

瀬戸内海の水質汚濁と赤潮に関する研究¹⁾

—地方公害研究機関の活動を中心として—

渡辺 弘²⁾・小黒美樹³⁾
北村弘行⁴⁾・古城方⁵⁾
田中英樹⁶⁾

1. まえがき

瀬戸内海は本州南西岸と四国、九州の間にある細長い内海で、紀伊水道、豊後水道の二つの水道によって太平洋と連なり、下関海峡を通じて日本海と接している。昔から海上交通の要路と知られているが地形は極めて複雑である。

広くあるいは狭い無数の水路の間に白砂青松の海岸や、大小3,000にわたる島々が点在し風光明媚な独特の形態を呈している。瀬戸内海をとり囲む沿岸11府県の活動力を通産省の工業統計による工業出荷額からながめると、昭和30年を100としたとき46年は936、47年は1,022、48年は1,065と驚異的な伸びを示し、地域の生活人口の変遷も総理府統計局の調べでは、昭和35年の24,383千人が49年には28,412千人と16%以上も増加をみせている。当然、種々の産業廃水や生活廃水の瀬戸内海への流入量は増加をきたし、大都市あるいは工業地域の地先海域でまず海水汚濁問題が発生し、その汚濁規模は拡大を続け瀬戸内海全域の汚濁現象となってきた。さらに海上交通の増大による廃油投棄の問題も加わり、赤潮現象の顕在化は漁業被害といった社会問題に発展し、閉鎖性海域に特有な瀬戸内海全域の汚濁現象として関心が高まっている。このような状況下において、社会問題としてクローズアップされてきた赤潮を取り囲む瀬戸内海の水質環境の変動に対して地方公害関係の研究機関の対応を中心として、赤潮とそれに関連する調査研究の概要をのべる。

2. 瀬戸内海水質汚濁の変遷

2・1 第2次世界大戦まで

第2次世界大戦が終結した1945年頃までは、瀬戸内海にあっては、漁船の動力化の促進の一方において海岸の諸所では軍需産業の活動、これに付随した人口の異動が生じていたが、海域の水質汚濁への関心は薄く総合的な調査も少なかった。大阪市立生活科学研究所が1933年以来、大阪湾内外の海水汚染状況調査^{1,2)}を年4回定期調

査として行っているのが注目される。赤潮の発生をみても、小規模なものが特定の海域でみられてはいたが、あまり注目されるようなことはなかった。

わが国で赤潮現象調査研究の古い記録としては朝倉⁸⁾により日本気象学会の機関誌「気象集誌」に明治40年から大正元年までの調査が報告されている。海域は横浜市近辺を初めとする神奈川県沿岸あるいは伊勢五カ所湾で赤潮と気象との相互関係について考察している。同じく明治時代遠藤が北海道噴火湾口でみられた赤潮について調査報告の文献⁴⁾も紹介されている。他にも明治年間に赤潮に関係した調査研究はあるが、瀬戸内海を調査研究海域としたものはみかけない。

2・2 第2次世界大戦後

都市における尿尿の処理体系は、肥料としての使用の忌避と下水処理施設の不備とが相まって海洋投棄が励行され、東京湾、大阪湾での環境汚染が問題となってきた。大阪湾では大阪市、神戸市その他によって尿尿投棄についての衛生学的な調査⁵⁻¹⁴⁾が実施されている。赤潮現象にはふれていないが、海底底質を含めた注目すべき総合調査である。合成洗剤による環境水質の汚濁も新しく生じた問題であるが、大阪市立衛生研究所では、市内河川の27地点でABSの測定を行うとともに分解、生物への阻害について検討¹⁵⁾している。兵庫県公害研究所においても河川、大阪湾、播磨灘での分布や海域での挙動について検討¹⁶⁾している。有機塩素化合物、フタル酸エ

- 1) Marine Pollution and Red Tide of the Seto Inland Sea ...Studies by the Local Government Environmental Research Institute...
- 2) Hiromu WATANABE (兵庫県公害研究所) Environmental Science Institute of Hyogo Prefecture
- 3) Miki OGURO (徳島県公害センター) Environmental Science Research Center of Tokushima Prefecture
- 4) Hiroyuki KITAMURA (兵庫県公害研究所)
- 5) Masakazu FURUKI (兵庫県公害研究所)
- 6) Hideki TANAKA (兵庫県公害研究所)

