)や「潮位振幅の減少」、ならびに「生息空間」を指標する「干潟・藻場面積の変化」や「人工海岸の割合」などは、明らかに環境悪化の原因、その他の指標項目のほとんどは環境悪化の結果を示すものと考えることができる(診断項目等の詳細については、2-3-1を参照のこと)。そこで、原因系として「負荷滞留濃度」と「人工海岸の割合」、結果系の代表として、「底生魚介類の漁獲量」(「除去」の指標項目)と「透明度の変化」(「基礎生産」の指標項目の一つ)を取り上げ、88海湾のうちこれらについての情報が得られたすべての海湾のデータをもとに、上記の原因系と結果系の関係を調べてみた。なお、底生魚介類の漁獲量については、海湾の大きさの影響を受ける可能性があるため単位面積当たりの漁獲量を対数変換したものをを用いた。また、いずれの指標項目についても、最近の状況を見るため、原則として1996-2000年の5年間の平均値を解析に用いることとした

(a)底生魚介類の漁獲量との関係

(b)透明度との関係



Group 1(◆):開放的な湾 Group 3(▲):閉鎖的な湾

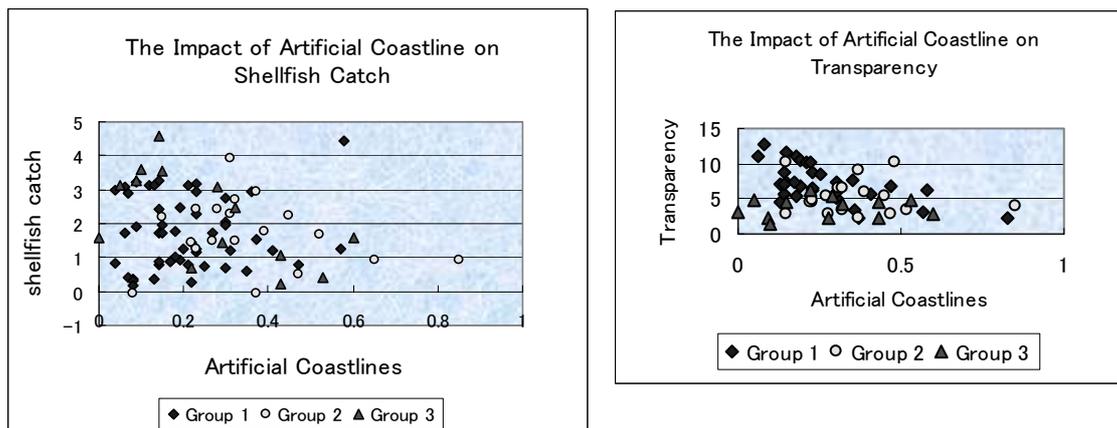
図8 CODの負荷滞留濃度と(a)底生魚介類の漁獲量(海湾の表面積で基準化)および(b)透明度との関係

図8は、「負荷滞留濃度」と「底生魚介類の漁獲量」との関係(a)、「透明度」との関係(b)をそれぞれ示したものである。なお、グループ1~3は閉鎖度指数をもとに海湾をグループ分けしたものであり、グループ1は比較的開放性の高い海湾(閉鎖度指数0-2)、グループ3は閉鎖性がとくに高い海湾(閉鎖度指数10以上)を表している。「底生魚介類の漁獲量」および「透明度」と「負荷滞留濃度」との関係は、いずれのグループについても明瞭でなく、流入負荷の影響が増大することが単純に環境悪化につながっていないことを表している。一方、図9は同様に

「人工海岸の割合」との関係を示したものである。人工海岸の割合が増加するほど（すなわち、埋め立てや護岸造成等による海岸の人工化が進行した海湾ほど）、環境が悪化しそれが「底生魚介類の漁獲量」の減少、「透明度」の低下につながっていることが分かる。底生魚介類の減少は閉鎖性の高いグループ3で、また、透明度の低下は開放性の高いグループ1でより明瞭である点も注目される。

(a) 底生魚介類の漁獲量との関係

(b) 透明度との関係



Group 1 (◆):開放的な湾 Group 3(▲):閉鎖的な湾

図9 人工海岸の割合と(a)底生魚介類の漁獲量(海湾の表面積で基準化)および(b)透明度との関係

これまで海湾の環境悪化の主たる原因としては、陸からの流入負荷の増大の影響が懸念され、行政の現場でも環境改善のために負荷の削減が第一に検討されてきた。しかしながら、上記の分析結果は図10に図解したように、埋め立て等による海岸の人工化が、生息場の壊失・減少や潮流の減少(海水交換の減少)等を介して、環境の悪化を加速している可能性があることを示している。これから環境の回復をはかる場合には、この点に十分な注意が必要である。

さらに、図11は2つの原因系の要因(「人工海岸の割合」と「負荷滞留濃度」)を縦横に取った座標上に、結果系と考えられる「生物組成」、「生息環境」、「基礎生産」、「堆積・分解」、「除去」についての1次検査結果(C判定の数)を色分けしてプロットしたものである(詳細については凡例を参照のこと)。この図からも、人工海岸の割合が増加するほど「不健康」と判定される傾向が強まることを見て取ることができる。また、流入負荷の影響が大きい海湾でも、人工海岸の割合が低く自然が保たれている場合には「不健康」と判定される項目数が少なくなっていることが分かる。このことは、海湾の「健康」な状態を保ちながら、その生物生産力(豊かさ)を享受するためには、生物生産を支える栄養負荷とそれを生物に転換する自然の生息場(干潟や藻場など)の両方のバランスがきわめて重要であることを示唆している。言い換えれば、生態系の物質循環を円滑にし、その安定性を維持するためには、自然の多様性に富む生息環境をこれ以上なくさないようにすることが肝要であることを意味している。

