

# 湖沼の底層溶存酸素量及び沿岸透明度 に関する水質保全対策の手引き

【概要版】

令和2年3月

環境省 水・大気環境局 水環境課

## 概要版目次

---

1. 序章 .....	1
1.1 手引きの目的と対象 .....	1
1.2 手引きの構成等.....	1
2. 底層溶存酸素量の基礎知識.....	2
3. 沿岸透明度の基礎知識 .....	3
4. 水質保全対策検討の流れ .....	4
5. 底層溶存酸素量の対策（手法の紹介） .....	5
6. 沿岸透明度の対策（手法の紹介） .....	9

# I. 手引きの基本的な考え方の紹介

## 1. 序章

### 1.1 手引きの目的と対象

#### 1) 背景

中央環境審議会による「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(平成 27 年 12 月答申)」において、底層溶存酸素量を生活環境項目の環境基準とし、沿岸透明度を地域において設定する目標とするとの結論を得て、平成 28 年 3 月に底層溶存酸素量が生活環境項目の環境基準に追加された。

今後各地の湖沼において、これらの水質管理指標による効果的・効率的な保全対策を推進していくこととなる。

#### 2) 目的と対象

本手引きは、湖沼の水質保全対策を担う環境行政の担当者(以下、「担当者」という。)を対象に、担当者が新たな指標である「底層溶存酸素量」や「沿岸透明度」の改善に向けた対策等を検討する際の知見となることを目的としている。また、湖沼の水環境保全に関わる多くの方々の参考として活用されることを期待している。

### 1.2 手引きの構成等

手引きは、【概要版】、【詳細版】、【資料集】から構成されており、(1)タイプ区分による要因検討の補助、(2)共通の数値モデル・パラメータを使用した定量的な要因検討、(3)モデル事業の紹介、について記載することで担当者が湖沼の対策を検討するにあたって参考としやすい内容とした。

【概要版】には、【詳細版】の該当ページを記載しているので、内容を確認したい項目については、【詳細版】を確認いただきたい。

【詳細版】は、底層溶存酸素量、沿岸透明度のそれぞれについて、PDCA サイクルの考え方に基づいて整理している。

- ・P【Plan】:「現状把握と要因分析」、「対策の方針及び計画策定」
- ・D【Do】:「対策と調査の実施」
- ・C【Check】:「効果の把握・検証」
- ・A【Action】:「計画の見直し」

また、【資料集】には、共通の数値モデル・パラメータを公開している他、底層溶存酸素量のモデル事業にかかる対策の概要、対策の効果を把握するための調査、効果の評価に加えて、費用や課題等を記載した。

## 2. 底層溶存酸素量の基礎知識

### 1) 底層溶存酸素量とは

溶存酸素量は水中に溶け込んでいる酸素の量のことで、底層における溶存酸素量を底層溶存酸素量という。溶存酸素量については略称の DO (Dissolved Oxygen) もよく使われ、JIS では単位を mg/L としている。

