

食物連鎖を利用した水質浄化技術

山室真澄¹⁾

1. はじめに

赤潮やアオコという言葉をご存じですか。湖や池・内湾などで、植物プランクトンと呼ばれるマイクロサイズの小さな植物が大量に発生して、水面が赤くなったり黄緑色のペンキを流したようになる現象です。赤潮やアオコが発生しますと見た目がよくないだけでなく、海底や湖底で水中の酸素が少なくなると魚介類が死んだり、悪臭などの弊害が生じます。発ガン性物質のトリハロメタンが水道水に混入するのも、源水中の植物プランクトン起源の有機物が消毒用の塩素と反応して生じるためなのです。

このように植物プランクトンがある程度以上に増えると、私たちの生活に様々な悪影響をおよぼします。そこで植物プランクトンが異常に増殖しないように、国や自治体などでは様々な浄化対策を実施しています。私ども地質調査所も平成6年度から5年間の予定で「富栄養化湖沼における食物連鎖を利用した水質浄化技術の研究」を行っております。ここではその概要をご紹介します。

2. 水質浄化と物質循環

赤潮やアオコが発生するのは、養分となる物質が過剰に供給されるからです。養分となるのは窒素やリンなど、田畑では肥料としてわざわざ施している物質です。それがなぜ湖や内湾では豊富なのかというと、これらの水域は上流から運ばれてきた物質が集積する位置にあるからです。したがって流入する栄養物質を削減するには、流入河川の上流から下流に至る広大な地域が対象になります。河川は複数の自治体を流れ、栄養物質は種々の産業

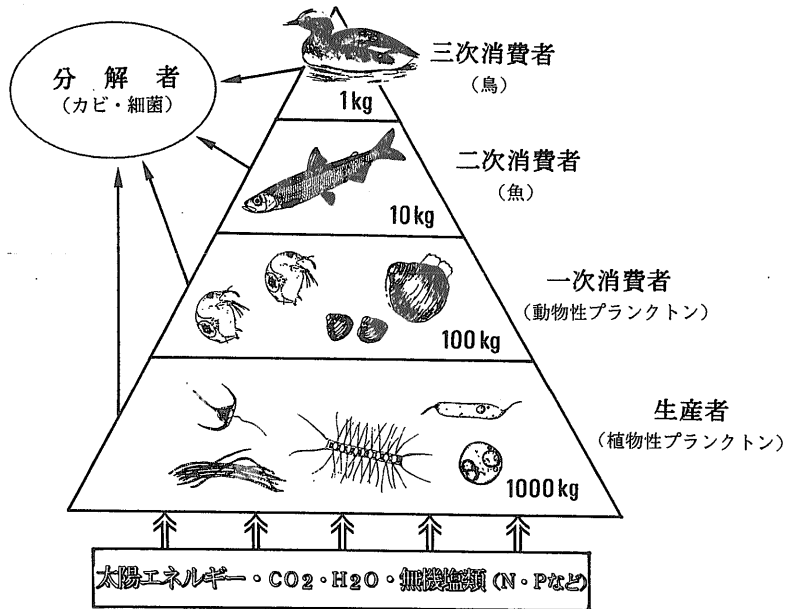
や家庭から排出されるなど削減対象が広範多岐にわたることから、包括的な削減対策を立てるのは困難な状況です。

しかしながら栄養物質が悪者になったのは近年になってのことです。昔から「水清ければ魚棲まず」と言うように、栄養物質が豊富に流れ込む平野の湖や河口域は、人間にとって太古の昔から魚介類が豊富にとれる魅力的な場所でした。縄文時代の貝塚は当時の干潟などの河口域に沿って残されていて、簡便に採取できる二枚貝は縄文人にとって重要な蛋白源でした。貝塚から出土する二枚貝の大部分は、アサリ・ハマグリ・カキ・シジミなどの、植物プランクトンを含む水中に懸濁している物質を食べる種類です。また植物プランクトンを直接食べない動物でも、水域の食物連鎖の土台は光合成を行う植物なので、その成長は水域に生息する植物プランクトンや水草などによって支えられています(第1図)。これらの植物はリンや窒素などの栄養物質が乏しい水域では増えることができないので、それを食べる魚などの動物も「清い水」では増えることができません。