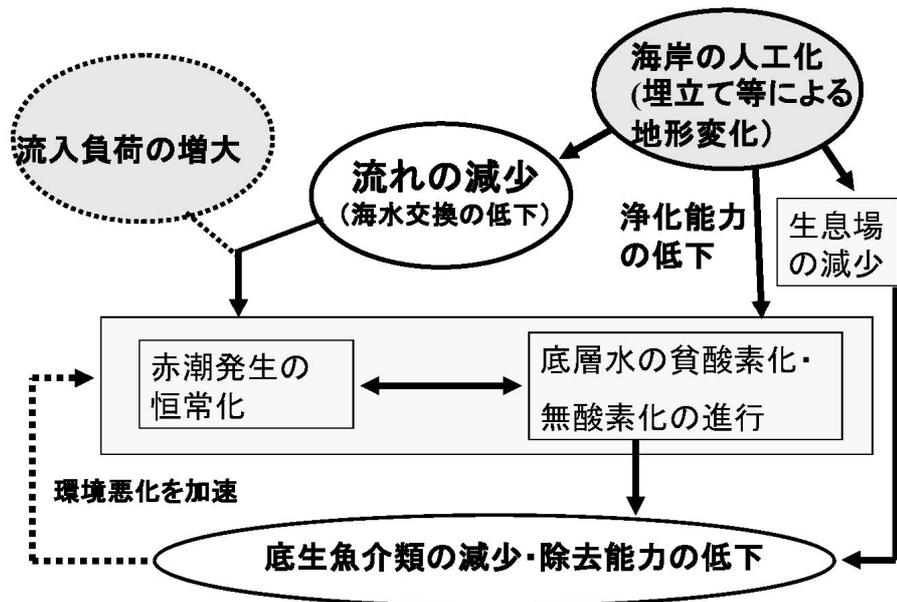


図10 「海の健康診断」(1次検査結果)にもとづく閉鎖性海湾の環境悪化のメカニズム

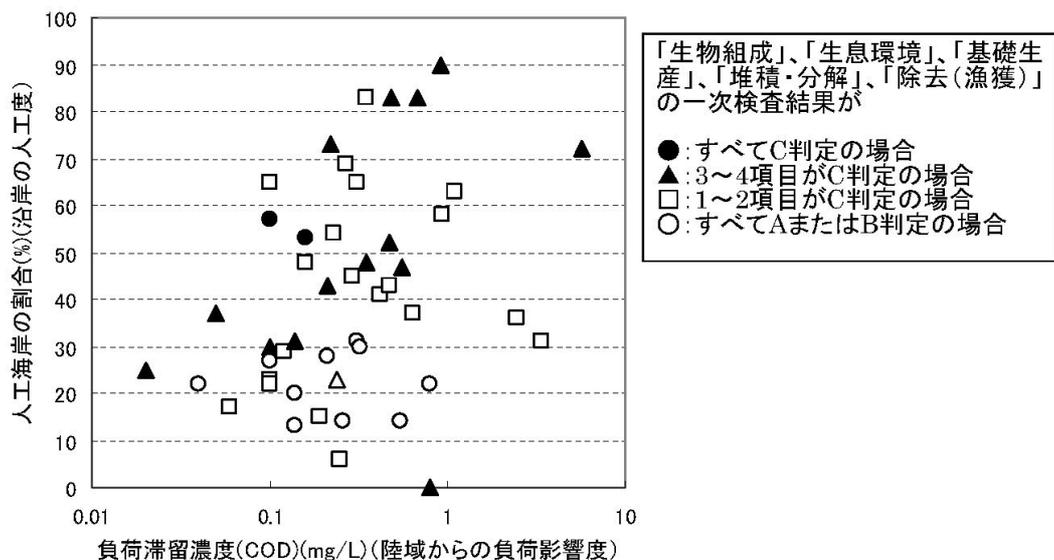


図11 「負荷滞留濃度」および「人工海岸の割合」と1次検査結果(C判定の出現状況)の対応

3.4 おわりに:これからの方向と課題

ここでは全国の閉鎖性海湾の健康診断とくに1次検査の結果をもとに、日本沿岸の環境の現状を概観した。ここ数年の具体的な事例の検討を通じて、健康診断の指標項目や判定基準等の妥当性が検証され、診断の精度も向上してきているが、まだ絶対的な評価が可能となるほど確かな根拠や基準が確立されているわけではない。今後も検討事例を増やしながら項目や基準の細部について見直しを行うことが必要であろう。

1次検査は、すでに述べたように、人間ドックと同じように比較的簡便な方法で網羅的に健康

状態をチェックするためのものであり、それだけで完結するものではない。まだ検討事例は限られているが、1次検査で「不健康」の判定を受けた項目については、再検査や2次検査でその原因等をさらに精密に調べていくことが必要であり、その方法論については課題が残されている。さらに、2次検査にもとづく処方箋や治療方針については、まだメニューが幾つか提示されているにすぎない（海洋政策研究財団、2008）。大別すれば、海水流動制御など工学的な方法（外科手術）、負荷量削減や下水処理場の整備（食餌療法）、耕運や曝気（運動療法）、生物機能を利用した浄化（漢方療法）などが挙げられるが、「人工海岸の割合」が環境悪化にボディブローのように効いている現状を考えれば、生態系へのリスクの大きい外科手術的なアプローチよりも、自然治癒力の増強をはかり時間をかけて環境回復をめざす漢方医学的なアプローチを優先すべきであろう。いずれにしても、健康診断から処方箋の作成、治療まで一貫したシステムの構築が望まれる。

「海健康診断」が全国に普及していくためには、各自治体等との協力関係が必要不可欠であることはいうまでもない。その意味で、健康診断に実際に従事する人材の育成など健康診断の基盤づくりにも力を入れていく必要がある。また、地域の環境や生物変化（病歴）、地域の地理的な特性（体格・体質）を熟知している漁業者等に、地域アドバイザーとして健康診断に参加してもらうなど支援体制を強化し、その方面からも健康診断の項目や基準等の妥当性の検証を進めていくことは、今後の健康診断の展開にきわめて重要である。

海の環境の保全あるいは回復の実をあげていくためには、当事者ばかりでなく広い範囲の人たちがその意義について共通の認識を持つことが必要である。欧州などでは、そのためモニタリングなどで得られた海の環境に関する情報をインターネットなどで迅速に公開し、その情報に関心がある者すべてがそれを共有できるシステムが構築されている。さらに、環境回復を目標とする事業のほとんどは、その事業への市民の参画を奨励しており、市民が海の環境の現状を知るための環境教育の機能を果たしていることにも注目する必要がある。海の環境の回復は市民各層からの支持なくして実現できるものではなく、また一つの世代だけで完結できるような問題ではない。子どもを含む市民や学校などと緊密な連携をはかりながら、海の環境のモニタリングや環境回復事業を推進することは、次世代を担う子どもたちに海の環境を保全することの意義やそのために自分たちができることを、分かりやすい形で伝えるまたとない機会を与える。「海健康診断」が、将来的にそのような方向でさらに発展していくことを期待したい。

文献

海洋政策研究財団（2007）平成18年度全国閉鎖性海湾の海健康診断調査報告書，平成19年3月，1-317.

海洋政策研究財団（2008）平成19年度全国閉鎖性海湾の「海健康診断」調査報告書，平成20年3月，1-71.

中田英昭 (2002) : これからの海洋環境モニタリング. 月刊海洋, 34, 803-808.

シップ・アンド・オーシャン財団海洋政策研究所 (2005) : 平成 16 年度全国閉鎖性海灣の海の健康診断調査報告書, 平成 17 年 3 月, 1-383.

湯浅一郎・藤岡義隆 (2004) : 瀬戸内海における海洋生物の長期変遷と指標生物. 第 3 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 2004 年 7 月, 海環境シンポジウム実行委員会, 113-118.

4. 「海の健康診断と沿岸環境管理」

4.1 海の健康診断と沿岸環境管理

1) 海の健康診断と「里海の創生」

a) 「海の健康診断」とその評価軸

海の環境の評価、診断は従来、主として環境基準を基本的な物差しにして行われてきた。環境基準の指標としては、CODなどの水質指標に代表されるように、特定の化学物質の濃度などの“現存量の指標”が多く用いられてきた。これに対し、近年、物の動きの状態すなわちフローを示す“円滑な物質循環”やシステムとしての“生態系のあり方”を指標として海の健康度をより包括的に評価しようという考え方が現れてきた。この背景として、近年、瀬戸内海などの沿岸域では生物の生息環境として重要な干潟や藻場を含む浅海域が埋立てなどにより大幅に消失したことがある。生物による浄化機能などの物質循環機能が阻害され、貧酸素水塊や赤潮が頻発するなど、物質循環系や生態系のバランスの崩れた海が多くなってきた。

