

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
(報告)

平成 27 年 12 月

中央環境審議会水環境部会生活環境項目環境基準専門委員会

目次

1. はじめに.....	1
2. 生活環境項目としての環境基準の検討について.....	2
(1) これまでの経緯.....	2
(2) 今回の検討事項.....	3
3. 底層溶存酸素量の目標設定の検討について.....	7
(1) 底層溶存酸素量の目標設定の基本的考え方.....	7
(2) 貧酸素耐性評価値の導出方法.....	7
(3) 底層溶存酸素量の目標値.....	8
(4) 底層溶存酸素量の目標の設定.....	10
(5) 測定方法.....	10
(6) 底層溶存酸素量の各水域における類型指定の方向性.....	10
(7) 底層溶存酸素量の監視及び評価方法.....	13
(8) 対策の方向性.....	13
4. 沿岸透明度の目標設定の検討について.....	14
(1) 沿岸透明度の目標設定の基本的考え方.....	14
(2) 沿岸透明度の目標値の導出方法.....	14
(3) 沿岸透明度の目標値.....	15
(4) 沿岸透明度の目標の位置付け.....	16
(5) 沿岸透明度の目標値の設定.....	17
(6) 測定方法.....	18
(7) 沿岸透明度の各水域における目標値設定の方向性.....	18
(8) 沿岸透明度の監視及び評価方法.....	20
(9) 対策の方向性.....	20
5. おわりに.....	21

1. はじめに

環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準のうち、生活環境の保全に関する環境基準（以下、「生活環境項目環境基準」という。）については、化学的酸素要求量（COD）、全窒素、全リン等、現在 12 項目が定められている。

これまでの法制度に基づく施策及び地方公共団体や事業者等の取組により、激甚な水質汚濁を克服してきたが、水環境が良好でないと感じている国民は依然として多い。これからの水環境の保全・再生の取組に当たっては、近年の国民のニーズの多様化や社会情勢の変化を踏まえると、これまでの公害対策の側面のみならず、健全な水循環の維持又は回復¹⁾を含め、より望ましい水環境の実現を進めていくことが求められている。

生活環境項目環境基準は、利水目的（又は利水障害）に対応した水質のレベルを目標値としてこれまで定められてきた²⁾が、これに加え、地域の視点を踏まえた望ましい水環境を実現させるため、それぞれの地域特性に応じた目標についても検討を進める必要がある。その際には、水環境の構成要素である水質、水量、水生生物、水辺地の視点を含めた目標の導入について検討していく必要がある³⁾。

一方、内湾や湖沼等の閉鎖性水域での水質改善は未だ十分ではない状況にあり、水域によっては、貧酸素水塊の発生等により水生生物の生息や水利用等に障害が生じている状況にある。

こうした状況を踏まえ、平成 25 年 8 月の「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（諮問）」を受け、より国民の実感にあった分かりやすい指標により望ましい水環境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、底層溶存酸素量及び透明度に着目し、生活環境項目環境基準の追加等について検討を行った。

検討の結果、底層溶存酸素量は生活環境項目環境基準とし、沿岸透明度は環境基準ではなく、地域において設定する目標とするとの結論を得たので、ここに報告する。

2. 生活環境項目としての環境基準の検討について

(1) これまでの経緯

底層溶存酸素量及び透明度については、これまで以下のような指摘等がなされている。

「海域の窒素及び磷に係る環境基準等の設定について（答申）」（平成5年6月中央公害対策審議会）では、今後の課題として、「透明度や底層の溶存酸素量についての目標値の導入、有機汚濁指標についての検討等を含め、海域の環境基準について幅広い観点から検討を加えつつ、海域環境の状況をよりの確に表しうる指標及び評価方法の検討を続けていく必要がある」と指摘がなされた。

「湖沼環境保全制度の在り方について（答申）」（平成17年1月中央環境審議会）⁴⁾では、湖沼の水環境の適切な評価の補助指標として「地域住民の理解を促進し、施策への参加が容易となる施策目標から評価までの体系を構築するため、湖沼の水環境の評価については、従来の水質環境基準項目を基本に置きつつ、地域住民にも分かりやすい補助指標を設けて活用することが適切である。具体的には、湖沼の利用目的等の特性に応じて、透明度又は透視度、植物プランクトンの指標となるクロロフィルa、底層のDO（溶存酸素量）、利水の観点からのカビ臭物質（2-MIB、ジェオスミン）、生物指標などが考えられる。」と指摘がなされた。

「閉鎖性海域中長期ビジョン」（平成22年3月今後の閉鎖性海域対策に関する懇談会）⁵⁾では、新たな水質目標として「貧酸素水塊による生物への影響を軽減し、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には、底層においてDOに係る目標を設定する必要があると考えられる。他方、生物の再生産のみならず水質の浄化等に重要な役割を担っている藻場の保全・再生に向けては、透明度を指標とした目標を設定する必要があると考えられる。また、透明度は、良好な水環境であるかを市民が体感しやすい指標であり、親水利用の観点からも必要な指標であると考えられる。このため、底層DO及び透明度を新たな指標として目標値を設定することを提案する。」と指摘がなされた。

「第7次水質総量削減の在り方について（答申）」（平成22年3月中央環境審議会）⁶⁾では、今後の課題として、「水生生物の生育・生息や、必要に応じてその持続的な利用も考慮した閉鎖性海域の環境改善に向けて、広く水生生物（特に底生生物）の生息に影響を与える主要な要素の一つと考えられる底層DO及び水生植物の生育などや親水環境の要素も併せて示す透明度について、閉鎖性海域中長期ビジョンでの検討を出発点として、環境基準化を見据えた検討を行うことが必要である。」と指摘がなされた。

「今後の水環境保全の在り方について」（平成 23 年 3 月今後の水環境保全に関する検討会）³⁾では、閉鎖性海域の水質改善については、「「第 7 次水質総量削減の在り方について」を踏まえ、今後とも、各種汚濁負荷削減対策、干潟・藻場の保全・再生等により、水質総量削減を着実に推進していくとともに「閉鎖性海域中長期ビジョン」での検討を踏まえ、広く水生生物（特に底生生物）の生息に影響を与える主要な要素の一つと考えられる底層 DO 及び水生植物の生育などや景観的な要素もあわせて示す透明度の環境基準化に向け検討を進めることが必要である。」と指摘がなされた。

また、湖沼の水環境改善については、「「地域の観点」を踏まえ、国民の実感にあった分かりやすい目標となるように、例えば底層 DO や透明度といった新たな水質指標を設定することが重要である。」と指摘がなされた。

「第 4 次環境基本計画」（平成 24 年 4 月閣議決定）⁷⁾では、「底層における水生生物の生息、水生植物の生育への影響、新たな衛生微生物指標などに着目した環境基準等の目標について調査検討を行い、指標の充実を図る。」とされた。

以上のような、これまでの指摘等を踏まえ、平成 25 年 8 月に環境大臣から中央環境審議会会長に対し、「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」の諮問がなされた。

