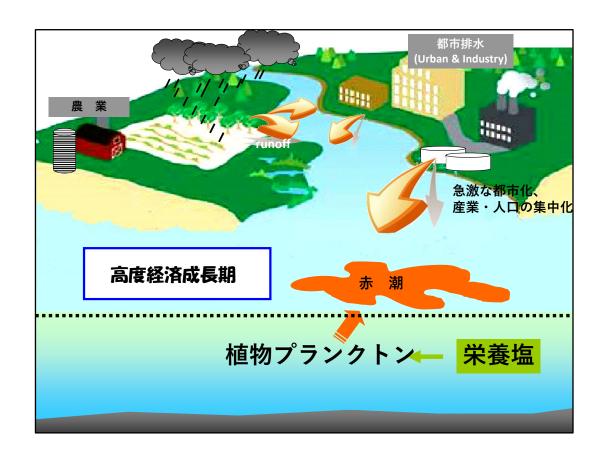
4 瀬戸内海の水質と底質

4 瀬戸内海の水質と底質



最初に、瀬戸内海の水質環境について、歴史的なところから見てみます。 瀬戸内海は高度経済成長期には、急激な都市化、産業・人口の集中化、下水道普 及率が低いなどの生活環境整備の立ち遅れなどのために、著しく、海域の富栄養 化が進行しました。

その結果、海水中の窒素やリンと言った栄養塩濃度が増加し、植物プランクトンが異常に増殖する赤潮が多発しました。

当時は、赤潮の多発、貧酸素水塊の発生などの状況から「瀕死の海」と言われるほど環境は悪化していました。



そこで、環境省、当時の環境庁は、1973年に瀬戸内海環境保全臨時措置法を制定しました。

この法律は、5年後、瀬戸内海環境保全特別措置法と改称されます。

これが、いわゆる「瀬戸内法」と言われているものです。

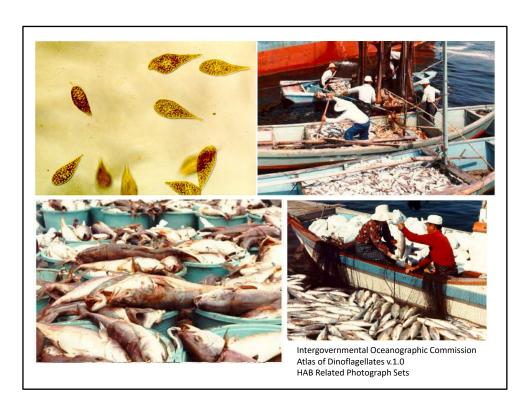
この法律は、非常に簡単に言ってしまえば、陸域から汚い水を流すのをやめましょうというものです。



赤潮について説明します。 この写真は、瀬戸内海の播磨灘に発生した夜光虫赤潮の航空写真です。 赤潮の紹介には、よく使用されている写真です。

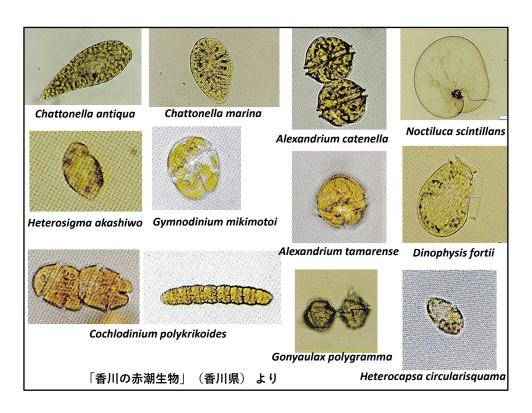


しかし、赤潮は赤色とは限りません。 この写真のように海の色が茶色に変色することもあります。 また、種類によってさまざまな色を示しますが、このような、プランクトンの増 殖による海水の変色現象はすべて赤潮と呼ばれます。



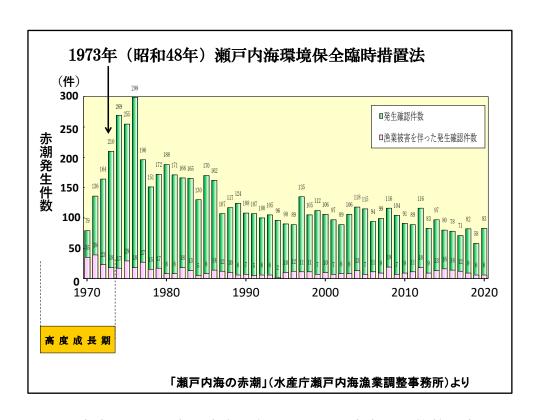
赤潮を形成する植物プランクトンの中には、養殖魚類をへい死させてしまう有毒 プランクトンもいます。