劣化した生態系機能や生態系サービスの再生には、自然治癒にまかす場合も含めて、ある種の治療が必要であるから、治療の前提としては的確な健康診断、目指すべき健康状態のイメージ、治療のための処方と治療後の健康管理が是非とも必要である。このような再生においては、「場」の再生とともに「機能」の再生が極めて重要である。また、将来的には、精度の高い診断法によって環境悪化の兆候を早期に発見し、具体的な症状が現れる前に必要な処置を講じる予防医学的な取り組みが是非とも必要である。

「海の健康診断」と海の健康管理については、その「あり方」の論議とともに、診断、処方、治療、管理に関する技法の開発が必要である。いずれについても今後のさらなる充実が必要であるが、処方、治療、管理については、基本的には診断結果から「何を」・「どこまで」・「どのように」再生・回復させるかがポイントとなろう。ここで、生態系や物質循環機能などの再生に、「人間がどれだけ手を貸すべきで、どの部分は自然にまかすべきか」は次項で述べる「里海」における人と海との関わり方においても重要な点である。再生のための治療法は対症療法的か原因療法的か、またコストとエネルギーがどの程度必要かなどが基本的な検討課題となろう。使用するコストとエネルギーが大きい場合には、一般に「治療による新たな副作用」が新たな環境影響を生むので、治療法の選定には十分な配慮が必要である。

「海の健康診断」について、比喩的には多く語られてきたものの、具体的な診断マニュアルとして体系的に整備されたものはこれまで例がなかった。ここでは、本報告書で既に詳しく紹介されている「海の健康診断」のアウトラインをおさらいしておく。この健康診断システムでは最も重要な診断項目のカテゴリーとして「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」の二つが取り上げられており、それぞれがさらに定量化できる具体的な検査項目に細分化されている。

「海の健康診断」は、人間の健康診断と同じように定期健康診断にあたる簡便な一次検査と、一次検査で疑わしい兆候が出た場合に実施する二次検査（精密検査）で構成されている。一次検査は「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」の2つのカテゴリーの検査により成り立ってお

り、前者を「生物組成」、「生息空間」、「生息環境」の3つの視点で、後者を「基礎生産」、「負荷・海水交換」、「堆積・分解」、「除去」の4つの視点で検査・診断し、まず一次診断カルテを作成する。一次検査は比較的容易に入手できる公共用水域水質測定結果や農林水産統計など既存の公表データを最大限活用して実施される。

二次検査は、一次検査によって疑わしい兆候が発見された場合に行うより詳細な検査で、健康悪化の原因となっている要因の特定や治療に向けた処方箋の作成を行う。

このように、海の健康度の指標として「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」に注目した考え方を、閉鎖性沿岸海域などで影響の大きい赤潮や貧酸素水塊の発生の場合に当てはめてみよう。赤潮は、植物プランクトン生態系の種多様性が著しく低下して、単独種のみが大増殖したような状況であるから「生態系の安定性」が著しく損なわれた状態である。また底層における貧酸素水塊の発生は、酸素の消費と供給の関係にアンバランスが生じて「物質循環の円滑さ」が損なわれていることを示している。よって、いずれの場合にも、関連指標の評価値が低くなり、少なくともこの点についての健康度が低いと診断される。

b) 「里海」の考え方と「里海の創生」

最近、「里海（さとうみ）」という言葉や考え方が市民権を得つつあり、「里海の創生」や「里海づくり」という実践活動も盛んになっている。この「里海づくり」は、身近な場所に健康な海、豊かな海をつくることに外ならず、従って、里海は「海の健康診断」と密接な関係にある。ここでは、「里海」と「海の健康診断」の関係性について述べる。

・ 里海をめぐる社会的な動き

我が国の沿岸海域は、現在、その環境と資源の管理のあり方に大きな転換期を迎えている。最近、1～2年の間にも、日本の沿岸環境管理のあり方を大きく左右するような国の政策や方針が、矢継ぎ早に決められた。2007年4月に制定された海洋基本法では、沿岸域の総合的管理や生物多様性の確保が重要な基本線の一つになっている。また、海洋基本法に基づく海洋基本計画が2008年3月に閣議決定され、里海の創生に関連の深い施策としては、水産資源の保存管理と海洋環境の保全のための生物多様性の確保も掲げられている。2007年6月に閣議決定された「21世紀環境立国戦略」に「豊饒の『里海』の創生」が盛り込まれたのは、ある意味で画期的である。同じく11月には第3次生物多様性国家戦略が閣議決定され、これに先立って策定された農林水産省生物多様性戦略でも「森・川・海を通じた生物多様性保全の推進」が謳われ、「里海・海洋の保全」の具体策として「藻場・干潟等の保全の推進」や「生物多様性を考慮した海洋生物資源の保存・管理の推進」が大幅に盛り込まれている。これらはいずれも、豊かな「里海の創生」や「海の健康」の回復に強く関わっているため、以下に順に説明する。今後はこのような新しい政策や仕組みを豊かな「里海の創生」と「健康な海」の実現にいかにか活かしてゆくかが大きな課題である。

・ 海洋基本法の制定と海洋基本計画の策定

海洋基本法が2007年4月20日に議員立法により国会で成立し、4月27日には公布された。このことは「大きな前進であるが、本来的に言えば『遅きに失した』感が非常に強い」とも指

摘されている。我が国の海洋政策のあり方については、かねてより、「海洋基本法なし」、「海洋管理担当大臣なし」、「統合的沿岸域管理政策なし」と、“ないないづくし”が諸外国からも批判され、国内でも「縦割り型、個別問題対応型で国際的に著しく立ち遅れている」と評価されてきたからである。

新たに制定された海洋基本法には、前記の“ないないづくし”に対する基本的な解決策が盛り込まれている。例えば、海洋管理担当大臣に関しては、内閣総理大臣が務める総合海洋政策本部長のもとに海洋政策担当大臣が置かれ、すべての国務大臣が本部員となったので、少なくとも形の上では、海に関する縦割り行政が大幅に是正されたことになる。また、基本的施策の第 25 条で「沿岸域の総合的管理」が定められたのは、従来に比べて大きな前進であり、「海洋資源の開発及び利用の推進」（第 17 条）、「海洋環境の保全等」（第 18 条）や「海洋調査の推進」（第 22 条）などと合わせて、今後の我が国の沿岸環境のあり方に強く影響するものである。

この「海洋基本法」に基づく「海洋基本計画」（2008 年 3 月閣議決定）においても、水産資源の保存管理に関して、「…水産資源の回復を図りつつ、持続可能な利用を促進。その際、沿岸海域において、…生物多様性の確保と生物生産性の維持を図り、豊かで美しい海域を創るという『里海』の考え方の具現化を図る」として、生物多様性の確保と里海づくりが関連づけられている。海洋環境の保全等についても同様に、「生物多様性の確保と高い生産性の維持を図るべき海域では、海洋環境の保全という観点からも『里海』の考え方が重要」として、生物多様性と里海の考え方の重要性が示された。

・ 「21 世紀環境立国戦略」の策定

「21 世紀環境立国戦略」が 2007 年 6 月 1 日の閣議で決定された。その概略を示すと、まず、「地球環境の現状と課題」として、地球温暖化の危機、資源の浪費による危機、生態系の危機、の 3 つの危機を挙げ、低炭素社会と循環型社会を統合した取り組みにより自然共生社会を構築する必要があるとしている。次に、「環境立国・日本」の創造・発信では、持続可能な社会の「日本モデル」を構築し、アジア、そして世界へと発信する施策の展開の方向性を示している。