ステル、有機リン系農薬による環境水域の特異な汚濁については、大阪市立環境科学研究所で琵琶湖から大阪湾への一連の水系について検討¹⁷⁾している。重金属による汚染も注目され、底質中の重金属の濃度分布と微細泥との関係を主軸にして、汚染強度、汚染面積、海域への汚染負荷量との間の規制性について考察^{18~20)}されている。また西村^{21~25)}は瀬戸内海汚濁に関して総合的な解析を行い報告している。

昭和40年夏、長崎県大村湾に濃厚かつ大規模な赤潮が発生して、同湾の主要水産物であるアカガイその他に大損害を与える事態が起った。日本水産資源保護協会は41年2月に水産庁の協力のもとに、全国規模の研究協議会を開催し、その議事録が「赤潮に関する研究協議会」として発表されている。この会議では、(1)既往の主要赤潮例、(2)赤潮発生による水産被害、(3)赤潮発生から消失に至る気象と海象の状況、(4)水産被害に対してとられた措置、(5)赤潮の名称・定義・類型・構成・主要生物等が討議され、大村湾、佐伯湾、東京湾奥部および志摩半島の例が報告された。この結果を受けて研究班が組織され、昭和41年度から農林省特別試験研究費補助金によって30年の研究が実施された。成果は前記協会から「内湾赤潮の発生機構」²⁶⁾として47年に発表された。研究班は伊勢湾、英虞湾、大村湾、瀬戸内海などで海洋観測を実施すると同時に、実験室内において赤潮を構成する植物プランクトンの培養実験を行っている。この研究から発生要因として底層水の無酸素化現象、各種ビタミン・鉄・コバルトなどの微量金属、核酸様物質などを指摘している。

赤潮を構成する植物プランクトンのなかには有害なものが見出されているが、この分野では文部省が昭和39年度から「有毒プランクトンに関する研究」²⁷⁾を実施し、広範囲に赤潮構成プランクトンの有毒物質の研究を行った。

農林省関係の総合研究とは別に、科学技術庁特別研究促進調整費による研究が昭和42年度から3年間続けられ、「内海水域の赤潮に関する総合研究報告書」として科学技術庁研究調整局から46年に発表された。この研究は徳山湾をとりあげているが、海水中の溶存酸素と赤潮の関係、底層水の無酸素化と、溶出したリンと窒素の比の検討を通して赤潮発生に及ぼす海底泥の寄与の程度について論議している。大阪府水産試験場では昭和42年から大阪湾の一連の赤潮調査を行い結果²⁸⁾を報告しているが、この中で珪藻以外の赤潮プランクトンについてのべている。

このほか、多くの研究者が赤潮に対して視点を向け^{29~31)}、昭和53年からは農林水産省によって「*Gymno-*

dinium 属赤潮の挙動と増殖機構の解明に関する調査研究」が始められた。全般的には漁業被害の起因者としての視点から対象をとらえているといえないこともない。海洋環境保全の立場からの調査研究は、昭和46年度より3年間環境庁によって行われた「微量汚染物質の環境生態系に及ぼす影響に関する研究」³²⁾あるいは47年度から実施された環境庁による瀬戸内海水質汚濁総合調査などが始めといえよう。ここ10年来、瀬戸内海での赤潮発生状況を水産庁の資料でみると表1のようになる。これによると情報網の整備も関係していると考えられるが、46