瀬戸内海の播磨灘では、1972年に1400万尾もの養殖ハマチがへい死し、71億円にのぼる被害がでました。



現在、赤潮プランクトンとしては、この写真に示すように、様々なプランクトンが知られています。

これらの中には、先ほどの養殖魚をへい死させたり、貝をへい死あるいは毒化させたりする種もいます。



この図は、水産庁が調べた瀬戸内海の年間当たりの赤潮発生件数の変化を示したものです。

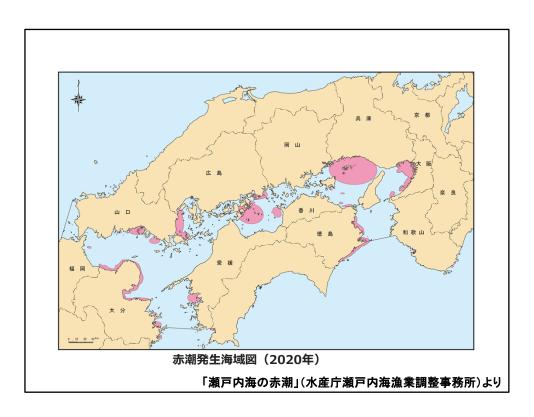
高度経済成長期の後半から、赤潮発生件数は増え始め、昭和51年には、299件にも達しました。

1972年の瀬戸内法の制定後、様々な環境保全対策が功を奏して、赤潮発生件数は、最頻時の1/3程度にまで減少しました。

近年では、年間100件以下になっています。

図中、赤く塗りこんだ部分は、漁業被害を伴った発生件数です。

過去の漁業被害は、年間30件を超えることもありましたが、現在は、10件前後以下になっています。



この図は、赤潮発生海域の例として、2020年の結果を示しています。 瀬戸内海東部では、大阪湾の湾奥、播磨灘北部の兵庫県沿岸部、南部の香川県から徳島県沿岸部、備後灘・燧灘海域に赤潮発生海域が認められます。 瀬戸内海西部では、広島湾の湾奥、周防灘・伊予灘の沿岸部、豊後水道の大分県と愛媛県沿岸部で赤潮が発生していることがわかります。

## 水質

水質の指標:透明度、

物質濃度(COD, 全窒素, 全リン, 栄養塩, 溶存酸素)





COD : 化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demad)

全窒素 : TN(Total Nitrogen) 全リン : TP(Total Phosphorous)

栄養塩 : NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>

透明度板

採水器

水質について説明します。

水質は、どのように調べられているのでしょうか?

主に、透明度と、特定の物質濃度でモニタリングされています。

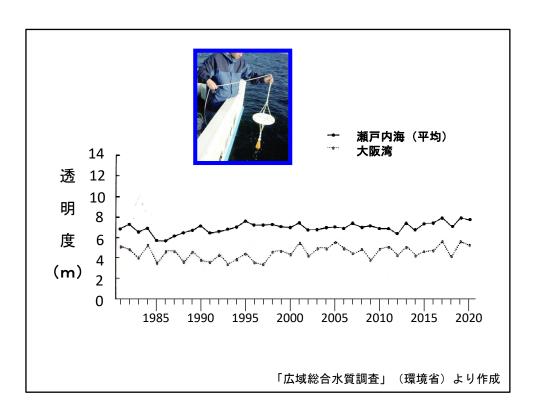
透明度とは、海水の清濁、すなわち透明さの指標で、この図の左の写真のように、 直径30cmの白色の円盤を海に沈めて行き、見えなくなる深さのことです。