次に、「今後 1、2 年で重点的に着手すべき 8 つの戦略」のなかで、沿岸海域関連の戦略としては、「戦略 2. 生物多様性の保全による自然の恵みの享受と継承」と「戦略 6. 自然の恵みを活かした活力溢れる地域づくり」が挙げられ、前者では農林水産業における生物多様性保全の総合戦略の策定などが謳われている。一方、後者では「豊饒の『里海』の創生」を取り上げており、そのなかで、「藻場、干潟、サンゴ礁等の保全・再生・創出、閉鎖性海域等の水質汚濁対策、持続的な資源管理などの統合的な取組を推進することにより、多様な魚介類等が生息し、人々がその恵沢を将来にわたり享受できる自然の恵み豊かな豊饒の『里海』の創生を図る。」と明記されたことは重要である。

8 つの戦略は、全体としていささか具体性に欠け、戦略というよりもむしろビジョンとすべきものが少なくないが、政府が「今後 1、2 年で重点的に着手すべき」とした基本的戦略である以上、その後の施策や予算に直接間接的に影響しうるものである。実際、環境省はこの「豊饒の『里海』の創生」の具体策として、2008（平成 20）年度から「里海創生支援事業」を開

始した。

・ 第3次生物多様性国家戦略をめぐって

世界各地で多くの固有種が絶滅し、レッドデータブックに新たな絶滅危惧種がつけ加えられてゆく今日、生物多様性は非常に重要なキーワードとなっている。生物多様性をめぐる近年の国際的な流れは、1992年に国際条約として採択された生物多様性条約に始まるといってよい。雑草やミミズからバクテリアまで、ありとあらゆる地球上の多様な生物に市民権を与えたこの条約は、歴史的にみて極めて画期的なものである。なぜなら、それまでは我が国においても、法的な庇護を与えられてきた生物は、ニホンカモシカ、オオサンショウウオなどのような特別天然記念物（文化財保護法による天然記念物指定）や有用資源生物（水産資源保護法）などに限られていたからである。

我が国は1993年に生物多様性条約を締結し、条約の規定に基づき、1995年に生物多様性国家戦略を策定した。さらに、2002年、第2次戦略に当たる新・生物多様性国家戦略を策定した。そして第2次戦略の見直し時期として定められた5年後の2007年に第3次戦略が策定された訳である。2007年11月に閣議決定された第3次生物多様性国家戦略では、生物多様性条約に基づいて、生物多様性の保全とその持続的な利用に関わる国の新たな施策の目標と取り組みが定められている。

この国家戦略は、第1部「戦略」と、この戦略に基づく第2部「行動計画」から構成されている。特に、今後5年程度の間に取り組むべき施策の方向性を示す4つの基本戦略の中で、[2]地域における人と自然の関係を再構築する、[3]森・里・川・海のつながりを確保する、が取り上げられたことは、沿岸環境の再生と機能回復を目指す「里海の創生」にも大きく関わる点である。

第2部「行動計画」の細部には具体的な数値目標や施策の実施省庁が明記されている上に、この国家戦略の決定を受けて、「今後は地方公共団体、企業、NGO、国民等と連携しつつ、政府一体となって具体化を図る」とされているので、この計画は次第に予算や各種公共事業などの内容にも反映されるべきものである。また、この国家戦略の中で、里海は、「人の暮らしと強いつながりのある地域」あるいは「高い生産性と生物多様性の保全が図られている海」として、生物多様性と関連づけて整理されている。

第3次生物多様性国家戦略に先立って、農林水産省生物多様性戦略も策定された（2007年7月）。自然への依存度の高い農林水産業にとっても、生物多様性は極めて重要な問題であり、特に自然生態系に依存している漁業・水産業にとっては切り離せない課題だからである。また、新・生物多様性国家戦略の策定後に、食料・農業・農村基本計画、森林・林業基本計画および水産基本計画の見直しなどがなされ、農林水産省としても、生物多様性戦略を策定して農林水産業における生物多様性の問題の位置づけを明らかにする必要がある。すなわち、農林水産業には、従来、生物多様性への視点に欠ける場所があったものの、持続可能な農林水産業のためには生物多様性の保全が不可欠という認識に表現した戦略とすることができる。この中では、「里海・海洋の保全」と「森・川・海を通じた生物多様性保全の推進」が大きく取り上げ

られている。さらに、「里海・海洋の保全」の内容としては、藻場・干潟の保全の推進なども挙げられている。従って、今後「里海づくり」関連の施策も展開されてゆく予定である。

以上のような最近の変化は、沿岸域環境管理の軸足が水質を中心にした規制行政から、次第に環境修復、自然再生、生態系管理へと移ってきたことを意味している。これは、政策目標の「きれいな海」から「豊かな海」への転換ともいえるものである。

c) 「海健康診断」と里海の関係

「里海」の定義的なあり方として、「人の手を加えることによって生物生産性と生物多様性の両方を高く維持する沿岸海域」が提唱されている。里海の提唱者である柳（2007）は「里海」構想のなかで“瀬戸内海を「里海」とするためには、瀬戸内海で「太く・長く・滑らかな物質循環」を実現しなければならない”と述べている。すなわち、「里海」の考え方では生物生産性、生物多様性ととも物質循環も基本的なキーワードとなっている。さらに、持続的な生物生産が成り立つためには、栄養塩類から一次生産をへて高次生産にいたる「円滑な物質循環」が必要であることはいままでのない。なお、「人の手を加える」部分については、新たな自然破壊をもたらすとの懸念も示されているが、真の意味は、瀬戸内海などでは既に非常に強い人為の影響（人の手）が加え続けられてきたので、このあり方を是正し、人の手を加えない場合も含めて、人間活動の関わり方を適正にしようとするものである。人為影響の端的な例としては、流入負荷、漁業活動、海岸線形状の変更や埋め立てなどがあげられるので、これらの適正化や自然再生は里海づくりの大きなテーマでもある。

前項では「海健康診断」において、「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」がともに最も重要な観点であることを指摘した。生態学の基本的な考え方として、「生物多様性の高い生態系ほど安定性が高い」ので、「生態系の安定性」が高い健康な海とは、概念的に単純化すれば生物多様性の高い海ということになる。また、持続的な生物生産性は前述のように「円滑な物質循環」に支えられている。つまり、「里海」の実現に必要な生物多様性と生物生産性の確保は、海健康回復に必要な「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」を取り戻すこととほぼ同じ内容を持つことになる。

次に、国連大学が主導する里山里海 Sub-global Assessment (SGA)と海健康の関係について述べる。SGAは、21世紀に入って国連が実施した地球規模の生態系評価、ミレニアムアセスメント (Millennium Ecosystem Assessment; MA, 2001-2005) の Follow-up と位置づけられる事業で、世界各地で行われているが、これまで日本では実施されていなかった。里山里海 SGAは日本でされるはじめての SGA であるが、生物多様性と生態系サービスが最も重要な評価項目となっている。そこで、ここでは里山里海 SGA で重要な生物多様性および生態系サービスと「海健康診断」の関係について記しておきたい。

前述のように「海健康診断」では、「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」が海健康度評価の最も重要な観点となっている。また、里海の実現が健康な海回復とほぼ同じ内容を含んでいることはすでに述べた。つまり、極言すれば、豊かな里海の実現には沿岸域の健康回復が必要で、「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」は欠かせないということになる。前述のよ