表1 瀬戸内海の赤潮発生状況

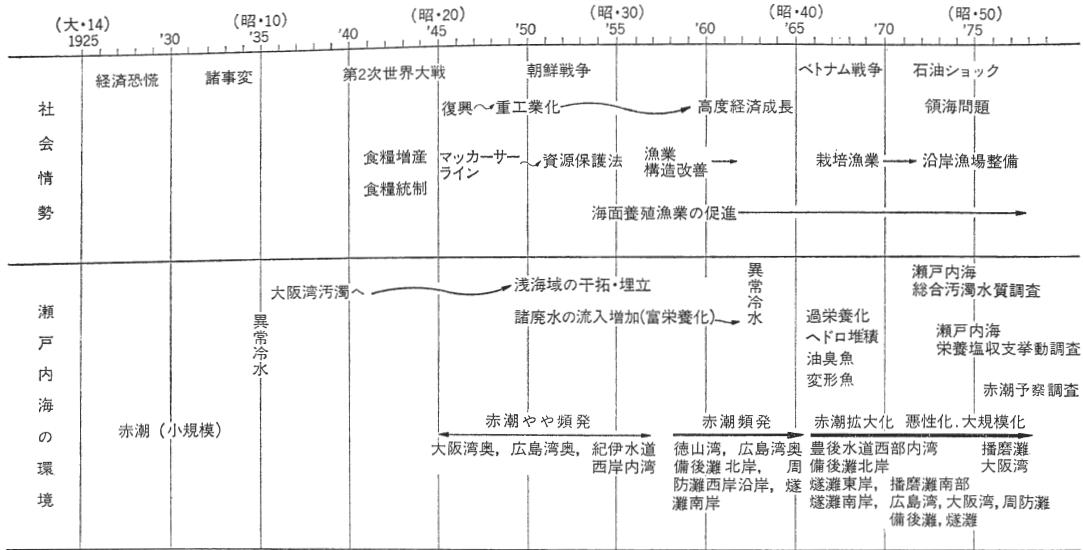
| 年 | 昭和 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 |
|------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 42 | | | | | | | | | |
| 赤潮 | | | | | | | | | | |
| 発生件数 | 48 | 61 | 67 | 79 | 136 | 164 | 210 | 298 | 300 | 296 |

年以降の発生件数は非常に多くなっている。52年以後の非公式資料も参考にすると、発生件数は49~51年頃がピークと推定される。ただ、赤潮プランクトンの生物種としてホルネリア属³³⁾を主体とする悪性赤潮が播磨灘を中心としてあらわれ始めていることは注意しなければならない。

52年8月28日、播磨灘の南東部沿岸においてホルネリア属赤潮による養殖はまの被害が発生し、さらに小豆島、淡路島西岸、家島地区へ広がりほぼ播磨灘全域をおおった。翌日には家島諸島南部で3,160個体/ml、30日灘北西部沖合で1,550個体/ml、小豆島東岸で995個体/ml、南部沖合で730個体/mlを数え、9月6日頃にはほぼ消滅した。この時の調査結果は他の海域のものも含めて「昭和52年度に発生したホルネリア属赤潮に関する総合調査報告」³⁴⁾として発表されている。この時の培養実験結果によると、好塩塩分範囲はおおむね16~36%で幅が広く、最適域は25~26%であるが、31~32%でも最適塩分の場合にくらべて遜色のない増殖をした。瀬戸内海にとどまらず、鹿児島湾や熊野灘といった外洋に近い海域にも発生していることもうなずける。52年の鹿児島湾の赤潮は、梅雨の最中に発生して約10日間ののち衰えたが、梅雨あけとともに再発のおそれがあるとの風説が広がったともいわれている。この現象は、鹿児島県漁業協同組合連合会、鹿児島県信用漁業協同組合連合会、鹿児島大学水産問題研究会が協同研究として「鹿児島湾における赤潮の研究」の題名で報告書を発表している。

53年6月23日、播磨灘に発生したホルネリア属による赤潮は鳴門海峡、大阪湾でも発生しその規模は大きく、かつ長期間にわたった。6月23日に兵庫県は赤潮注意報

表2 赤潮からみた瀬戸内海の変化



を、7月22日には警報を発令している。この時のホルネリアの個体数をみると、姫路市沖で6,850個体/ml、家島町西島南で4,450個体/mlとなっている。淡路島沿岸では200個体/ml前後がみられ、この水域での最高値をみせた。表2に赤潮からみた瀬戸内海の変貌を示した。

3. 瀬戸内海沿岸地域における地方公害研究機関の動き

3・1 赤潮発生機構の解明に関する調査研究連絡会

瀬戸内海沿岸にあっては昭和46年7月に「瀬戸内海環境保全知事・市長会議」が設置されて、瀬戸内海の環境保全憲章を採択し沿岸11府県3特別市の知事・市長は広域的相互協力のもとに各種施策を推進することとなった。

この会議の一環として瀬戸内海沿岸の公害関係試験研究機関が参集して、赤潮の発生を瀬戸内海環境水質悪化の指標ととらえ、今後の調査研究の指向に関して話し合うことが計画され「赤潮発生機構の解明に関する調査研究連絡会」が53年5月23日に神戸市内の会場で開催された。当日は環境庁、国立公害研究所、水産庁、南西海区水産研究所等からの特別参加があり、地方公害研究機関からは27名の出席があった。南西海区水産研究所村上室長から「赤潮の概況について」のテーマで講演があり、これにもとづいて各研究機関の現況説明、情報の相互交換あるいは調査研究上の問題点等について活発な討議が行われた。

