

小浜湾における沿岸透明度目標設定に関する一考察

松 井 明

目 次

- I. はじめに
- II. 方法
 - 1. 調査地
 - 2. 調査方法
- III. 結果
 - 1. pH
 - 2. DO
 - 3. 塩分濃度
 - 4. 水温
 - 5. 透視度
- IV. 考察
 - 1. 底層溶存酸素量
 - 2. 沿岸透明度
 - 3. 新たな指標
 - 4. 今後の課題

要旨

国民の実感にあった分かりやすい指標で望ましい湾内の状態を表すことにより、良好な水環境の実現に向けた施策を効果的に実施するため、底層溶存酸素量（以下、底層 DO）および沿岸透明度に着目したモデル事業が小浜湾で行われた。

著者は、2011年4月から2012年5月まで、小浜湾および流入河川の北川において、水中の水素イオン濃度（pH）、溶存酸素量（DO）、塩分濃度、水温および透視度を計測した。調査は1週間に1回の頻度で実施した。そのデータを

（京福コンサルタント株式会社 主幹）

基に、今回新たな指標となる底層 DO および沿岸透明度について考察した。

底層 DO に関しては、溶存酸素量は 1 年間を通して季節変化したため、基準値を設定する場合は 1 年間の平均値とするのか、最低値とするのかを決めなければならない。あるいは、季節ごとに基準値を設定するのも一案である。

沿岸透明度に関しては、水域ごとに、地域の意見を踏まえて設定されることになるため地域力が問われることになる。市民参加の動機付けとして、「見える化」が有効である。市民が中心となって調査を継続するためには、調査地点へのアクセスが容易で安全なこと、調査方法が簡便なことが望まれる。

湾内の状態を表す指標として、底層 DO および沿岸透明度だけでなく、水温を測定することを提案した。

キーワード：沿岸透明度，底層溶存酸素量，水温，市民参加，見える化

I. はじめに

中央環境審議会（2015）は、「水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（答申）」をとりまとめた。国民の実感にあった分かりやすい指標で望ましい湾内の状態を表すことにより、良好な水環境の実現に向けた施策を効果的に実施するため、底層溶存酸素量（以下、底層 DO）および沿岸透明度に着目し、生活環境項目環境基準の追加等について検討した。その結果、底層 DO は生活環境項目環境基準とする一方、沿岸透明度は環境基準にせず、地域において設定する目標とすることになった。

上述の答申を踏まえ、水質汚濁に係る環境基準の追加等に係る告示改正が行われ、底層 DO を新たに生活環境項目環境基準に追加した（環境省水・大気環境局水環境課2016，表 1）。

沿岸透明度の目標値設定のために、モデル地区として海域では小^お浜^ば湾、湖沼では諏訪湖が選定された（高橋2016）。両地区の関係者を検討委員として、実際に沿岸透明度の目標値案を設定するモデル事業を行った結果、沿岸透明度の目標設定ガイドラインがとりまとめられた（環境省水・大気環境局水環境課2018，表 2）。この目標値によると、対象とする水生植物ごとに年間平均透明度を設定している。アマモ、アラメおよびカジメの年間平均透明度の目標値が異なる理由は、アマモは主として内湾や入り江の波の静かな平坦な砂泥底に、

表1 底層溶存酸素量の類型および基準値

類型	水生生物が生息・再生産する場の適応性	基準値
生物1	<ul style="list-style-type: none"> ・生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物が生息できる場を保全・再生産する水域 ・再生産段階において貧酸素耐性の低い水生生物が再生産できる場を保全・再生産する水域 	4.0mg/L 以上
生物2	<ul style="list-style-type: none"> ・生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が生息できる場を保全・再生産する水域 ・再生産段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が再生産できる場を保全・再生産する水域 	3.0mg/L 以上
生物3	<ul style="list-style-type: none"> ・生息段階において貧酸素耐性の高い水生生物が生息できる場を保全・再生産する水域 ・再生産段階において貧酸素耐性の高い水生生物が再生産できる場を保全・再生産する水域 ・無生物域を解消する水域 	2.0mg/L 以上

表2 沿岸透明度の目的、類型および目標値（年間平均透明度）

目的	類型	目標値（年間平均透明度）
水生植物の 保全・再生	アマモ	0.95×分布下限水深
	海域 アラメ	0.83×分布下限水深
	カジメ	0.64×分布下限水深
	湖沼 維管束植物 車軸藻類	0.64×分布下限水深
親水利用の 場の保全	自然環境保全	海域 10m 程度
		湖沼 6～7m 程度
	日常的親水	水浴 1m 以上
		眺望 1.5m 以上