うに、「生物多様性の高い生態系は安定性が高い」ので、「生態系の安定性」が高い健康な海とは、とりもなおさず生物多様性の高い海ということになる。代表的な生態系サービスである供給サービスとしての水産資源の供給が持続的に成り立つためには、従って「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」が必須となる。なお、生態系サービスにおける生物多様性の重要性については、例えば、ある有用な魚種を考えた場合に、その成魚が生息できる環境のみならず、産卵場や稚魚の餌生物、さらにその餌生物の餌など、生活史の全てに関わる多様な生物種が必要であることから推察できるであろう。なお、生物多様性の意味としては、「種の多様性」（生態系や生物群集における生物種の豊富さ）が念頭に浮かぶかもしれないが、専門的には、より広く「種の多様性」に加えて、「遺伝的多様性」、「機能群の多様性」、「群集・生態系の多様性」をも含む概念である。

以上から、里山里海 SGa の評価対象は、「里海」の考え方はもとより「海の健康診断」の評価指標と多くの共通点を持っていることがわかる。従って、「海の健康診断」結果は里山里海 SGa に対しても、生物多様性と生態系サービスに関する基本的な情報を提供できるというのが基本的な考えである。

2) 「里海・里山」と沿岸域の総合的管理

a) 「森・川・海の連携」から沿岸域の総合的管理へ

先に述べた海洋基本法の制定、「21 世紀環境立国戦略」策定や生物多様性戦略の検討は、それぞれ独自の目的をもっており、多様な側面を含むが、いずれも生物多様性を重視しており、また、森・川・海を一体として捉える考え方には共通性がある。これらの考え方は、「豊かな里海」の創生や「海の健康」の回復にも強く関わっているため、ここでは、里海との関連性について考えてみたい。また、陸と海を総合的に管理する「沿岸域の総合的管理」が海洋基本法に盛り込まれた点は非常に重要である。沿岸域は常に陸域の人間活動の影響にさらされてきたにもかかわらず、陸と海を一体化した制度的な管理体制が保証されていなかったからである。この新しい管理体制は、従来の縦割り行政に新たな変革を求めるものでもある。「21 世紀環境立国戦略」の「戦略 2. 生物多様性の保全による自然の恵みの享受と継承」のなかで、生態系ネットワーク構想として「森林、農地、河川、海洋等を連続した空間として積極的に保全・再生する」考えが述べられている。また、農林水産省生物多様性戦略でも「森・川・海を通じた生物多様性保全の推進」がテーマになっていることはすでに紹介した。これらから、かつてはある意味で“お題目”に過ぎなかった「森・川・海の連携」が、政策的に取り上げられるようになり、予断は許されないものの、実現に向けた重要な一歩が踏み出されたとみることができる。

b) 瀬戸内海の再生をめざす新たな動き

沿岸域の総合的管理は非常に重要なテーマであるが、いわゆる「縦割り行政」の色彩の強い日本では、まだ、概略的な制度が緒についたばかりであり、具体的な実践例は極めて少ない。公害問題や環境問題が先行した瀬戸内海では、1960 年代に海が著しく劣化し、全国に先駆けて 1973 年には瀬戸内海環境保全臨時措置法（通称「瀬戸内法」、後に特別措置法として恒久化）が制定された。この瀬戸内法には、35 年以上も前に既に流域管理の考え方が取り入れられてい

る。例えば、瀬戸内海には直接面していない京都府と奈良県の一部は河川を通じて瀬戸内海とつながっているという理由で「瀬戸内法」の対象範囲となっている。この瀬戸内海では、海洋環境の保全活動が盛んで、海洋基本法の制定など最近の国レベルの動きに先行して様々な議論が行われている。

- ・ 「瀬戸内法」の全面的見直しと再生方策

かつての「瀬死の海」から立ち直り、「環境管理の実験海域」とも呼ばれる日本最大の閉鎖性海域である瀬戸内海でも、近年、その資源環境管理のあり方が大きく見直されている。すなわち、1973年に制定された「瀬戸内法」は、当時最悪の状況にあった「瀬死の海」の救済に大きな役割を果たしたものの、30数年を経て、時代の大きな変化と新たな課題に対応できなくなってきたからである。

このような状況のもとに瀬戸内海環境保全知事・市長会議（以下、知事市長会議）は2004年（平成16年）9月の総会で「瀬戸内海の生物多様性を回復し水産資源等の豊かな海として再生するための法整備について」の特別要望を採択した。この特別要望に基づいて、知事市長会議は瀬戸内海の新たな再生方策を具体化することとし、その一環として、瀬戸内海研究会議に再生方策の検討を要請した。なお、知事市長会議とは「瀬戸内法」にもとづく瀬戸内周辺の13府県の知事と、関係の政令指定都市ならびに中核都市の市長によって構成される瀬戸内海環境保全のための会議である。一方、筆者が代表を務める瀬戸内海研究会議は、分野横断的・学際的な研究者集団であるが、この要請を受けて検討委員会を設置し、2004（平成16）年度から2005（平成17）年度にかけて検討を行い、その検討結果を2005年5月には知事市長会議議長である井戸兵庫県知事に報告した。

知事市長会議はこの検討結果や「有明海及び八代海の再生特別措置法」を参考にしながら、独自の観点も加えて再生および法整備の方策を検討し、2005年9月の総会では、「瀬戸内海の環境の保全と再生に関する特別要望」を決議するに至った。この要望では、「生物多様性の確保と水産資源の回復（豊かな海）」と「美しい自然とふれあう機会の提供（美しい海）」の実現をめざして、国に対しても新たな法整備について特段の配慮を求めている。この会議には、当時の小池百合子環境大臣も出席し、藻場や干潟を含む瀬戸内海再生の重要性について言及した。知事市長会議の決議に基づく新たな法制度の実現については、様々な現実的な問題も予想されるので、今後の展開についての予断は許されないが、ここでは、環境に配慮した持続性の高い瀬戸内圏と、多面的機能を生かした水産業の再構築を図るために、流域圏の包括的管理、生物多様性の回復と水産資源の再生を軸にした新たな再生方策が重視されている。この再生方策の内容は、概ね、瀬戸内海研究会議が検討した前述の瀬戸内海再生方策の提言を反映したものである。

- ・ 瀬戸内海再生の基本理念としての「里海」

この提言のもとになる中心的な考え方は瀬戸内海に豊かな「里海」をつくることであった。新たに目指すべき「里海」は多様な側面を含むが、端的には「里海」とは「人の手を加えることによって生物生産性と生物多様性を高く維持する沿岸海域」と定義されている。瀬戸内海は

本来、漁業生産には極めて効率の良い環境特性と生態系構造を備えており、この海を豊かな「里海」として永続的に利用することが求められている。豊かな「里海」を実現するためには、瀬戸内海の物質循環を定量的に明らかにして、太く・長く・滑らかな物質循環と豊かな生態系を育むための施策を行うことが必要であり、特に山に発し海に到る流域と沿岸海域の環境管理を一体的に行う必要がある。瀬戸内海でのこのような取り組みは、持続可能な社会形成に向けた地域主導の社会実験としても評価できるものであろう。詳しくは、瀬戸内海研究会が刊行した「瀬戸内海を里海に」を参考にしていきたい。

