

## 瀬戸内海的环境保全

— 実態解明と物質循環機構 —

星 加 章\*

### 1. はじめに

瀬戸内海は東西約450km, 南北約40km, 平均水深約37mの我が国最大の内海である。そこには大小千有余にもおよぶ島々が浮かび、内海は特有の流況特性を示す湾、灘、瀬戸などと呼ばれる海域に分けられている。このような複雑な地形は干潟・藻場、砂浜、岩礁帯といった多様な場をつくり、植物800種、動物3,400種にもおよぶ多くの生き物がそこに生息している。また、瀬戸内海の沿岸部には、温暖な気候と豊かな漁業資源に恵まれた人々の、固有の生活や文化の歴史が繰り広げられ、白砂青松に代表される美しい景観は古く万葉の時代から詠われ、親しまれてきた。

私は、瀬戸内海に面した広島県呉市で生まれ育った。幼い頃、父の郷里愛媛県の西条を訪れるため、小さな汽船に乗って幾度か瀬戸内海を渡ったことがある。その頃の瀬戸内海はとてもきれいな緑色で、汽船と競争するかのようにトビウオが飛んでいた風景や、汽船は島巡りの行商のおばさん達で溢れ、立ち寄る港は行き交うハシケと心地よい喧噪で活気に満ちていたこと、来島海峡の巨大な渦が怖かったことなど思い出はつきない。

やがて高度経済成長期になり、臨海部では未曾有のスピードと規模で埋立・造成が進み、近代重化学コンビナートが集中的に形成された。そして、それらは自然破壊を予測できない勢いで発展を続け、鉛管海域の環境は1950年代を境

に急激な悪化をたどってきた。

東京湾や伊勢湾と同じように、閉鎖的で停滞性の強い瀬戸内海も例にもれず汚濁物質の流入負荷が増大し、重金属汚染、有機汚濁などの公害問題が発生し、富栄養化、赤潮の発生、貧酸素化などの環境問題が顕在化して大きな社会問題となった。さらに、広大な浅海域の埋め立てにより干潟や藻場が消失し、沿岸生態系の破壊が憂慮されるようになってきた。このため、昭和48年に瀬戸内海環境保全臨時措置法（後に恒久法）が施行され、瀬戸内海への汚染物質（COD）の流入は法律的に厳しく規制されることとなり、富栄養化防止や有機汚濁対策など公害問題に対する本格的な取り組みが始まった。

私は、ちょうどこの時期に、当時の通産省工業技術院中国工業技術試験場に入所した（現産業技術総合研究所）。大学院修士課程では金属表面皮膜の研究をしていたので、試験場では金属腐食の研究をすることになっていた。しかし、このとき試験場は瀬戸内海的环境保全を進めるために設立されたばかりで、総力をあげて当時世界最大の瀬戸内海大型水理模型を建設中だったため、私も水理模型建設の手伝いを始めた。しばらくして、のちに試験場の所長になられた塩沢孝之博士が入所され、私は彼の研究（海洋地質）や人柄に惹きつけられるまま、海や環境について何の知識やためらいもなく、この分野の研究に足を踏み入れた。以来、今日まで瀬戸内海的环境保全のために底質汚染機構や物質循

\*独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門沿岸海洋研究グループ長、広島大学大学院生物圏科学研究科(連携講座)教授  
第20回海洋化学学術賞受賞（平成17年4月28日）

環過程解明、環境修復の研究に携わってきた。

このような私がこのたび海洋化学学術賞（石橋賞）をいただくことになり、身の引き締まる思いとともに、これ以上ない大変名誉な事と心より感謝申し上げます。

この小論では、これまでの研究を概観するとともに、また今後の沿岸域の課題についてもふれてみたい。

## 2. 瀬戸内海の汚濁の実態

人間活動により閉鎖的な海域に流入した莫大な量の汚染物質は、かなりの部分が海底に蓄積され、それらは分解、溶出過程を通して水質に種々な悪影響を及ぼすと考えられていた（二次汚染と呼ばれた）。しかし汚染という観点から見た底質の研究は大きく立ち遅れていた。そのため、塩沢博士をリーダーとして底質に焦点を当てた環境保全に関する研究に取り組むこととなり、1978-1982年度に環境庁（当時）公害防止特別研究「瀬戸内海汚染底質からの二次汚染に関する研究」がスタートした。この研究では、瀬戸内海全域にわたる底質汚染の実態や汚染の変遷の解明、底質からの栄養塩類の負荷算定等に関する研究を推進した（高多ら、1984）。

瀬戸内海では、底質の有機汚染が大阪湾、燧灘東部、広島湾奥部、別府湾などでみられ（図1）、窒素やリン、亜鉛や銅などの重金属元素についてもほぼ同じ傾向があった。これらの海域はいずれも流れが遅く、海水が停滞しやすい海域で、海底にはシルトと呼ばれる微細粒子が堆積している。このような海域は汚染物質が蓄積しやすく、有機物の分解による貧酸素水塊が形成されるなど（図2）特に汚染に弱い海域であることなど、瀬戸内海全体の汚染状況が初めて明かとなった。なかでも、底質汚染は大阪湾が最もひどく、重金属汚染はすでに1800年代の

後半に始まり、1960年代をピークにそれ以降は減少していた。ピーク時には銅や亜鉛はバックグラウンド値の3~4倍も汚染が進んでいることがわかった。実は瀬戸内海の重金属汚染の歴史はさらにさかのぼり、瀬戸内海中央部の燧灘では1700年代のはじめから銅の汚染が始まり、1800年代中頃から汚染は急速に進んだことがわかった。そしてこの原因が、江戸中期の元禄時代に四国石鎚山系で開鉱され江戸末期から近世へと急速に生産量を増大させていった別子銅山の歴史とよく一致していることを明らかにした。