（２）今回の検討事項

1) 生活環境項目環境基準における課題

生活環境項目環境基準が最初に設定されてから 40 年以上が経ち、この間、環境基準を達成するために水質汚濁防止法、瀬戸内海環境保全特別措置法、湖沼水質保全特別措置法等に基づく各種施策が総合的に進められてきたところである。

COD、全窒素及び全リンの環境基準は環境水中の酸素を消費する有機汚濁物質及び富栄養化をもたらす栄養塩類の指標として設定され、負荷削減のための排水基準及び総量規制基準の設定とあわせて、環境水の状況を表しつつ対策と結びつける役割を担ってきた。全国の公共用水域における COD、全窒素及び全リンの環境基準達成率は年々上昇傾向にあり、COD、全窒素及び全リンの環境基準は水質改善のために大きな役割を果たしてきたところである。

一方で、貧酸素水塊の発生や藻場・干潟等の減少、水辺地の親水機能の低下等の課題が残されており、水生生物の生息環境や水辺地の親水機能などを評価するには、従来の汚濁負荷削減を中心とした水質汚濁防止対策の効果を把握するために指標としている COD、全窒素、全リンのみでは不十分であり、新たな指標が必要である。

こういった状況を踏まえ、これまで規制対象となっていた有機汚濁物質、窒素及びリンだけでなく、水生生物の生息への影響等を直接判断できる指標や国民が直

感的に理解しやすい指標など、水環境の状態をより直接的に表すことができる指標を導入し、総合的な対策の効果を適切に評価することで、水環境保全の取組を一層推進していくことが必要である。

なお、水辺空間については、人と水とのふれあいが希薄になっており、内閣府が実施した水に関する世論調査（平成 20 年 6 月調査）によれば、全体的に身近な水辺の環境に満足している人が少なく（40.7%）、特に大都市（東京 23 区及び政令指定都市）では身近な水辺環境に満足している人は 32.6%と少ない。一方で、生活環境項目の達成状況は、河川で生物化学的酸素要求量（BOD）が 9 割以上、海域で COD が 8 割程度となっており、このように水環境に関する国民の実感と比べて乖離している。環境基準の指標や目標が、水環境の実態を表していない、あるいは国民の実感にあった分かりやすい指標となっていないといった指摘がある（「今後の水環境保全の在り方について」平成 23 年 3 月今後の水環境保全に関する検討会⁶⁾）。

2) 基本的考え方

上記の課題を踏まえ、今回、以下の視点に着目して、良好な水環境の実現に向けた施策を効果的に推進していくため、新たな指標の検討を行う。

①魚介類等の水生生物の生息・再生産や海藻草類等の水生植物の生育に対して直接的な影響を判断できる指標

公共用水域における水質改善の取組については、これまで、その効果を判断する指標として環境基準が設定されている COD、全窒素及び全磷を主に用いてきており、水質の改善に一定の役割を果たしてきたところである。

しかし、COD、全窒素及び全磷の指標だけでは、その高低のみをもって生物の生息環境が良好であるかを必ずしも十分に表しきれていないことから、水生生物の生息・生育の場の保全・再生の観点から、水環境の実態をより適切に表す指標を検討する。

②国民が直感的に理解しやすい指標

水環境の保全を進めるに当たっては、一人一人が身近な水環境の魅力やそれが抱えている問題に気づき、主体的に活動することが重要であり、国民の水への関心をより一層高めていくことが求められている。そのため、水環境の実態を国民が直感的に理解しやすい指標を検討する。

3) 検討対象項目

上記の基本的考え方を踏まえ、望ましい水環境の状態を表す指標として底層溶存酸素量及び透明度を検討対象項目とした。

①底層溶存酸素量

魚介類を中心とした水生生物の生息が健全に保たれるためには、水質や底質等の様々な環境要素が適切な状態に保たれていることが重要であり、このうち、底層溶存酸素量は、底層を利用する生物の生息・再生産にとって特に重要な要素の一つである。

全国の海域の底層溶存酸素量の状況については、閉鎖性海域以外の海域では底層溶存酸素量が4 mg/L以下になる地点はほとんどみられない。一方、主な閉鎖性海域においては、特に湾奥で夏季に底層溶存酸素量が2 mg/L以下になる地点がみられる。また、湖沼についても、底層溶存酸素量が2 mg/L以下になる地点は少なくない。

このような底層溶存酸素量の低下は、有機汚濁物質の流入や富栄養化による有機物の増加（内部生産）に伴う酸素消費量の増加のほか、干潟等の減少に伴う浄化機能の低下、人工的な深堀り跡等における底層への酸素供給量の低下、水温上昇に伴う底層への酸素供給の阻害⁸⁾など、様々な原因により生じていると考えられる。

海域においては、底層溶存酸素量が一定レベル以下まで低下すると、それ自体が底層を利用する水生生物の生息を困難にさせる上、生物にとって有害な硫化水素を発生させて水生生物の大量斃死を引き起こすことがある⁹⁾。例えば、東京湾では、夏季には広範囲に貧酸素水塊が発生し¹⁰⁾、海底の水生生物が死滅したり^{11),12)}、生息海域が狭められたりする^{13),14)}。また、底層の貧酸素水塊の表層への上昇（青潮の発生）によりアサリなどの干潟生物の大量斃死も起きている¹⁵⁾。このように底層溶存酸素量の低下は、無生物域の形成や青潮などを引き起こし、海域の生態系に悪影響を与える可能性がある。また、底層溶存酸素量の低下により、底質から栄養塩が溶出するなど内部負荷が増加し、海域の富栄養化が促進される¹⁶⁾。このような栄養塩の増加は、植物プランクトンの異常増殖（赤潮発生等）のリスクを高める可能性がある。

湖沼においても底層溶存酸素量の一定レベル以下までの低下は、それ自体が水生生物の生息を困難にさせる上、底質から栄養塩を溶出させるなど内部負荷増加を促進させる影響が大きいと考えられている^{17),18)}。溶出した栄養塩が表層水に供給されると、それを栄養源にして植物プランクトン（微細藻類（アオコ）を含む）が異常発生して浄水過程におけるろ過障害、水道水におけるかび臭などの障害を生じさせるおそれがある。また、水道水の着色障害等を引き起こす鉄及びマンガンは、溶存酸素の欠乏による酸化還元電位の低下により溶出する可能性が高いとされている¹⁹⁾。

以上を踏まえ、水生生物の生息の場の保全・再生、ひいては健全な水環境保全の観点から、魚介類等の水生生物の生息に対する直接的な影響を判断できる指標として、海域及び湖沼を対象に底層溶存酸素量の目標設定（目標の位置付け及び目標値）の検討を行う。

②透明度

海藻草類の生育によって形成される藻場や湖沼の沈水植物帯等は、水生生物の生息の場であるとともに、富栄養化の原因となる栄養塩類を吸収するなどの水質浄化機能、及び物質循環機能を有している^{3),20)}。

海藻草類及び沈水植物等の水生植物の生育は、物理的要因（水中光量、附着基盤、水温等）、化学的要因（栄養塩濃度）及び水理学的要因（流れ、波浪等）など様々な影響²¹⁾を受ける。このうち、一定以上の水中光量を得るために必要な透明度を確保することは、水生植物の生育に不可欠である。