このように考えますと、栄養物質が増えることだけが問題なのではなく、栄養物質が増えても植物プランクトンの異常増殖をもたらさない方策も検討されて良いのではと思われれます。栄養物質が増えれば植物プランクトンも増えますが、同時にそれが動物に食べられれば、植物プランクトンばかりが増殖して水面をおおう状況はなくなるはずで、さらにその動物が漁獲されれば、動物に含まれている窒素やリンは浄化経費をかけずに除去されることになり、極めて経済的です。そこで私どもは現実の湖沼で、流入した窒素やリンが植物プランクトンに

1) 地質調査所 海洋地質部

キーワード：富栄養化、宍道湖、中海、窒素、リン、生態系



食物連鎖と物質循環

第1図 湖沼における食物連鎖と物質循環の概念図。アオコや赤潮などの植物プランクトンの異常増殖は、動物によって捕食されれば軽減されると考えられる。また漁獲対象が一次消費者(図ではヤマトシジミ)である方が、二次消費者(魚)である場合よりも高い漁獲量を期待できる。

取り込まれ、それが動物に食べられて一部は排泄され一部は身になり、排泄物の一部は堆積物に埋積して…といった動きを解明することにしました。このように物質(ここでは窒素とリン)が次々と形を変えていくことを物質循環と言います。

ここで「どうしてわざわざ地質調査所が物質循環を研究するの?」と思われる方もおられるでしょう。確かに、水域における物質循環に関連した従来の研究は、物理的な動きに関するもの(流動、埋積など)、化学的な動きに関するもの(溶出、貧酸素化など)、生物による動きに関するもの(種類、現存量など)などが個々に行われてきました。これでは地質調査所の特性を活かして貢献できるテーマは限られるでしょう。しかし水域での窒素やリンなどの栄養物質の動きは、その場所でこれら全ての動きが複合されて生じています。ですから物質循環研究においては、可能な限り物理・化学・生物学的な動きを全て調査し、その場の地理的・時間的な特性の理解のもとに総合的に解明されることが理想です。このような「時間的・空間的に固有な場における総合的な解明」という考え方は、地学では極

めて自然な発想です。私どもは他分野の研究者と共同で調査しながら、その成果を地学的な考え方で検討し総合することで、これまでにない成果をもたらすことができると考えました。

3. シジミ漁と水質浄化

ここでは「時間的・空間的に固有な場における総合的な解明」という考え方で物質循環を研究することによって、具体的に得られた成果をご紹介します。

島根県に位置する宍道湖は漁獲高日本一の湖沼で、特にヤマトシジミ(味噌汁の具に使われるシジミの大部分がヤマトシジミです)は全国産出の約6割に当たる年間約1万トン(川上, 1992)を漁獲しています。宍道湖の年間一次総生産量(植物プランクトンの年間増殖量)はアオコの弊害が深刻な諏訪湖や霞ヶ浦と同程度であるにも関わらず(第1表)、そのような弊害はほとんど生じません。私どもの研究の結果、宍道湖ではヤマトシジミ漁を通じて水質が浄化されているために、植物プランクト

第1表 富栄養化湖沼における一次総生産量(光合成による有機物生産量)と単位面積当たり漁獲量の比較(山室, 1994).

