



瀬戸内海の水環境・生態系を管理する

広島大学環境安全センター長・教授
西 嶋 渉

1. はじめに

瀬戸内海の水環境・生態系は、自然要因と人為要因の変化によって変遷しており、必然的にその管理方策も変わっていかねばならない。高度経済成長期から 20 世紀末にかけては、瀬戸内海をはじめとする閉鎖性水域の水質汚濁、富栄養化が顕著となった時代であり、瀬戸内海の水質に影響を及ぼす全域で栄養塩類を含めた人為的な水質汚濁物質を削減する対策がとられた。現在の瀬戸内海は、総体的には水環境保全が達成されていると見なせるが、地域単位で見ると水環境保全が依然として中心課題である海域もあれば、生物生産の回復、あるいは養殖業との両立が課題の海域もあり、瀬戸内海全域を同一の方法で管理することが適切ではなくなっている。「瀬戸内海における今後の環境保全の方策の在り方」において、特定の水域、湾・灘、瀬戸内海全体といった空間スケールおよび各地域の実情に応じた管理を使い分け、様々な問題を同時解決する「令和の里海づくり」が提唱された背景がここにある。さらに将来を見据えると気候変動に起因する水温上昇により、瀬戸内海の水環境・生態系が大きく変化することはほぼ確実であり、その変化に適応した管理が期待される。ここでは、瀬戸内海を管理する管理制度についてまとめ、最後に気候変動に伴う中長期の瀬戸内海の変化について考えていきたいと思う。

2. 瀬戸内海を管理する基盤的制度

環境基本法第 16 条に基づいて設定される環境基準の達成が環境保全政策の目標であり、環境基準は、「人の健康の保護に関する環境基準(健康項目)」と「生活環境の保全に関する環境基準(生活環境項目)」に分けられる。生活環境項目は、河川、湖沼、海域別に、その利用目的に応じた水域類型を設けて設定されている。後述する水質総量削減制度の対象である COD、窒素、りんは生活環境項目であり、これらの環境基準を達成するために各種施策が実施されている。

わが国の水質規制のベースは 1970 年に制定された水質汚濁防止法であり、ここでは公共用水域の水質汚濁を防ぐために排水基準に基づく規制がなされている。全国一律の排水基準では水質汚濁防止が不十分であると認められる水域においては、上乘せ基準を設定することができる。しかし、人口や産業が集中し、閉鎖性が高い水域では、上乘せ基準を設定したとしても、濃度規制だけでは水質汚濁が防止できないとの認識から、昭和 48 年制定の瀬戸内海環境保全臨時措置法において、瀬戸内海に排出される産業排水に関わる COD の汚濁負荷量を昭和 47 年の 1/2 程度に減少させるという汚濁負荷量の総量を削減するという考え方が初めて示された。しかし、この時点では負荷量の総量を削減するための方策は濃度規制の強化であり、現在の水質総量規制制度とは異なる。現在の水質総量規制は昭和 53 年の水質汚濁防止法及び恒久法となった瀬戸内海環境保全特別措置法の改正によって制度化された。

5年1期で実施される水質総量規制は、当初はCODのみが規制対象であったが、第5次総量規制(目標年度平成16年)からは規制対象に窒素・りんが追加された。水質総量削減制度においては、汚濁負荷量の削減目標量を設定し、その達成を目指す、基本的には削減目標量は毎次強化されてきた。しかし、大阪湾を除く瀬戸内海では、窒素及びりんの環境基準の達成率は全ての指定水域において100%に近い水準であり、水質は他の指定水域と比較して良好な状態であることから、第6次総量規制から現状の水質を維持する(悪化させない)こととされ、現在もその方針が維持されている。

3. 海域特性に応じた管理

瀬戸内海では、前述した瀬戸内海環境保全特別措置法によって環境保全が図られているが、平成27年に同法の大幅改正がなされ、瀬戸内海の環境保全は、その有する多面的価値及び機能が最大限に発揮された豊かな海とすることを旨として行うこと、湾・灘ごとや季節ごとの課題に対応する必要があることが示された。この背景には、水域によっては窒素、りんといった栄養塩類濃度が低いことによる生態系や水産資源への影響を懸念する声が高まったことがある。令和3年の改正では、さらに一步踏み込み、栄養塩類管理制度が導入された。栄養塩類管理制度では、栄養塩類の不足を一因として生物多様性・生物生産性の確保に支障が生じているおそれのある海域を対象海域として、その周辺海域と周辺陸域を含めた検討区域を設定し、管理が実施される。この制度のもとでは、水質汚濁防止法に規定する水質総量規制の適用除外を受けることが可能であり、自由度の高い栄養塩類管理が可能である。一方で、栄養塩類の供給によって周辺環境を含めて環境保全上の問題が起こらないように、環境に及ぼす影響の調査・予測・評価を行い、順応的管理プロセスを導入することが求められている。