アラメおよびカジメは岩礁域に形成され、アラメは比較的浅い場所に、カジメは比較的深い場所に分布することによる（環境省せとうちネット）。

本ガイドラインによると、小浜湾では水生植物の保全・再生のために、アマモおよびホンダワラ類が生育している水深2.0m および5.0m の水域を対象にして、水深2.0m の水域では年間平均透明度2.0m 以上、水深5.0m の水域では4.8m 以上を目標値として設定した。また、親水利用の場の保全のために、沿岸から1km までの範囲を対象にして、湾口から湾央では5.0m 以上、湾西側では2.5m 以上、湾東側では2.0m 以上に設定した（環境省水・大気環境局水環境課2018）。なお、親水利用の場の保全に関しては、小浜湾で行われている親

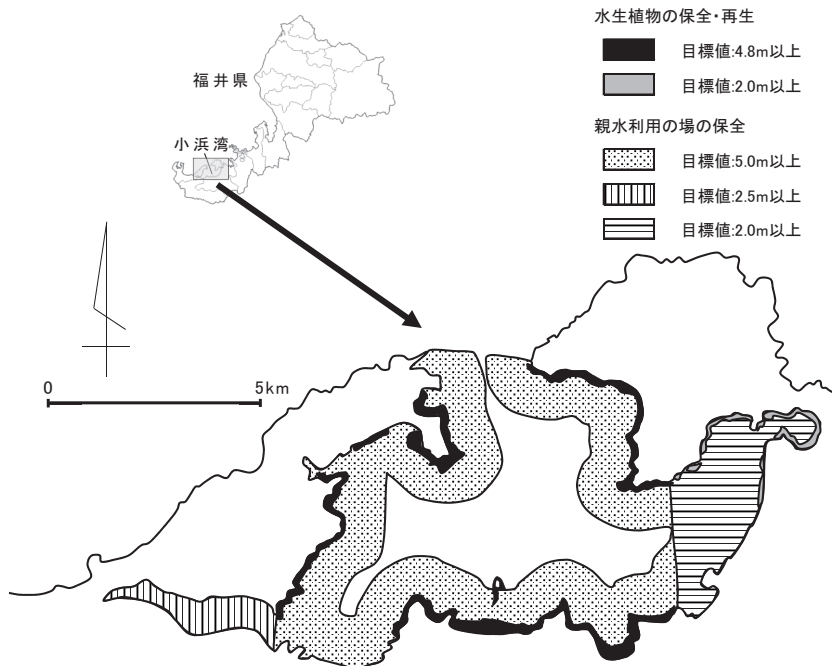


図1 小浜湾の沿岸透明度の水域あてはめ (案)
(環境省水・大気環境局水環境課2018に加筆)

水利用の大部分は、眺望（景観）、親水（散策）、釣り、遊覧船等の日常的親水であることに加え、現状の透明度の状況を踏まえて決定された。

以上、水生植物の保全・再生および親水利用の場の保全の両方を踏まえて沿岸透明度の水域あてはめを行った結果を図1に示す。

著者は、小浜湾および流入河川の北川を対象に、水質および底質を分析し、報告した（松井2014）。しかし、誌面の関係上、データをすべて報告することができなかった。本報では、沿岸透明度の目標設定ガイドラインがとりまとめられたことを受け、小浜湾における底層 DO の基準値および沿岸透明度の目標値を検証するために未発表データを報告する。

II. 方法

1. 調査地

小浜湾（図2）は北側が日本海（若狭湾）に開口し、福井県小浜市松ヶ崎と大飯郡おおい町鋸崎を結ぶ線および陸域により囲まれた湾口幅2.4km、面積58.7km²、湾内最大水深35m、湾口最大水深35m、閉鎖度指標3.19の閉鎖性海域である（環境省閉鎖性海域ネット）。