### 2) 底層溶存酸素量が低下する典型的な要因

基本的には図 2-1 に示す2つの要因がそろった時に底層溶存酸素量の低下が生じるが、湖沼によってはどちらかの要因の影響が大きいこともある。

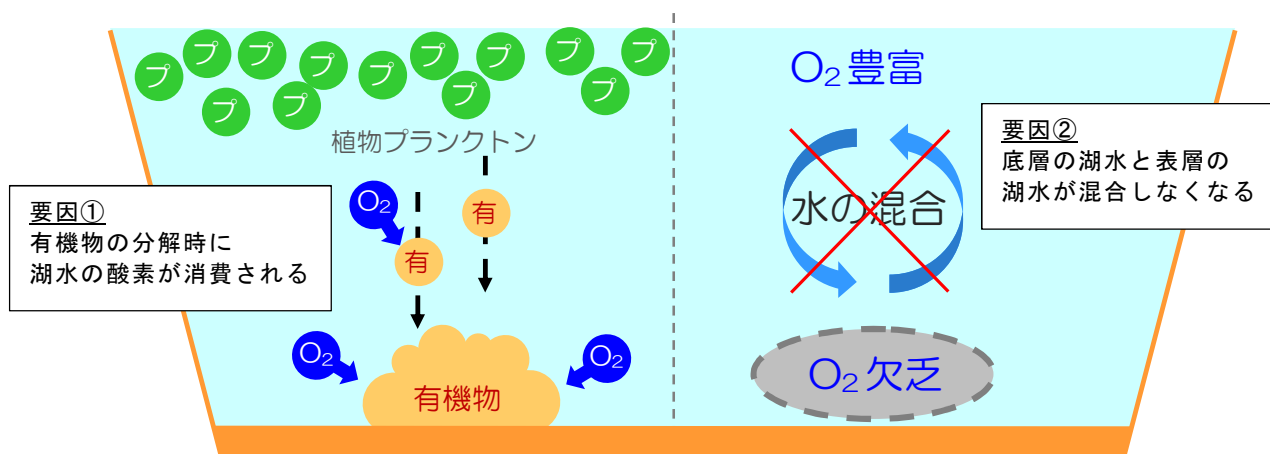


図 2-1 底層溶存酸素量が低下する2つの基本的な要因

### 3) 底層溶存酸素量の低下により生じる問題

底層溶存酸素量の低下により生じる問題は、図 2-2 に示す3点があげられる。

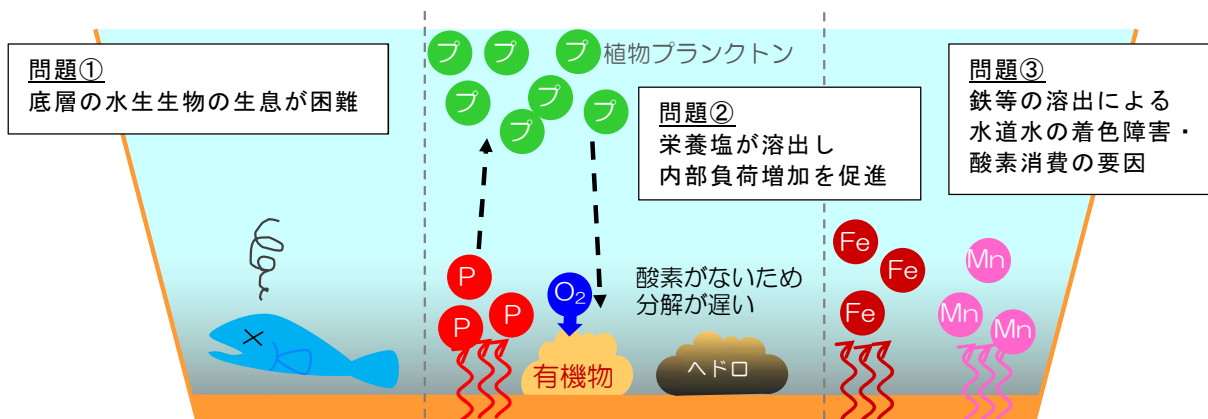


図 2-2 底層溶存酸素量の低下に伴う3つの基本的な問題

▶ 底層溶存酸素量の基礎知識については、【詳細版】 p2-2～2-8 も参照。

### 3. 沿岸透明度の基礎知識

#### 1) 沿岸透明度とは

透明度は水の透明さを表す指標であり、透明度が高いほど可視光を良く透過することを示す。水生植物の保全・再生の観点からは沿岸に水生植物が生育することが多いこと、親水利用の場の保全の観点からは、水浴や眺望等が沖合ではなく沿岸水域を対象とすることから、望ましい水環境の状態を表す指標として、「沿岸透明度」が地域において設定する目標として定められた。

