

地球温暖化対策に先行する水環境の順応性管理

堅田 元喜 KATATA Genki

キヤノングローバル戦略研究所 主任研究員／茨城大学 特命研究員

環境問題の対策にはその原因を突き止めて規制を進めることが有効であるが、原因が複雑に絡み合う場合には予想外の不利益を生じることがある。例えば、汚濁が進んでいた瀬戸内海では、工場や家庭からの排水規制により水質が大きく改善したと同時に、漁獲量が低下してしまった可能性があるという。この現状に対して、政府は海の水質と生態系の両方を観測しながらバランスをとっていく「順応性管理」を採用した。地球温暖化問題に対しても、CO₂排出規制のみに目を向けずに経済開発や安全保障などのバランスをみて目標を見直す柔軟な対策が必要である。

はじめに

2021年6月3日、「瀬戸内海環境保全特別措置法（2015年に最終改正）の一部を改正する法律案」が国会で可決された¹⁾。新しい法案では、高度経済成長期以降進めてきた工場や家庭からの汚濁物質（生物にとっては栄養物質）の排水などの規制を緩めて、海洋生物の維持のために必要な栄養分を一定程度供給していくという。「水質保全一辺倒（きれいな海）」であった海の管理目標が「水質と水産資源のバランス（きれいで豊かな海）」に移行したということである。

一見当たり前のことに思うかもしれないが、このことは瀬戸内海の水産業にとってきわめて大きな意味をもつ²⁾。規制中心の従来の考え方に「ほどよい汚れは魚の栄養

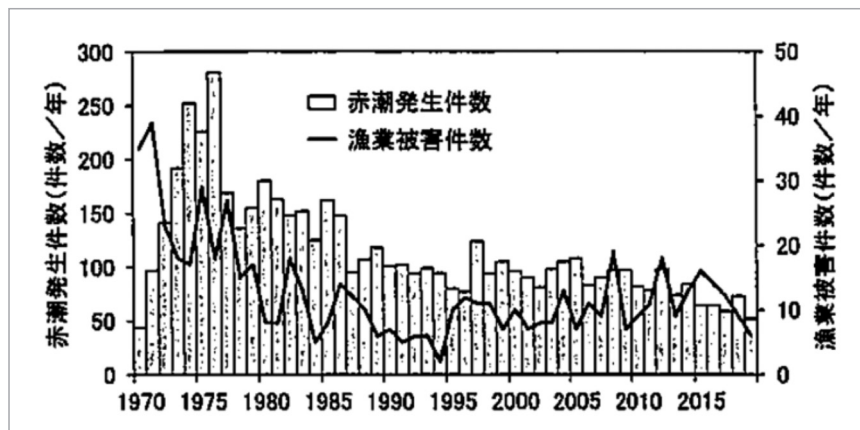
になる」という新たな思考が加わったからである³⁾。瀬戸内海だけでなく、東京湾と伊勢湾についても同様に一定程度の汚れを認めていく方針となり、水質汚濁防止法に基づく基本方針の改定が予定されている⁴⁾。

この法改正の経緯と意義について、大学や研究所の専門家に聞き取りを行ったところ、科学的知見の不確実性が払拭できない中で現場管理者を含めた様々な利害関係者（ステークホルダー）が可能な限り損をしない形を見出した結果であることがわかってきた。

1. 瀬戸内海の水環境問題

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海などは、周囲が陸地に囲まれて汚染物質が蓄積しやすく漁場としても使用され

図1 / 1970年から2020年の瀬戸内海における赤潮発生件数と漁業被害件数の推移^{5),7)}



る「閉鎖性海域」である。高度経済成長期の1960年代から1970年代にかけて工業化や都市化が進み、閉鎖性海域での水質の悪化（化学的酸素要求量COD、全窒素、全リンなどの濃度の増加）やそれに伴う赤潮の急増が社会問題となった。特に、1972年に瀬戸内海東部の播磨灘で発生した赤潮は、養殖ハマチに総額71億円という多大な漁業被害をもたらした⁵⁾。

赤潮とは、海水中で微小な生物（主に植物プランクトン）が異常に増殖して海水の色が変わる現象である⁶⁾。この原因として海水や川の水に含まれる栄養分が自然の状態より増えすぎてしまう「富栄養化」が考えられたため、その解決のために単純に汚濁物質を多量に含む陸からの排水を削減する方策がとられた。1971年に施行された「水質汚濁防止法」に基づいて排水規制が強化され、1973年には瀬戸内海の環境の保全を目的とした「瀬戸内海環境保全特別措置法」が制定、そして1978年には「水質総量削減制度」が導入された。その結果、CODや窒素、リンなどの陸から海への流入量は減り、赤潮の発生件数を1980年代にかけて大幅に減少させることに成功した（図1）。