第2回連絡会は54年3月13日に神戸市内の会場で14の試験研究機関からの出席者のもとで開催し、7機関から

調査研究の成果について講演発表が行われ討議がなされた。当日の発表演題は次のごとくである。

北九州市環境衛生研究所：北九州市におけるプランクトンに関する実験、調査、研究経過の概要。

大分県公害衛生センター：大分県地先海域のバイオチン分布と他成分の相関について。

徳島県公害センター：播磨灘、紀伊水道における水質汚濁の実態、海水の紫外吸収スペクトルと懸濁物質の粒度分布について。

山口県公害センター：徳山湾における内部生産による水質汚濁。

広島県環境センター：広島湾における栄養塩類調査結果。

兵庫県公害研究所：播磨灘における海水紫外吸収スペクトルと細菌分布特性について。

大阪市立環境科学研究所：大阪市北港周辺海域における水質と赤潮について。

なお、会議で話題となった環境庁・水産庁による赤潮研究会は次のような目的で設置されたものである。「内湾、内海域に発生してきた赤潮が広域化し、発生期間の周年化、発生種の多様化をみるようになり被害を与える例も多くなってきた。これらの対策をはかるため赤潮に関する知見を収集整理し、赤潮発生機構の究明を行うとともに、これまでの対策を総合的に検討し、今後の被害防止対策に関する基本的な方向を探る必要がある」として水産庁と環境庁が53年9月に設けたものである。

3・2 播磨灘赤潮に関する環境水質検討会

瀬戸内海で発生する赤潮を灘別でみると、播磨灘での発生件数が多く、ことに養殖魚の被害が甚だしい。水産関係の研究機関による調査研究もこの海域で多い。播磨灘をとり囲む兵庫、岡山、徳島および香川4県の公害関係研究機関は、同一歩調での調査、情報交換の機会を持つとの話がなされ前記第一回連絡会後に「播磨灘赤潮に関する環境水質検討会」を設けた。最初の会合を昭和53年6月に開き、過去の調査研究の情報交換とともに、海水の紫外吸収スペクトルの測定と一般海水細菌の試験を共通して実施することになった。

3・3 播磨灘を中心とした調査研究

播磨灘沿岸地域にあっては、各種企業の進出計画、人口異動の大規模に伴う社会資本投資の拡大等が具体化し、地先海域の水質汚濁が懸念された。たとえば岡山県にあっては昭和35年頃から地先海域等において水質調査^{35~38)}が行われている。尿尿投棄による閉鎖性海域の水質調査についてはすでに触れたが、沿岸海域における尿尿汚染指標として、コプロスタノールの意義と定量法について伊藤^{39,40)}らにより検討されている。瀬戸内海西部、周防灘の海水中に存在するコプロスタノールは、その大半が河川経由で供給される尿尿に由来すると考えられることを示すとともに、大阪湾、燧灘、伊予灘、周防灘の表層水中のコプロスタノール濃度を比較して大阪湾は他の海域の約20倍高いレベルの尿尿汚染をみせていると論じている。

3・3・1 調査研究—その1. 兵庫県公害研究所

播磨灘の富栄養化現象の進行には、海域へ流入する河川からの影響を忘れることはできない。河川から海域へ移行するいわゆる河口海域では沈降、堆積、攪拌、拡散の物理的な作用で海水の水質と大きくかわりを持つようになる。この背景を考え播磨灘沿岸海域の水質汚濁機構を追究^{41~43)}している。CODで代表されている海水中の有機物質は、行政措置によって流入負荷が減少しているが、播磨灘全域の状況について、植物プランクトンの光合成作用も含めた視点からも考察⁴⁴⁾した。最近、頻発する赤潮については、光合成による有機物の生合成として実態把握につとめている^{45,46)}が植物プランクトンの増殖は生体からの酸素放出の増加となり、その結果は表層水の溶存酸素過飽和→高pHと関連し、海域の環境基準値の視点から考察⁴⁷⁾した。

播磨灘の水質特性を日本海と比較することによって、プランクトン異常増殖を示す環境を正確に把握することが必要である。両海域の対比から栄養塩類の播磨灘での現存量と植物プランクトンへの寄与について過去の知見^{48~54)}をもとに検討を行っている。植物プランクトン

