

平成10年3月13日に山口県小郡町で開催された瀬戸内海環境保全審議会企画部会第1回現地小委員会で、意見陳述人として当研究会議から推薦させて頂いた香川大学農学部 門谷 茂教授が意見を述べられました。

門谷教授のご承諾を得て、ここに「意見」全文を掲載させて頂きました。

---

1998年3月13日

瀬戸内海環境保全審議会企画部会  
現地小委員会における意見メモ

瀬戸内海の環境管理に向けて

香川大学農学部 門谷 茂

「保全型施策の充実について」:

現行施策の評価と今後の留意点（NP規制の徹底化とその必要性）

瀬戸内海における赤潮発生件数は、1960年代後半から急増し1976年の299件まで至っている。この後発生件数は減少し、近年最大時の約40%台で推移している。この赤潮発生件数が減少した原因としては、瀬戸内海で実施されていた沿岸諸都市から発生した生し尿海上投棄の禁止（1972年）や、1973年に成立した瀬戸内海環境保全臨時措置法によるCODの総量規制とリンの削減指導、汚濁負荷の1/2削減などの行政措置とともに、沿岸域の産業構造の転換や市民の公害に対する認識の深まりなどをあげることができる。その具体例は、粉末合成洗剤中のリン酸塩使用の推移と、瀬戸内海における窒素・リンの流入負荷量の経時変化とが極めてよく一致していることから明らかである。

富栄養化の程度は、海底泥表面における有機物の蓄積量で示されることが多い。一般に海底の堆積物は表層の方が時間的に新しいので、堆積物柱を層別に採取して分析するとともに、各層の絶対年代を測定することによって、堆積物に刻まれた過去の歴史を明らかにすることができる。瀬戸内海においても海底の堆積物試料を柱状に採取し、その中に含まれる各種の化学物質の濃度変化から過去から現在までの環境汚染の歴史を解明した例は多い。

我々の研究室では、大阪湾から周防灘にかけて瀬戸内海の主要な湾・灘の20点から採取された約1mの堆積物試料を非常に細かい間隔で層別に分取して、それぞれの試料について有機態炭素・窒素・リンおよび生物起源シリカ濃度を分析・定量するとともに、赤潮鞭毛藻プランクトンの休眠胞子（シスト）数を計数して、富栄養化の歴史と瀬戸内海の赤潮生物の盛衰を関係づけることを試みている。その結果、各点とも19世紀終了までは化学成分濃度はともに低いレベルに終始しているが、20世紀に入ってから急増しており、1970年代の後半あたりに最大値があることが分かる。その後はわずかに増減が見られるが、傾向としては漸減しつつあるように見える。これと連動して鞭毛藻シストの数も増減を見せており、有害赤潮鞭毛藻が富栄養化の進行とともにその生物量を増大していることが確認できる。しかしながら、多くの鞭毛藻シストは1970年代をピークに現在に向かって減少傾向を見せており、瀬戸内海の水質が改善されていることを生物の側から証明している。つまり、的確な行政施策と市民の意識の変化が洗剤の

無リン化を推し進め、栄養塩の負荷削減に貢献し、これが海域環境の改善につながった好例である。このように必要な措置が取られれば自然はその答えを明確に返してくれる。

しかしながら、1990年代に入っても赤潮の発生件数は90前後と、高度成長期以前(1960年代前半まで)の水準を大きく上回っている。これは、この30年に渡る長期の陸上からの栄養塩負荷が海底にとどまっております。水温の高くなる夏季に海底から溶出する栄養塩が赤潮の温床になっている可能性が高い。

我々の研究グループの試算では、播磨灘に陸域から流入する栄養塩の大半が植物プランクトンに取り込まれるが、窒素の28%、リンの56%はそのまま海底に堆積することが分かっている。これは1日当り、窒素が約20トン、リンが約4トンたまっていく計算となる。陸域からの栄養塩類の流入は、多くの人々の努力によって減少してきてはいるが、膨大な量の過去の「負の遺産」が海底には存在していることを忘れてはいけない。

また、1993年に窒素の削減の重要性が示されたが、この環境目標の設定がリンに比べて遅れたため、瀬戸内海ではN/P比の増加が著しい。このN/P比の増加は、植物プランクトンの分布や種組成に影響を与え、ひいては海洋生態系全体に変化をもたらす例が知られている。「海域の窒素及びリンに関する環境基準」の早期達成を図るだけでなく、水域でのN/P比のモニターと水質だけではなく、底質中の窒素・リン濃度の環境基準値を新たに設定して「負の遺産」の清算を行わなくてはならない。

「施策全体の目的について」および「失われた自然環境を取り戻す施策について」:

#### I 埋立の弊害と干潟・藻場の保全の意義

瀬戸内海における埋め立ては、毎年どこかで行われているが、その面積は1898年から1925年までの27年間で約35km<sup>2</sup>、1925年から1949年までの24年間では、約66km<sup>2</sup>が埋め立てられ、続く1969年までの20年間では、急増して約163km<sup>2</sup>となった。これらの値を合計すると264km<sup>2</sup>の海面が消失したことになり、これはおよそ小豆島の面積の1.7倍に匹敵している。その後も埋立は進み、1971年から瀬戸内海環境保全臨時措置法が施行された1973年までの3年間で、62km<sup>2</sup>もの海面が埋め立てられて消滅し、法律の施行後はその速度は幾分弱まったが、1994年までの21年間で3800を越える場所で、約93km<sup>2</sup>もの埋立が行われた。これら総てを合計すると、419km<sup>2</sup>の浅海域が消滅したことになり、これは淡路島の約7割に相当する広大なもので、瀬戸内海の水深10m以浅の海域の約2割が陸地化したことを意味している。

埋立が行われた主に水深10m以浅の海域は、前述したように水中で生活する生物にとって、単に生活空間としての消極的な意味だけではなく、彼らの多くの種にとっての産卵場・保育場である。この重要な場を次々に奪われてきた水生生物たち、とりわけそこを最終的なすみかとしている生物たちは、その個体数を急減させられることとなった。

この埋め立てられた浅海域は、3,000種を越える生物群の多くの種にとっての、産卵・生育場である干潟や藻場を相当量含んでいたはずである。埋立によって、瀬戸内海の海岸線の総延長約6,760kmの内、実に46%に相当する約3,100kmがコンクリート護岸などの人工海岸になってしまい、自然海岸は38%の約2,580kmしか残っていない。

これを、瀬戸内海域の総人口約3,000万人で割ってみると、一人当たり9cmにしかならない数字である。そして、干潟は戦前には、約24,000haあったものが、現在では約15,000haにまで減少している。このように、埋立てに伴う環境影響は、生物にとっての直接的な生存空間の喪失と、場の改変に伴う生態系の変化の両面が考えられる。

そこで先ず、埋立てが頻度高く行われる浅海域の生態学的評価を行う必要がある。埋め立てが行われる水深の浅い閉鎖性海域の生態学的価値について見て見ると、以下のような特徴を挙げることができる。

(1) 埋立てが行われる水深の浅い閉鎖性海域は、地球上で最も生物生産性の高い場所の一つである。とりわけ、単位面積当たりの動物生産量は、地球上のどの生態系に比べて際立って高い。(2) 沿岸の水深の浅い海域は、各種の生物の産卵場、稚仔の索餌域・生育域となっている。(3) また、沿岸の水深の浅い海域は、複雑で変化に富む界面構造を持つので水質の生物化学的浄化能力が高い。(4) 更に、他の海域に比べて種の多様度が高いため、海洋生物の遺伝子資源の保全機能も有していると考えられる。それには、埋め立てにより失われる、あるいは影響を受ける生物(群集)・生態系を生物種の減少とそれに伴う物質循環過程の変化の両面から評価する必要がある。

埋立が水産資源生物の生産構造にどのような影響が有るのかについて考えてみると、その海域における魚種別の海面漁業および養殖業の生産状況がまづ十分に調査され、重要種について埋立による地形、流況、水質、底質、生物相などの変化に伴う資源の数量変動を測定し、多くの調査事例を作っておく必要があることと、埋立後の追跡調査とモニタリングの必要性が強調されてよい。

## II 生態学的物質循環の場の修復について

1. 埋立てられた、あるいは、これから埋立てられようとしている海域における生態系全体に対する環境影響の要因を無くしてしまうことは事実上不可能である。生態系(エコシステム)は、「場の特性」の変化を極めて敏感に受け止め、その様相を変えていくので、要因に軽減するためには、「場の特性」の改変をできるかぎり小さくする必要がある。つまり、埋立てする海岸性状が岩礁帯であれば、埋立て地の護岸はそれに近いものにする必要があり、藻場や干潟域であったとしたら最低限人工干潟や藻場の造成・再生を計ることが求められている。しかしながら、従前の工法では、コンクリート製の垂直護岸である側が多く、生態系全体が大きく変化することが知られている。工法からみた環境影響の要因の軽減については、近代以前に使われていた工法に学ぶ必要があると思われる。江戸時代に行われた江戸湾奥部の大型埋立てでは、湾奥部の生態系は殆どダメージを受けず、元のまま残ったものと考えられる。その理由は、干潟部における緩傾斜の護岸形成と生物群集が、工事区域から一時的に避難することのできる代替地の存在、さらには、ゆっくりと時間をかけた工事であるため、生物群集の回復がスムーズに進行したであろうことが推定される。埋立工事に伴う生物の生息場そのものを破壊する行為の代償として、有用あるいは希少種(天然記念物など)などについて予め代替地を用意しておくことはあるが、生態系そのものを視野に入れた代替地の補償はこれまで考えられてこなかった。