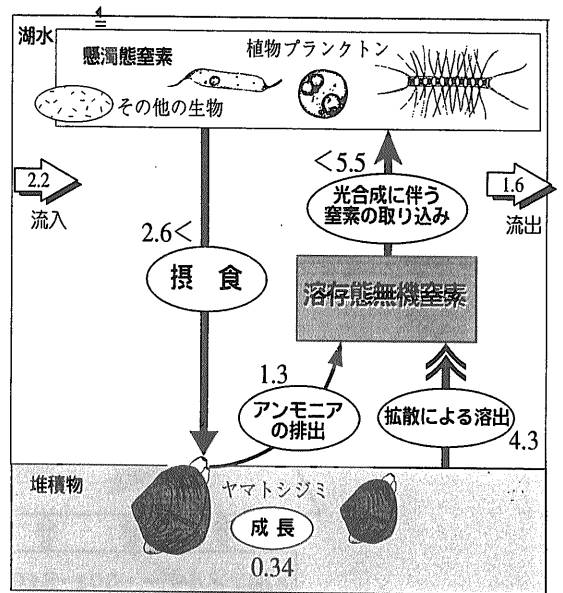
湖沼名	年間漁獲量 (t)	面積 (km ²)	最大水深 (m)	単位面積当たり漁獲量 (t/km ²)	年間一次生産量 (gC/m ²)
諏訪湖	167	12.9	7.6	12.9	770
霞ヶ浦	4,331	167.6	7.3	25.8	750
宍道湖	10,165	79.2	6.0	128.0	730~1,100

ンの異常増殖が起こりにくいことが分かりました。

宍道湖のヤマトシジミは、アオコが発生しやすい夏には、植物プランクトンが光合成に伴って水中から窒素を吸収する速度(5.5t/day)と同程度(2.6t/day)の速度で、その植物プランクトンを食べています(第2図)。またヤマトシジミの成長量(0.34t/day)は、河川からの窒素の流入量(2.2t/day)の15%に相当していました。近年ヨシ原を作って窒素やリンを除去する試みが注目されていますが、琵琶湖において生育期間中にヨシが体内に蓄積する窒素は流入量の12%と報告されています(生嶋, 1987)。しかもヨシズなどの原料として利用されない限り、刈り取りや処理に経費がかかることとなります。それに対し宍道湖での漁獲による浄化は、浄化のための経費をかけないですむ上に同程度の除去効果があるのです。このようにある程度の除去効果を見込めるのは、宍道湖でのヤマトシジミの産出量が年間約1万トンもあるからです。ではなぜこのように多量のシジミが宍道湖で増えることができるのでしょうか。

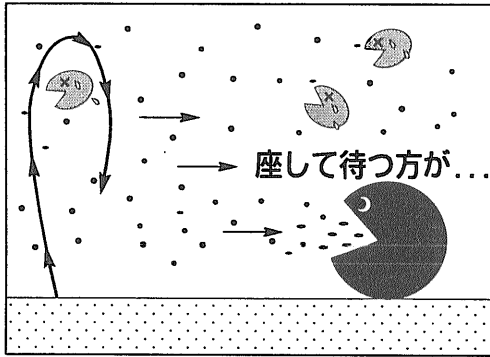
第1の理由は、ヤマトシジミが活発に増殖する植物プランクトンを直接食べるためです。第2図でヤマトシジミは、植物プランクトンが光合成に伴って水中から窒素を吸収する速度と同程度の速度でその植物プランクトンを食べていました。ですから宍道湖ではラン藻などの植物プランクトンが増殖しても翌朝には食べつくされて(中村ほか, 1997)、湖面が黄緑色になることはほとんどありません。

第2の理由は、宍道湖のような環境ではヤマトシジミのような摂食様式が非常に有利だからです。宍道湖でヤマトシジミが高密度に生息しているのは、水深3m以浅の砂質底です。このような浅いところでは水が水平方向にも鉛直方向によく混ざるため、表層で増殖する植物プランクトンが水底まで供給さ



第2図 8月の宍道湖全体でのシジミ-植物プランクトン間の窒素収支の見積もり。数字は窒素の量(t/day)。植物プランクトンが光合成に伴って水中から窒素を吸収する速度とシジミが植物プランクトンを食べる速度は同程度である。またシジミの成長量は、河川からの窒素の流入量の15%に相当する。8月の平均的な環境条件として最高気温31℃、斐伊川の流量を37.2m³/sとし、また、斐伊川から流入したのと同じ量の水が大橋川から流出するとして計算した。流入水、流出水中の窒素濃度はIshitobi et al. (1988)と島根県衛生公害研究所(1991)による。光合成速度については、湖底付近の懸濁物による光の減衰効果を差し引かなかつたので多めの見積もりになっている。またシジミによる取り込みは水深4m以浅についてのみ計算したので、少なめの見積もりになっている。