・ 海域環境の変化と生物多様性・水産資源の回復

瀬戸内海に特徴的な環境変化として、仔稚魚の生育等に重要な藻場・干潟面積の著しい減少がある。浅場の減少が及ぼす影響に関する研究では、漁業資源持続性の低下の主要原因として、漁業生物の再生産に重要な干潟・藻場の喪失があげられている。富栄養化、赤潮関連の問題も多く、特に貧酸素水塊の発生と底質劣化に伴う底生生態系の変化が著しい。

瀬戸内海の年間漁獲量は、80年代中頃までのピーク期の後、急速に減少しつつある。最も減少が顕著なグループは貝類やナマコ類などの干潟や浅場を棲息場とする底生生物であり、総じて、瀬戸内海に特有の底生魚介類の資源状態が悪化している。漁獲量の変動要因として、①レジームシフト（10年以上持続するような大規模な気候海洋環境や生態系の変動）、②漁獲圧の拡大（乱獲）、③人間活動による産卵場、成育場などの消滅と環境悪化、④人間活動の長期的な影響による生物生産構造の変化、があげられている。しかしながら、これらのうち現実的な観点から効果的な対策が可能なのは、要因②に対する対策としての「漁獲圧の抑制」と、要因③に対する「減少した産卵場、生育場などの再生」に限られる。こここのところも、浅場環境再生をふくむ里海づくりの必要性の大きな根拠になっている。

水産業は食料生産の他に多くの多面的機能をもっている。例えば、漁業活動は流入栄養塩の回収・再資源化でもあり、特に瀬戸内海では、陸・海間の物質循環の効率を高めている。従って、健全な水産業は健全な海洋環境と生態系のバロメーターでもあるので、基本的には水産業の多面的機能についても認識を深めながら環境保全と調和した水産振興を図る必要がある。持続的で健全な水産業の回復は、「海健康診断」の評価システムからしても、結果的には海健康度を高めることになる。

c) 瀬戸内海健康診断結果

・ 瀬戸内海全域の一括評価

「海健康診断」では、まず、環境省に指定された日本沿岸の88の閉鎖性海域が一次検査の対象とされた（平成16年度報告）。ただし、瀬戸内海は、この環境省の指定では、「一つの閉鎖性海域」として取り扱われている。瀬戸内海は日本最大の閉鎖性海域で、他の87の閉鎖性海域の全面積を合わせたよりも大きい。そのため、瀬戸内海には大阪湾のような汚染度の大きな海域から豊後水道のように外海水の影響が強く比較的汚染度の少ない海域まで多様な海湾が含まれる。このような状況下で、環境省の指定に基づいて瀬戸内海を「一つの閉鎖性海域」として診断することは、「海健康診断」の在り方として相応しくないことも明らかになった。

人間の健康診断に例えれば、健康な部位と不健康な部位を合わせて平均値的な診断を下すことにどのような意味があるのかということにもなる。そのため、瀬戸内海の診断手法の経緯としては、当初の瀬戸内海の「一括診断」（平成 16 年度）から、次第に瀬戸内海を構成する大阪湾、広島湾などの個々の海湾の診断へと進み、平成 18 年度には全国的に 71 閉鎖性海湾の一次検査が実施された（平成 18 年度報告）。ここでは、まず、瀬戸内海の「一括診断」（16 年度）から得られた診断結果を紹介したのち、個々の海湾の診断結果（18 年度）を紹介したい。ただし、公表されている利用可能なデータの存否などの状況により、瀬戸内海を構成するすべての海湾の健康診断がなされたわけではない。

瀬戸内海の「一括診断」から得られた症状としてまず特徴的なのは、「赤潮の発生頻度」、「無酸素水の発生状況」のデータから、「症状別グループ分け」過程において「慢性赤潮・無酸素」海域に類型化されたことである。このことは、同時に「養殖の状況」として指摘されている盛んなノリやカキなどの養殖にも大きな影響があることを示唆している。

瀬戸内海の「一括」一次検査の評価結果を「生態系の安定性」を検査する項目から順に見てみると、「生物組成」A、「生息空間」B+、「生息環境」B+であった。「生物組成」が A 判定となった主な根拠は、最優占分類群の漁獲量比（浮魚類）が 1980 年代後期から 90 年代後期にかけてあまり変動していないことによるが、ここではより長期的な変動や海域別の変動は評価されていない点にも注意が必要であろう。「生息空間」B+の根拠の一つは、干潟と藻場の面積が 1978 年と 1993 年であまり変わっていないことであるが、ここでもより長期的な変動や海域別の変動は評価されていない。また、この項目の検査で、自然海岸の割合が、瀬戸内海全体として 50%以下であることは重要な問題を提起している。「生息環境」B+の背景としては、貧酸素水調査点数と貧酸素水確認点数との比が 2000 年代に入って改善されてきたことがある。

次に「物質循環の円滑さ」を検査する項目を順に見てみると、診断結果は「基礎生産」C、「除去」Aで、「負荷・海水交換」・「堆積・分解」はデータ不足などから診断されなかった。「基礎生産」Cの主たる根拠は「赤潮発生日数比」が高いためである。「除去」Aは底生魚介類の漁獲量比が 1980 年代後期から 90 年代後期にかけてあまり大きくは変動していないことに基づくが、より現状に即した診断のためには、長期的な変動や海域別の変動を評価する必要がある。

・ 瀬戸内海の海湾別診断結果

ここからは、平成 18 年度の全国 71 海域の一次検査結果（平成 18 年度報告書）の各海湾の一次診断チャートと一次診断カルテならびに所見を参照しながら解説を進めることにする。

大阪湾

大阪湾の状況は所見に「生物組成、除去（底生魚介類の漁獲量比）を除くすべての項目が C 判定であり、不健康である可能性が高い。早急に二次検査を実施する必要がある。」とされており、かなり深刻である。特に、生息空間 C 判定のもとになっている藻場の減少、人工海岸の割合の極端な高さに注目する必要がある。負荷・海水交換の C 判定は、負荷滞留濃度の解析において、海湾単位体積あたりの負荷量が COD、TN、TP のいずれにおいて

も淡水の平均滞留時間に比べて「不健康な領域」にあることを示している。簡単にいえば海水交換に比べて負荷量が大きすぎるのである。

相生湾

一次診断チャートと一次診断カルテから診断された所見によれば「生息環境、堆積・分解など底層を対象として検査が C 判定であり、貧酸素水による生態系への影響が今後懸念される。」とある。診断項目は少ないものの、診断された 3 項目については大阪湾よりもむしろ深刻な状況が示されており、早急な対策が必要である。

田辺湾

一次診断チャートからは「生態系の安定性」は比較的高いのに「物質循環の円滑さ」が著しく損なわれているアンバランスな状態がみてとれる。所見には「基礎生産の変化による堆積・分解の変化が考えられる。負荷と滞留のバランスを考慮した十分な検査が必要である。」とある。湾奥には生活排水の影響や養殖業もあるので、詳しい二次検査が必要となるだろう。

広島湾

広島湾ではカキ養殖が非常に盛んであり、周辺に造船・鉄鋼業など各種の産業活動も盛んである。診断結果は所見によれば「生息空間、基礎生産、堆積・分解が C 判定であり、今後生態系の安定性への影響が懸念される」状態である。持続的なカキ養殖のためにも、生息空間や堆積・分解状況の改善を通じて生態系の安定性も回復する必要がある。