の過剰生産は、結果として水質汚濁源にもなり過剰生産を引き起す要因物質の海水からの除去量を推定する必要がある。このためにはプランクトンの生体構成主要元素と、その元素のプランクトン⇒水中の挙動を解明しなければならない。播磨灘は日本海に比べ光合成作用が約2.5倍高く、リン酸塩、アンモニウム塩の現存量は前者が後者よりもそれぞれ2.8倍以上となっている。播磨灘の中層以浅のリンの分布状況とプランクトンの現存量との間に良い対応がみられる。海底堆積物から溶出したリンは夏期には上層へ輸送されるという現象がみられた。一方、リンの存在形態を追跡して、溶存態→生物態→デトリタス(海底へ沈降)→溶存態(水中へ溶出)のかなり明瞭な年間のサイクルが把握できた。これをプランクトンの生産・分解の観点からみると、3~7月は水温の上昇に伴ない急速に生産量が増して分解量の2~3倍になり、8月に生産と分解は平衡するが9月以降は逆に分解量が生産量の2~5倍となる。水深5m以浅でのプランクトンの栄養塩利用率をみると、春から夏へはリンが80~100%、窒素が30~40%であった。これら栄養塩の供給源は季節によってかなり異なると考えられ、春期は主として陸水からの流入に依存しているが、夏はそれに加えて底質からの溶出成分による補給分も相当量となるものと推定される。これら栄養塩を利用したプランクトン生産に伴うCOD負荷は沿岸域で30~60%、沖合で10~40%と見積られ、大きな負荷となっていることが明らか⁵⁵⁾となった。

海洋の生物生産過程において、珪藻、鞭毛藻、藍藻など植物プランクトンは第一次生産者として海洋における有機物生産の上で重要な役割をはたしている。海水中に溶存するビタミン類などは植物プランクトンの多くの種類にごく微量においても顕著な生理活性を示すことから、近年その役割に関して注目され多くの研究者によってかなりの成果^{56~61)}が報告されている。種々の生理活性物質が検討の対象として考えられるが、そのうちのビタミンB₁₂をとりあげ49年以降播磨灘での分布について調べた。結果の一部は報告^{45,46)}してあるが、概要は次のようである。(1)海水の塩分濃度が31.5‰以下である陸水の影響を強く受けた海域ではビタミンB₁₂濃度の季節変動が大きく、特に夏期には高濃度となる。(2)水温が高い程ビタミンB₁₂濃度は高く、播磨灘の地理的な差に伴って分布変化も大きい。(3)ビタミンB₁₂は海水中の細菌により有機物の無機化への過程で生成され、また藻類の生育過程で消費される。(4)ビタミンB₁₂は藻類によるリン酸の取り込みを促進させ、その基質飽和濃度は10~20ng/lと推定される。以上の結果よりビタミンB₁₂などの生理活性物質が海域での藻類の生育に大きく寄与する

こと、これらの物質は海水中の従属栄養細菌によって作りだされ、陸水の影響が強い海域で顕著なことがみられた。これは有機汚濁物質 (COD) 規制が海域の富栄養化防止に貢献していることを示唆している。51年度から植物プランクトンの培養実験を行っているが海洋細菌と植物プランクトンの相互作用として細菌のある種はその代謝産物に *Oxyrrhis marina* の生育促進効果が認められた。また、*Peridinium sp.* を海水より分離した際同時に分離したある種の海洋細菌の代謝産物中に *Peridinium sp.* の生育に促進効果を示すものがあることが判明した。細菌と植物プランクトンの増殖の間に密接な対応がみられるが、*Oxyrrhis marina* に効果のあるものは *Peridinium sp.* に効果がなく、また逆の効果反応をみせたものもあった。培養実験によるこれらの知見から植物プランクトンに必要な生理活性物質は従属栄養細菌によって生成されることが明らかとなった。

富栄養化防止対策として無機栄養塩類の環境基準設定は重要である。海域のリン濃度が植物プランクトンの生育に及ぼす影響をみるため培地中のリン濃度、生育状況、アルカリフォスファターゼ活性の変動の相互関係を求めた。*Peridinium sp.* の良好な生育のためには 2.5 $\mu\text{g atm/l}$ 以上のリン濃度が必要で、これ以下のリン濃度では、リンが制限基質となり、プランクトンの生育に鋭敏に反映した。*Peridinium sp.* の増殖による海水の着色を防止するには、リン濃度 1.2 $\mu\text{g atm/l}$ 以下にする必要性が認められた。