透明度以外の水質は右の写真のような採水器で海水を採取します。

採水器は自分の欲しい海水の深さで、ふたを閉める事ができます。

採取された海水は、分析室で項目別に分析されています。

水質モニタリングに使用される物質濃度とは、CODと表示される化学的酸素要求量、全窒素・全リンや、栄養塩などです。



最初に、透明度の推移をみてみます。

瀬戸内海全域の平均で見てみますと、1980年代中頃には透明度が6mを下回ることもありましたが、8m近くにまで上昇しています。

大阪湾では、瀬戸内海全域に比べると低く、4mを下回ったこともありましたが、2010年以降は4mを下回ることはなくなりました。

### 水質の指標

## COD(化学的酸素要求量)

水中の還元性物質を 過マンガン酸カリウムなどの酸化剤によって 酸化するときに消費される酸素量を、 水1リットル当たりのミリグラムの数で表す。

水の汚染度が進むほど数値は高くなる。

次に、化学的酸素要求量であるCODについてみてみます。

CODとは、『水中の還元性物質を、過マンガン酸カリウムなどの酸化剤によって酸化するときに消費される酸素量を水1リットル当たりのミリグラムの数で表す』というものです。

自然環境の下では、微生物などによって有機物が酸素を消費して分解されますが、 試薬の力で無理やり分解させ、その際に消費された酸素量で汚濁物質量を示す、 ということです。

水の汚染度が進むほど数値は高くなります。

#### 水質汚濁に係る環境基準(海域の生活環境項目)

類 型	Α	В	С
利用目的 の適応性 、 項目	水産1級 水浴 自然環境保全 及びB以下の欄に 掲げるもの	水産 2級 工業用水 及び C 以下の欄に 掲げるもの	環境保全
水素イオン濃度 (pH)	7.8 以上 8.3 以下	7.8 以上 8.3 以下	7.0 以上 8.3 以下
化学的酸素要求量 (COD)	2 mg/L以下	3 mg/L以下	8 mg/L以下
溶存酸素量 (DO)	7.5 mg/L以上	5 mg/L以上	2 mg/L以上
大腸菌群数	1,000MPN/ 100mL以下	_	_
n-ヘキサン抽出 物質 (油分等)	検出されないこと。	検出されないこと。	_

備考) 1. 基準値は、日間平均値とする。

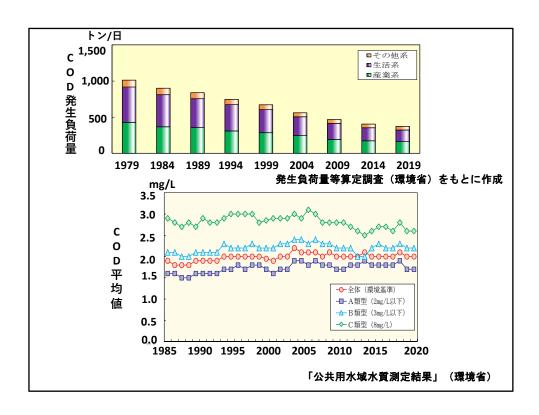
2. 水産 1級のうち、生食用原料カキの養殖の利水点については、 大腸菌群数70MPN/100mL以下とする。

1. 自然環境保全: 自然探勝等の環境保全

2. 水産 1級: マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産2級の水産生物用水産2級: ボラ、ノリ等の水産生物用水産3種: 汚濁に強い特定の水産生物が主に漁獲される

3. 環境保全: 国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。) において不快感を生じない 限度 せとうちネット(環境省)より

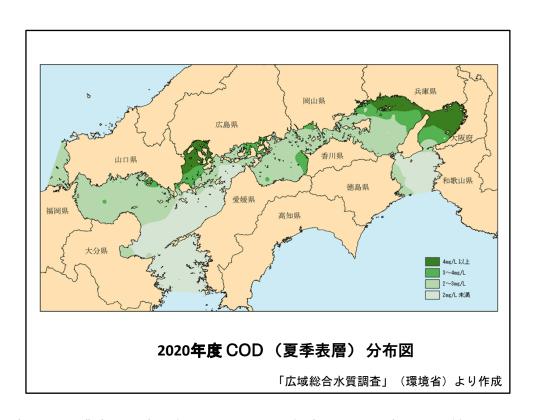
水質汚濁に係る環境基準としては、このCODなどを指標にして、A・BおよびC 類型の三段階に分類されています。