一方、汚染された底質からは窒素やリンが溶出し、夏季の成層期において底層に高濃度で存在しているのが認められた（図3）。このような底層に存在する窒素やリンの現存量から、瀬戸内海全域におけるそれぞれの溶出負荷量を計算すると年間16,000~28,000トンと4,600~8,600トンとなり、陸域からの流入負荷量に匹敵するほど多いことを明らかにした。溶出負荷量のデータは、今でも瀬戸内海の富栄養化対策にとって貴重な基本データとして取り扱われている。これらの成果は、窒素・リンの環境基準設定等瀬戸内海水質保全の行政施策の方向づけに寄与し、プロジェクトチームは昭和59年度第11回環境賞優良賞を受賞した。

このプロジェクトは私にとっては大変新鮮かつ刺激的で、興味深いものであった。調査船をチャーターし、船に寝泊まりしながら瀬戸内海の420点ほどで水質・底質調査を行った。なかでも別府湾の調査は忘れる事が出来ない。別府湾は湾口部が水深40m程度であるのに対して、湾奥部は73mもある深い湾である。湾の奥部では、夏季の成層期になると水深60m前後に水温差12℃以上にもなる大きな水温躍層が形成され、躍層以下では硫化水素を含む還元的な底層水塊が出現し、冬季には消滅した（図4：Hoshika

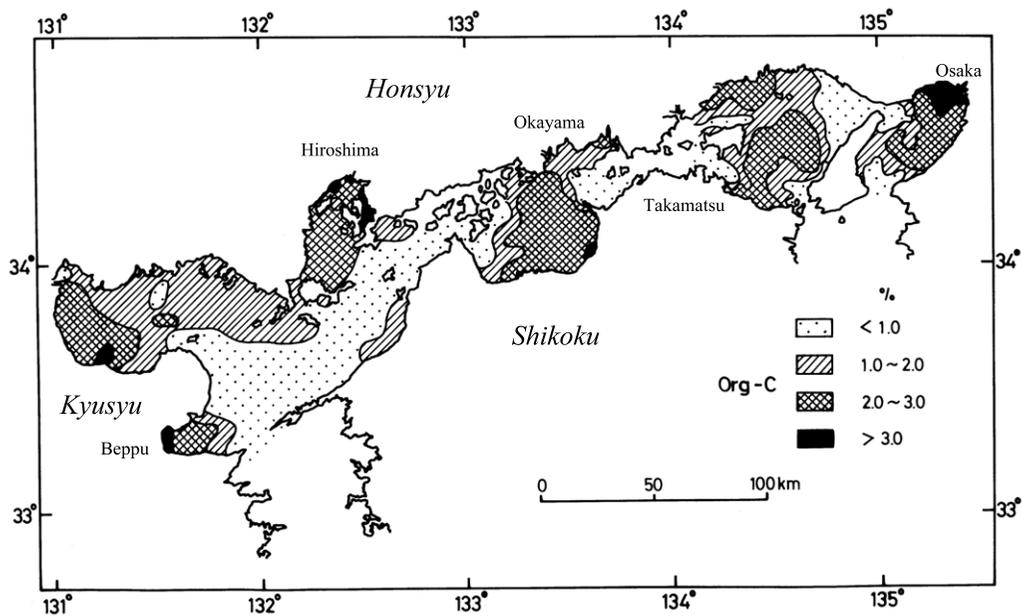


図1 瀬戸内海堆積物中の有機炭素 (%) の分布 (1978年-1982年の調査による)

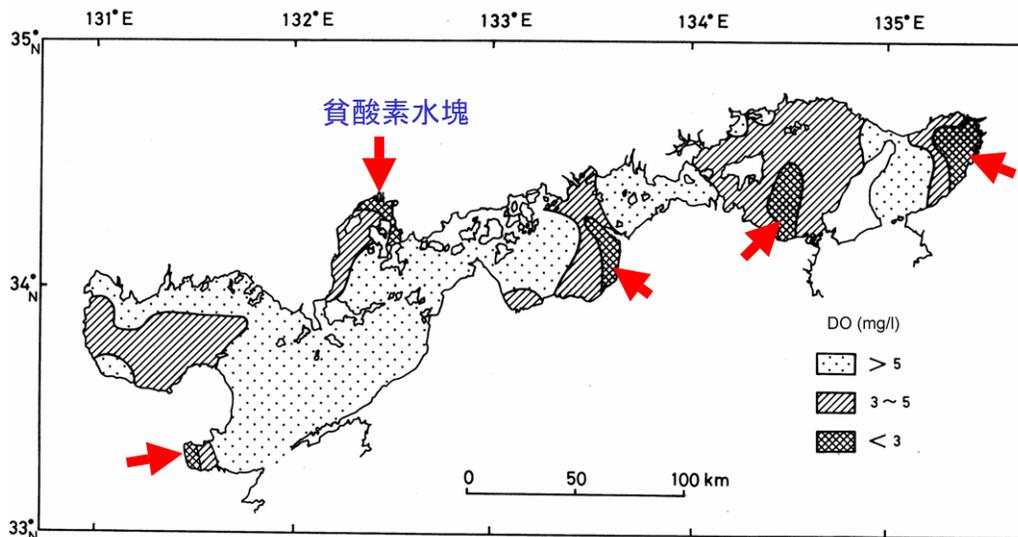


図2 底層水の溶存酸素 (1978年-1982年の調査による) ( $\text{mg l}^{-1}$ )