#### 2) 沿岸透明度が低下する典型的な要因

基本的には図 3-1 に示す3つの要因の組み合わせで湖沼の沿岸透明度の低下は起るが、湖沼によってはいずれかの要因の影響が大きいこともある。

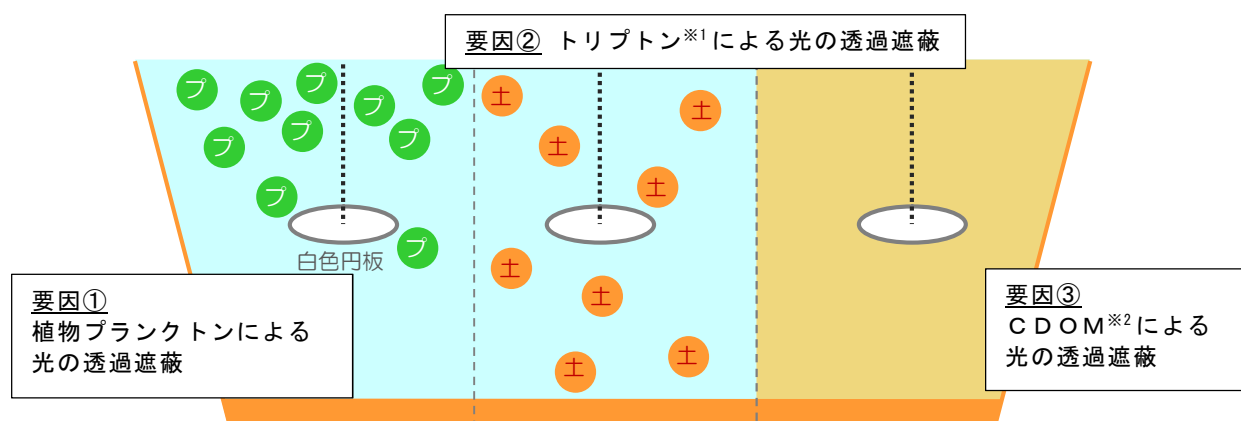


図 3-1 沿岸透明度が低下する3つの基本的な要因

※1 トリプトン：植物プランクトン以外の懸濁物質（土粒子等）

※2 CDOM：有色溶存有機物

#### 3) 沿岸透明度の低下により生じる問題

湖沼の沿岸透明度の低下により生じる問題としては、

図 3-2 に示す2点あげられる。