この図は、陸域から瀬戸内海へのCOD発生負荷量と、瀬戸内海の海水中のCOD 濃度の変化を示しています。

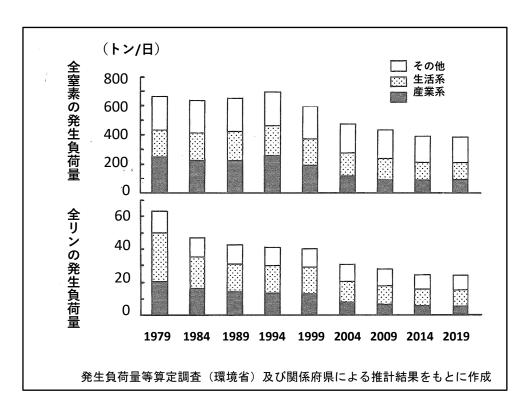
上の負荷量の図と各海域のCOD濃度の図は、ほぼ時間軸を同じにして示しています。

陸域からのCOD負荷量は年々減少していますが、その一方で、海水中のCOD濃度は全域、およびA~C類型の海域で、いずれも横ばいか若干の減少で、顕著な減少傾向は認められていません。



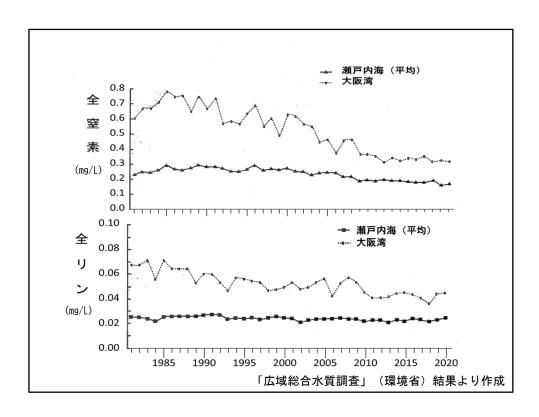
海水中のCOD濃度の分布の例として、2020年度の夏季の表層水の結果を示しました。

COD濃度が高い海域は、大阪湾の湾奥、播磨灘の兵庫県沿岸、広島湾の湾奥などに見られます。



次に、全窒素と全リンの陸域から瀬戸内海への負荷量の経時的変化についてみてみます。

図の下の全リンの負荷量は、1979年以降徐々に減少削減されています。しかし、図の上側の全窒素の負荷量は、1990年以降に減少しています。これは、窒素を汚水から除去することが、リンに比べて難しかったことによります。

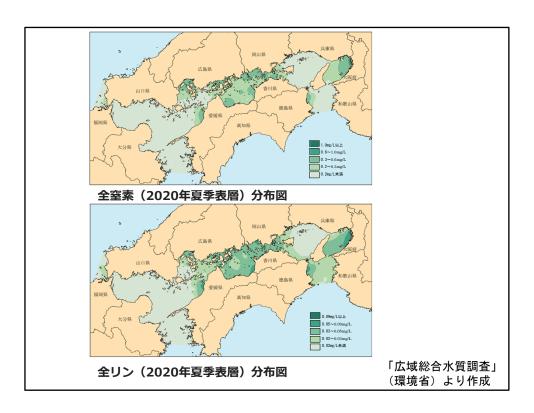


先ほどの図は、陸域からの全窒素と全リンの負荷量でしたが、この図は、海水中の全窒素と全リン濃度の変化を示しています。

上が、全窒素濃度、下が全リン濃度です。

先ほどの図で示したように、全窒素、全リンの陸域からの負荷量は、時代とともに減少していたのですが、海水中の全窒素、全リン濃度は、この図のように、瀬戸内海全域平均では顕著な減少傾向は認められていません。

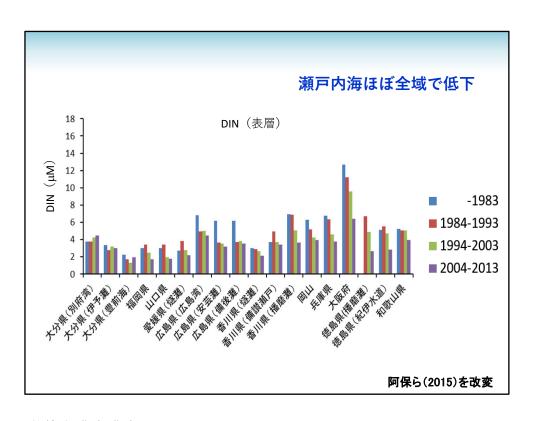
但し、細い線で示した大阪湾では、もともとの濃度が非常に高く、全窒素、全リンでは、減少傾向が見られています。