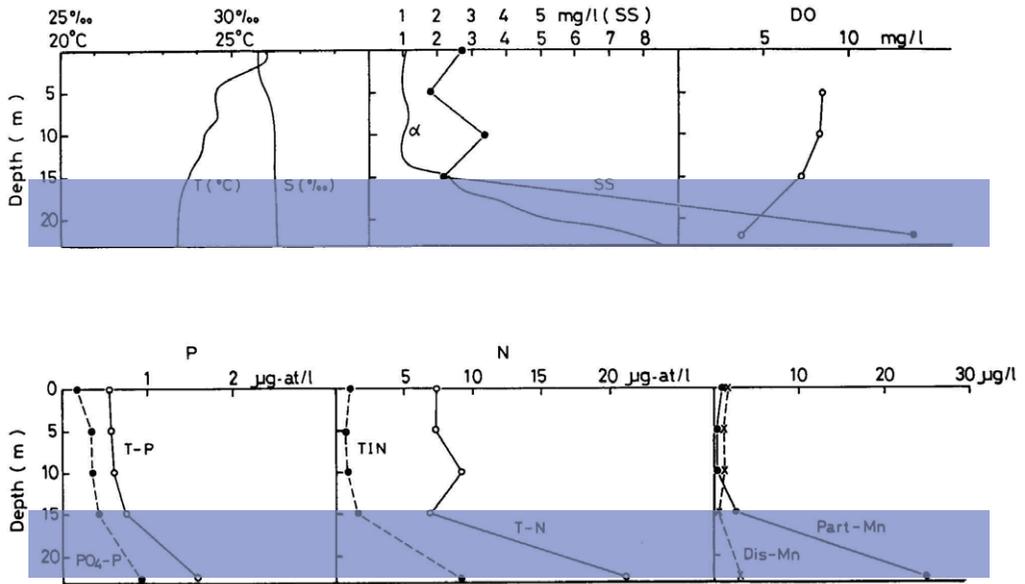


図3 瀬戸内海の停滞域における代表的な夏季の水質鉛直分布

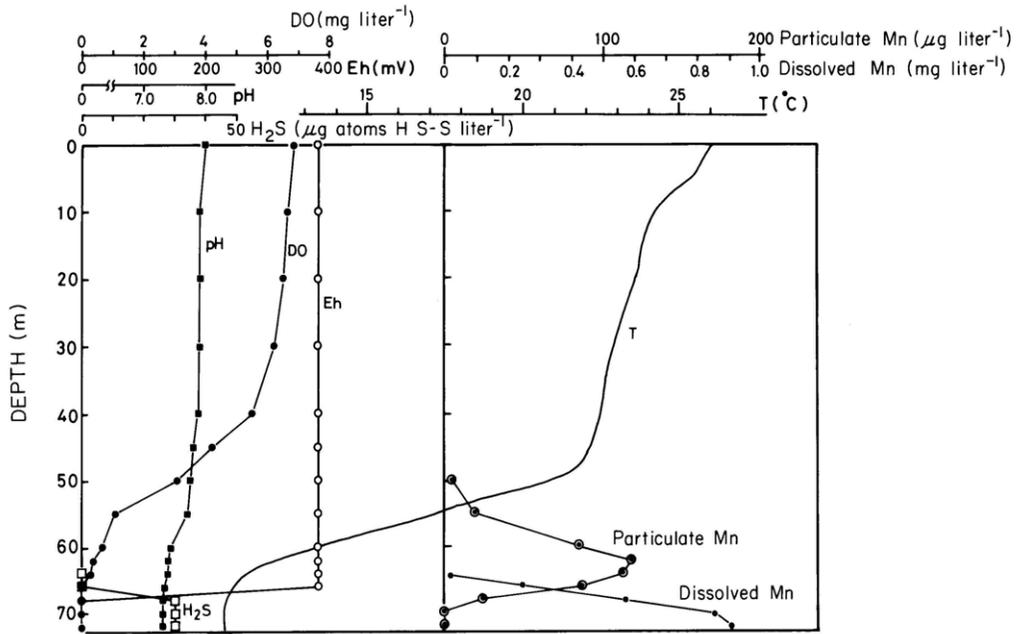


図4 別府湾奥部における水質の鉛直分布 (1981年8月)

et. al, 1988). 躍層直下では酸化層と還元層の明瞭な境界が観察され、この境界面では教科書に書かれているような鉄やマンガンの酸化還元反応による粒状態と溶存態の化学形態変化を手取るように見る事ができた。別府湾に調査に行くたびに胸が高鳴ったものだ。このような環境は、別府湾堆積物の年代測定によって、1970年代に富栄養化、海岸整備、埋立などによって堆積物への負荷量が増加したことによって出現するようになったことを明らかにすることができた。

この研究を進めるうちに、堆積物を取り巻く海底近傍数では、濁り、溶存酸素濃度、栄養塩濃度、流れ等の分布が急変する特徴的な現象がみられることがわかり、海底近傍の環境を詳細にモニタリングする装置や観測システムが必要となった。そのため、底質の酸素消費速度を測定する酸素消費速度測定装置（特許第1251112号）、底水層水質測定装置、底層採水器、堆積物用柱状測温器（登録第2039102号）等を開発しながら研究を行い、さらに、それらのデータ解析手法も含めた底層環境調査手法の定型化および底層環境計測システムの概念を提示した（樋端ら、1988）。この結果は沿岸海域の観測手法の一つとして注目され、沿岸海洋観測指針づくりにも貢献することができた。

