

底層溶存酸素量の評価方法等について

平成 27 年 12 月に中央環境審議会会長から環境大臣へなされた答申「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」（以下「答申」という。）を受け、平成 28 年 3 月 30 日付けで告示改正を行い、底層溶存酸素量を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。）に追加した。そこで、今後の運用に向けて、底層溶存酸素量の評価方法及び測定地点の設定方法に関して検討を行う。

1. 底層溶存酸素量の評価方法の検討

(1) 日間平均値の年間における評価方法について

1) 答申の内容

答申において、底層溶存酸素量の評価方法は以下のように記載されている。

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（ LC_5 ））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。

※日間平均値：1 日の測定値の平均値を日間平均値という。

底層溶存酸素量の目標値は、前述のように急性影響の視点（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（ LC_5 ））から設定している。そのため、24 時間以下といった短時間のみ底層溶存酸素量が目標値を下回った場合、個体群の維持に大きな影響を与えるとは限らない。

また、底層溶存酸素量は季節的な変動が大きいことに加え、1 日のなかでも変動が大きい場合がある。そのため、底層溶存酸素量の測定結果は、測定時期及び測定頻度によって左右される。答申において、測定頻度については以下のように記載されている。

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。

2) 既存の生活環境項目環境基準の評価方法

底層溶存酸素量の評価（海域及び湖沼）は、既存の生活環境項目環境基準であるCOD、水生生物の保全に係る水質環境基準（以下「水生生物保全環境基準」という。）、全窒素及び全燐と同様に年間での評価を行うことを想定している。これらの項目について、水域の水質汚濁の状況が環境基準に適合しているか否かを判断する場合の評価方法は表1に示すとおりである。

表1 評価方法（COD・水生生物保全環境基準）

項目	評価方法
COD	<p>【海域及び湖沼共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「水質汚濁に係る環境基準について」（昭和46年12月環境庁告示第59号）により日間平均値で評価することとされているが、類型指定された水域におけるCODの環境基準の達成状況の年間評価については、当該水域の環境基準点において、以下の方法により求めた「75%水質値」が当該水域があてはめられた類型の環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。 ※75%水質値：年間の日間平均値の全データをその値の小さいものから順に並べ $0.75 \times n$ 番目（n は日間平均値のデータ数）のデータ値をもって75%水質値とする。（$0.75 \times n$ が整数でない場合は端数を切り上げた整数番目の値をとる。）
水生生物保全環境基準	<p>【海域及び湖沼共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水生生物保全環境基準の達成状況の評価は、当該水域の環境基準点において、年間平均値が当該水域に当てはめられた類型の環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。なお、当該水域における検出状況が、明らかに人為的原因のみならず自然的原因も考えられる場合や、河川の汽水域において水生生物が優占して生息する情報がある場合には、これらのことを踏まえて判断すること。
全窒素	<p>【海域及び湖沼共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当該水域の環境基準点において、表層の年間平均値が当該水域にあてはめられた類型の環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。
全燐	

資料)「環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について」（平成13年環水企第92号）

3) 底層溶存酸素量の評価方法

ア) 評価方法の考え方

底層溶存酸素量の年間における評価について、連続測定を実施する場合は、目標値を下回る観測結果（日間平均値）が2日以上続いた場合は「非達成」、そうでない場

合は「達成」と評価することを想定している。連続測定を実施しない場合は日間平均値の年間最低値による評価を想定している。それぞれの場合の考え方は以下のとおりである。

(連続測定を実施する場合)

- ・連続測定を実施する測定地点では、連続する1日毎（毎時のデータを含む）の測定結果を取得することが可能であるため、目標値を継続的に下回る等の底層溶存酸素量の変動状況を把握することが可能である。
- ・このようなことから、日間平均値が目標値を下回った日の翌日に日間平均値が目標値を上回るような場合、底層溶存酸素量の低下が一時的（1日以内）に保全対象種の生息・再生産に影響を及ぼす可能性（目標値は24時間の低溶存酸素耐性試験にもとづき95%以上の個体群の生存が可能な溶存酸素量であり、これを下回る場合でも全個体が斃死するとは限らない。）があったとしても、翌日にはその影響が生じない濃度となるため、保全対象種の生息・再生産に大きな影響を生じる可能性は低くなると考えられる。一方、日間平均値が目標値を下回った日が2日以上継続的に続く場合には、底層溶存酸素量の低下が保全対象種の生息・再生産に影響を与え続けるため、その影響が大きくなると考えられる。
- ・このような考えのもとで、連続測定を実施する測定地点では、水生生物の生息・再生産への継続的な影響の観点から、目標値を下回る測定結果（日間平均値）が2日以上続いた場合は、「非達成」と評価することが適当と考えられる。

(連続測定を実施しない場合)

- ・答申において、底層溶存酸素量の測定頻度は原則として月1回以上としている。連続測定を実施していない測定地点では、測定により得られた日間平均値が1回でも目標値を下回った場合には、測定の前後の期間において継続的に底層溶存酸素量が目標値を下回ることで保全対象種の生息及び再生産に影響を及ぼす可能性がある。このため、底層溶存酸素量の年間における評価は、保全対象種の保全に対して安全側の評価となるように、日間平均値の年間最低値とすることが適当と考えられる。

なお、資料2別紙2.(2)において、東京湾、大阪湾、伊勢湾の連続観測データを用いて、連続測定を実施する場合と連続測定を実施しない場合の観測方法の違いによる年間最低値の比較を行った。その結果、月1回の測定における年間最低値は、連続測定における年間最低値よりも高い値が取得される場合が多くなっている。