今後とるべき方策としては、事前に生態系の全体像を正しく認識するためのアセスメントを行い、その中でキーとなる生物群を抽出し(各栄養段階における物質循環の要となる生物群)、それらが埋立て地のごく近隣に一時的に避難できることを補償する必要がある。更に、海域毎に全くの手つかずのサンクチュアリとしての場を保証するするのよい方法だと考えられる。また、「場の特性」を行かした(岩礁帯での埋立てでは石積み護岸を、干潟域では緩傾斜の護岸とその地先に人工干潟を)工法が採用されなくてはならない。

2. 埋立てによって失われた環境を何らかの方法で修復することにより改変された生態系をもとにもどすことは、最近試みられはじめたばかりである。生態系そのものを全くのものまにもどすことは不可能であるが、その生態系が持っていた(であろう)機能的役割については、その部

分的な代償を変化した形態系に求めることは可能であろう。その際、以下に示す区分に従って考えていくと整理し易い。

・失われた生物（種）そのものあるいは、その生物を含む食物網に強く依存していた生物（種）の修復・復元。  
・失われた生態系が果たしていた、近隣の沿岸海域や外洋域で生息する魚介類の産卵・保育の場としての機能の修復・復元。  
・生態系がそもそも有していた水質浄化機能の修復・復元。

このうち・について見ると、埋立てによって損なわれるその海域での生物による浄化作用を代替するためには、多くの方法が考えられるが、水域の浄化を計るためには、イ) 負荷量を小さくするといった直接的方法、ロ) 負荷された物質をできるだけ素早く系外に直接運び出す作用を高める方法、ハ) その海域内で、安定的な形で貯留しておく方法、ニ) 食物網を通じて粒子化（生物）して、最終的には陸上に運び去る方法、等が考えられる。

イ) については現行施策の徹底化によって達成される。ロ) の方法としては、各種の土木工学的方法の他に、生態系そのものを利用する方法としては、脱窒活性を高めるという工夫も考えられる。脱窒は、硝化が進行しているような場所に嫌氣的部分が存在すると、その作用が増大することが知られている。このことから、先に述べたように、干潟が現在の大阪湾の埋立地全域に分布していたと仮定すれば一日当たり 5.6 トンの窒素が大气へ回帰していたことになることから、浄化をキーワードにした場合、干潟の有無はより大きな意味を持つことになる。また、ハ) の方法としては、岩石や小石の表面に付着している微生物膜（バイオフィーム）を利用する方法が考えられる。しかしながら、この方法は研究が始まったばかりであり、海域における実用例は無い。ハ) あるいはニ) の組み合わせの方法としては、漉過食性二枚貝類の漉過作用を利用しようというものである。これらの代表種として、干潟域ではアサリが、直立護岸ではムラサキガイである。しかしながら、ムラサキガイ粒子（植物プランクトン）のトラップ効果は、極めて大きい。夏季における大量死亡・脱落等によって護岸直下およびその近傍の海底環境に与えるダメージ（具体的には貧酸素水塊の出現）もまた大きい。このように垂直護岸である限り、ムラサキガイは真の水質浄化者にはなり得ない。緩傾斜護岸に改修するかあるいは、人為的な改修が望まれる。

またアマモ場に出現する魚類は、小型のものあるいは稚魚・若年魚であることが多いが、かれらの食性調査から、水産上重要な幼稚魚は、アマモの葉上または葉と葉の間に住む莫大な量の小型生物を餌として生育していることが分かっている。このように、魚介類を中心とする生態系の回復には、藻場の再生が必要不可欠である。

### III 新たな環境の創造のために

瀬戸内海を巡る海岸線のうち、およそ半分近くが人工海岸である現在、望ましい沿岸域あるいは、あるべき海岸性状について唯一絶対という回答を得ることは不可能であろう。しかしながら、海洋生態系にとってより良い環境の保持創造を目指すことは、今後の重要な政策目標になるべき課題であると考えられる。その際、以下のような物質循環系が創出されることが望ましい。まず、干潟域の保全・回復・創成が必要である。更に、干潟に飛来して採食する水禽（シギ、チドリ、カモ等）の生存を保証するためには、多様な餌資源を支え得る環境の保全が必要となる。彼らが干潟でマクロベントスなどを捕食し、陸上で排糞することにより、人間が大量に負荷したN、Pは外に持ち出され、リサイクルされることになる。このことによって豊かな陸上の森（林）が創り出される。また、大型海藻類や海草類などの生息場所を、緩傾斜の石積み護岸や 5m以浅の光の届く浅場の造成などの形で保証することによって、N、

Pなどの栄養塩類を大量に消費吸収させることができる。このことは大型藻類等の森を浅海に創出することを意味する。このように、瀬戸内海の海岸性状を、それぞれの海域の環境特性に合致した