れます。また水平方向の流れもあるため、流れののったり逆らったりして粒子を捕食する食べ方よりも、ヤマトシジミのように自身の位置を固定して供給される餌を濾し取る食べ方がエネルギーの損失が少ないでしょう(第3図)。このため宍道湖では、同じように水中の懸濁物を食べる動物性プランクトン(ミジンコの仲間など)よりも有利な立場でヤマトシジミが摂食していると考えられます。そしてヤマトシジミのように懸濁物を湖底で濾過する動物の種類数は、淡水・汽水・海水のなかでは汽水が一番少ないので(Remane and Schlieper, 1971)、同じ戦略を持った競争相手もほとんどいないのです。



第3図 鉛直・水平方向の流れが活発で、餌になる有機物粒子が豊富な場合に有利な摂食様式のご概念図。右下の大きなパックマンのように、体を固定して供給される餌を食べる摂食様式をとる生物（ヤマトシジミなど）の方が、図の上部で動き回っている動物（動物プランクトンなど）よりも摂食に要するエネルギーが少なくすむと考えられる。

それではアオコの弊害が深刻な諏訪湖や霞ヶ浦の湖底には、植物プランクトンを直接食べる動物はいないのでしょうか。これらの湖ではユスリカ科幼虫が高密度に生息しています（岩熊，1986；沖野，1990）。一部のユスリカ科幼虫は巣穴を形成し、換水運動によって巣穴直上に懸濁している粒子を取り込んで摂食します。しかし霞ヶ浦に生息するユスリカ科幼虫は水温が高くなる夏季に休眠する為に（岩熊，1986）、植物プランクトンによる有機物生産が最も盛んな夏季に、その生産物を利用できません。これに対してヤマトシジミは、水温が高くなる夏季に濾過速度が最も高くなります（Nakamura *et al.*, 1988）。

このような理由から大量に増えることができるヤマトシジミですが、漁獲されなければ窒素の除去には結びつきません。幸い、宍道湖では植物プランクトンを直接食べるヤマトシジミが漁獲対象ですが、ユスリカは漁獲対象にはなりません。諏訪湖や霞ヶ浦では漁獲対象が魚です。魚類の中には肉食のものもありますが、肉食の動物はシジミほど増えることはできません。動物が食べたものが身になる同化効率を仮に一律10%とすると、シジミの場合は植物プランクトンが生産した有機物の10%が身になります。動物食の魚の場合は、動物プランクトンが植物プランクトンが生産した有機物の10%を同化し、そのまた10%を魚が同化します。その結果、

魚に同化される有機物は植物プランクトンが生産した有機物の1%になってしまい、除去効果も小さくなります。ですから第1図の底辺にあたる植物性プランクトンによる有機物の生産が同じであるならば、そのすぐ上に当たるヤマトシジミを漁獲する方が、魚を漁獲するよりも潜在能力としてより多く漁獲することが可能です。実際、宍道湖の単位面積当たり魚介類漁獲量（大部分がヤマトシジミ）は、諏訪湖や霞ヶ浦よりも数倍以上大きいことが分かります（第1表）。このように多く漁獲されることから、効果的な除去を期待できるのです。