こうして、瀬戸内海全域にわたる汚染の実態が明らかになってきた。

瀬戸内海の有機汚濁については、昭和53年に瀬戸内海環境保全特別措置法によってCOD総量規制が導入され、以来汚濁防止対策が進められてきた。現在まで第5次総量規制が実施され、目標の負荷削減率を上回る実績を上げている。しかしながら、COD負荷量の削減にもかかわらず、瀬戸内海におけるCODの環境基準達成

率は依然として満足できる状況にはない。この大きな理由の一つは、富栄養化の進行によって海域内部で生産される有機物量が著しく増大しているためであり、したがって、有機汚濁の改善を進めるためには、流入規制を進める一方、有機汚濁に占める内部生産有機物や規制の対象である陸起源有機物の割合や循環過程、海域ごとの違いなどを明らかにし、効果的な施策の展開を図ることが強く望まれていた。そのため、大阪湾をフィールドとして、炭素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )を指標として有機物の起源、物質輸送量や輸送過程などについての研究を開始した(沿岸生態系における内部生産物質の循環過程と環境影響評価技術に関する研究：環境省公害防止特別研究；1993-1997年度)。

陸起源有機物と内部生産有機物の炭素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ 値で表される)には明確な差がみられることが知られている(例えば、和田、1988)。そこで、沿岸域の有機物は主に内部生産有機物と陸起源有機物が混合したものであると仮定し、有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値から各有機物の割合を2ソース混合モデルにより直接見積もった。この研究では、大阪湾の陸起源および内部生産有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値はそれぞれ $-26.5\text{‰}$ および $-19\pm 1.5\text{‰}$ と決定した。その結果、大阪湾の懸濁態有機炭素(POC)現存量は、1993年12月と1994年9月当時でそれぞれ8,400トンと21,900トンであり、そのうち、内部生産有機物の炭素現存量は19,000~22,000トンと見積もられた。POCのうち内部生産由来は、冬季では80%以上、夏季では85%以上で、内部生産が占める割合がきわめて大きいことを示した。このことは、有機汚濁を改善するためには、CODの流入規制に加えて富栄養化を低減し内部生産を抑えることが必要であることを示唆していた。大阪湾では、行政指導により窒素とリンの流入

負荷量は、昭和47年をピークに減少を続け、1980年代後半から漸減で推移している。負荷量削減の効果は特にリンについて顕著に見られており、これによって、海水中の窒素とリンの比率が変わり、生態系への影響を懸念する声もある。いうまでもなく、窒素やリンは植物プランクトンの増殖に必須の元素であることから、富栄養化に伴う環境影響のマイナス面と生物資源につながるプラス面とのバランスを、いかに保つかという環境施策が今後重要となる。

また、後述する大阪湾の堆積速度と、堆積物中の陸起源および内部生産有機物濃度から各有機物の堆積フラックスを求め、有機物の循環を示したのが図5である。図3からわかるように、大阪湾に堆積する有機炭素量は年間63,000トンで、そのうち内部生産および陸起源由来がそれぞれ80%と20%である。一方、規制の対象である陸起源由来の有機炭素流入量（年間69,000ト

ン）の約80%は湾外に流出しており、湾内海底に留まるのはわずか20%程度である。さらに、内部生産量の約10%が堆積物に蓄積される。また、湾奥部の淀川河口から10kmまでの湾奥部の堆積物は約35%が陸起源有機物で占められているが、陸域から流入する有機物は湾奥部を中心に堆積していることがわかる。

### 3. 沿岸域における懸濁粒子の輸送と堆積

陸域から海に流入した懸濁物質は様々な過程を経ながら最終的には海底に堆積する。そこで、瀬戸内海の47点から1 mのコアサンプラーで柱状堆積物を採取し、堆積速度を求めた。さらに粒状物質の輸送過程を調べるために、大阪湾と燧灘でさらに柱状堆積物を採取し、堆積速度の分布を明らかにした（星加ら，1994）。

たとえば、大阪湾では年平均河川流入量（約300m<sup>3</sup>/s）の95%が淀川、大和川、木津川等を

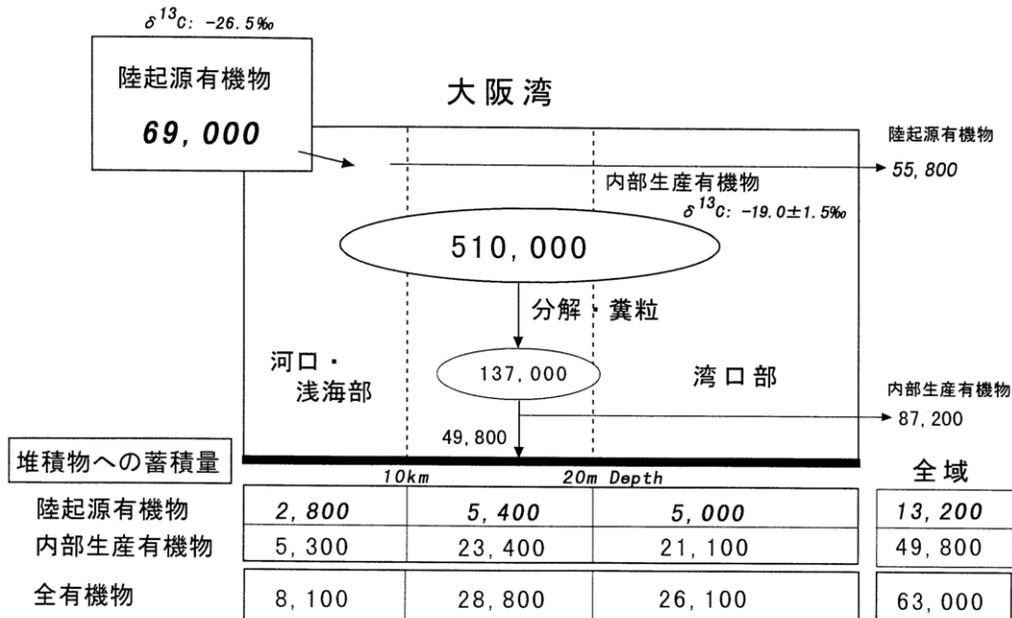


図5 大阪湾における陸起源および内部生産有機物の循環 (ton C yr<sup>-1</sup>)