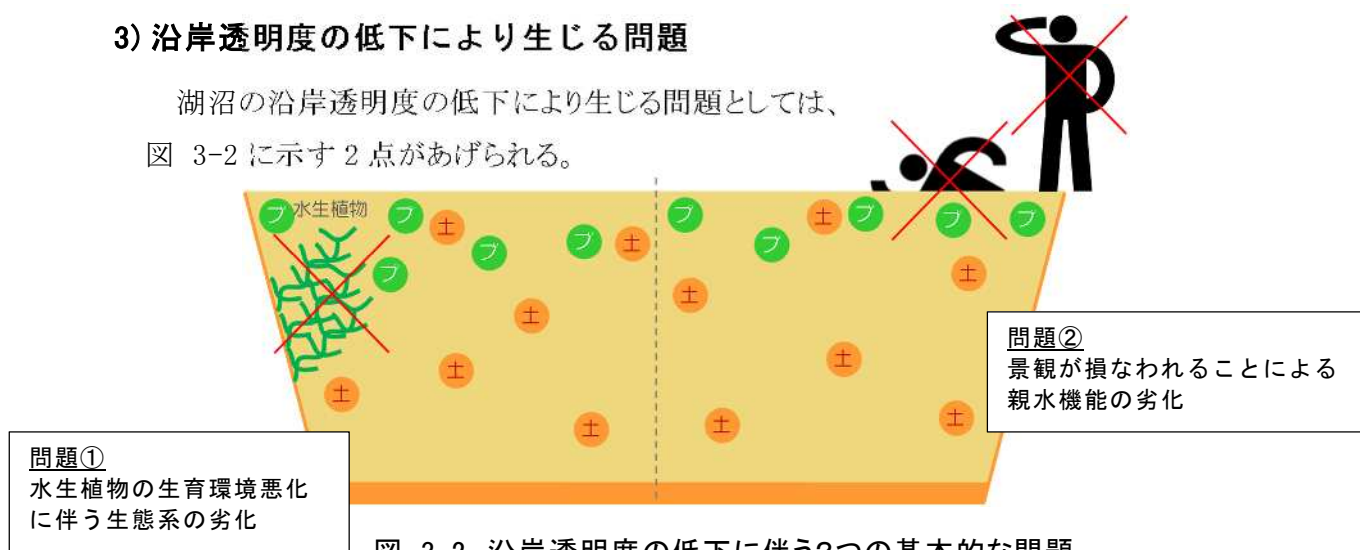


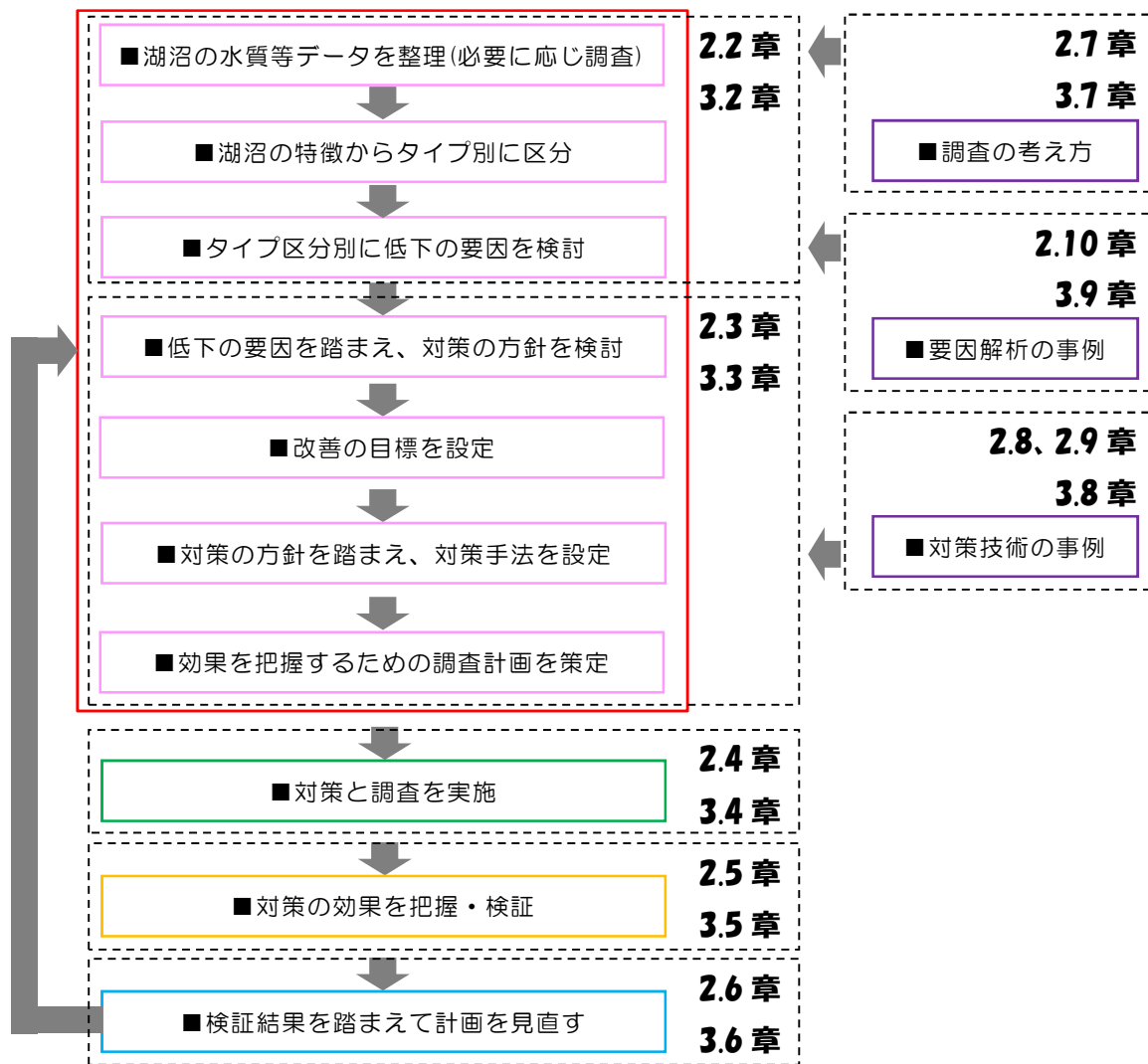
図 3-2 沿岸透明度の低下に伴う2つの基本的な問題

▶ 沿岸透明度の基礎知識については、【詳細版】p3-2～3-9も参照。

## Ⅱ.手引き【詳細版】より一部抜粋した手法の紹介

### 4. 水質保全対策検討の流れ

底層溶存酸素量及び沿岸透明度に係る水質保全対策検討の流れについて図 4-1 に示す。



※図中“X.X 章”は手引き【詳細版】の該当する章を示す  
(2 章は底層溶存酸素量、3 章は沿岸透明度)