瀬戸内海のような閉鎖性海域では、人為負荷による栄養塩類の供給が全くなかったとしても、河川や地下水を經由して供給される自然由来の栄養塩類によって、高い生物生産が得られる。栄養塩類管理の背景には、人為負荷の栄養塩類を適切に管理した上で、海域に供給することで、自然由来の生物生産よりさらに高い生物生産を目指そうという里海の発想がある。しかし、適切な管理がなされなければ、再び富栄養化が進み、環境保全上の問題を引き起こすリスクがある。富栄養化が顕著であった21世紀後半に漁業生産がピークであった事実から類推しても、環境保全と生物生産の両立は容易ではない。そのため、栄養塩類管理制度を導入するにあたっては、慎重に水環境への影響を評価し、導入後も水環境を監視し、その結果を確認しながら順応的に施策を実施する必要があることは自明であろう。

瀬戸内海の栄養塩類管理を瀬戸内海全体や湾灘よりも小さな空間スケールで行うことの妥当性は、陸域からの栄養塩類負荷の影響の強さが海域によって異なることから説明される。瀬戸内海の栄養塩類の約6割は接続する太平洋から流入すると推定されており¹⁾、人為負荷が卓越する陸域からの栄養塩類の流入負荷より大きい。そのため河川水や地下水の影響を受ける沿岸部や内湾では、人為負荷の影響を強く受け、他方沖合部や水道部では陸域影響は限定的となる²⁾。また、沿岸部や内湾においても陸域からの負荷の大きさは、流入河川や特定施設の立地状況によって大きく異なる。

4. 水環境および生物生産の監視

水質汚濁防止法に基づく測定計画に従って実施される公共用水域水質調査は、環境基準の達成状況を確認する重要な行政ツールであり、瀬戸内海全体では301地点の測定地点がある。これらの測定地点が代表する水域面積は平均では77km²となり、比較的狭い特定の海域での管理が想定される栄養塩類管理制度における現状把握などにおいては明らかに測定地点の空間密度が不十分である。

人為的な栄養塩類負荷低下の影響を強く受ける沿岸部で営まれるノリ養殖において、近年色落ちなどの栄養塩不足の影響が表れていることは理解できる。一方で、魚類等を中心とした漁獲の減少と栄養塩類の関係については慎重に考える必要がある。漁獲が生物量を表さないことはひとまずおいておくとしても、陸域からの

栄養塩類負荷の減少が漁獲の減少を引き起こしたとすると、食物連鎖の出発点である栄養塩類の減少によって魚類等水産生物の餌不足が起こり、魚類等が減少したということになる。つまり、陸域からの栄養塩類負荷の減少が植物プランクトン、付着微細藻類などの基礎生産、それにつながる動物プランクトンや底生動物などの二次生産を減少させて、その結果として魚類等高次生物の生物生産の減少を引き起こしたというボトムアップ効果が働いたということになるが、それを証明する科学的な知見はない。植物プランクトンによる基礎生産の解析からは、人為的な栄養塩類負荷低下の影響を強く受けた海域では、栄養塩類濃度の低下とともに基礎生産の減少が顕著に起こったことが示されているが、基礎生産の減少が明確な海域は瀬戸内海全体のほんのわずかであり³⁾、ここでの減少が瀬戸内海全体の漁獲を半減させるほどの影響があったかどうかは不明である。さらに、多くの魚類の直接の餌となる動物プランクトンや底生動物などに関する情報は少なく、これらの生物は定期的なモニタリングの対象にもなっていない。改正された瀬戸内海環境保全特別措置法が豊かな海を目指す以上、栄養塩類だけでなく、豊かな海の基礎となる低次生態系を支える動物プランクトンや底生動物等のモニタリングを体系的に進め、海域の生態系の理解の上で栄養塩類の管理が図られることが望まれる。

5. 浅場の役割

瀬戸内海の水環境・生態系に影響を及ぼす人間活動は、栄養塩類の人為負荷だけではない。土地造成や護岸整備などの沿岸域の改変も浅場の消失を通じて瀬戸内海の水環境・生態系に大きな影響を及ぼしたと考えられる。藻場や干潟といった沿岸生態系が存在する浅場は、瀬戸内海全体の面積からするとわずかではあるが、生物の生息場、再生産場として重要な位置を占めている。瀬戸内海沿岸府県における人工海岸(潮間帯に人工構造物がある海岸)の割合(図1:第4回自然環境保全基礎調査海岸調査報告書⁴⁾に基づき著者作図)をみると浅場の消失が顕著であることがわかる。大阪府の人工海岸比率 91.2%は特別としても、その他の県の人工海岸の割合も平均 41.8%であり、島しょ部が多い瀬戸内海においてこれだけ高い人工海岸比率となっていることは、広範囲で浅場が消失していることを意味する。変化の乏しい砂泥質の海底が主体の瀬戸内海では、立体的な景観を作り出し、葉上動物の生息場となっている藻場は貴重な生態系である。