しかし、1990年代以降は漁業被害件数とともに赤潮発生量の減少傾向は鈍化し、2010年代に入っても10億円を超えるような漁業被害が報告されている⁵⁾。赤潮の発生は、単純に栄養分の濃度のみで決まるわけではなく、気象要因や植物プランクトン種の違いなどにも影響を受けるとのことだ。

「水質保全」というのは、もともと環境省の施策対象項目であったが、水産庁の領分である水産資源の観点からは、「瀬戸内海環境保全特別措置法」では完全に無

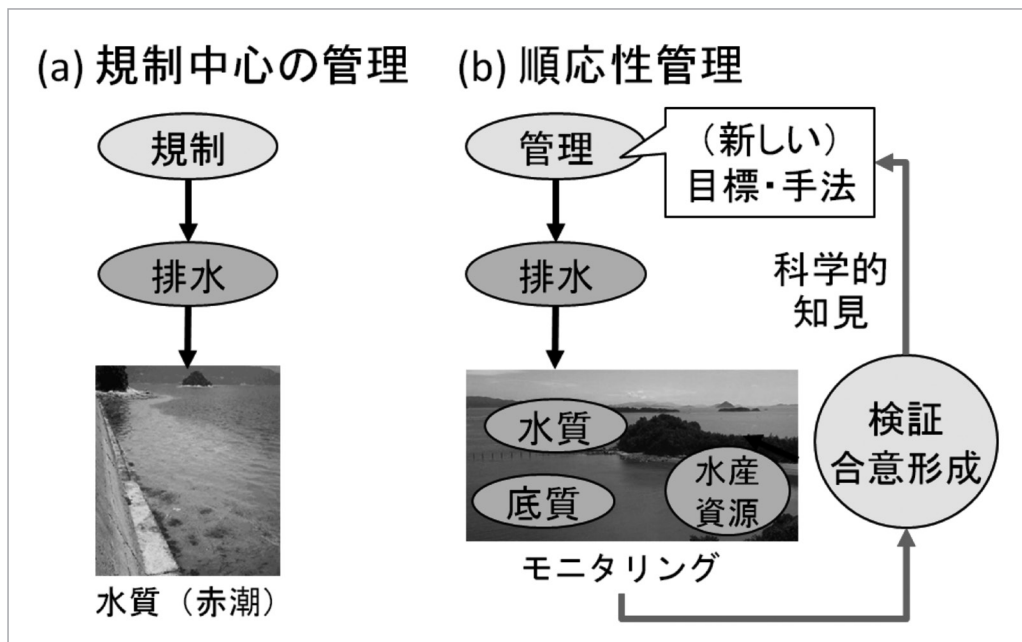
視されていた²⁾。このため水質そのものは改善したにもかかわらず、漁業者や規制に従って排水処理を進めてきた事業者の誰一人として得しない状況が生まれてしまったといえる。このように、多様な世界観・価値観を持つ人々が関与する問題を「厄介な問題（wicked problem）」と呼ぶ⁸⁾。ある問題が他の問題と複雑に関係するので、無理に問題の完全解決を目指すとかえって弊害が起きてしまうのである⁹⁾。

2. 因果関係は科学的には解明されていない

今回の法改正について、報道では「工場・家庭からの排水規制でもたらされた水質浄化により漁業不振が起きた（貧栄養化）」という断定的な文言がしばしばみられる^{10) 11)}。しかし、これは正しい表現ではない。環境省の答申¹²⁾や最新の科学的知見¹³⁾をみる限り、両者の因果関係は科学的には立証されていないのが現状である。

例えば、学術界での議論をみると、河川を通じた汚染物質の排水が漁業不振を引き起こしているという意見と¹⁴⁾、そうではなく太平洋からの栄養塩の流入や底泥からの溶け出しが重要だという意見がある¹⁵⁾。漁業関係者にいわせれば瀬戸内海は「きれいになりすぎた」という認識であり、養殖ノリの色落ちの原因についても栄養塩不足や水温上昇の可能性を指摘しているが¹⁶⁾、その因果関係については推測の域を出ていない¹⁷⁾。特に、地球温暖化によって海水温もいくらか上昇したと考えられるが、それが生態系に及ぼす影響に関する知見はほとんどなく¹⁸⁾、現時点では対策が必要なのかど