図 4-1 底層溶存酸素量及び沿岸透明度の対策にかかる検討の流れ

## 5. 底層溶存酸素量の対策（手法の紹介）

### ■湖沼の特徴からタイプ別に区分

要因の検討や対策にあたって、参考にすべき湖沼を概定するために、図 5-1 のフローで「汽水湖」、「深い湖」、「浅い湖」、「貯水池」に大きく区分することもできる。

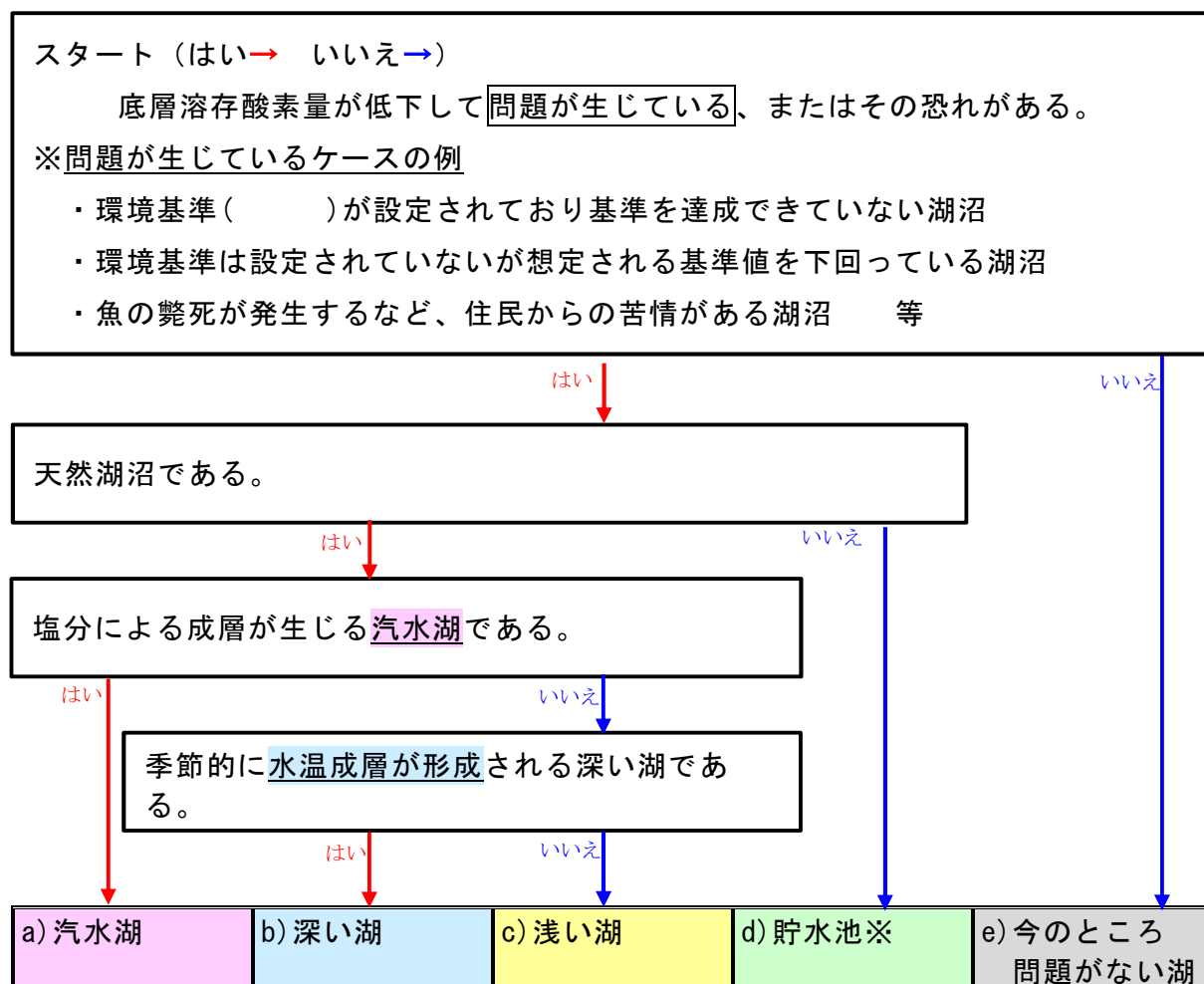


図 5-1 底層溶存酸素量低下の要因検討の参考のためのタイプ区分フロー

※ダムの死水域に代表されるような、構造物等により底層が構造上貧酸素化しやすくなっている範囲であって、その利水等の目的で、水生生物が生息できる場の保全・再生を図る必要がないと判断される範囲については、必ずしも類型指定を行う必要はない。

表 5-1 底層溶存酸素量の類型及び基準値

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	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・再生産する水域又は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	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・再生産する水域又は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	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・再生産する水域又は無生物域を解消する水域	2.0mg/L 以上

※基準値は日間平均値とする。

※測定方法はJIS\_K0102 に定める方法。または環境庁告示第 59 号(水質汚濁に係る環境基準)付表 13。

※底層溶存酸素量の測定水深は、可能な限り湖底直上で測定することが望ましいが、底泥の巻き上げや地形の影響等のため難しい場合には、湖底から 1m 以内の底層とすることとされている。

また、要因の検討にあたって、湖沼の現状と複合的な要因との関連性を明らかにし、効果的・効率的な対策を選定するために、数値モデルを用いることもできる。

手引き【詳細版】では、6 つの指定湖沼(釜房ダム貯水池、霞ヶ浦、諏訪湖、琵琶湖、中海、宍道湖)において共通の数値モデル、共通のパラメータを用いて数値シミュレーションによる水質汚濁のメカニズム解析を行い、要因を明らかにするとともに、保全対策の定量的な評価を行った事例を示した。

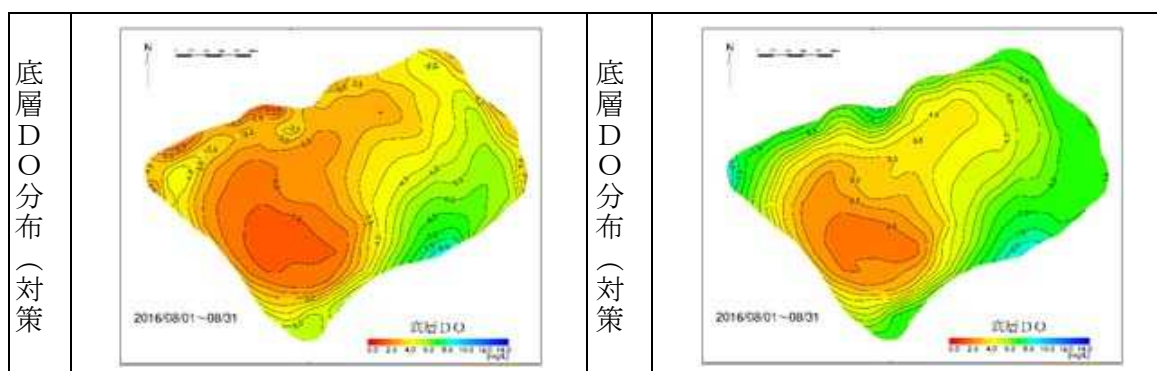


図 5-2 数値シミュレーションによる保全対策の定量的な評価のイメージ

また、資料集(WEB で公開)には使用した共通の数値モデル及びパラメータを公開した。専門的な知識や経験を持ち、データが充実している湖沼では、事例を参考に共通の数値モデル、共通のパラメータを用いた数値シミュレーションによる水質汚濁のメカニズム解析を行うことができる。