三津湾

一次診断チャートと一次診断カルテから分かるように、この湾は今回診断された瀬戸内海の海湾のなかでは最も健康状態の優れた湾である。診断された 6 項目のうち、C 判定の生息空間を除くと、他は A か B 判定であった。この湾の面積は約 25 km² で広島湾の面積約 1500 km² に比べてわずか 1/60 程度であるが 400ha 以上の藻場がよく維持されている。広島湾の藻場が 200ha 足らずであることを考えると、三津湾における藻場の規模の相対的な大きさが理解されよう。このように藻場がよく維持されている海域で、「物質循環の円滑さ」と「生態系の安定性」がともに概して高い点は、藻場再生の効果が示唆されている点でも注目すべきである。

その他

児島湾、小松島湾、坂出港、志度湾、多度津港、宇和島湾の一次診断チャートと一次診断カルテによれば、坂出港、多度津港などの港湾では C 判定が多かった。志度湾は A 判定、B 判定が多く、一見、良好な状態が推定されるが、負荷・滞留濃度や貧酸素水塊に関する調査データがないため断定はできない。今後、これらのデータも補充する必要がある。他の海域では、診断結果にバランスを欠いて A 判定と C 判定が混在する場合などが多く、概して健康な状況は見いだせない。

・ 診断結果からみた瀬戸内海の特徴

ここでは、平成 18 年度の全国 71 海域の一次検査結果をもとに、まず全国的な診断状況を総

括したのちに、前項の瀬戸内海の各海湾の特性を位置づけたい。

この全国的な検査で、最も高い割合で C 判定が出た検査項目は「堆積・分解」であった。特に底質環境については全海湾の 7 割程度で C 判定となっており、多くの海湾で陸域などからの負荷が海底に貯留されている状況が明らかになった。次に C 判定の割合が高いのは「除去（漁獲）」であった。この検査項目は底生魚介類の漁獲状況を対象としており、上記の「堆積・分解」の状況と合わせる、全国的に底層・底質が病んでいる状況が浮き彫りにされたといえる。これらに次いで「負荷・海水交換」に C 判定が多かったことは、日本の多くの海湾で負荷と滞留のバランスが崩れていることを示しており、端的には依然として流入負荷が大きすぎることで示唆される。これらの 3 者、すなわち、「堆積・分解」、「除去（漁獲）」、「負荷・海水交換」はいずれも陸域と海域の両者に関わる「物質循環の円滑さ」の検査項目であるので、正に沿岸域の総合的管理の必要性を物質循環の面から裏付けるものである。

一方、「生態系の安定性」に関わる検査項目では、「生物組成」、「生息空間」、「生息環境」のいずれにおいても、C 判定は 20% 前後で、「物質循環の円滑さ」に関わる各項目に比べて明らかに低かった。これらの結果は、おそらく、「物質循環の円滑さ」が損なわれた環境でも、なんとか生物はそれに適応して生きている状況や、水質環境はそれほど悪くない状況を示唆しているものと思われる。

次に、ここまで示した全国的な状況に比較しながら、前項で示した瀬戸内海各海湾の特性を位置づけてみたい。全国的な状況に比べて、瀬戸内海で特徴的なことは、「生態系の安定性」に関わる「生物組成」、「生息空間」、「生息環境」のいずれにおいても、C 判定が出た場合が少なくないことである。その主な理由としては、「生息空間」の診断の根拠となる人工海岸の高い割合や、「生息環境」の診断の根拠となる貧酸素水塊の発生頻度の高さがあげられる。以上から、海健康状況を総括すれば、全国的には「物質循環の円滑さ」が大きく損なわれており、瀬戸内海ではこれに加えて「生態系の安定性」も崩れている場合が少なくないといえる。

3) 沿岸環境管理のツールとしての「海健康診断」

前項では瀬戸内海などの健康診断結果から、日本の沿岸域の健康状態を回復するためには、沿岸域の総合的管理的なアプローチが必要であることを示唆した。ここでは、このようなアプローチに関連した様々な動きを紹介するとともに、沿岸環境管理のツールとしての「海健康診断」の可能性についても将来展望を行ってみたい。

a) 「里海」と沿岸環境管理をめぐる内外の動き

生物多様性と里海の密接な関係についてはすでに述べたが、前述のようないわば政策的な変化と並行して、様々な分野での里海をめぐる動きが活発になっている。先に紹介した知事市長会議の動き、すなわち、「里海の考え方に基づいた再生方策」により既存の瀬戸内法を全面的に見直し、瀬戸内海再生法（仮称）の制定を目指す運動では、すでにこれに賛同する 140 万人以上もの署名が集められている。

シンポジウムなどの里海をめぐる論議の機会も急速に増えつつあり、環境保全の面だけではな

く、例えば水産サイドでも 2008 年 1 月には全国漁業協同組合連合会の主催により「里としての海を考える」シンポジウムが開催され、筆者もパネルディスカッションに参加した。さらに、洞爺湖サミットのプレ・イベントである主要国 G8 の環境大臣会合が 2008 年 5 月に神戸で開催され、その関連行事として「瀬戸内海里海シンポジウム」が開催された。筆者もコーディネーターとして招聘され、また、国連大学高等研究所のザクリ所長が前述の里山里海 SGA(Sub-global Assessment)についても紹介した。

森・川・海をつなぎ、里山・里海を一体として捉える地域の取組みの例としては、山口県樫野川（ふしのがわ）流域圏の自然再生活動があげられる。自然再生法に基づいた協議会方式によるこの先進的な取り組みからは、里海づくりと沿岸域の総合的管理に向けた多くの経験と情報が提供されている。

省庁系の事業としては、環境省が平成 20 年度から予算化を開始した前述の「里海創生支援事業」は、各地のすぐれた里海づくりを支援する事業で、初年度には石川県の七尾湾、兵庫県の赤穂海岸、長崎県の大村湾、大分県の中津干潟の 4 海域が里海創生支援海域として採択されている。これらの海域での活動から、「里海づくりマニュアル」のとりまとめや「里海づくりネットワーク」の構築が予定されている。国交省系の関連事業も少なくなく、例えば、中国地方整備局と水産庁漁港整備部は共同で“自然と共生する恵み豊かな瀬戸内海の修復を目指す”瀬戸内海環境修復計画を進めており、この計画を上位計画として位置づける備讃瀬戸の環境修復計画もパイロット事業の形で進められている。また、平成 21 年度水産庁事業として「環境・生態系保全活動支援推進事業」があげられている。この事業の趣旨は沿岸域の藻場・干潟・サンゴ礁等の環境・生態系を保全・再生に向けて、多様な主体が参加する地域組織への支援を目指すものである。

Sato-Umi に関する国際的な発信の機会も増えつつある。2008 年 10 月に中国の上海市で開催された第 8 回世界閉鎖性海域環境保全会議（EMECS8）では、Sato-Umi Session として国際ワークショップが開催され、アジアを中心とした里海的な持続的沿岸域管理のあり方が様々な観点から討論された。さらに、EMECS8 の最終日に採択された「EMECS8 上海宣言」には Sato-Umi が「人類と閉鎖性海域との間の建設的な相互作用の促進を強調する」新たな考え方として大きく取り上げられた。これらの動きは 2006 年にフランスで行われた EMECS7 に柳、松田が New Concept として紹介した Sato-Umi の考え方や瀬戸内海での取り組みが次第に国際的にも受け入れられてきたことを示すものである。

b) 今後の展望

2009 年 11 月には海洋・沿岸域の統合管理に関する知識と経験の共有を目的として、「東アジア海洋会議 2009」（East Asia Seas Congress 2009）がフィリピンのマニラで開かれる予定である。この会議は、PEMSEA（東アジア海域環境管理パートナーシップ）の活動の一環として、国際機関、中央・地方政府、経済界関係者や研究者、市民団体、メディアなど多様な関係者が参画するもので、この中でも「海の健康診断」は Sato-Umi や ICM（統合的沿岸域管理）とも関連づけて議論される予定である。すなわち、「海の健康診断」が ICM などの沿岸環境管理手法のツールとして、どの程度の有用性があるかが多面的に議論される予定であり、大いに期待され