沿岸域の透明度の状況については、海域についてはほとんどの地点が2 m以上であるのに対し、湖沼については1 m未満の地点が少なくない。

透明度が低下し、光合成が妨げられれば、水生植物群落の衰退につながるのみならず、水質浄化機能を損なうおそれがある。

また、親水利用の観点からも、自然探勝や水浴など一定の透明度が求められる場合、透明度が低下することにより、それらの利用に影響を与える場合があり、良好な水辺地を損なうおそれがある。

以上を踏まえ、海藻草類及び沈水植物等の水生植物の生育の場の保全・再生、ひいては健全な水環境の保全の観点から、また、良好な親水利用の場を保全する観点から、水生植物の生育に対して直接的な影響を判断でき、かつ国民が直感的に理解しやすい指標として、海域及び湖沼を対象に透明度の目標設定の検討を行う。ただし、各水域に応じて生物生産性や生物多様性が確保された豊かな水域を目指すことが重要であり、そのためには、その水域に応じた適切な透明度を確保することが肝要である。

なお、水生植物の保全の観点からは、沿岸に水生植物が生育することが多いこと、また、親水利用の場の保全の観点からも、水浴や眺望など、沖合ではなく沿岸水域を対象とするものであることから、指標としての名称は「沿岸透明度」とすることが適当である。

3. 底層溶存酸素量の目標設定の検討について

(1) 底層溶存酸素量の目標設定の基本的考え方

水域の底層を生息域とする魚介類等の水生生物や、その餌生物が生存できることはもとより、それらの再生産が適切に行われることにより、底層を利用する水生生物の個体群が維持できる場を保全・再生することを目的に、維持することが望ましい環境上の条件として、底層溶存酸素量の目標設定の検討を行った。また、海水の水平方向の交換や鉛直方向の混合が生じにくい水域等の夏季に極端に貧酸素化する場所では、貧酸素耐性を有する小型多毛類等も生息できず、いわゆる無生物域となることがあり、底層溶存酸素量の目標設定の検討にあたっては、このような場を解消するための観点も考慮した。

(2) 貧酸素耐性評価値の導出方法

1) 活用する知見

底層溶存酸素量の低下が魚介類等の水生生物に与える影響の多くは、急性影響によるものと考えられるため、貧酸素に関する急性影響試験（以下、「貧酸素耐性試験」という。）により評価される致死濃度に着目し、関連する文献等の知見を活用する。致死濃度は、感受性の特に高い個体の生存までは考慮しないものとして、24時間の曝露時間における95%の個体が生存可能な溶存酸素量（24hr-LC₅：以下、「貧酸素耐性評価値」という。）として整理した。

貧酸素耐性評価値（24hr-LC₅）の算出にあたっては、ロジスティック回帰等の統計的手法や対数近似法を使って直接貧酸素耐性評価値が求められている場合は、その値をそのまま貧酸素耐性評価値（24hr-LC₅）とし、24時間の曝露時間における50%が致死する溶存酸素量（24hr-LC₅₀）、1時間の曝露時間における50%が致死する溶存酸素量（1hr-LC₅₀）の知見が得られた場合には、これらの間に一定の関係が認められることから、換算式を用いて貧酸素耐性評価値を算出した。

また、実際の底層溶存酸素量と生息分布の関係から、どの程度の溶存酸素量で生息するかを示唆している現場観測の知見もある。このような知見は、ある底層溶存酸素量においてある水生生物種が観測された旨の観測結果が存在することを示すものであり、貧酸素耐性評価値と必ずしも一致するわけではないが、実環境における溶存酸素量が水生生物の生息に与える影響に関する知見は重要であることから、これらの知見も活用した。

対象とする水生生物は、我が国の公共用水域（海域または湖沼）に生息する魚介類のうち、その生活史のいずれかの段階で水域の底層を利用する種とした。

2) 発育段階別の貧酸素耐性評価

魚介類の個体群が維持されるためには、生息域が確保されるのみならず、再生産も適切に行われる必要がある。魚介類は、稚魚、未成魚及び成魚の段階（以下、

「生息段階」という。)と比べて、浮遊生活をする仔魚や幼生、あるいは底生生活をはじめたばかりという発育段階の初期は、環境の変化に対して受動的にならざるを得ない段階(以下、「再生産段階」という。)であり、貧酸素に対して影響を受けやすいことに留意して、貧酸素耐性の評価を以下のとおり整理した。

①生息段階

魚類については、稚魚・未成魚・成魚の貧酸素耐性評価値を、甲殻類については、未成体・成体の貧酸素耐性評価値を、生息段階の評価値として扱う。

②再生産段階

魚類については、卵・仔魚の貧酸素耐性評価値を、甲殻類については、幼生・稚エビ・稚ガニの貧酸素耐性評価値を、再生産段階の評価値として扱う。

甲殻類については、現在得られている実験文献等による稚エビ・稚ガニの貧酸素耐性評価値は、幼生等の発育段階初期から未成体・成体の段階のうち、最も高い溶存酸素量を必要とすることから、これを再生産段階の貧酸素耐性評価値として扱う。

魚類については、卵や仔魚等の発育段階初期の貧酸素耐性評価値が貧酸素耐性試験や現場観測等から得られていない。

他方、米国環境保護庁(2000)²²⁾において、魚介類等の貧酸素耐性について知見が得られている全魚類のうち、 LC_{50} が求められているデータを、発育段階別に抽出した結果(暴露時間が24時間以下のもの)を見ると、 $24hr-LC_{50}$ から $24hr-LC_5$ への算出方法と同様の考え方により求めた LC_5 の差は 0.92 mg/L となっている。このことを踏まえ、再生産段階の貧酸素耐性評価値は、生息段階の貧酸素耐性評価値に 1 mg/L を加えた値として推定した。

なお、今後、魚類の再生産段階の貧酸素耐性評価値が貧酸素耐性試験や現場観測等から得られる場合には、甲殻類と同様に基本的にその値を用いることが適当である。

(3) 底層溶存酸素量の目標値

得られた貧酸素耐性評価値等を踏まえ(参考資料参照)、①水生生物の生息の場を確保する観点、②水生生物の再生産の場を確保する観点、③無生物域を解消する観点の3つの観点から目標値を設定することが適当である。

1) 目標値： 4.0 mg/L 以上

- ・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・再生する水域

この目標値を設定する範囲は、生息段階、又は再生産段階において貧酸素耐性が低い水生生物が生息できる場を保全・再生する範囲とする。

得られた貧酸素耐性評価値等を踏まえると、底層溶存酸素量が 4.0mg/L 以上あれば、ほとんどの水生生物種について、生息はもとより再生産ができる場を保全・再生することができるものと考えられる。