3・3・2 調査研究—その 2. 徳島県公害センター

昭和45, 46年に行った鳴門海峡を中心とした播磨灘、紀伊水道での調査⁶²⁾で海峡を通して流動する水塊が両水域に及ぼす影響についてその一端を明らかにした。また播磨灘については海況の変化を追跡⁶³⁾した。播磨灘の水塊の挙動を解明しながら赤潮生物についての生物学的、生理学的検討と同時に生育環境についての理化学的な解明を加味し総合的に赤潮発生のメカニズムを明らかにしようとして努めている。水中の溶存有機物は紫外線を吸収し特徴ある吸収スペクトルを示すことはよく知られ^{64~73)}ている。赤潮生物が最大の光合成活性を示す過程において体外に排泄、分泌する溶解性有機物、赤潮生物への活性物質 (金属キレート、ビタミンB群^{61,72)}等)、さらに赤潮生物の死後分解による溶解性有機物などの全貌を把握して、それら有機物の検索と紫外吸収特性から赤潮発生要因を究明しようとしている。赤潮海水の紫外吸収スペクトルには2つのパターンがあり、溶解性有機物による吸収は270と320nmにあることが確認された。また、純粋培養された検体からも証明された。このことから250nmから長波長域では、赤潮生物から分泌される

有機物と推定し、さらに270nmの吸収物質はビタミンB群等の生理活性物質に類似していることを指摘⁷⁴⁾した。クロロフィルともよい相関を示した。52年8月28日、*Hornellia sp.* による赤潮が大発生し、270nmの吸光度は最も高く、吸光度の時間変化は顕著でクロロフィルとの相関も良かった。クロロフィル a 10mg/m³ を赤潮発生下限値と仮定すると、 $E_{270\text{nm}}^{10\text{nm}}$ は0.017となり、紫外吸収によって赤潮汚染への水質監視が有望となる。

一方、コールターカウンターによる赤潮生物の消長に関連する検討はすでに多くなされている^{74~79)}が、*Hornellia sp.* は粒径分布から25 μ と32 μ の総和として、 $E_{270\text{nm}}^{10\text{nm}}$ との相関係数は0.85で1%の有意水準で強い相関がみられた。赤潮生物は有機質の懸濁粒子と考えられることから、コールターカウンター法により粒径組成が推定できる。赤潮生物種として、*Hornellia sp.*、*Gymnodinium sp.*、*Prorocentrum sp.* 等を対象に検討したが、粒径別組成が単時間に再現性よく計測でき、基礎的な粒径分布のデータと現場の試料データとの関係を継続して検討しているが良好な結果を得ている。以上のべてきたことは研究の完了を意味せず、それぞれが相互に関連させながら引続いて続行しているところである。

3・4 その他の海域における赤潮関連の研究

北九州市環境衛生研究所では閉鎖性の内湾である洞海湾における水質汚濁現象を工場排水、環境水質、底質ならびにプランクトンについて総合的な解析を行うため種々の検討^{81~86)}を行っている。また、広島県環境センター (旧称広島県衛研・公研) は、瀬戸内海水質汚濁総合調査の資料を用い、広島湾の汚濁特性あるいは地域特性を多変量解析の手法により検討^{87,88)}している。

4. あとがき

瀬戸内海において赤潮は水質汚濁の警報的指標である。汚濁の進行は沿岸人口、産業の過密によるものである。下水道を中心とした環境対策の「日本のおくれ」も無視できないが、水質汚濁の多様性とその進行は、下水道を中心とした古典的環境対策のおくれをはるかにしのぐものであると考えられる。特殊有機化合物、重金属あるいは尿成分の蓄積等の新旧混在した要因によって、海域は富栄養化、汚濁の過負荷にとどまらず海底表面の生物学的活性度といった自浄機能の変化に注目されるが、それらに対する知識と技術の開発はいまだ幼い。

赤潮問題は単に漁業上の問題のみでない。21世紀に向けて夢を抱く日本民族の生活環境の開発が瀬戸内海水域をどのように保全できるか、全国民としての日本国土への環境アセスメントのモデルの場でもある。沿岸の地方