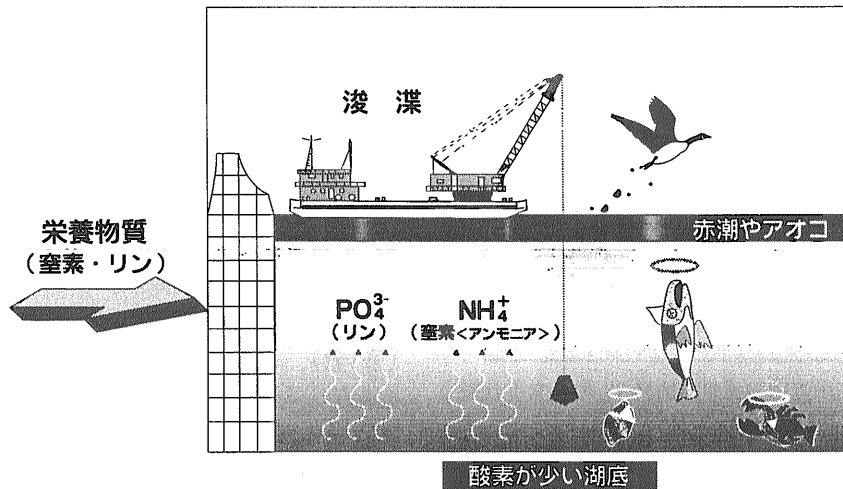
以上をまとめますと、宍道湖のヤマトシジミは水の混合が活発で有機物粒子が多い場に適応した摂食様式を持ち、植物プランクトンが光合成によって生産した有機物を直接利用し、さらにその取り込み速度の大きい時期が植物プランクトンの増殖速度が高い時期と一致していました。これらの理由から宍道湖ではヤマトシジミが大量に増殖することが可能で、それが大量の漁獲に結びつき、窒素が効率よく除去されていたのです。

4. 使いやすいデータを目指して

このように食物連鎖を通じた浄化メカニズムが現実の湖沼で有効に働いていることが分かったのですが、それだけでは「そうですか、よかったですね。」で終わりです。ある水域で食物連鎖を通じてどのくらいの窒素やリンが除去され、それがほかの除去対策と比べてどのくらい経済的なのか検討するのに役立つ形にしなければ、せっかくのデータが死蔵されかねません。そこで私どもは、島根県と鳥取県に位置する中海で行われている浄化対策による除去量と、食物連鎖を通じた除去量とを大まかに見積もることで、生態系の浄化機能の定量的な評価を試みました。

4-1 現在の除去量の比較

中海では窒素・リンの削減を目的として中海浄化浚渫事業が行われています。一般に湖沼や内湾などの閉鎖的な水域がひとたび富栄養化すると、湖底や海底で分解される有機物が増えることで貧酸素化しやすくなり、堆積物が還元的になります。そうすると酸化的な環境では堆積物の形で蓄積され



第4図 閉鎖的な水域で富栄養化が植物プランクトンの異常増殖をもたらすほど進行した場合の模式図。湖底や海底に植物プランクトン起源の有機物が沈降し、貧酸素化しやすくなる。酸素が欠乏すると動物が死亡し、還元的になった堆積物からはアンモニアやリン酸が溶出する。そのアンモニアやリン酸がさらに富栄養化を進行させる。

ていた窒素やリンがアンモニアやリン酸の形で溶け出してしまうようになって(第4図), 富栄養化が加速されてしまうのです。従って水域内部でも何らかの方法で栄養物質を除去する必要が生じるのですが、その為の方法としては最も効果的であるとして、我が国では広く底泥の浚渫が行われています(池田, 1997)。

建設省出雲工事事務所(1997)のパフレットによると、第1期工事として昭和54年度より米子湾の湖岸堤の改修と底泥処理地の確保を兼ねた湖岸堤工事に着手、昭和60年度より底浚渫工事にとりかかり、約40万m³の底泥を浚渫して平成5年度に完了しました。現在は第2期工事として60万m³の浚渫が計画されています。そこで私どもはまず、第1期工事で除去された底泥の中に含まれる窒素とリンの量を推定しました。

池田(1997)によると、中海で浚渫されたのは米子湾の堆積物表層約50cmの部分でした。私どもが米子湾で改良型簡易軽量採泥器(山室ほか, 1996)で採取した全長50cmのコア状堆積物の窒素濃度・リン濃度・含水率など(山室, 未公表資料)から計算すると、1m³の底泥に含まれる全窒素と全リンは0.49kgおよび0.25kgでした。従って約40万m³の底泥の浚渫によって除去された窒素とリンはそれぞれ195tおよび100tになります。この浚渫には9年を要しているのです。浚渫による窒素とリンの

年間除去量を22tおよび11tと見積もりました(ただし工事期間全体では15年を要しているので年間除去量は13tおよび6.7tとなります)。

これに対して現在の中海において生態系の食物連鎖を通じて除去されている量として、魚介類の漁獲量と、中海の底生動物の中で最も現存量の大きい(沢村ほか, 1991)、二枚貝ホトギスガイの貝殻として固定される窒素・リン量を計算しました。