栄養塩類管理だけで豊かな海が再生とは限らず、生物生産が低下した要因を解析し、生物資源管理の徹底や浅場生態系の再生などを含めた総合的な対策を講じることが必要である。

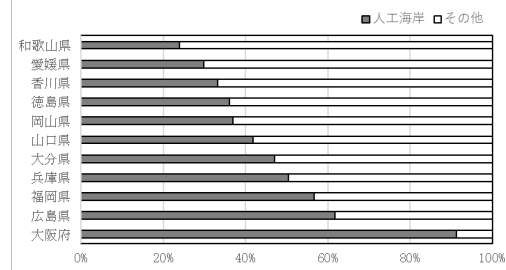


図1 瀬戸内海沿岸府県における人工海岸の割合

6. 気候変動の影響

国連気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)の第一作業部会第六次評価報告書(WGI AR6, 2021)によれば、1850～1900年から2010～2019年までの人為的な要因による世界平均気温の上昇は1.07℃である。今後の気候変動の予測において示されている4つのシナリオでは、向こう数十年の間に二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの排出を大幅に削減し、21世紀後半にCO₂排出量の正味ゼロを見込んだ最も気温上昇の低いシナリオであるRCP2.6においては2℃前後、化石燃料依存型を続け、気候政策を導入しない最も気温上昇が高いシナリオであるRCP8.5では4℃前後の気温上昇が予測されている。日本をはじめ世界各国が2050年カーボンニュートラルに向けた取り組みを始めてはいるが、過去に排出された温室効果ガスが大気中に蓄積されており、ある程度の気候変動は避けられない状況にある。そのため、温室効果ガスの排出量削減を中心とした緩和策とともに気候変動への適応も進める必要があることから、2018年に気候変動適応法が策定された。

長期的な視点で見ると、気候変動は瀬戸内海の水環境・生態系を大きく変える可能性がある。すでに瀬戸内海では冬季の暖化傾向がみられ、冷水系起源のサケ目が絶滅あるいは絶滅危惧種となっている一方で、暖海魚のチダイの急増と分布域の拡大、温帯・暖海性魚類であるナルトビエイの大量出現、同じく暖海魚であるアイゴによるアマモの食害などがすでに報告されている⁵⁾。暖海性魚類にはアイゴの他イヌズミ類、ブダイ類等藻食魚が多く存在し、将来これら藻食魚類の瀬戸内海への侵入と定着が起こり、食害による藻場の衰退が起こる可能性もある⁶⁾。

RCP8.5 シナリオに基づく解析では、瀬戸内海的全湾灘で表層水温が 3~4℃上昇することが予想されており、冬季の基礎生産が水温の上昇に伴って増加する一方で、夏から秋の高水温期には月平均水温が 30℃を超える海域も表れ、高温阻害によって基礎生産が大幅に低下するという予測もある⁷⁾。

7. おわりに

瀬戸内海環境保全特別措置法の 2 度にわたる改正によって、栄養塩類管理の制度的基盤が整った。この制度を活用して生物生産を回復させるためには、対象とする海域の水環境の状況、生物生産の減少要因等に関する科学的な知見の蓄積が必要不可欠であるが、現状ではいずれも不十分と言わざるを得ない。栄養塩類管理制度の創設を契機に、地先海域の水環境・生態系に対する科学的な知見が蓄積され、その理解のもとで、きれいで豊かな海を実現する様々な取り組みがなされることを期待する。

参考文献

- 1) 武岡英隆 (2006). 沿岸域における外洋起源栄養物質の見積もり法とその問題点, 沿岸海洋研究, 43, 105-111.
- 2) 西嶋渉 (2018). 瀬戸内海における栄養塩濃度管理法, 沿岸海洋研究, 56, 13-19.
- 3) Nishijima et al., (2021). Temporal distribution of primary and secondary production estimated from water quality data in the Seto Inland Sea, Japan. Ecological Indicators, 124, 107405.
- 4) 環境庁自然保護局、アジア航測株式会社(1994). 第 4 回自然環境保全基礎調査海岸調査報告書.
- 5) 重田利拓(2008). 瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題, 日本水産学会誌, 74, 868-872.
- 6) 地域適応コンソーシアム中国四国地域事業最終報告書(2020).
- 7) 東 博紀ら(2020).RCP8.5 シナリオに基づく瀬戸内海の一次生産および水質への気候変動影響予測, 土木学会論文集(海岸工学), 76, I1147-I1152.