図2 / (a) 瀬戸内海の水環境問題に関する過去の排水規制と (b) 新しい順応性管理の模式図



うかもわからない。

このようにわかっていないことの方が多く瀬戸内海の水環境保全に向けて、政府が行き着いた答えは「順応性管理」であった。「瀬戸内海環境保全特別措置法」が策定された当初は、赤潮による漁業被害や油流出による環境汚染を抑制するために汚染物質の排水を規制するという手法がとられていた(図2a)。これに対して、順応性管理では、まず栄養塩類や生物に関する指標の目標値を設定し、それらの定期的な観測(モニタリング)を並行しつつ排水の調整を進め、その結果に基づいて検証・学習し、随時手法の変更を加えて新しい目標を設定していくことになる(図2b)。

順応性管理は、自然生態系の持続可能性を扱う問題に対して有効である。自然の環境変動により計画段階には想定していなかった事態が起きたり、歴史的な変化・地域的な特性および事業者の判断などによる環境保全・再生の社会的背景が変動したりするためである。この方法を推進するには、事業者以外の多様な関係者と最新の科学的知見や情報を共有しながら「適切な管理のあり方」を見出すことが必要である²⁰⁾。

瀬戸内海の場合、環境省は実に10年もの時間を要して関係者の意見を抽出してきた。2010年9月から2011年3月に5回にわたって「今後の瀬戸内海の水環境の在り方懇談会」を行い、学識経験者・行政・漁業者・NPO代表などの多様な業種から意見を抽出・集約した¹⁹⁾。容易に想像される通り、意見は多様で必ずしも一致しないものも出てきたが、それらは可能な限り取捨選択せずに整理分類した²¹⁾。

その後、「瀬戸内海における特定の海域の環境保全に係る制度の見直しの方向性(意見具申案)」を作成し、2020年12月から1月にホームページでパブリックコメントも募集している²²⁾。このように時間も手間もかかるが、少なくとも「誰1人得しない状況」を改善することはできるはずである。

3. 地球温暖化問題でも順応的な思考を

地球温暖化問題も、瀬戸内海の水質問題と同じく「厄介な問題」である⁹⁾。そもそも地球温暖化がどのくらいの速度で進展しているか²³⁾、それに伴い猛暑日²⁴⁾などの異常気象がどのくらいの頻度で増えているのか²⁵⁾、これらに対して人間の適応能力がどの程度あるのか²⁶⁾などは、まだ完全にはわかっていない。

そして人間活動に伴うCO₂排出には悪影響もあるが、CO₂施肥効果による農作物の成長促進²⁷⁾や冬季の死亡率低減²⁸⁾を始めとした環境への便益もある。こうした問題の解決に必要なのは、「高すぎるCO₂排出削

減の目標を掲げて何がなんでも達成する」という勢いではなく、削減の効果や環境・経済活動への影響、国際安全保障との関係などを俯瞰して目標を調整する「順応的な思考」ではなからうか。このようなアプローチの必要性は政府も認識しており²⁹⁾、瀬戸内海の法改正はこの点において先行しているといえる。

順応性管理を行う上で絶対的に欠かせないものは「長期モニタリングデータ」である³⁰⁾。地球温暖化対策にも用いられる数値シミュレーション技術は、あくまでその補完的位置付けとして活用するのがよい。「今後の瀬戸内海の水環境の在り方懇談会」の有識者である山本民次広島大学名誉教授は、「シミュレーションに対する期待として「将来予測」をすぐに挙げる人がいるがそうではなく、現象(プロセス)の理解が最も重要であり、それが分かれば自ずと対策につながる」と述べている³¹⁾。

地球温暖化問題も、ハワイのマウナロアで1958年からの地道なCO₂濃度の長期観測によって初めて認識することができた³²⁾。誰もが知っている地上気温ですら、正確な値を長期間モニタリングし続けることは容易ではないということを理解し³³⁾、資金や人材不足などの問題を抱える自治体や研究機関を支援していくことが大切である。

謝辞

本稿の執筆に際しては、茨城県霞ヶ浦環境科学センターの大内孝雄主任、茨城大学農学部黒田久雄教授、ならびに茨城大学地球・地域環境共創機構(GLEC)の中里亮治准教授に助言頂いた。

【参考文献】

- 1) 衆議院(2021)閣法第204回国会「瀬戸内海環境保全特別措置法の一部を改正する法律案」https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/keika/1DD1E7A.htm
- 2) 山本民次(2021)「ノリやアサリの増殖のための窒素・リン負荷量」水環境学会誌、44、pp.147-153
- 3) 塩沢文朗(2021)「ほどよい」環境の実現への転換と地方政府の課題
<https://ieei.or.jp/2021/05/exp1210513/>
- 4) 中日新聞(2021)「伊勢湾などの汚濁、一定程度容認 水質改善で環境省」
<https://www.chunichi.co.jp/article/243566>
- 5) 水産庁 瀬戸内海漁業調整事務所(2021)「瀬戸内海の赤潮(概要)」
<https://www.jfa.maff.go.jp/setouti/akasio/>
- 6) 岩崎英雄(1976)「赤潮:その発生に関する諸問題」海洋出版、126p
- 7) 鬼塚剛(2021)「1970年から2020年の瀬戸内海における赤潮発生件数と漁業被害件数の推移」水環境学会誌、44、pp.132-136
- 8) 経済産業省(2016)長期地球温暖化対策プラットフォーム国内投資拡大タスクフォース(第2回会合)資料5
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/ondanka_platform/