まず、平成7年度の中海における漁獲量は魚類が300t、貝類が186tです(島根農林水産統計年報より計算)。これらに含まれる窒素とリンを、主要種であるサッパ・スズキ・マハゼとアサリの窒素・リン含有率を分析して計算したところ、それぞれ8.8tおよび1.9tと見積もられました(山室, 未公表資料)。

二枚貝ホトギスガイについては年間生産量が分からないので、冬に渡ってくる鴨が滞在中に食べるホトギスの量が年間生産量の下限であるとし、その殻に含まれる窒素やリンは溶け出さないと考えて、湖水からの除去量として計算しました。その結果、中海に冬季に飛来する約5万羽の潜水性鴨類によって越冬期間中に捕食されるホトギスガイの殻は4,314t、その中に含まれる窒素とリンはそれぞれ38tおよび2.6tと見積もられました(山室, 未公表資料)。

以上より現在の中海において生態系を通じて除

去されている窒素とリンの量は年間46.8tおよび4.5tと推定されました。浚渫による窒素とリンの年間除去量の見積もりは22tおよび11tでしたので、生態系を通じた除去量は窒素については浚渫の2倍以上、リンについては約4割となります(第2表)。

4-2 食物連鎖を利用した水質浄化技術の潜在能力

ところで、生態系での食物連鎖を通じた除去量は、社会情勢いかんによっては増やせる可能性があります。実際、第3節で紹介したヤマトシジミが全国に出荷されるようになったのは、保冷車による輸送手段が発達した昭和40年代半ば以降です。それ以前は、例えば大正時代はシジミの身より石灰の原料としての貝殻だけが出荷されていました(川上, 1992)。

中海での漁獲量を調査した結果(山室, 未公表資料), 網に掛かった魚は全て出荷されるのではなく、出荷された量の約半分が湖内に廃棄されていました。廃棄される魚類の大部分は、他の地方では鮎ネタとして親しまれているコノシロ(コハダ)でした。ですから集荷してすぐに冷凍したり酢漬けなどに加工すれば、大消費地への流通も見込まれます。もしもコノシロが廃棄されなければ漁獲を通じた窒素とリンの除去量は、現在の1.5倍に増加できる可能性があります。その場合、魚類による窒素・リンの除去量はそれぞれ4.0tおよび0.92tづつ増加します。

また山室(1997)によれば、1960年頃の中海では紅藻類のオゴノリが寒天の材料として大量に出荷されていました。その後、寒天の材料の主流がテングサになるにつれてサラダや刺身のつまなどとして少量出荷されるようになりましたが、選別作業にかかる人件費が採算に合わなくなり、現在ではほとんど漁獲されていません。このオゴノリが1960年当時の年間出荷量(湿重量で4,339t)と同量採集されたと、その中に含まれる窒素とリンに等しい17tと1.2tが中海から除去されることとなります。

化学肥料の使用が普及する以前は、各地で水草・海藻・海草が肥料として用いられていました。琵琶湖ではクロモ・コウガイモなどが、加工せずにそのまま根元に敷く形で肥料として用いられ、夏季には比較的速やかに分解して肥効が顕著であるだけでなく、分解するまでは雑草の防止や土壌の乾

第2表 浚渫と食物連鎖を利用した浄化技術による窒素・リン除去量の比較。

	窒素(t/年)	リン(t/年)
浚渫	22	11
魚介類の漁獲	8.8	1.9
ホトトギスガイの貝殻として固定	38	2.6
現状の除去量 計…(A)	46.8	4.5
廃棄される魚の有効利用	4.0	0.92
食べられる海藻の採藻	17	1.2
肥料用の採藻	1.3	0.1
除去量の潜在能力 計…(B)	22	2.3
合計…(A)+(B)	69	6.8