海水中の全窒素と全リンの濃度の水平分布の例として、2020年の結果を示します。

上が全窒素、下が全リンです。

先ほどのCODと同様に、全窒素も全リンも、大阪湾の湾奥部、播磨灘の兵庫県沿岸、備讃瀬戸海域、広島湾の湾奥などで、高い値となっています。

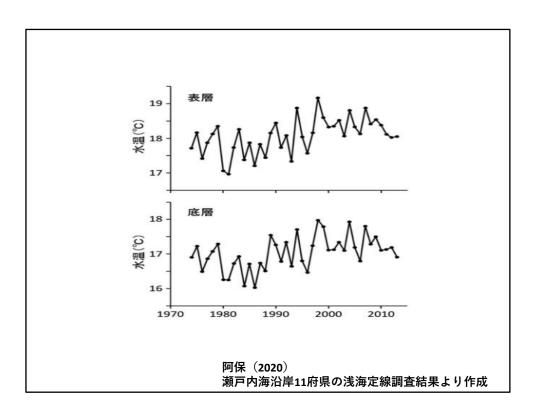


次に、栄養塩濃度濃度について見てみます。

栄養塩の例として、無機三態窒素(DIN)の表層海水中の濃度の変化を示します。 図は、左から右に向かって、瀬戸内海の西の別府湾から東側の紀伊水道までの無 機三態窒素(DIN)の濃度を示しています。

棒グラフは、10年ごとの値を示しています。

10年ごとに見てみると、無機三態窒素 (DIN) 濃度は、瀬戸内海のどの海域でもほぼ確実に減少している傾向がよくわかります。



また、水温についても見てみましょう。

瀬戸内海は平均水深が30mと浅いため気象の影響も大きく、その全域の水温は、 地球温暖化の影響を受けやすいと考えられます。

この図は、瀬戸内海沿岸11府県の、浅海定線調査結果より作成されたものです。 上の図が瀬戸内海全域の表層水、下の図が底層水の水温の経年変化を示していま す。

瀬戸内海域では、浅海定線調査が1972年に開始されました。

水温は1980年代に低水温であり、その後2000年までは顕著に上昇し、2000年代 以降は横ばい傾向です。

季節的にみると、秋季の水温上昇が顕著であることがわかっています。

ここに示したのは、瀬戸内海のおおまかな水温変化傾向を示したものですが、水温上昇は海域により異なります。

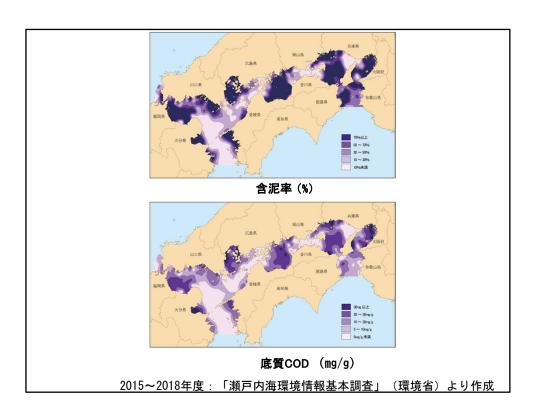
このような水温上昇は、海洋構造を変化させ、生物や海洋生態系に影響を及ぼすと考えられます。

水温上昇が生物生産へ及ぼす影響について、さらに調査の継続・データの蓄積、およびその解析が必要です。

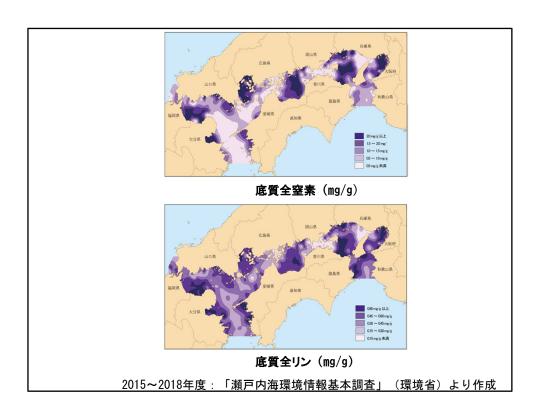
# 底質

底質の指標:含泥率,COD,全窒素,全リン,硫化物

次に、底質について見てみましょう。 底質は、どのように調べられているのでしょうか? 実際には、含泥率と、先ほどの海水と同様に、COD、全窒素、全リンの濃度で モニタリングされています。 さらに、底泥環境の酸化還元状態の指標として、硫化物濃度も測定されています。