▶ 数値モデルを用いた評価の事例については、【詳細版】p2-45～を、詳細な結果や使用した数値モデル・パラメータについては資料集を参照。



■低下の要因を踏まえ対策の方針を検討

【詳細版】においては、ここで区分されたタイプ別に、典型的な底層溶存酸素量低下の要因や、各タイプに対応する対策の方針について検討している。各タイプに対応する典型的な対策の方針を表 5-2 に示す。

表 5-2 各タイプに対応する典型的な対策の方針

タイプ	典型的な対策の方針
a)汽水湖	(1)外部負荷の削減 (2)内部負荷の削減 <b>(3)湖水の混合の促進・底層への酸素等の直接供給</b> (4)生態系機能を活用した水質浄化(他の方針と組み合わせて)
b)深い湖	(1)外部負荷の削減 (2)内部負荷の削減 <b>(3)湖水の混合の促進・底層への酸素等の直接供給</b> (4)生態系機能を活用した水質浄化(他の方針と組み合わせて)
c)浅い湖	(1)外部負荷の削減 (2)内部負荷の削減 <b>(3)湖水の混合の促進・底層への酸素等の直接供給</b> (4)生態系機能を活用した水質浄化(他の方針と組み合わせて) <b>(5)水草の過剰な繁茂の抑制(水草が過剰に繁茂している湖で)</b>
d)貯水池	(1)外部負荷の削減 (2)内部負荷の削減 <b>(6)貯水池内での対策</b>
e)今のところ問題がない湖沼	(基礎調査等による継続的な状況の確認が望ましい)

(1)～(6)は表 5-3 の(1)～(6)に対応している。((1)～(6)は優先順位とは関係がない)

**太字ゴシック**は各タイプの典型的な要因で底層溶存酸素量が低下している湖沼で効果が高いと想定される方針

※外部負荷の削減、内部負荷の削減について、既にこれらの対策を行っている場合には追加の対策の効果について検討する。



典型的な底層溶存酸素量低下の要因については、【詳細版】 p2-11～を、それらに対応する対策の方針については【詳細版】 p2-14～を参照。

### ■対策の方針を踏まえ対策手法を設定

対策の方針に対応する主な対策の例を表 5-3 に示す。対策の原理や適用技術例は【詳細版】p2-31～に詳述している。その他、環境省が平成 26 年度～令和元年度に実施した「湖沼溶存酸素量及び沿岸透明度改善モデル事業」についても整理した(【詳細版】p2-36～)。

表 5-3 底層溶存酸素量改善のための主な対策の例

対策の方針	主な対策の例
(1)外部負荷の削減	特定汚染源対策、非特定汚染源対策、土砂流出抑制、流入河川の浄化、内湖の整備、系外放流、流量の増加
(2)内部負荷の削減	底質改善、湖水の浄化、植物プランクトン発生抑制
(3)湖水の混合の促進・底層への酸素等の直接供給	流量の増加、湖水の混合、底層への酸素・空気供給、人工的な深堀り跡埋め戻し、塩分調整・海水の導入(汽水湖)
(4)生態系機能を活用した水質浄化(他の方針と組み合わせて)	抽水植物等による浄化とその取り上げ、二枚貝等による浄化とその取り上げ
(5)水草の過剰な繁茂の抑制	水草の刈り取り
(6)貯水池内での対策	湖水の混合、底層への酸素・空気供給、選択取水、流動制御フェンス

対策の原理や適用技術例は【詳細版】p2-31～を、

- ▶ モデル事業の実施状況については、【詳細版】p2-36～を、  
モデル事業の結果等については資料集を参照。

### ■効果を把握するための調査計画を策定

対策技術を選定した後は、対策を受けた底層溶存酸素量や関連する項目の回復の程度・状況を確認し、改善効果を検証・評価するために効果を把握するための調査計画を策定する。