2) 目標値：3.0mg/L 以上

- ・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・再生する水域

この目標値を設定する範囲は、生息段階、又は再生産段階において貧酸素耐性が低い水生生物を除き、水生生物が生息及び再生産できる場を保全・再生する範囲とする。

得られた貧酸素耐性評価値等を踏まえると、底層溶存酸素量が 4.0mg/L 以上必要な水生生物を除き、水生生物が生息及び再生産できる場を保全・再生することができるものと考えられる。

3) 目標値：2.0mg/L 以上

- ・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・再生する水域
- ・無生物域を解消する水域

この目標値を設定する範囲は、生息段階、又は再生産段階において貧酸素耐性が高い水生生物が生息及び再生産できる場を保全・再生する範囲、または、小型多毛類等も生息できない無生物域を解消するため、最低限の底層溶存酸素量を確保する範囲とする。

得られた貧酸素耐性評価値等を踏まえると、貧酸素耐性が高い水生生物が生息できる環境であり、また、小型多毛類等が生息でき、無生物域が解消される水域として、底層溶存酸素量 2.0mg/L 以上を最低限度とすることが考えられる。

(4) 底層溶存酸素量の目標の設定

底層溶存酸素量の低下は、魚介類等の水生生物の生息そのものに影響するとともに、青潮の発生等により生活環境の保全に影響を及ぼすおそれがある。このため、水生生物の保全等の観点から、海域及び湖沼において、底層溶存酸素量を環境基本法第16条に規定する環境基準として以下のとおり設定し、必要な施策を総合的にかつ有効適切に講ずることにより、その確保に努めることとすることが適当である。

底層溶存酸素量の類型および基準値

類型	類型あてはめの目的	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・再生する水域 ・無生物域を解消する水域 	2.0mg/L以上

なお、底層溶存酸素量は、既存の環境基準項目であるCOD、全窒素、全リン等と一定の関連性が見られるものの、目標設定の目的や設定方法が異なることから、既存の環境基準の類型指定を参考にしつつも、基本的にはこれらとは別に類型指定を検討することが適当と考えられる。

(5) 測定方法

底層溶存酸素量の測定方法については、以下の通りとすることが適当である。

項目	測定方法
底層溶存酸素量	日本工業規格 K0102 32 に定める方法 又は別紙1に掲げる方法

※ 底面近傍で溶存酸素量の変化が大きいことが想定される場合の採水には、横型のバンドン採水器を用いる。

また、これを踏まえ、既存の環境基準である溶存酸素量の測定方法について、同様に見直すことが適当である。

(6) 底層溶存酸素量の各水域における類型指定の方向性

類型指定は、底層の貧酸素化の防止により、水生生物の保全・再生を図る必要がある水域について行うが、現に底層の貧酸素化が著しく進行しているか、進行するおそれがある閉鎖性海域及び湖沼を優先すべきである。

類型指定の検討にあたっては、各地域の意見を踏まえた上で、以下の点に留意して実施することが適当である。

- ①水域の底層溶存酸素量の状況や、現状及び必要に応じて過去も含めた水生生物の生息状況等を踏まえたうえで、保全・再生すべき水生生物対象種（以下、「保全対象種」という。）の選定を行い、その保全対象種の生息・再生産の場を保全・再生する水域の範囲を設定することを基本とする。その際、水域の範囲は、生息段階、再生産段階の2つの観点から設定し、水域毎の水生生物の生息状況等に即した類型指定を行う。また、無生物域を解消する水域の設定については、底層が無酸素状態になっている、あるいは無酸素状態になるおそれがあるところで、無生物域の解消のために最低限の溶存酸素量を確保する必要がある範囲について類型指定を行う。

なお、基準値の検討にあたり、今回知見が収集された水生生物種以外の水生生物を保全対象種として検討する場合には、今回示した貧酸素耐性評価値の導出方法（参考資料参照）を参考とする。

- ②以下の範囲は必ずしも類型指定を行う必要はない。

- 自然的要因による水深の深い範囲や、成層、底質の環境が水生生物の生息に適さない範囲等、設定する保全対象種が生息・再生産の場として底層の利用が困難な範囲
- 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