小浜湾の南東部に北川および南川、南西部に佐分利川が流入する。1級河川の北川は、流域面積210.2km²、幹川流路延長30.3kmをなし、その流域の約

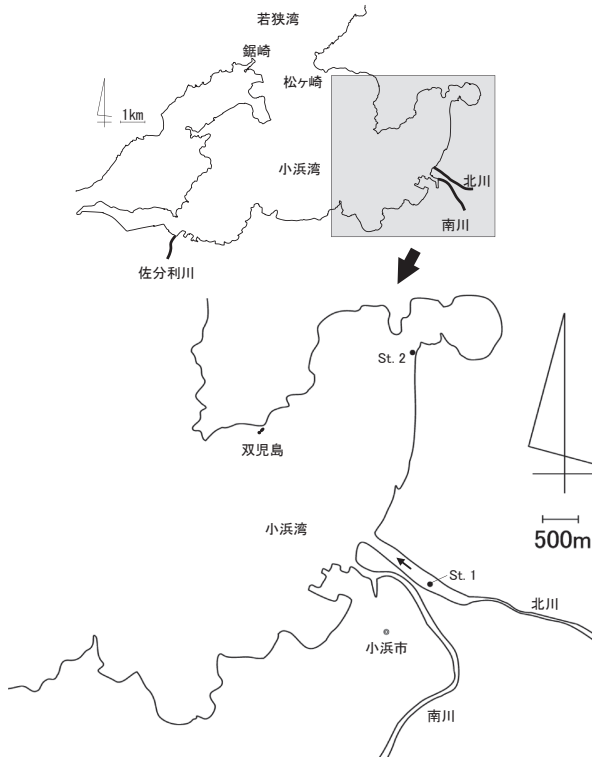


図2 調査地点の位置

83%が山林，約13%が農地，約4%が宅地その他で構成されている。北川水系の水利用の94%が925haの農地の灌漑用水として利用されている（国土交通省近畿地方整備局2012）。南川および佐分利川は2級河川である。

調査地点は，小浜湾と流入河川の関係をつめるために，北川に St. 1（北緯35°29'58"，東経135°45'23"），小浜湾内に St. 2（北緯35°31'52"，東経135°45'04"）を設定した。

2. 調査方法

環境調査は2011年4月から2012年5月まで行った。上述の2地点について，水中の水素イオン濃度（pH），溶存酸素量（DO），塩分濃度，水温および透視度を計測した。調査は1週間に1回の頻度で実施した。pHは株式会社堀場製作所製コンパクト pH メーター B-212，DO および水温は飯島電子工業株式会社製 DO メーター ID-100，塩分濃度は株式会社エムケー・サイエンティフィック製 SALT メーター YK-31SA，透視度はケニス株式会社製透視度計 TO-50（最大50cm）を用いた。

Ⅲ. 結果

1. pH

St. 1の最大値は9.1，最小値は6.6，平均値は7.8（±標準偏差0.6），St. 2の最大値は8.7，最小値は7.2，平均値は8.0（±標準偏差0.3）を示した。北川は小浜湾より変動幅が大きかった（図3）。

2. DO

St. 1の最大値は12.7mg/L，最小値は3.3mg/L，平均値は9.3mg/L（±標準偏差2.1），St. 2の最大値は11.1mg/L，最小値は1.9mg/L，平均値は7.4mg/L（±標準偏差2.2）を示した。北川および小浜湾ともに夏季に減少した（図4）。