その後は対策と調査を実施し、対策の効果を把握・検証し、検証結果を踏まえて必要に応じて計画を見直す。

調査の考え方は【詳細版】p2-25～を、

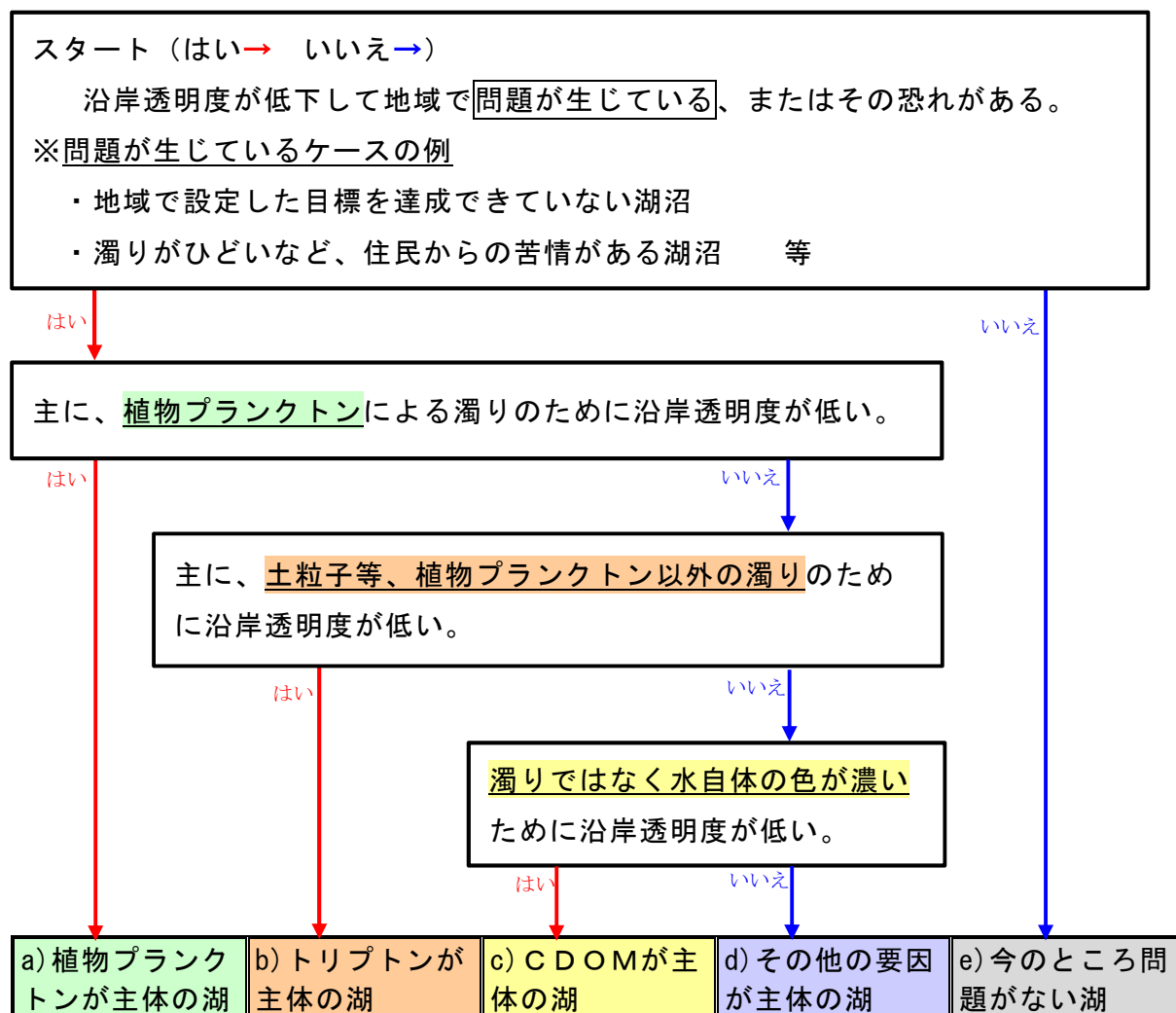
- ▶ 対策と調査の実施、対策の効果の把握・検証、検証結果を踏まえた計画の見直しについては、【詳細版】p2-22～を参照。



## 6. 沿岸透明度の対策（手法の紹介）

### ■湖沼の特徴からタイプ別に区分

要因の検討や対策にあたって、参考にすべき湖沼を概定するために、図 6-1 のフローで「植物プランクトンが主体の湖」、「トリプトンが主体の湖」、「CDOMが主体の湖」に大きく区分することもできる。



※複合的な要因によって沿岸透明度が低下している湖沼では、複数のタイプを参考にする。

図 6-1 沿岸透明度低下にかかる特徴を明確にするためのタイプ区分フロー

沿岸透明度低下に寄与する要因については、水質調査結果を用いて重回帰モデルを構築することで検討することもできる。モデルの基本式は式 1 に、トリプトンの推定式は式 2 に示すとおり。

$$SD^{-1} = a_1 \cdot [\text{Chl-a}] + a_2 \cdot [\text{Tr}] + a_3 \cdot [\text{CDOM}] + b_1 \quad (\text{式 1})$$