なお、具体的な類型指定の手順については、図1のような流れを想定しているが、詳細については、実際の類型指定を行う際に検討する。

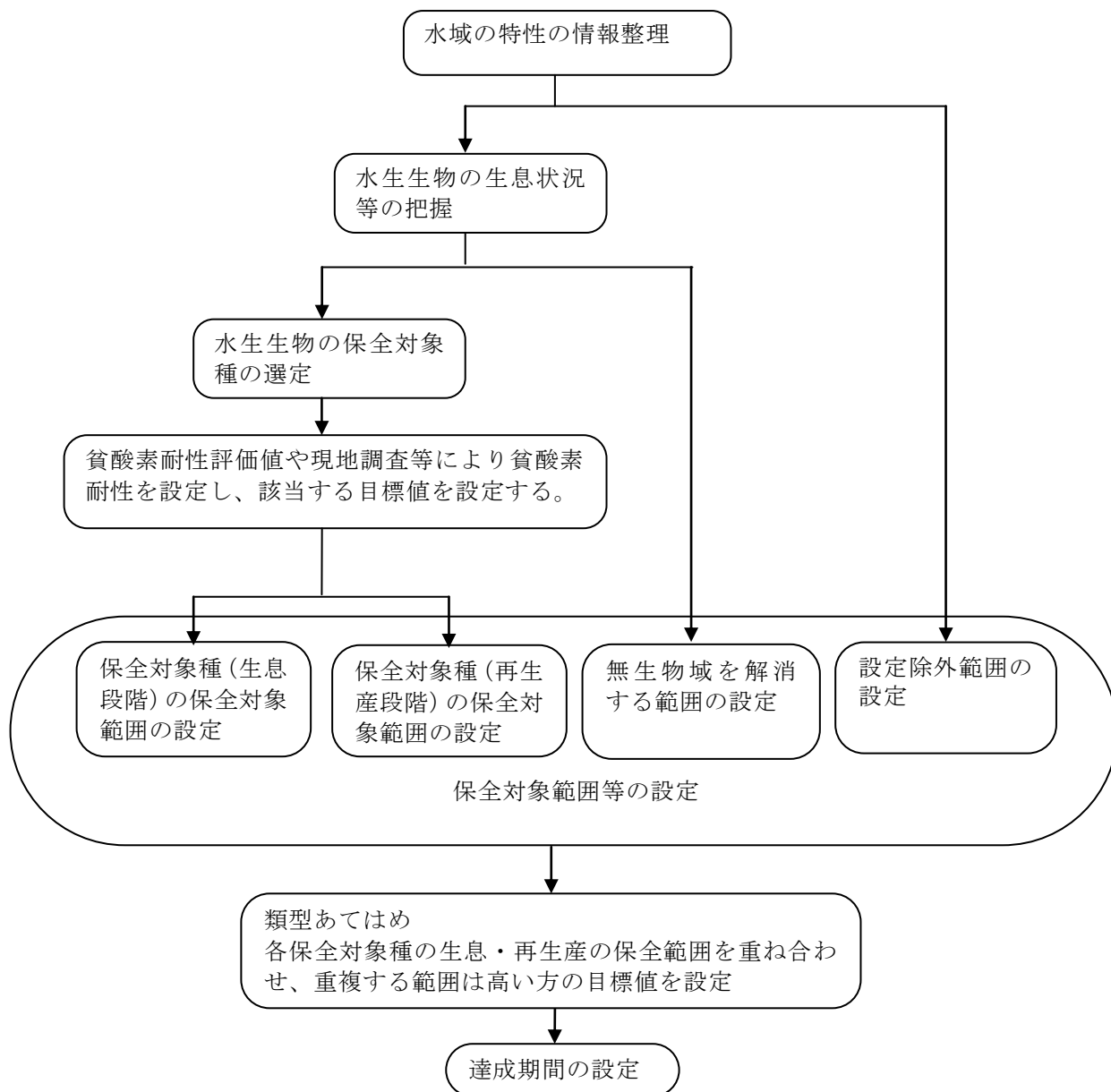


図1 底層溶存酸素量の各水域における類型指定の手順

(7) 底層溶存酸素量の監視及び評価方法

底層溶存酸素量の監視及び評価方法については、以下の点を基本とする。

1) 測定地点

測定地点（環境基準点及び補助地点）は、保全対象種の生息及び再生産、底層溶存酸素量等の水域の状況等を勘案して、水生生物の保全・再生を図る範囲を適切に評価できる地点を設定する。なお、測定水深については、可能な限り海底又は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これにより難しい場合には、海底又は湖底から1 m以内の底層とする。

2) 測定頻度

既存の環境基準と同様に、年間を通じ、原則として月1日以上測定することとし、底層溶存酸素量が低下する時期には測定回数を増やすことを考慮する。また、底層溶存酸素量の日間平均値を適切に把握するため、可能であれば、複数回の測定や、水生生物の生息・再生産の場を保全・再生するうえで重要な地点においては連続測定を行うことが望ましい。

3) 評価方法

底層溶存酸素量の目標値は、急性影響の視点（24時間の低溶存酸素耐性試験にもとづき、95%の個体の生存が可能な溶存酸素量(LC₅)）から設定しているため、日間平均値が底層溶存酸素量の目標値に適合していることをもって評価する。

なお、保全対象種の利用水域は面的な広がりをもつこと、底層溶存酸素量は季節的な変化が大きいことなどを踏まえ、時間的、空間的な観点からの評価方法は今後国において検討する必要がある。

(8) 対策の方向性

底層溶存酸素量の目標値を環境基準として設定すると、水環境の実態を底層溶存酸素量で監視及び評価することが可能となることから、底層溶存酸素量の改善に関し、対策が必要と判断される水域については、関係者が連携・協議し、従来の水質汚濁防止対策だけでなく、藻場・干潟の造成、環境配慮型港湾構造物の整備、深掘り跡の埋め戻し等の様々な対策を組み合わせ、将来のあるべき姿を見据えつつ、中長期的な対策も視野に入れた総合的な水環境保全施策を進めていくことが必要である。

4. 沿岸透明度の目標設定の検討について

(1) 沿岸透明度の目標設定の基本的考え方

1) 水生植物の保全・再生

海藻草類及び沈水植物等の水生植物の生育の場の保全・再生の観点から、維持することが望ましい環境上の条件として、沿岸透明度の目標設定の検討を行った。

2) 親水利用の場の保全

保全対象とする親水利用の目的として、①自然探勝に利用される水域で、自然環境保全上高い透明度が求められる場所における親水利用、②水浴、眺望などの日常的な親水行為（以下、「日常的親水」という。）の対象になる場所における親水利用、に分類した。海域及び湖沼における親水利用として勘案すべき水浴は、水浴場における水浴に限らず、水辺空間とのふれあいの観点から日常生活の中で行われる行為として広くとらえることが適当と考えられる。これらの親水利用の場の保全を目的に、維持することが望ましい環境上の条件として、沿岸透明度の目標設定の検討を行った。

(2) 沿岸透明度の目標値の導出方法

1) 水生植物の保全・再生

海域においては海藻草類を対象に、湖沼においては沈水植物を対象に、それぞれの分布下限水深において生育に必要な水中光量を確保できる沿岸透明度の条件について求めた。

①活用する海藻草類の知見

水生植物の生育に必要な最低光量を確保することができる水深は、透明度と水生植物の種によって異なる。そのため、水生植物の生育に必要な種ごとの必要最低光量をもとに、水生植物に求められる種ごとの分布下限水深とそれに必要な透明度の関係式を求めた。

②活用する沈水植物の知見

沈水植物は、必要最低光量の知見が得られなかったことから、沈水植物の分布下限水深に関する知見とその場（近傍を含む）の透明度のデータを活用して、水生植物の分布下限水深と必要な透明度の関係式を直接求めた。

2) 親水利用の場の保全

親水利用の場の保全の観点からは、自然環境保全及び日常的親水それぞれの利用目的に対し、望ましい透明度を検討した。

既存の環境基準の設定の検討資料のうち透明度をもとに基準値を設定した資料、親水利用に関連する既往の指標等、現状の透明度と親水利用等の関係に係るデータを活用した。

(3) 沿岸透明度の目標値

1) 水生植物の保全・再生

①海藻草類に係る沿岸透明度の目標値

(2) 1) ①に記載した導出方法の考え方にに基づき、次のとおり、海藻草類の種ごとに、求められる分布下限水深から必要な透明度の目標値を算出する関係式についてまとめた。まず、水中の光量の減衰について Lambert-Beer の法則に従って²³⁾水深と水中光量の関係式を求め、Poole and Atkins (1929)²⁴⁾に従って透明度と減衰係数の関係式を求めた。これらの2つの式より、ある水中光量における透明度と水深の関係式を求めた。これに、海藻草類の種ごとの必要最低光量をあてはめ、生育に必要な年間平均透明度と分布下限水深の関係性を求めると、アマモ・アラメ・カジメのそれぞれについて下表のような関係式が得られる。

種名	年間平均透明度と分布下限水深の関係
アマモ	年間平均透明度 = $0.95 \times$ 分布下限水深
アラメ	年間平均透明度 = $0.83 \times$ 分布下限水深
カジメ	年間平均透明度 = $0.64 \times$ 分布下限水深

なお、アマモについて得られた上記の関係式は、実際の藻場で観測された分布下限水深と透明度の関係と概ね一致しており、上記の関係式は妥当なものであると考えられる。

②沈水植物に係る沿岸透明度の目標値

海藻草類の必要光量は、ほぼ単一種で構成される藻場で計測された光量を用いているため、種ごとの必要光量として整理した。しかし、沈水植物については、深場の車軸藻類などの例を除くと、多くの場合で複数種が混生して分布している。このため、沈水植物の生育を確保する透明度は、種ごとではなく沈水植物としてまとめて生育に必要な透明度を導出し、以下のとおり年平均透明度と分布下限水深の関係式を求めた。