通して湾奥部に流入する。そのため、相当量の懸濁物質が湾奥部に集中的に流入するが、大阪湾の堆積速度は湾奥部の河口域よりもむしろ湾中央部で大きいことが明かになった。図6に示すように、堆積速度の大きい海域は湾中央部に目玉状に分布しており、この分布は沖積層の厚い分布域と良く一致している。堆積速度の値から、年間堆積荷量は360万トンと見積もられるが（これは、ほぼ同じ規模の東京湾の3倍に相当する）、その内の実に77%が洪水などの異常出水時に河川から供給されたと推測された。このような異常出水時における大阪湾の流れは平水時のそれとは異なり（中辻ら, 1991）、異常出水によって湾奥部に供給された莫大な量の

懸濁粒子は、密度流が卓越する洪水直後の数日のあいだ coastal jet によって湾中央部のフロントを越え、西部の明石海峡付近まで運ばれる。その後平水時の流動環境が戻ると、多量の懸濁粒子を含む海峡部は二義的な供給源となり、懸濁粒子は海峡部から周辺部へと渦対に取り込まれながら輸送され堆積したと考えられた。このように、大阪湾における堆積速度の分布は、洪水時にみられる流入河川水の特異的な流れや負荷の急増、地形などに支配されていることを示したものである。このような現象は大阪湾に限ったものではなく、沿岸域の海洋開発や環境影響評価を行う場合においては、非定常現象が物質循環過程を支配していることを十分考慮すべき

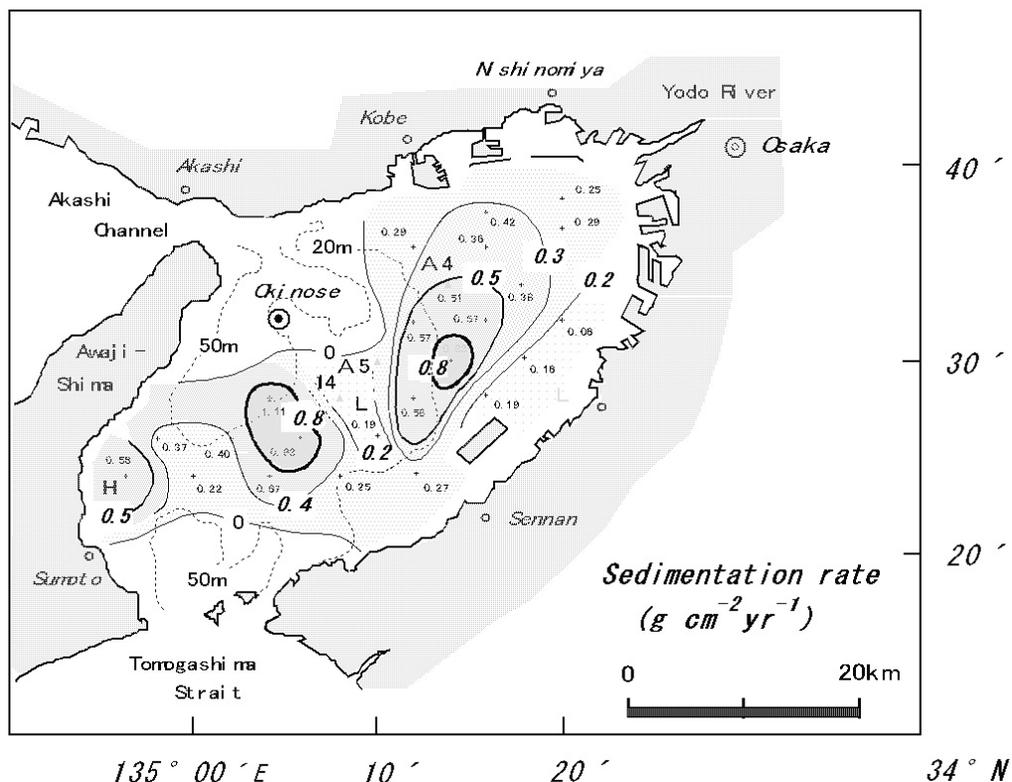


図6 大阪湾における堆積速度の分布 ( $\text{g cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$ )