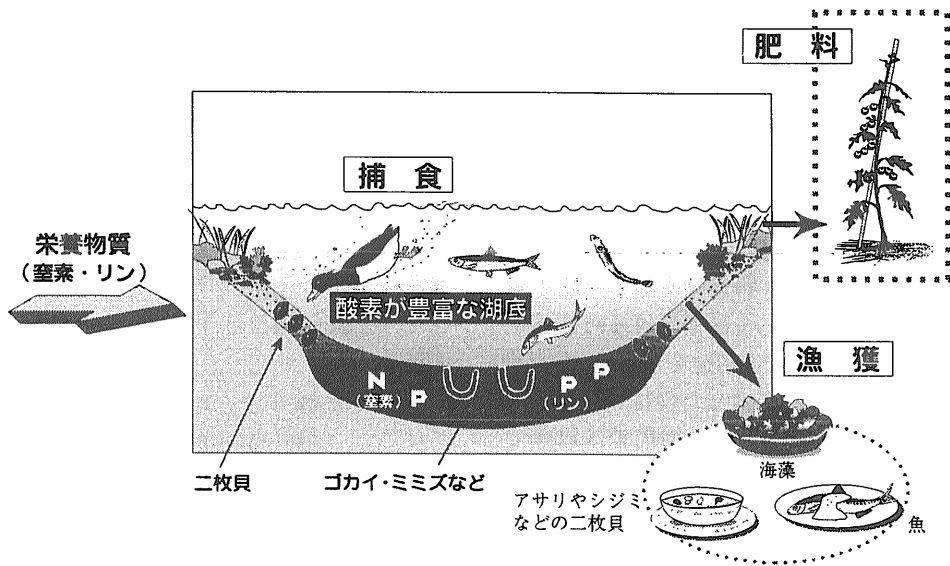
燥を抑制する効果もありました(長谷川, 1939)。戦前の中海でも水中の大型植物の大部分が肥料用に漁獲されていました。中海に面する旧波入村の勤業統計によれば、明治35年に肥料用に水揚げされた大型植物は7,300tでした。現在の中海では海藻のアマモ類は1960年前後(宮地, 1962)ほど繁茂していませんが(山室未公表資料)、海藻のウミトラノオは中海の湖岸で普通に繁茂しています(宍道湖・中海の藻類研究会, 1996)。これを肥料や除草効果に用いて無農薬有機農法としての付加価値をつけた野菜などを栽培すれば、ウミトラノオの肥料資源としての回収も可能になると考えられます。

宮地(1962)によると、当時の中海ではウミトラノオは水深2m以浅の岩石地にのみ被度約5%で分布しており、このような条件でのウミトラノオの年間生産量は中海全体で 24×10^5 kgであるとしています。現在もウミトラノオが当時程度に繁茂していると仮定し、年間生産量の13%を採藻しても再生産は十分可能であるとする(山室, 1997)、窒素・リン含有率(3.25%および0.34%)と含水率(87.2%)から計算される312tのウミトラノオの採藻による窒素・リン除去量は1.3tおよび0.14tとなります。

以上を除去量の潜在能力とすれば、年間にして窒素で22t、リンで2.3tの除去量の増加が期待できます(第2表)。

5. おわりに

食物連鎖を通じた窒素やリンの除去は漁獲や捕食など、除去のための経費がかからないという長



第5図 浅い岸边が残されている水域の模式図。浅くて酸素が豊富な岸边で、動物の摂食を通じて有機物が分解される。湖底や海底は沈降する有機物が少ないため貧酸素化しにくく、アンモニアやリン酸も溶出しにくい。また食物連鎖を通じた水質浄化対策も立てやすい。

所があります。また4-2節で検討したようにコノシロやオゴノリの加工場の建設や他産業との連携を通じて新たな地域特産品として製品化し、除去量を増大できる可能性も秘めています。浚渫も、浚渫そのものには経費がかかりますが、底泥の有効利用などで付加価値をつけることは可能でしょう。米子湾の浚渫に要する経費は、1985～1998年度の14年間で214億円です（'98年度分は予定額）。このコストから底泥の有効利用などの付加価値を差し引いた額と、生態系を通じた浄化技術に要する費用との比較、また除去量そのものなどの比較によって、より具体的な検討が可能になるでしょう。特に、ある除去対策が別の除去対策を阻害する可能性がある場合は極力その可能性を排除し、どうしても両立しない場合は厳密に定量化した効果の比較を行うべきですが、そのような場合でも窒素やリンの量という形でデータをまとめておけば、議論しやすいでしょう。