沈水植物の種類	年間平均透明度と分布下限水深の関係
維管束植物 車軸藻類	年間平均透明度 = $0.64 \times$ 分布下限水深

2) 親水利用の場の保全

①自然環境保全に係る沿岸透明度

海域公園地区や湖沼 AA 類型に指定されている湖沼のように清澄な水質を確保すべき水域の透明度は、海域については概ね 10 m 程度、湖沼については、6 ~ 7 m 程度となっている。

②日常的親水に係る沿岸透明度

水浴については、水浴場水質判定基準を踏まえると、水浴場開設前又は開設期間中における水浴場内の望ましい透明度は「全透（または1 m以上）」である。また、水浴場近傍海域の透明度は、平均的には6 m程度、最低で2 m程度であると考えられる。

眺望については、東京湾の赤潮判定の目安や琵琶湖の淡水赤潮発生時の透明度のデータを勘案すると、少なくとも1.5 m以上は必要であると考えられる。

全国の公共用水域の透明度とその地点または近傍における親水利用の関係に係るデータによると、全体として、湖沼については透明度と親水利用行為の間に目立った傾向は見られなかった。海域については、透明度と多くの親水利用行為との間に目立った傾向は見られなかったが、ダイビング及び水中展望については、現在、他の親水利用行為より高い透明度の水域において利用がみられる（湖沼における利用は11 m（1か所のみ）、海域における利用は平均8～9 m程度）。なお、このデータはあくまで各測定地点又はその近傍における現在の透明度と親水利用の状況を整理したものであり、各親水利用行為における「望ましい」透明度を整理したものでないことに留意が必要である。

（４）沿岸透明度の目標の位置付け

水生植物の保全の観点からの沿岸透明度については、一定の知見が得られたものの、目標値については、保全対象となる水生植物に対して、保全する水域ごとに、地域の意見等を踏まえて目標分布下限水深（以下、目標水深という）を検討し、目標値となる透明度を計算式により導出することとなり、地域の実情に応じて相当幅広い範囲で目標値が設定されることが想定される。この場合、従来の環境基準に設けられている「類型」とは異なる考え方となる。

また、親水利用の場の保全の観点については参考となる知見が得られたものの、①自然環境保全、②日常的親水のいずれも、同様な親水利用を行う場合であっても、求められる透明度は水域によって異なることが考えられる。

このため、沿岸透明度については、水環境の実態を国民が直感的に理解しやすい指標であることに鑑み、水生植物の目標水深や親水利用の目的に応じた指標として設定することは有効であると考えられるものの、上記を踏まえると、環境基本法に規定する環境基準として、政府が目標を定め、必要な施策を講じてその確保に努めるものとして位置付けるよりも、むしろ、地域の合意形成により、地域にとって適切な目標（地域環境目標（仮称））として設定することが適切と考えられる。

それぞれの地域において、藻場等の水生植物の保全・再生する水域や親水利用が行われる地点の水質の状態を把握しつつ地域の実情に応じた目標値を設定し、その達成や維持を目指して様々な対策が進められることが期待される。

(5) 沿岸透明度の目標値の設定

これまでの内容を踏まえると、水生植物の保全の観点からの沿岸透明度の目標値および親水利用の場の保全の観点からの沿岸透明度の目標値は、それぞれ次のとおり設定することが適当である。

①水生植物の保全の観点からの沿岸透明度の目標値

保全対象となる水生植物に対して、保全する水域ごとに、地域の意見等を踏まえて目標水深を検討し、保全対象種の生育に必要な透明度を以下の計算式から導出することにより、目標値を設定する。

(目標値の算出方法)

- 1) 目標値（以下 X という）は、水生植物の生育の場を保全・再生する水域における保全対象種の必要透明度（年間平均値）とする。
- 2) X は、保全対象種の必要光量に応じて、以下の式により計算し小数第2位を切り上げた値とする。

ただし、 Z (m) は、保全対象種の目標水深（水深の設定は年間平均水位を基準）とする。

<保全対象種の必要光量ごとの計算式>

(海域)

①アマモを保全対象種として設定した場合

目標水深 Z に対する透明度： $X=0.95 \times Z$

②アラメを保全対象種として設定した場合

目標水深 Z' に対する透明度： $X=0.83 \times Z'$

③カジメを保全対象種として設定した場合

目標水深 Z'' に対する透明度： $X=0.64 \times Z''$

(湖沼)

保全対象種をクロモ、エビモ等（維管束植物）、シャジクモ、ヒメフラスコモ等（車軸藻類）の沈水植物に設定した場合

目標水深 Z''' に対する透明度： $X=0.64 \times Z'''$

②親水利用の場の保全の観点からの沿岸透明度の目標値

親水利用については、以下のような親水利用行為の例やこれまでに得られた全国的な知見、当該水域の過去及び現在の透明度等を参考としつつ、水域の利水状況や特性、地域住民等のニーズ等に応じて目標値を設定する。

(親水利用の例)

- ・ 自然環境保全：自然再生活動、環境教育等が行われている。
- ・ 眺望（景観）：景観としての利用がある。
- ・ ダイビング：ダイビング場が存在している。
- ・ 水浴：水浴場が存在している。
- ・ 親水（水遊び）：泳ぐことはしないが、水には触れるといった利用がある（親水公園等）。
- ・ 散策：水には触れないが（触れる可能性はあるが、主たる目的ではない）、周辺を散策するなど、水面を眺めるといった利用がある（キャンプ、サイクリングなども含まれる）
- ・ 釣り：岸で釣りを行う、又は船を用いて釣りを行う。
- ・ 船：ボート、ヨット、遊覧船等による湖面の利用がある（ボート貸し出し、定期遊覧船の運行がある）。

(6) 測定方法

沿岸透明度の測定方法については、以下の通りとすることが適当である。

項目	測定方法
沿岸透明度	別紙2に掲げる方法

(7) 沿岸透明度の各水域における目標値設定の方向性

沿岸透明度の目標値の当てはめについては、水生植物の生育の場を保全・再生する水域又は親水利用のための水質を特に確保すべき水域を対象として、それぞれの水域ごとに特定し、以下の点に留意して目標値を設定することが適当である。

- 1) 現地調査等により、各水域の現状の透明度を把握する。既存の測定点において過去から測定を行っている場合にはその測定結果も活用する。併せて測定地点における水深を測定する。
- 2) 水生植物の保全・再生の観点からの沿岸透明度については、魚介類等水生生物の生息・産卵場確保、水質浄化機能、物質循環機能の確保等の観点から保全対象種を選定し、その生育の場を保全・再生すべき水域を設定する。その上で、その水域ごとに目標水深を設定し、各地域の幅広い関係者の意見等を踏まえて、透明度の目標値を導出することを基本とする。目標水深については、水生植物の生育の場の現状又は過去の分布状況や、自然再生に係る関連計画等の状況を踏まえて目標値を設定する。
- 3) 親水利用の場の保全の観点からの透明度については、親水利用行為を踏まえて、その範囲を設定し、水域の利水状況、水深、水質などの特性、地域住民等のニーズ等に応じて目標値を設定する。目標とする透明度は、各地域の幅広い