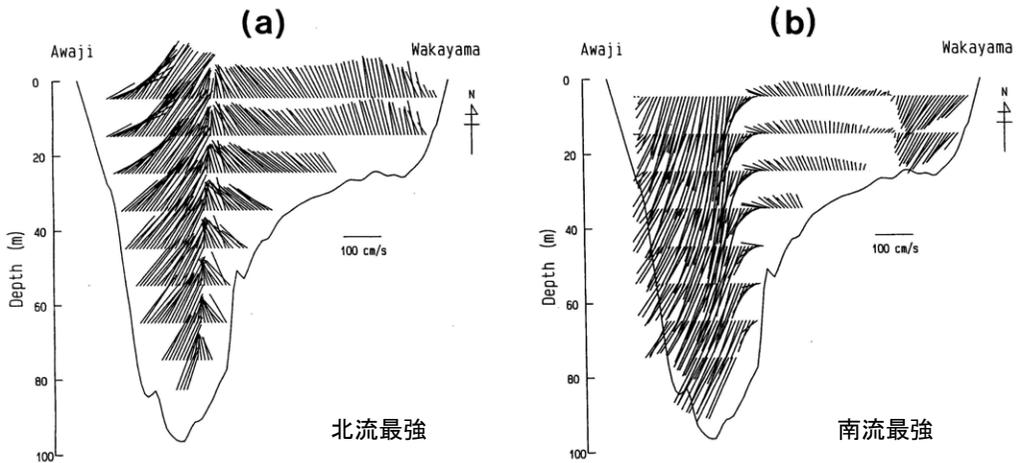


図7 友が島水道における流速断面分布（1995年9月）

である。

大阪湾は明石海峡と友が島水道を通じてそれぞれ播磨灘と紀伊水道とつながり、物質交換が行われているが、友が島水道の断面流速分布や物質交換量を ADCP ドップラー流速計による流動調査や水質調査によって初めて明らかにした。図7に友ヶ島水道の南流・北流最強時の流動パターンを示した。このパターンは成層期と循環期でほとんど同じであった。残差流は夏季の方が冬季より大きくなるが、正味の海水輸送量は両時期でほぼ同程度（平均値として $430 \times 10^6 \text{m}^3/\text{day}$ ）であった。物質輸送としては、両時期とも全懸濁粒子（TSM）、粒状態有機炭素（POC）およびほとんどの窒素・リン化合物は大阪湾内から紀伊水道へ流出し、全窒素（TN）と全リン（TP）の平均流出量は、それぞれ145ton/d および30ton/d、溶存態無機窒素（DIN）および溶存態無機リン（DIP）はそれぞれ95ton/d および13ton/d である事を明らかにした。大阪湾の DIN と DIP の滞留時間はいずれも約2ヶ月であった。

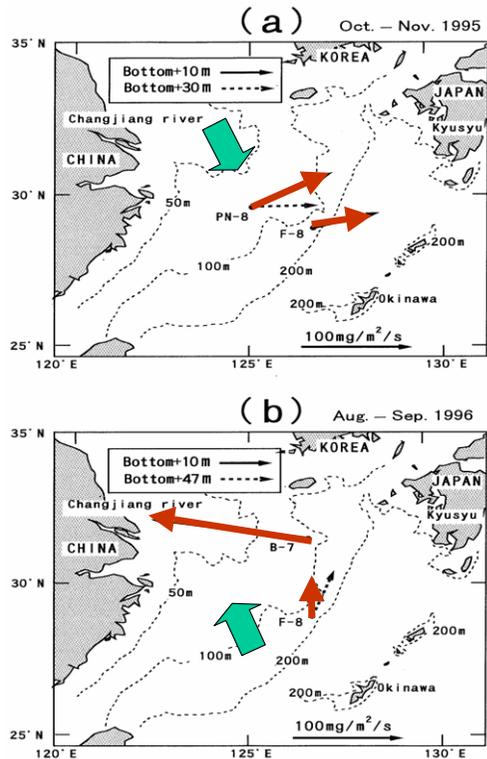


図8 東シナ海陸棚縁部における懸濁粒子のフラックスと方向

瀬戸内海におけるこれまでの調査技術や物質循環の研究は、「縁辺海における物質循環機構解明に関する国際共同研究：MASFLEX《科学技術庁振興調整費総合研究》1993-1996年度」のプロジェクト参画にもつながった。この研究では、中緯度地帯での代表的な大陸棚を有する東シナ海をフィールドとして、海水中に懸濁する粒状物質の輸送機構の解明を分担した。この研究で、東シナ海の陸棚から外洋への懸濁粒子の輸送には海底高濁度層が密接に関与し、陸棚縁辺部における懸濁粒子の平均水平フラックスは、平均流とほぼ同様、循環期には陸棚内部から外海へ、成層期には外海から陸棚内部に輸送され（図8）、この違いは季節風の影響によることを示した（Hoshika et al., 2002）。このプロジェクトは、当時農水省西海区水産研究所（現広島大学教授）の井関博士をプロジェクトリーダーとし、今ではそうそうたるメンバーで

構成されていた。外洋を初めて経験する私は、このプロジェクトに参画し多くのことを学び、また人との繋がりもひろがった。大変素晴らしい機会を与えていただいたと感謝している。

#### 4. 瀬戸内海の環境の修復・再生に向けて

瀬戸内海の環境問題については、これまでの研究成果も含めてまだ十分な解決策が見いだされているとはいえ、残念ながら、富栄養化、貧酸素化、埋立、海砂利採取などによる生態系への影響等の問題が依然として続いている。図9に示すように、瀬戸内海では1960年代に公害問題が顕在化して以来、生息・生産場を失った多くの生物が著しく減少している（湯浅, 2002）。生態系の機能低下と相まって、私達人間は経済活動の恵みだけでは補うことができないほどの大きな損失をこうむっていることに気づき始めている。そのため、沿岸域の環境を修復し生態