公害研究機関として、その存在意義をかけた課題であるといっても過言ではないであろう。相手は巨大で複雑である。協力体制は強めなければならない。

赤潮現象が引き金となって瀬戸内海沿岸の研究機関が連絡会議を持つにいたった経緯を主軸に瀬戸内海水質汚濁の変遷、調査研究の現況を記録にとどめることによって、あらためて閉鎖性海域における環境水質を見直す機会ともなれば幸いである。

—引用文献—

- 1) 大阪市生活科学研究事業抄録: 3, p. 116 (1933~'41).
- 2) 同誌, 4, p. 28 (1944~1945).
- 3) 朝倉慶吉: 気象集誌, 26, 10 (1907)., 同誌, 27, 10 (1908)., 同誌, 29, 8 (1910)., 同誌, 29, 11 (1910)., 同誌, 30, 5 (1911)., 同誌, 30, 10 (1911)., 同誌, 31, 1 (1912)., 同誌, 31, 5 (1912).
- 4) 辻田時美: 西海区水研研究報告, 10 (1956).
- 5) 庄司光ほか: 大阪市衛研研究報告, 19, p. 24 (1957).
- 6) 三浦運一ほか: 国民衛生, 26, 4, p. 231 (1957).
- 7) 庄司光ほか: 都市問題研究, 9, 2, p. 40 (1957).
- 8) 茶珍俊夫ほか: 国民衛生, 26, 4, p. 280 (1957).
- 9) 橋本奨: 同誌, 26, 4, p. 316 (1957).
- 10) 庄司光: 同誌, 26, 4, p. 227 (1957).
- 11) 永井豊太郎ほか: 水道協会誌, 151 (1939).
- 12) 石井隆一郎ほか: 大阪市衛研研究報告, 27, p. 98 (1965).
- 13) 堀道純ほか: 神戸市衛研調査研究報告, 17 (1956).
- 14) 堀道純ほか: 同誌, 18 (1957).
- 15) 小田国雄ほか: 大阪市衛研研究報告, 25, p. 52 (1963).
- 16) 兵庫県公害研究所: 未発表.
- 17) 福島実ほか: 生活衛生, 20, 4, p. 127 (1976).
- 18) 西村肇ほか: 科学, 44, p. 103 (1974).
- 19) 真鍋武彦ほか: 日本水産学会春季大会発表 (1975).
- 20) Hirazumi, Y., ほか: J. Oceanogr. Soc. Japan, 34, 5, p. 222 (1978).
- 21) 西村肇: 科学, 42, 9, p. 470 (1972).
- 22) 西村肇: 同誌, 42, 10, p. 576 (1972).
- 23) 西村肇: 同誌, 42, 11, p. 622 (1972).
- 24) 西村肇: 同誌, 43, 1, p. 49 (1973).
- 25) 西村肇: 同誌, 43, 3, p. 171 (1973).
- 26) 共同研究者: 花岡資, 入江春彦, 上野福三, 飯塚昭二, 岡市友利, 岩崎英雄.
- 27) 岡市友利: 文部省52年度科学研究費補助金総合研究.
- 28) 城久: 大阪府水試研究報告, 3 (1971).
- 29) Hirayama, H., ほか: 日本ブランクトン学会報, 19, 1 (1972).
- 30) 上野福三ほか: 同誌, 19, 2 (1973).
- 31) 本城凡夫ほか: 同誌, 20, 2 (1974).
- 32) 環境庁: 環境保全研究成果 (1973).
- 33) 村上彰夫: 公害と対策, 15, 4, p. 33 (1979).
- 34) 参加機関: 香川県水産試験場, 徳島県水産試験場, 兵庫県立水産試験場, 岡山県水産試験場, 鹿児島県水産試験場, 三重県水産試験場.
- 35) 児玉二郎ほか: 岡山県衛研年報, 10, p. 127 (1960).
- 36) 浜村憲克ほか: 同誌, 13, p. 9 (1963).
- 37) 浜村憲克: 同誌, 13, p. 1 (1963).
- 38) 浜村憲克ほか: 同誌, 14, p. 28 (1966).
- 39) 伊藤治郎ほか: 地球化学, 11, 2, p. 70 (1977).
- 40) 伊藤治郎ほか: 同誌, 12, 1, p. 9 (1978).
- 41) 芦田賢一ほか: 兵庫県公研研究報告, 6, p. 65 (1974).
- 42) 芦田賢一ほか: 同誌, 7, p. 39 (1975).
- 43) 芦田賢一ほか: 同誌, 10, p. 28 (1978).
- 44) 芦田賢一ほか: 同誌, 7, p. 33 (1975).
- 45) 古城方和: 第2回環境庁環境保全・公害防止研究発表会 (1976).