関係者の意見等を踏まえて合意形成を図った上で、現状及び過去の当該水域の状況も考慮しつつ設定する。例えば、水域ごとの親水利用の目的に照らし、現状の透明度の維持や過去の透明度の回復なども考えられる。

- 4) 水生植物の保全の観点と親水利用の場の保全の観点について、両方が重なる範囲においては、目標値の高い方を当該範囲の目標値として設定することが望ましいが、各地域の幅広い関係者の意見等を踏まえて、適切な透明度を設定する。

目標値の設定の検討の際は、場所によっては底泥の巻き上げ等の自然的要因等により透明度が低くなることに留意する。

なお、具体的な目標値設定の手順については、図2のような流れを想定している。目標値設定に係る考え方及び手順については、国として整理を行った上で示すことが望ましい。

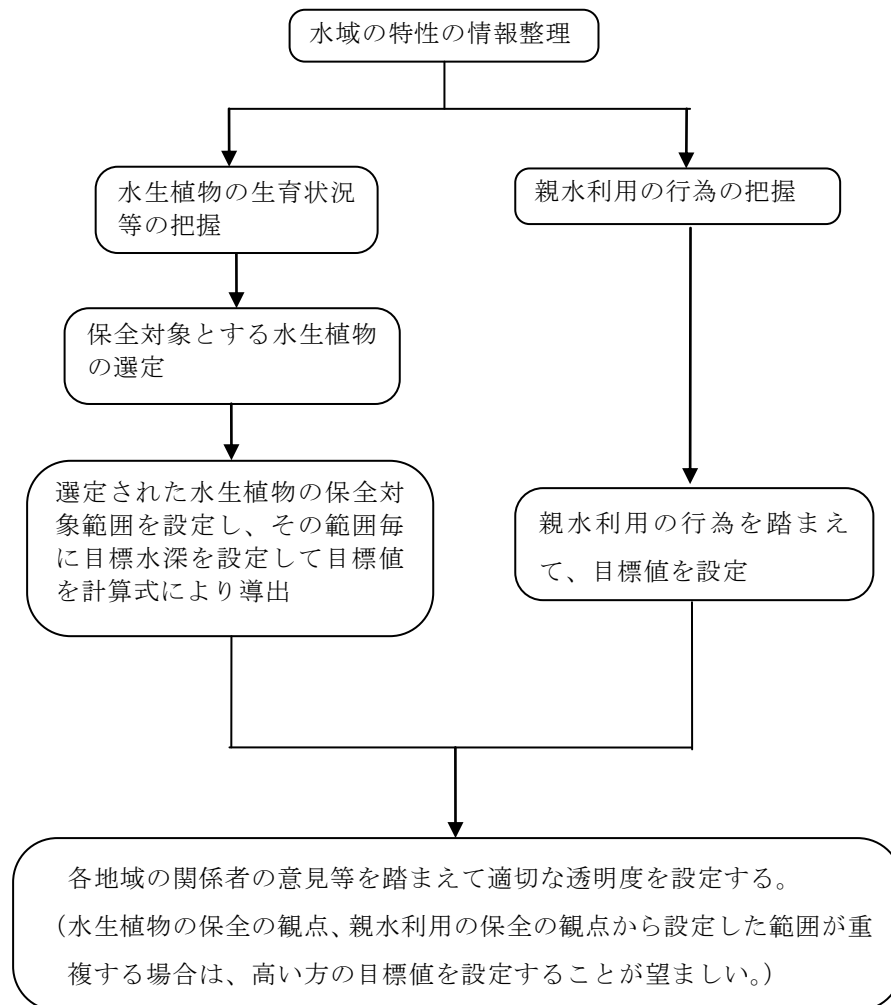


図2 沿岸透明度の各水域における目標値設定の手順

(8) 沿岸透明度の監視及び評価方法

沿岸透明度の監視及び評価方法については、以下の点を基本とすることが適当である。

1) 測定地点

測定地点は、目標値を当てはめる水域における水生植物の生育環境、親水利用行為、透明度の状況、水深等を勘案して、適切に評価できる地点（代表点もしくは複数点）を設定する。

2) 測定頻度

年間を通じ、原則として月1日以上測定する。

3) 評価方法

水生植物の保全・再生の観点からの沿岸透明度の目標値は、年間平均透明度と分布下限水深の関係式から求めるものである。このため、目標を達成しているかどうかの評価は、年間平均値が沿岸透明度の目標値を下回らないことをもって目標を達成しているものと評価すべきである。また、親水利用の場の保全の観点においても、親水利用の行為が期間限定で行われることも想定されるが、眺望など年間を通じた利用も考慮されうることから、年間平均値で評価して差し支えないと考えられる。

(9) 対策の方向性

地域環境目標（仮称）として沿岸透明度の目標値を設定することにより、それぞれの地域において水環境の実態を透明度で監視及び評価することが可能となる。地域の関係者が連携して、水生植物の分布状況や親水利用のニーズを踏まえて地域毎の望ましい水環境像を検討し、沿岸透明度の目標値を設定するとともに、対策が必要と判断される水域については、目標値の達成に向けて、効果的な水質保全対策について議論し、総合的に対策を推進していくことが重要である。なお、対策による効果等を踏まえ、状況に合わせて適切な目標値が設定されるよう、定期的な見直しを行うことが望ましい。

5. おわりに

本報告は、平成 25 年 8 月 30 日付けの環境大臣の諮問「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」を受け、これまでの知見等をもとに底層溶存酸素量及び沿岸透明度の目標設定について考え方を整理した。

本報告では、水生生物の生息への影響等を直接判断できる指標である底層溶存酸素量を環境基準として設定し、国民が直観的に理解しやすい指標である沿岸透明度を地域環境目標（仮称）とすることを提言したところであるが、これら水環境の状態を表す新たな目標の設定により、国民の水環境に関する関心が高まるとともに、良好な水環境の実現に向け、地域における水環境保全施策が促進されることを期待したい。

【報告案引用文献】

1) 水循環基本法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H26/H26H0016.html>

2) 環境基本法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H05/H05H0091.html>

3) 「今後の水環境保全の在り方について」(平成23年3月今後の水環境保全に関する検討会)

<http://www.env.go.jp/press/files/jp/17164.pdf>

4) 「湖沼環境保全制度の在り方について(答申)」(平成17年1月中央環境審議会)

<http://www.env.go.jp/council/toshin/t090-h1607/mat01.pdf>

5) 「閉鎖性海域中長期ビジョン」(平成22年3月今後の閉鎖性海域対策に関する懇談会)

<http://www.env.go.jp/press/files/jp/15178.pdf>

6) 「第7次水質総量削減の在り方について(答申)」(平成22年3月中央環境審議会)

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/15463.pdf>

7) 「第4次環境基本計画」(平成24年4月閣議決定)

http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/plan/plan_4.html

8) 本田是人, 戸田有泉, 二ノ方圭介, 中嶋康生, 鈴木輝明(2015) 三河湾における水質環境と貧酸素水塊の変動, 水産海洋研究, 79(1), pp. 19-30.