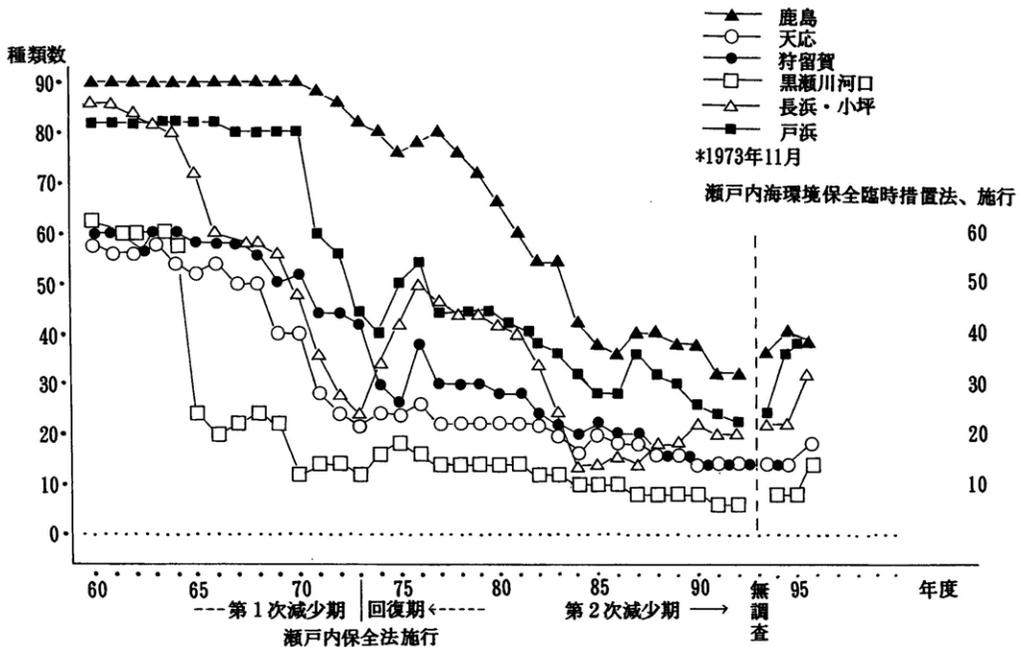


図9 広島県呉市周辺における海岸生物の種類数の変化

系の機能を回復させることによって、持続的利用が可能な活動空間を再生することが強く求められている。

このような動きに関連して、瀬戸内海環境保全審議会から、平成11年1月「瀬戸内海における新たな環境保全・創造施策のありかたについて」が答申され、平成14年12月には「自然再生推進法」が公布されるなど、環境修復・再生の動きは、これまでの規制型環境保全・管理の施策につづく必然の流れとして受け入れられるようになってきた。このような視点に立ち、最近では、埋立等によって失われた藻場を再生し、沿岸生態系や物質循環システムを回復するための研究を進めている（例えば、地域コンソーシ

ウム研究開発事業「高炉スラグを利用した海砂代替人工砂（エコサンド）製造技術の開発」「アマモ着生砂としての評価」2003-2004年度）。

アマモ場は魚介類の餌場、産卵、幼稚仔魚の育成場であり、沿岸生態系のなかで重要な役割を果たしている。広島県三津口湾の大規模アマモ場で、一次生産者や魚類の炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) を測定し、アマモ場における炭素供給源の種類や食物網構造について調べた結果を図10に示す。植物プランクトン (POM), 附着藻類 (EOM), アマモ葉上藻類 (EPI) の  $\delta^{13}\text{C}$  は、それぞれ  $-21.1\text{‰}$ ,  $-17\text{‰}$ ,  $-12.1\text{‰}$  である。アマモの  $\delta^{13}\text{C}$  は  $-13\sim -11\text{‰}$  である。アマモ場内の小型甲殻類は  $-14$

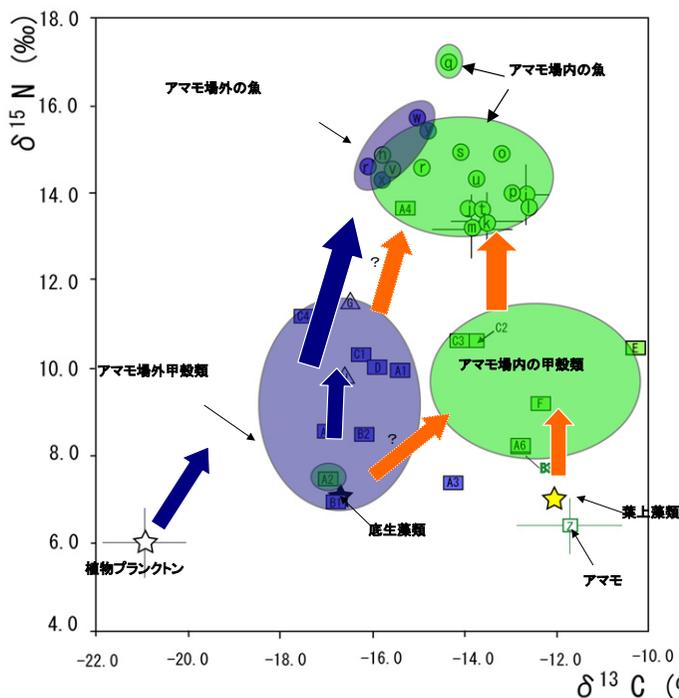


図10 三津口湾アマモ場で採集された魚類、小型甲殻類等の  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$  マップ

クロソイ (i), クロダイ (j), ウミタナゴ (k), マコガレイ (l), マハゼ (m), コノシロ (n), マゴチ (o), ハオコゼ (p), スズキ (q), メバル (r), コモンフグ (s), ヒガンフグ (t), セトウシノシタ (u), ヒラメ (v), ヨコエビ (A), ワレカラ (B), モエビ (C), 小型カニ (D), ヤマトモエビ (E), コツブムシ (F) の平均値を示す。