この図は、上が含泥率、下が海底のCOD濃度の水平分布図です。 含泥率が高いほど、泥が多く、低いと砂に近くなる、とイメージしてください。 大阪湾の湾奥、播磨灘、燧灘、広島湾、周防灘で含泥率が高く、COD濃度も高 くなっています。



この図は、上が底質の全窒素、下が全リンの濃度の水平分布図です。 全窒素、全リンも先ほどのCOD濃度と同様に、大阪湾の湾奥、播磨灘、燧灘、 広島湾、周防灘で高くなっています。

### 水質規制と管理

1973年 瀬戸内海環境保全臨時措置法

1978年 瀬戸内海環境保全特別措置法

1979年 第1~4次 総量規制 COD

2002年 第5~6次 総量規制 COD, 窒素, リン

<第6次水質総量規制のあり方>

窒素・リンについては、大阪湾において引き続き削減が必要であるが、 それ以外の瀬戸内海では現在の水質を維持することが適切。

(2005年 5月 中央環境審議会答申)

2011年 第7~8次 総量規制 COD, 窒素, リン

2015年 瀬戸内法改正

水産資源の持続的な利用確保のために、湾灘ごとに栄養塩管理計画

2021年 瀬戸内法改正

周辺環境の保全と調和した形で、特定の海域への<u>窒素やリンの供給を</u> 可能にし、海域及び季節ごとに栄養塩類のきめ細かな管理

最後に、水質規制と管理について、瀬戸内法の制定後から現在までの動きについてまとめてみます。

緑色で示したように、1973年に瀬戸内法が制定され、それ以降、CODや全窒素、全リンについて総量規制が実施されてきました。

2005年には、中央環境審議会から第6次総量規制の在り方として、『窒素・リンについては、大阪湾において引き続き削減が必要であるが、それ以外の瀬戸内海では現在の水質を維持することが適切』との答申がなされました。

これは、大きな環境政策の変換点であったと考えられます。

すなわち、それまでのように、単に水質をよくするという時代は終わったことを 意味しています。

2015年には瀬戸内法が改正され、水産資源の持続的な利用確保のために、湾灘ごとに栄養塩管理計画を立てること、とされました。

さらに、2021年にも瀬戸内法が改正され、周辺環境の保全と調和した形で、特定の海域への窒素やリンの供給を可能にし、海域及び季節ごとに栄養塩類のきめ細かな管理をすること、とされました。

具体的には、下水処理場の管理運転なども可能になった、というわけです。

以上、見てきましたように、高度経済成長期に比べて水質はよくなっているものの、漁獲量の減少やノリの色落ち問題など、水産資源の持続的利用が危ぶまれる 状態です。

しかし、単に栄養塩を増やせば、問題が解決するわけではなく、相変わらず赤潮 も発生している状況です。

今後、慎重に対策を立てていく必要があります。

### 参考文献

- 香川県(1999) 『香川の赤潮生物』香川県
- 公益社団法人瀬戸内海環境保全協会(2022)『令和3年度 瀬戸内海の環境保全 資料集』、101リン.公益社団法人瀬戸内海環境保全協会
- 阿保勝之, 秋山諭, 原田和彦, 中地良樹, 林浩志, 村田憲一, 和西昭仁, 枝川大二郎, 益井敏光, 西川智, 山田京平, 野田誠, 徳光俊二 (2015): 『瀬戸内海における海況の長期変動. 瀬戸内海ブロック浅海定線調査観測40年成果 (海況の長期変動)』, 242-256.
- 公益社団法人瀬戸内海環境保全協会編 (2018) 『瀬戸内海における水環境を基調とする海文化シリーズ 3 瀬戸内の藻場・干潟と保全の取組』、公益社団法人瀬戸内海環境保全協会
- 公益社団法人瀬戸内海環境保全協会 (2010) 『森・川・海における物質循環と人 との関わり』、公益社団法人瀬戸内海環境保全協会
- 公益社団法人瀬戸内海環境保全協会編(2009)『瀬戸内海を里海に』、環境省水・大気環境局
- 瀬戸内海研究会議編(2007)『瀬戸内海を里海に』、恒星社厚生閣
- 柳哲雄(2006)『里海論』、恒星社厚生閣
- 公益社団法人瀬戸内海環境保全協会(2005)『瀬戸内海―里海学入門』、公益社団法人瀬戸内海環境保全協会