る点でもある。

我が国の「21世紀環境立国戦略」(2007年)が大急ぎで取りまとめられた背景には、2007年6月初旬にドイツで行われた第33回主要国(G8)首脳会議(ハイリゲンダム・サミット)があった。地球温暖化対策をはじめとする環境問題が大きな課題となったからである。このように、最近の政策の展開には国際的な政治日程も大きな関係を持っている。生物多様性に関しては、生物多様性条約に基づく国際的な約束事である「2010年目標」がある。この目標は、「2010年までに生物多様性の損失速度を顕著に減少させる」ことを掲げており、しかも、2010年に名古屋市で開催予定の生物多様性条約第10回締約国会議(CBD-COP10)では、日本が議長国を務めることになっている。2010年は国連によって「国際生物多様性年」にも定められているため、名古屋でのCBD/COP10の開催は、我が国にとっても、生物多様性に関する施策や行動をレベルアップしアピールする絶好の機会となろう。実際に、先の里山里海SGAのレポートはこの場で世界に向けて発信される予定となっている。里海については、瀬戸内海が西日本クラスターの中でサブ・クラスター的な役割を担っており、瀬戸内海における生態系と生態系サービスの過去・現在・未来が「海の健康診断」結果とも関連づけて評価される予定である。

豊かな生活と引き換えに、かつて、何処にでもあった身近で親しみやすい自然の海辺や干潟は、今や、特に都市の周辺ではもう見る影もない。私たちは、今、多くの沿岸海域の自然との関係性の中で、新たな調和を見出す必要性に迫られている。その解決策の一つの基幹となる考え方が、豊かな「里海の創生」であり、目指すべき「里海」の基本理念が、人と海との新しい共生のあり方、人の自然への関わり方を示している。この新しい関わり方は、「人の手を加え続けることによって、高いレベルでの生物生産性と生物多様性を維持していくこと」である。高い生物生産性と生物多様性を維持している海は、当然のことながら、環境も良く、赤潮や貧酸素水塊も発生しにくい海であり、海の幸も豊かで、さまざまな恵みを楽しむことができる「健康な海」でもある。従って、「里海」論は、単なる技術論、システム論ではなく、「沿岸の多くの人々が身近な海とさまざまな形で関わり、保全しながら利用する。あるいは、楽しみながら、新しい瀬戸内海を再構築していく。沿岸の人々、産業、行政が、手を携えて参画し、協働しながら進めていく。」という運動論でもある。目指すべき「里海」を実現していくためには、地域の物質循環を定量的に明らかにし、滑らかな物質循環と豊かな生態系を育む、自然再生、漁業資源の回復と言った具体的な施策を実現し、山から川を経て海に至る環境と資源の一体的管理、沿岸域の総合的管理のもとに健康な海を取り戻す必要がある。

また、これらの施策を進めるためには、新しい沿岸域管理制度の導入、住民の参画と合意形成、地域振興やそれを支える環境教育などのソフト的な施策を視野に入れた包括的アプローチも重要である。このような包括的アプローチは、従来からの日本的縦割り行政にはなじまず、実現することや容易でない。豊かな「里海の創生」には新たな政策や制度を有効に活用するとともに、長期的な展望とお互いに協力しあい励ましあう粘り強い活動が必要である。

上海宣言を全会一致で採択した、先に紹介した EMECS8 には世界の 37 カ国の大学、研究機関、国、自治体、企業、NGO などから約 470 人が参加した。この宣言は「陸・水・人間それぞれ

れが、世界の沿岸海域にとって必須の構成要素という原則に基づき行動しなければならない。経済と環境は、芸術と自然に密接に結びついているが、これらの全ては教育によって繋がれる。これが、『里海』から得た教訓である」として結ばれている。

様々な背景があるにせよ、我が国ではこれまで手薄であった生物多様性への配慮や、ほとんど欠落していた沿岸域の総合的管理に対する国家的な枠組みが最近になって急速に整ってきたことは事実である。特に海洋基本法とこれに基づく海洋基本計画については、さらなる具体化が強く求められている。今後、次第に関係法令の整備や条例への反映などに進むものと予測されるので、これらを「海の健康診断」や「里海の創生」を通じていかに実体化してゆくかが関係者に問われている。「海の健康診断」が、日本の伝統的な考え方に基づく里山・里海を一体的に捉える考え方とともにこの部分に寄与することを期待したい。

参考文献

- 1) 松田 治 (2008) : 瀬戸内海の新たな再生方策としての「里海」づくり, 学術の動向, 6:15-23.
- 2) 瀬戸内海研究会議編 (2007) : 瀬戸内海を里海に-新たな視点による再生方策-, 恒星社厚生閣, 東京, 109pp.
- 3) 海洋政策研究財団 (2007) : 平成 18 年度全国閉鎖性海湾の「海の健康診断」調査報告書.
- 4) 柳 哲雄 (2006) : 里海論, 恒星社厚生閣, 東京, 102pp.
- 5) 大森信、ボイス・ソーンミラー (2006) : “海の生物多様性”, 築地書館, 東京, 230pp.
- 6) 瀬戸内海環境保全協会 (2006) : 瀬戸内海の環境保全 (平成 17 年度資料集), p1-103.
- 7) 中田英昭 (2006) : 海の健康診断-その実践に向けて. 「海洋白書」 p71-75.
- 8) 柳哲雄 (2005) : 瀬戸内海-里海学入門, 瀬戸内海環境保全協会, p1-69.
- 9) 海洋政策研究財団 (2005) : 「海の健康診断」-考え方と方法, 59pp.
- 10) 松田 治 (2005) : 海の健康診断と健康管理, 「アクアネット」5月号, p. 58-63
- 11) 松田 治 (2005) : 瀬戸内海の再生方策をめぐる新たな動き, 「アクアネット」11月号, p. 52-56.
- 12) シップ・アンド・オーシャン財団 (2005) : 平成 16 年度全国閉鎖性海湾の「海の健康診断」調査報告書.
- 13) 松田 治 (2005) : 海の健康診断と健康管理. アクアネット 5月号, p58-63.
- 14) シップ・アンド・オーシャン財団 (2004) : 平成 15 年度閉鎖性海域の健康診断に関する調査報告書.
- 15) シップ・アンド・オーシャン財団海洋政策研究所 (2004) : 全国閉鎖性海域の「海の健康診断」の実施について-全国一斉海洋環境評価-.
- 16) シップ・アンド・オーシャン財団 (2002) : 海の健康診断 ; マスタープラン / ガイドライン.



この報告書は、競艇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20年度 全国閉鎖性海湾の健康診断[®]調査研究報告書
豊かな海を取り戻すために

平成21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。