- kokunaitoushi/002_haifu.html
- 9) 杉山大志 (2017)「地球温暖化問題のリスクと対応戦略」安全工学、60、pp.106-113
 - 10) 朝日新聞 (2021)きれいになりすぎて弊害も 瀬戸内海の排水規制を転換へ
<https://www.asahi.com/articles/ASP2V6W7FP2VUBQU001.html>
 - 11) 時事ドットコム (2021)瀬戸内海「きれい過ぎ」是正 水域設け対策、漁業影響防ぐ一法改正へ・環境省
<https://www.jiji.com/jc/article?k=2020102400413&g=soc>
 - 12) 環境省 中央環境審議会 (2020)瀬戸内海における今後の環境保全の方策の在り方について
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114120.pdf>
 - 13) 西嶋渉 (2021)「閉鎖性海域の栄養塩管理」水環境学会誌、44、pp.131
 - 14) 山本民次 (2014)「瀬戸内海の貧栄養化について (再考)」マリンエンジニアリング、49、pp.496-501
 - 15) 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、pp.13-19
 - 16) 毎日新聞 (2020)瀬戸内海「美しさ」か「豊かさ」か
<https://mainichi.jp/articles/20200721/ddm/013/040/013000c>
 - 17) 反田實、赤繁悟、有山啓之、山野井英夫、木村博、團昭紀、坂本久、佐伯康明、石田祐幸、壽久文、山田卓郎 (2014)「瀬戸内海の栄養塩環境と漁業」水産技術、7、pp.37-46
 - 18) 東博紀 (2021)「瀬戸内海における水環境への気候変動の影響と適応策」水環境学会誌、44、pp.142-146
 - 19) 環境省 今後の瀬戸内海の水環境の在り方懇談会 (2011)「今後の瀬戸内海の水環境の在り方の論点整理 (案)」
https://www.env.go.jp/water/heisa/seto_comm/005/mat01-1.pdf
 - 20) 海の自然再生ワーキンググループ・国土交通省港湾局 (2007)「順応的管理による海辺の自然再生」みたと総合研究財団、294p
<https://www.mlit.go.jp/kowan/handbook/>
 - 21) 環境省 (2011)「今後の瀬戸内海の水環境の在り方の論点整理の概要」
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/17184.pdf>
 - 22) 環境省 中央環境審議会 (2021)「瀬戸内海における特定の海域の環境保全に係る制度の見直しの方向性 (意見具申案)」に対する意見募集 (パブリックコメント) の結果について
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/115454.pdf>
 - 23) 堅田元喜 (2021) IPCCの報告書は日本の地球温暖化量を過大評価か
<https://agora-web.jp/archives/2051171.html>
 - 24) 堅田元喜 (2020) 猛暑日は都市化によって増大している
<https://ieei.or.jp/2020/12/expl201209/>
 - 25) 堅田元喜 (2021) 極値統計学の考え方—異常気象は、それほど異常ではない?—
<https://ieei.or.jp/2021/05/expl210507/>
 - 26) 堅田元喜 (2021) 気候変動のリスクを超える都市農業の適応能力
<https://ieei.or.jp/2021/03/expl210308/>
 - 27) 堅田元喜 (2020) 農業におけるCO₂の有効利用 (CCU) の推進
https://cigs.canon/article/20201209_5523.html
 - 28) 堅田元喜 (2021) 東京では冬のヒートアイランドで寿命が延びた
<https://ieei.or.jp/2021/01/expl210113/>
 - 29) 経済産業省 (2017) 長期地球温暖化対策プラットフォーム-報告書
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/20170414001.html>
 - 30) 古川恵太 (2021)「地域主体の栄養塩マネジメントへの期待」水環境学会誌、44、pp.154-158
 - 31) 山本民次 (2011)「瀬戸内海の生態系の現状と底生生態系修復の重要性」今後の瀬戸内海の水環境の在り方懇談会資料、pp.1-11
 - 32) 国立環境研究所 (2005)「施策を日ざした観測」
<http://www.nies.go.jp/fushigi/050629.html>
 - 33) キヤノングローバル戦略研究所 (2021)「CIGSエネルギー環境セミナー (オンライン)「地球温暖化観測所の設立に向けて—正しく知ることの重要性— 後編」
https://cigs.canon/videos/20210512_5815.html