- 46) 古城方和ほか: 第3回同発表会 (1976).
- 47) 芦田賢一ほか: 兵庫県公研研究報告, 9, p. 45 (1977).
- 48) Holm-Hansen, O., ほか: Limnol. Oceanogr., 11, p. 548 (1966).
- 49) Holm-Hansen, O.: 同誌, 14, p. 740 (1969).
- 50) 堀部純男: 環境科学としての海洋学, 東大出版会 (1977).
- 51) Fujita, Y., ほか: Plant and Cell Physiol., 12, p. 543 (1971).
- 52) Strickland, D. H., ほか: Bulletin 167, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa (1968).
- 53) Matsuyama, M., ほか: Jour. Oceanogr. Soc. Jap., 27, p. 197 (1971).
- 54) Saijo, Y., ほか: 同誌, 16, p. 139 (1960).
- 55) 中野貴彦ほか: 兵庫県公研研究報告, 9, p. 60 (1977).
- 56) Gillespie, P. A., ほか: Applied Microbiology, 23, p. 341 (1972).
- 57) Droop, M. R.: Nature, 180, p. 1041 (1957).
- 58) Allen Cattil, S.: J. Fish. Board. Canada, 3, p. 215 (1973).
- 59) Carlucci, A. F.: Bull. Scripps Inst. Oceanogr., 17, p. 23 (1970).
- 60) Carlucci, A. F., ほか: J. Phycol., 5, p. 64 (1969).
- 61) 花岡資ほか: 内湾赤潮の発生機構, 日本水産資源保護協会 (1972).
- 62) 小黒美樹ほか: 徳島県水試事業報告書, 昭和37~39年, 40~46年, p. 267 (1977).
- 63) 小黒美樹ほか: 徳島県公害センター年報, 3, p. 68 (1977).
- 64) 小倉紀雄: 日化, 86, p. 78 (1965).
- 65) 小倉紀雄: 同誌, 86, p. 82 (1965).
- 66) Armstrong, F. A. J., ほか: Nature, 192, Dec 2 (1961).
- 67) 半谷高久ほか: 紫外吸光度法, 水質汚濁研究法, p. 267, 丸善 (1972).
- 68) 小倉紀雄: 日本海洋学会誌, 21, 6, p. 237 (1965).
- 69) 小倉紀雄: 水処理技術, 16, p. 317 (1975).
- 70) 小倉紀雄: 同誌, 16, p. 415 (1975).
- 71) 全国公害研協議会: 紫外線吸収法による有機性汚濁物質の測定方法に関する実用化試験 (1978).
- 72) Nishiyama, T., ほか: Bull. Japan Soc. Fish., 45, p. 199 (1979).
- 73) 小黒美樹: 日本海洋学会春季大会発表 (1979).
- 74) Sheldon, R. W., ほか: Limnol. Oceanogr., 17, p. 327 (1972).
- 75) 大塚雄二: 試験海水の粒度分布報告書, 日本水産資源保護協会 (1974).
- 76) 松本英二: 科学, 45, p. 177 (1975).
- 77) 吉田陽一: 海洋の生態系と微生物, p. 71, 日本水産学会, 恒星社厚生閣 (1976).
- 78) 大塚雄二: 日本海洋学会秋季大会発表 (1976).
- 79) 大塚雄二: 同学会春期大会発表 (1977).
- 80) 小黒美樹: 同学会春季大会発表 (1979).
- 81) 原口清史ほか: 同学会春季大会発表 (1976).
- 82) 安田和彦ほか: 第4回環境庁環境保全・公害防止研究発表会 (1977).
- 83) 山田真知子ほか: 日本水産学会秋季大会発表 (1978).
- 84) 武富真ほか: 第5回環境庁環境保全・公害防止研究発表会 (1978).
- 85) 鶴田新生ほか: 水産大学校研究報告, 27, 1, p. 10 (1978).
- 86) 山田真知子ほか: 日本海洋学会春季大会発表 (1979).
- 87) 清水徹ほか: 広島県衛研・公研研究報告, 21, p. 34 (1974).
- 88) 清水徹ほか: 同誌, 22, p. 47 (1975).