3. 塩分濃度

St. 1の最大値は3.10%，最小値は0.00%，平均値は0.18%（±標準偏差

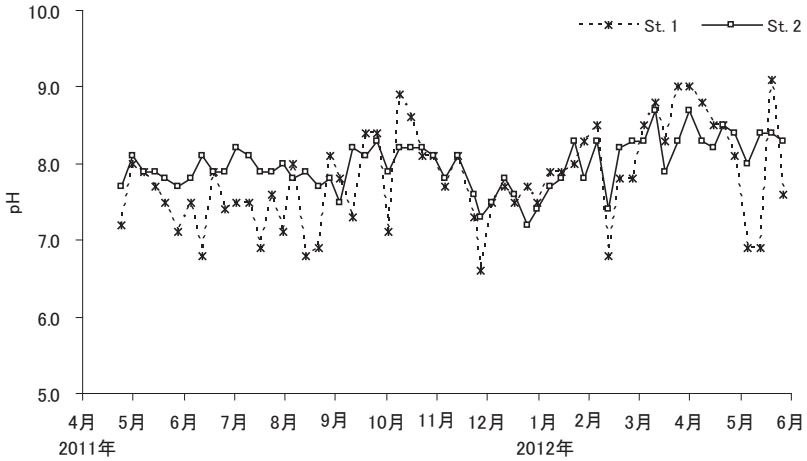


図3 調査地点における pH の季節変化

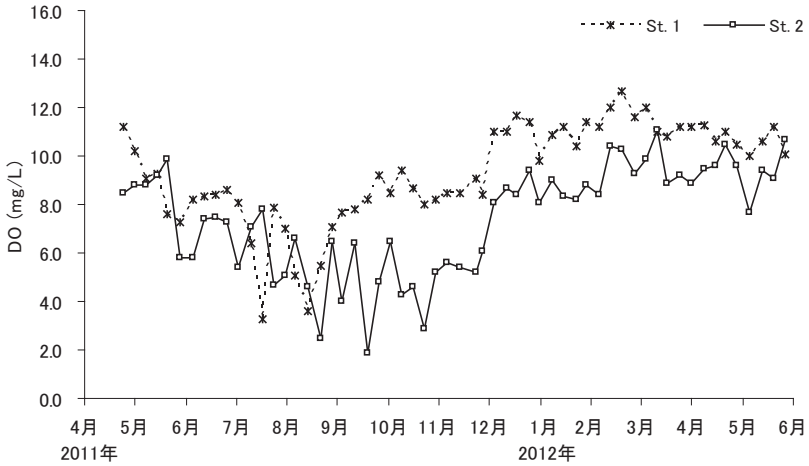


図4 調査地点における DO の季節変化

0.68), St. 2 の最大値は3.51%, 最小値は0.58%, 平均値は2.97% (±標準偏差0.61) を示した。小浜湾の塩分は降雨量および降雪量の増加に伴い希釈され減少した。北川の塩分は夏季にのみ確認された。つまり, 北川は夏季の高潮期に感潮する河川である (図5)。

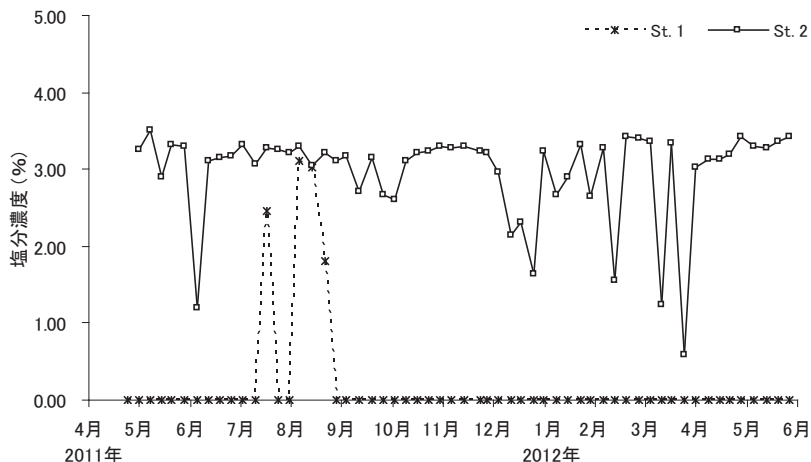


図5 調査地点における塩分濃度の季節変化

4. 水温

St. 1の最大値は31.1℃，最小値は4.8℃，平均値は14.8℃（±標準偏差6.7），St. 2の最大値は30.4℃，最小値は5.8℃，平均値は18.0℃（±標準偏差7.5）を示した。全般に，小浜湾は北川より水温が高かった（図6）。

5. 透視度

透視度計は50cm用を用いたため，透視度50cmは現実の水質値を示すものではない。北川の透視度は降雨量および降雪量の増加に伴い著しく減少したのに対し，小浜湾のそれは比較的減少幅が小さかった（図7）。