9) 中尾徹, 松崎加奈恵(1995) 地形形状による富栄養化の可能性, 海の研究, 4, pp. 19-28

10) 石井光廣(2003) 東京湾に発生する貧酸素水塊の規模の評価方法について, 千葉水研研報, 2, pp. 29-37

11) 風呂田利夫(1998) 東京湾における貧酸素水の底生・付着動物群集に与える影響について, 沿岸海洋研究ノート, 25, pp. 104-113

12) 石井光廣, 庄司泰雅(2005) 東京湾における2003年のアカガイ大量発生, 千葉水研研報, 4, pp. 35-39

13) 石井光廣(1992) 東京湾におけるマコガレイの分布・移動, 千葉水研研報, 50, pp. 31-36

14) 石井光廣, 加藤正人(2005) 東京湾の貧酸素水塊分布と底びき網漁船によるスズキ漁獲位置の関係, 千葉水研研報, 4, pp. 7-15

15) 柿野純(1986) 東京湾奥部における貝類へい死事例 特に貧酸素水の影響について, 水産土木, 23, pp. 41-47

16) 環境庁水環境研究会編(1996) 「内湾・内海の水環境」, 365pp, ぎょうせい

17) 神谷宏, 石飛裕, 井上徹教, 中村由行, 山室真澄(1996) 夏季の宍道湖の底層水に蓄積する栄養塩の起源, 陸水学雑誌, 57, pp. 313-326

18) 神谷宏, 石飛裕, 井上徹教, 中村由行, 山室真澄(2001) 富栄養化した汽水湖沼における高水温・貧酸素時の堆積物からの溶存有機態リン(DOP)とリン酸の溶出, 陸水学雑誌, 62, pp. 11-21

19) 中田英昭, 桑原連(1977) : 震生湖における水質の季節的变化と鉄・マンガンの底泥からの溶出について, J. Limology, Vol138, No3, pp75-89

20) 環境省(2004) 「藻場の復元に関する配慮事項」

- 21)財団法人港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所（1998）「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」,pp98
- 22) United States Environmental Protection Agency(2000):Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen(Saltwater):Cape Cod to Cape Hatteras,EPA-822-R-00-012.
- 23)石川雄介,川崎保夫,本多正樹,丸山康樹,五十嵐由雄（1988）電源立地点の藻場造成技術の開発 第9報 水中の光条件に基づくアマモ場造成限界深度の推定方法,電力中央研究所研究報告 U880010, pp.1-20.
- 24) Poole, H. H. and W. R. G. Atkins. (1929) Photo-electric measurements of sub-marine illumination throughout the year. Jour. Mar. Biol. Assoc. U. K. 16, 297-324.

底層溶存酸素量の測定方法

1 試薬 規格 32.3 a)に定めるもの

2 器具

溶存酸素計

隔膜電極溶存酸素計もしくは光学式センサ溶存酸素計（いずれも、測定対象の水深（注1）で測定でき、水温、塩分及び深度センサ付きのものが望ましい。）

3 試験操作

(1) 規格 32.3 c) 2)から 5)に定める準備操作を行う。ただし、隔膜電極溶存酸素計を用いる場合は、規格 32.3 c) 1) の準備操作を先に行う。

(2) 規格 32.3 d) に定める操作を行う。また、測定前に底泥を巻き上げることのないように注意して、以下のいずれかの操作又はこれと同程度の計測結果の得られる操作を行う。

(a) データ直読式の測定器を用いる場合は、測定器を測定対象の水深まで降下させ（注2）、指示値が安定するのを待って（注3）溶存酸素量を読み取る。その際、あらかじめソナー等を用いて海底又は湖底までの水深を測定する。

(b) データ蓄積式の測定器を用いる場合は、測定器を測定対象の水深まで降下させた（注2）後、静かに降ろして着底させて水深と溶存酸素量との関係を示すグラフを作成した上で、測定対象の水深での溶存酸素量を読み取る。その際、測定器が安定する時間に留意して（注3）降下速度を決定する。

(c) 測定器を測定対象の水深に固定して、連続的に溶存酸素量を測定する場合は、測定器のセンサ出力のドリフト等に注意する。

（注1） 底層溶存酸素量の測定水深は、可能な限り海底又は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これにより難しい場合には、海底又は湖底から 1 m 以内の底層とする。

（注2） 測定対象の水深の確認方法としては、測定器に付属しているセンサを用いる、垂直に降下していることを確認して間縄を用いる、あるいは海底又は湖底から測定対象の水深までの距離に等しい長さで錘の付いた紐を測定器の先に付けて垂らす等がある。

（注3） 隔膜電極溶存酸素計では通常 1～5 分間を要する。光学式センサ溶存酸素計では 1 秒間以下から数分間を要する機種までがある。

備考

1 硫化水素が存在する場合には、センサの破損と高値を与える可能性について留意する。

2 この測定方法における用語の定義その他でこの測定方法に定めのない事項については、日本工業規格に定めるところによる。

沿岸透明度の測定方法

1 器具

原則として直径 30 cm の白色円板（透明度板、セッキー円板）を用いる。白色の色調の差は透明度にそれほど影響しないが、円板の反射能は透明度に微妙に影響するので、表面が汚れたときは磨くか塗り直しをする。

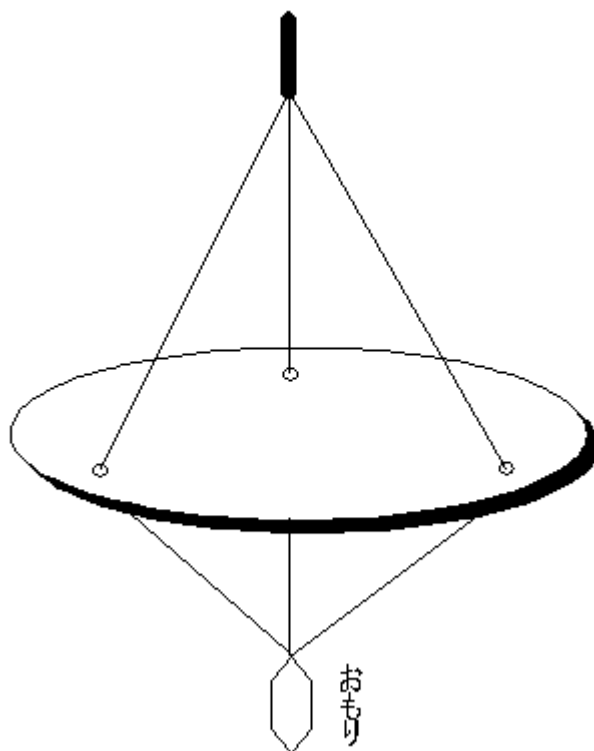


図 白色円板（径 30 cm）

2 測定

直射日光を避けながら船の陰等で測定するように心がける。白色円板を静かに水中に沈めて見えなくなる深さと、次にこれをゆっくり引き上げて見え始めた深さとを反復して確かめて平均し、測定結果をメートル（m）で表示する。

錘（おもり）は、通常 2 kg 程度であるが、流れがあつてロープが斜めになるような場合には、錘を重くする等してロープが垂直になるようにする。