SD は透明度 (m)、[Chl-a]はクロロフィル a 濃度 ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )、[Tr]はトリプトン濃度 ( $\text{mg L}^{-1}$ )、[CDOM]は CDOM の吸収係数 ( $\text{m}^{-1}$ )、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $b_1$  は係数

$$[\text{Tr}] = [\text{SS}] - [\text{PSS}] = [\text{SS}] - d \cdot [\text{Chl-a}] \quad (\text{式 2})$$

[SS]は SS 濃度 ( $\text{mg L}^{-1}$ )、[PSS]は植物プランクトン態 SS 濃度 ( $\text{mg L}^{-1}$ )、 $d$  は係数

▶ 重回帰モデルを用いた要因解析については、【詳細版】p3-35〜に詳述。

手引き【詳細版】では、複数の指定湖沼において重回帰モデルを用いて透明度の低下に寄与する要因を明らかにするとともに、保全対策の定量的な評価を行った事例を示した。また、資料集 (WEB で公開) には、より詳細なモデルの構築の事例を掲載している。

■低下の要因を踏まえ対策の方針を検討

【詳細版】においては、ここで区分されたタイプ別に、典型的な沿岸透明度低下の要因や、各タイプに対応する対策の方針について検討している。各タイプに対応する典型的な対策の方針を表 6-1 に示す。

表 6-1 各タイプに対応する典型的な対策の方針

タイプ	典型的な対策の方針
a)植物プランクトンが主体の湖	(1)外部負荷の削減 (2)内部負荷の削減 (3)湖水の混合の促進 (4)生態系機能を活用した水質浄化(他の方針と組み合わせて)
b)トリプトンが主体の湖	(5)濁質の発生の低減 (6)濁質の流入の低減 (7)底泥の巻き上げの低減
c)CDOM が主体の湖	(CDOM が自然由来の場合には、本手引きで対策の対象としない) (極微細な粒子が透明度低下の主な原因となっている場合には、トリプトンが主体の湖と同様の方針で対策を行うことができる)
d)その他の要因が主体の湖	(各地の条件等を勘案してそれぞれの要因毎に対策を検討する)
e)今のところ問題がない湖沼	(基礎調査等による継続的な状況の確認が望ましい)

(1)～(7)は表 6-2 の(1)～(7)に対応している。(1)～(7)は優先順位とは関係がない)  
 ※外部負荷の削減、内部負荷の削減について、既にこれらの対策を行っている場合には追加の対策の効果について検討する。



典型的な沿岸透明度低下の要因については、【詳細版】 p3-10～を、それらに対応する対策の方針については【詳細版】 p3-14～を参照。

### ■対策の方針を踏まえ対策手法を設定

対策の方針に対応する主な対策の例を表 6-2 に示す。対策の原理や適用技術例は【詳細版】p3-29～に詳述している。

表 6-2 沿岸透明度改善のための主な対策の例

対策の方針	主な対策の例
(1)外部負荷の削減	特定汚染源対策、非特定汚染源対策、土砂流出抑制、流入河川の浄化、内湖の整備、系外放流、流量の増加
(2)内部負荷の削減	底質改善、湖水の浄化、植物プランクトン発生抑制
(3)湖水の混合の促進	流量の増加、湖水の混合、人工的な深堀り跡埋め戻し、塩分調整・海水の導入(汽水湖)
(4)生態系機能を活用した水質浄化(他の方針と組み合わせる)	抽水植物等による浄化とその取り上げ、二枚貝等による浄化とその取り上げ
(5)濁水の発生の低減	都市地域の堆積負荷の除去、農業地域の土壌の流出防止、水田の用排水の適正管理、農業用排水路対策、森林の適正管理、森林地域の水土保持対策
(6)濁水の流入の低減	土砂流入防止フェンス、流入河川の浄化、内湖の整備、土砂バイパス
(7)底泥の巻き上げの低減	底質改善、フラッシング

▶ 対策の原理や適用技術例は【詳細版】p3-29～を参照。

### ■効果を把握するための調査計画を策定

対策技術を選定した後は、対策を受けた底層溶存酸素量や関連する項目の回復の程度・状況を確認し、改善効果を検証・評価するために効果を把握するための調査計画を策定する。

その後は対策と調査を実施し、対策の効果を把握・検証し、検証結果を踏まえて必要に応じて計画を見直す。

調査の考え方は【詳細版】p3-23～を、  
▶ 対策と調査の実施、対策の効果の把握・検証、検証結果を踏まえた計画の見直しについては、【詳細版】p3-20～を参照。

※手引きや資料集は以下のホームページでご覧いただけます。

[http://www.env.go.jp/water/kosyou/post\\_87.html](http://www.env.go.jp/water/kosyou/post_87.html)