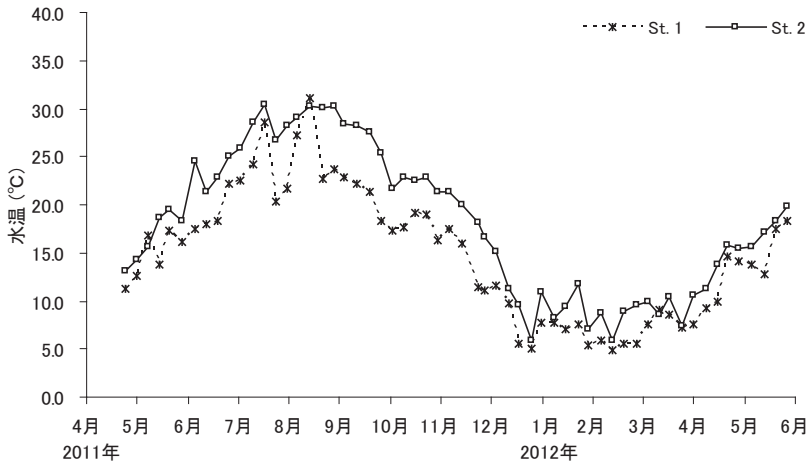


図6 調査地点における水温の季節変化

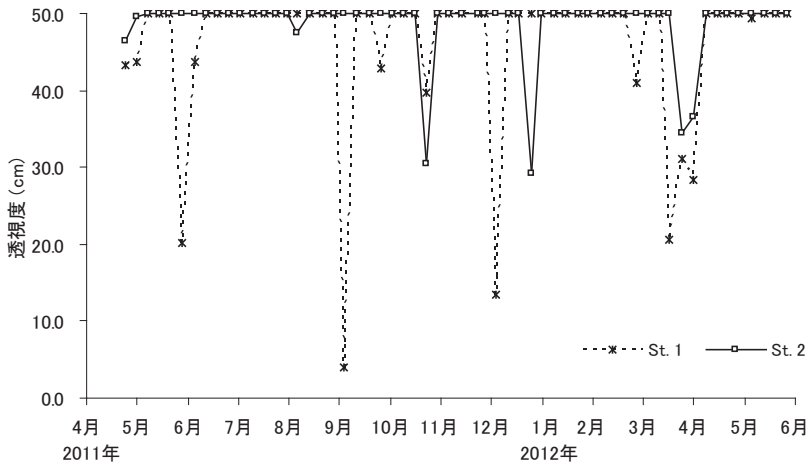


図7 調査地点における透視度の季節変化

IV. 考察

1. 底層溶存酸素量

底層 DO の基準値によると、対象とする水生生物ごとに3類型し、最も厳しいもので4.0mg/L以上としている(表1)。

本調査結果から、小浜湾では8から10月にかけて4.0mg/Lを下回った(図4)。一方、平均値は7.4mg/Lであったので、本基準値に抵触しない。

以上のことから、基準値を設定する場合、1年間の平均値とするのか、最低値とするのかを決めなければならない。あるいは、季節ごとに環境基準値を設定するのも一案である。

2. 沿岸透明度

本調査で測定した透視度は水平方向の見える距離であるのに対し、沿岸透明度は垂直方向の見える距離を言う。従って、本調査結果から小浜湾の沿岸透明度を達成しているかどうかを判断することはできない。

沿岸透明度の目標値は、各水域において地域の実情(水生植物の生育状況、水域の利用状況等)を加味し、適切な水環境の保全、管理を考慮して設定することになるので地域力が問われることになる。

小浜湾がモデル地区に選定されたのも、水質保全に取り組む市民活動が活発であったからである。しかし、小浜市の市民活動でさえ参加する人は限られており、もっと裾野を広げる必要がある。本調査を全国展開するのであればなおさらである。

市民参加の動機付けとして、「見える化」が有効である。底層 DO および沿岸透明度を毎月1日以上測定することから(環境省水・大気環境局水環境課2018)、測定後はすぐにインターネット上に表示できるようにするのがよい。

国民が全国の湾内状況を即時に、一目で把握できるのは魅力的である。自分の身近にある湾を他の湾と比較することにより、競争意識が働き、自身の湾に対する親近感が増幅すると思われる。

達成評価方法については、①すべての測定地点の沿岸透明度が目標値に適合したときに達成とする考え方、②目標値に適合している測定地点数の割合で評

価する考え方の2パターンが挙げられる。どちらを選択するかについては、地域において検討（合意形成）した上で評価方法を設定することが望ましい（環境省水・大気環境局水環境課 2018）。

3. 新たな指標

湾を身近に感じるためには、底層 DO および沿岸透明度だけでなく、水温を測定することを提案する。その理由は、水温は水生生物の生存にとって最も基礎的であり、国民の実感にあった分かりやすい指標と言えるからである。

沿岸の藻場は近年の海水温の上昇により衰退または消失していることから（山本2016）、水温をモニタリングすることは重要である。国民が海水温に関心を示し、温暖化の影響を検討することは大切である。なお、水温は底層 DO の測定時に併せて記録すればよい。

4. 今後の課題

環境に関する国（環境省）、地方（都道府県、市町村）および市民の役割について、現状および解決策を表3に示す。現状は、環境省は国全体に関して、都道府県、市町村はより地域が限定された地方に関して環境行政を行っている。一方、市民はお上任せ、あるいは無関心なのが問題である。これは、すなわちトップダウン方式の典型、そして弊害である。今後は、市民の役割を見直し、ボトムアップ方式に転換していかなければならない。その理由は、自然に最も身近な市民が中心となって、保全、再生、創出および維持管理していくのが望ましいと考えるからである。