～-10‰とアマモ場外のもの（-17～-14‰）より明らかに高く、魚類も藻場内で採取されたものは-16～-11‰であるのに対して、藻場外では-16～-15‰と藻場内の消費者の $\delta^{13}\text{C}$ が高い傾向が見られた。この結果は、高い $\delta^{13}\text{C}$ を持つ葉上藻類が主にヨコエビやモエビなどの葉上動物を通じて高次消費者への重要な炭素供給源となっていることを示唆したものである。

瀬戸内海沿岸域の生物群集は、このような葉上藻類をはじめとして、有光床（光が到達する水深15m程度までの海底面）における底生付着藻類の基礎生産に依存する傾向が強いことがわかってきた（Takai et al., 2000）。瀬戸内海のような浅い海域では、このような有光床が占める海域が瀬戸内海全域の25%にも達し、現存する藻場・干潟面積よりはるかに大きい。したがって、瀬戸内海の持続的な利活用を図るためには、生物群集の産卵・育生場として重要な藻場・干潟の再生や、付着藻類の生産場としての有光床の再生・保全がこれからの重要な課題になるものと確信している。

## 5. おわりに

海洋汚染が深刻であった1970年代後半から1980年代にかけて、瀬戸内海の汚染の実態を把握するための公害調査研究に取り組み、その後、瀬戸内海をオープンスカイラボととらえて、環境保全を目指して海洋循環機構解明の研究を進めてきた。また、他の多くの研究者、研究機関、行政機関、一般市民なども早くから公害対策や環境保全に取り組んできた結果、1960年代～1970年代の公害問題を克服し、瀬戸内海研究は閉鎖性海域環境保全のフロントランナーとして高い評価を受けている。

しかしながら、瀬戸内海の沿岸海域では富栄養化、貧酸素化、埋立、海砂利採取などによる

生態系への影響等の問題が、効果的な解決策が見いだせないまま依然として続いている。このような状況にあっても、今後の新しい社会スタイルを模索しながらも瀬戸内海沿岸域の開発・利用はさらに進むと考えられる。そのためには、まず、疲弊した沿岸生態系や物質循環システムを再生し、持続的な利活用が可能な活動空間を創生するための沿岸環境および生態系の修復・再生技術の開発と規格化を図るための研究を進める必要がある。さらに、これが海洋環境保全・創出技術基盤として海洋関連産業分野に貢献できれば幸いである。

## 謝辞

このたび、海洋化学学術賞という、私には身に余る、大変大きな名誉ある賞をいただきました。財海洋化学研究所、本賞選考委員の先生方、ご関係の皆様方に厚くお礼申し上げますとともに、これまで公私にわたりご常に暖かいご指導と励ましをいただき、この栄えある賞にご推薦いただきました北野先生に心よりお礼申し上げます。

また、私のこれまでの研究は現地調査が不可欠であり、仲間に恵まれ共にここまで研究を続



海洋環境研究室（当時）のメンバー  
（1982年、第5海工丸にて撮影）

けることができました。あらためて、これまでの仲間に感謝いたします（写真）。

#### 参考文献

- Takai, N., Mishima, Y., Yorozu, A. and Hoshika, (2002) A. Carbon source for demersal fish in the western Seto Inland Sea, Japan examined by  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  analyses, *Limnology and Oceanography*, 47, 730-741.
- 高多明, 塩沢孝之, 川名吉一郎, 星加章, 山岡到保, 谷本照己, 滝村修 (1984) 瀬戸内海汚染底質からの二次汚染に関する研究, 中国工業技術研究所研究報告, 178pp.
- 樋端保夫, 塩沢孝之, 川名吉一郎, 平田静子, 星加章, 谷本照己, 山岡到保, 滝村修 (1988) 底水層環境特性と計測システムに関する研究, 中国工業技術研究所研究報告, 151pp.
- 中辻啓二, 山本信弘, 山見晴三, 宝田明 (1991) 淀川洪水水流の振る舞いにおよぼす密度流と潮流の相乗効果, *海岸工学論文集*, 38, 186-190.
- 星加章, 谷本照己, 三島康史 (1994) 大阪湾における懸濁粒子の堆積過程海の研究, Vol. 3, 419-425.
- Hoshika, A., Shiozawa, T. and Kitano, Y. (1988) Manganese, iron, copper and zinc in sediment cores from seasonally stratified Beppu Bay, the Seto Inland Sea, Japan. In: *Oceanic Processes In Marine Pollution*, vol.5, Robert E. Krieger Publishing Company, pp. 219-230.
- Hoshika, A., Tanimoto, T., Mishima, Y., Iseki, Kazuo and Okamura K. (2002) Variation of turbidity and particles transport in the bottom layer of the East China Sea, *Deep Sea Research*, Part 2, 50/2, 443-455.
- Hoshika, A., Ishida, S., Mishima, Y. and Takai, N. (2003) Analysis of the food web in eelgrass bed of Mitsukuchi Bay, Seto Inland Sea, Japan, using carbon and nitrogen stable isotopes, *Proceedings of the EMECS2003 Conference*, 513-522.
- 和田英太郎 (1988) 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー (栗原康編著), 東海大学出版会, 東京, pp. 77-84.
- 星加章 (2000) 沿岸域における内部生産有機物, *水産海洋研究*, 64, 45-49.
- 湯浅一郎 (2002) 瀬戸内海の環境変遷 — その今昔の姿 —, *人間と環境*, 28, 21-27.