生態系での食物連鎖を通じた除去機能が有効に作用するのは主に好氣的な浅い水域です（日本海洋学会環境問題委員会、1996）。大型植物は補償深度以浅にのみ繁茂し、多くの動物は浅いところを産卵や初期成長の場とします（第5図）。また二枚貝などの底生生物は浅くないと貧酸素化で死滅

することがあります。従って浅い水域の改変を伴う水質浄化対策は、その負の波及効果について事前に定量的に検討してから実施することが望まれます。

第4節の見積もりは底泥の分析地点が1点のみであることや、ホトギスガイの生産量そのものは不明であることなど不確定要素が多く、現時点ではあくまで予備的な試みです。今後も「時間的・空間的に固有な場における総合的な解明」という考え方に立って窒素・リンの動き方を検討し、その量を定量化して皆様方が判断される際に利用できるデータを提供したいと考えております。

文 献

長谷川精作(1939)：琵琶湖沿岸に於ける水藻の利用とその肥効。滋賀県立農事試験場、30pp。
 生嶋 功(1987)：水草による水質浄化の可能性。生嶋 功編「水の華の発生機構とその制御」。東海大学出版会、140-153。
 池田省三(1997)：最近の底泥浚渫技術。用水と瘡水、39、517-521。
 Ishitobi Y., Kawatsu, M., Kamiya H., Hayashi, K., Esumi, H. (1988)： Estimation of water quality and nutrient loads in the Hii River by semi-daily sampling. Jpn. J. Limnol., 49, 11-17。
 岩熊敏夫(1986)：陸水における二次生産、特に底生動物の生産と富栄養化の関係について。日生態誌、36、169-187。
 川上誠一(1992)：「宍道湖物語」。藤原書店、246pp。
 建設省中国地方建設局出雲工事事務所(1997)：中海浄化浚渫事業（パンフレット）。

- 宮地伝三郎(1962)：中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告。
- Nakamura, M., Yamamuro, M., Ishikawa, M. and Nishimura H. (1988) : Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon. *Marine Biology*, 99, 369-374.
- 中村由行ほか7名(1997)：汽水湖沼沿岸部における水温・水質構造の日周変動 -鉛直対流循環が二枚貝生態系に及ぼす影響-。水工学論文集, 41, 469-474.
- 日本海洋学会環境問題委員会(1996)：閉鎖性水域の環境影響評価に関する見解 -中海本庄工区干拓事業の場合-。海の研究, 5, 333-344.
- 沖野外輝夫(1990)：諏訪湖 ミクロコスモスの生物。八坂書房, 240p.
- Remane, A. and Schlieper, C. (1971) : *Biology of brackish water*. John Wiley & Sons, 372pp.
- 沢村貴史・中村幹雄・中尾 繁・山根恭道(1991)：中海・宍道湖等水産資源管理対策事業 中海の環境群と生物群集。島根県水産試験場事業報告平成3年度, 201-211.
- 島根県衛生公害研究所水質科編(1991)：大橋川における栄養塩フラックス調査報告書(I)。島根県衛生公害研究所, 202pp.
- 宍道湖・中海の藻類研究会(1996)：「宍道湖・中海水系の藻類」, 129pp.
- 山室真澄(1994)：食物連鎖を利用した水質浄化技術。化学工学, 58, 217-220.
- 山室真澄(1997)：中海におけるオゴノリ漁による窒素・リン除去量の見積もり。陸水学雑誌, 58, 317-322.
- 山室真澄ほか14名(1996)：富栄養化湖沼における食物連鎖を利用した水質浄化技術に関する研究。平成7年度国立機関公害防止等試験研究成果報告書, 47-1~11.
-
- YAMAMURO Masumi (1997) : *Water quality control through food web management*.
-

<受付：1997年11月12日>