今後は、市民が中心となって小浜湾の底層 DO および沿岸透明度を測定することが望まれる。継続性を考慮すると、①調査地点へのアクセスが容易で安

表3 環境に関する国、地方および市民の役割

	現状	解決策
国（環境省）	・ 法律の制定, 改善 ・ 調査, 研究	・ 法律の制定, 改善 ・ 調査, 研究（市民参加型）
地方（都道府県, 市町村）	・ 条例の制定, 改善 ・ 調査, 研究	・ 条例の制定, 改善 ・ 調査, 研究（市民参加型）
市民	・ お上任せ ・ 無関心	・ 国および地方の調査, 研究に参加 ・ 国および地方の環境行政に意見

全なこと、②調査方法が簡便なことが条件になる。その他にも、③市民参加者を確保すること、④学術雑誌へ記録することが求められる。

①に関しては、調査地点へアクセスするために船舶を利用しなければならないと負担が大きいことから、できれば船舶を利用しないで計測できるとよい。例えば、湾内にある突堤を利用して調査する方法が考えられる。なお、長期的な水質データの蓄積により特性の把握がしやすい既存の環境基準点および補助点を活用するのが効果的・効率的である（環境省水・大気環境局水環境課2018）。

②に関しては、底層 DO は溶存酸素計（DO 計）、沿岸透明度は透明度板を利用すればよいことから容易に実施できる。ただし、DO 計については電池不足や隔膜カートリッジの交換に注意しなければならない。なお、DO 計を水中に垂らして直読するのが最もよいが、水深が大きくケーブル長が足りないときは、バンドーン採水器で水を採水した後、地上で計測することになる。その際は、空中の酸素が混ざらないように速やかに測定しなければならない。

③に関しては、市民への広報に努めなければならない。市民と最も身近なのは市町村の役所である。募集内容を役所のホームページや広報紙に掲載すること、あるいは地方のマスコミ等に伝達してもらうことが効果的・効率的である。

④に関しては、収集されたデータは一時的にホームページに掲載するだけでなく、後世のために記録しなければならない。その手段として、市民が中心となって学術雑誌へ投稿するのがよい。その受け皿として、日本治山治水協会が果たす役割は大きい。特に、「水利科学」誌に「記録・調査報告」のような記事区分を用意し、多くの市民が投稿できるような環境づくりが求められる。

③および④を実践するために、市民、行政および学協会が協働することは、より良い湾内環境を保全するために不可欠である（松井2015）。また、底層 DO および沿岸透明度の調査は地元の建設コンサルタント、あるいは市民をまとめることができる自然再生士、一般社団法人および NPO 法人が中心になって実施するのが望ましい。

引用文献

中央環境審議会（2015）水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（答申）。環境省，東京。

<https://www.env.go.jp/press/101764/28679.pdf> (参照2018年12月6日確認)

環境省閉鎖性海域ネット

https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/waters/obamawan.html (参照2018年12月6日確認)

環境省水・大気環境局水環境課 (2016) 水質汚濁に係る環境基準の追加等に係る告示改正について. 環境省, 東京.

<https://www.env.go.jp/press/102287.html> (参照2018年12月6日確認)

環境省水・大気環境局水環境課 (2018) 沿岸透明度の目標設定ガイドライン. 環境省, 東京.

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/109540.pdf>

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/109541.pdf> (参照2018年12月6日確認)

環境省せとうちネット

https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/setonaikai/mb1.html (参照2018年12月6日確認)

国土交通省近畿地方整備局 (2012) 北川水系河川整備計画 (国管理区間). 国土交通省, 福井.

松井明 (2014) 水田地帯からの流出水が閉鎖性海域に及ぼす影響. 農業農村工学会誌, 82 (10) : 3-6.

松井明 (2015) より良い社会資本整備を実現するために必要なこと. 応用生態工学, 17 (2) : 105-108.

高橋一隆 (2016) 小浜湾 海の指標モデルに. 毎日新聞大阪本社朝刊2016年11月15日, 大阪.

山本智之 (2016) 温暖化 藻場ピンチ. 朝日新聞大阪本社朝刊2016年11月27日, 大阪.

(原稿受付2018年12月7日, 原稿受理2019年2月4日)