イ) 特定の期間の調査頻度を増加させた場合の評価について

評価対象となる日間平均値を多く把握することは、底層溶存酸素量の状況把握及び水域の適正な評価において重要である。

答申において、「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」とされていることを踏まえ、特定の期間（資料2別紙の表6～表8のケース14）及び15）（17～19頁）において夏期（6～9月）の調査頻度を増加させた場合における評価方法について検討を行った。

その結果、連続測定結果と同値又は近い値を取得できた結果が比較的多く、その他のケースも含めて、対象データ数が多い方がより連続測定結果と同値又は近い値を取得できる可能性が高くなると考えられることから、特定の期間の調査頻度を増加させた場合においても、観測された全ての日間平均値をそのまま用いて、年間最低値による評価を行うことが適当と考えられる。

（2）複数の環境基準点をもつ水域における評価の方法

1）既存の生活環境項目環境基準の評価方法

既存の生活環境項目環境基準において、複数の環境基準点をもつ水域について水質汚濁の状況が環境基準に適合しているか否かを判断する場合の評価方法は、表2に示すとおりである。

表2 複数の環境基準点をもつ水域の評価方法

項目	評価方法
COD	【海域及び湖沼共通】 ・複数の環境基準点をもつ水域においては、当該水域内のすべての環境基準点において、環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。
水生生物保全環境基準	
全窒素	【湖沼】 ・複数の環境基準点をもつ水域については、当該水域内のすべての環境基準点において、環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。 【海域】 ・複数の環境基準点をもつ水域については、当該水域内の各環境基準点における表層の年間平均値を、当該水域内のすべての基準点について平均した値が環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。
全燐	

資料)「環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について」(平成13年環水企第92号)

2）底層溶存酸素量の達成評価の考え方

U.S.EPA(2007)¹⁾によると、底層溶存酸素量のような水質項目は時間的また空間的にも変化するため、健全な生態系といえどもすべての地点とすべての時間で目標値を

¹⁾U.S.EPA(2007) Ambient Water Quality Criteria for Dissolved oxygen, Water Clarity and Chlorophyll a for the Chesapeake Bay and Its Tidal Tributaries-2007 addendum, EPA 903-R-07-003, 98pp.

上回るとは限らないとされている。すなわち、底層溶存酸素量が目標値を下回る場所が少なかったり、一時的であったり、速やかに回復するのであれば、それは生態系の劣化をもたらさないと考えられる。このことから、底層溶存酸素量の一時的かつ部分的な低下が生じたとしても、当該水域全体の個体群維持に問題が生ずる可能性は低いと考えられる。

ただし、個体群の維持が可能な最低限度の水域割合及び期間割合を求めることは、水生生物種や対象水域の特性によって異なるため極めて困難である。

以上のことから、底層溶存酸素量の基準値の達成評価を考える上では、当該水域における保全対象種の個体群の維持を目的とする場合、類型あてはめを行った対象水域のすべての測定地点（環境基準点）で、またすべての期間で基準値に適合しなくても、目的は達成できると考えられる。

3) 底層溶存酸素量における評価の方法

上記1)及び2)を踏まえ、評価方法として2つの案を想定した。

案1は、全ての測定地点（環境基準点）において基準値を満足すれば、その水域は環境基準を達成しているものと評価する方法である。また、案2は、個々の測定地点（環境基準点）について、目標値に適合しているか否かの判断はするが、類型指定により区分された水域ごとに達成又は非達成の評価はせず、水域内の全ての測定地点（環境基準点）のうち、目標値に適合している測定地点（環境基準点）数の割合で評価する方法である。

各案の特徴及び留意点は表3、仮想水域における達成評価例は表4に示すとおりである。

この検討結果より、複数の環境基準点をもつ水域における達成評価は、底層溶存酸素量については、水域における保全対象種の個体群の維持を目的とするものであり、これは全ての測定地点（環境基準点）で環境基準を満足しなくても目的は達成できると考えられることから、保全対象種の生息環境をより適切に評価できると考えられる表3の案2の達成率（水域内の目標値を達成した地点数/水域内の全地点数）を用いて評価する方法が適当と考えられる。

表3 水域における達成評価の方法案の特徴及び留意点

案	評価方法	特徴等	留意点
案1	<ul style="list-style-type: none"> ・類型指定により区分されたひとつの水域内に複数の測定地点（環境基準点）がある場合、全ての測定地点（環境基準点）において基準値を満足すれば、その水域は環境基準を達成しているものと評価する。 ・水域が複数ある場合の基準値の達成状況は、全水域に対して達成している水域の割合とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水生生物の保全をするためには、水域内の全ての地点で適合している必要があるとの考え方に基づくものである。 ・現行の環境基準（COD、水生生物保全環境基準、湖沼における全窒素・全磷）と同様の評価方法である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一部の測定地点で環境基準に適合していても水域の達成状況としては、達成していないと判断されるため、厳しい評価となることが想定される。 ・水域内の全ての地点で環境基準に適合しないと、水域としては達成とならないことから、水質の改善状況が評価として現れにくい。 ・水域における保全対象種の個体群の維持を目的とする場合、類型あてはめを行った対象水域のすべての測定地点（環境基準点）が目標値に適合しなくても、目的は達成できると考えられる。そのため、案1の評価方法は、保全対象種の生息の実態に則した方法ではないと考えられる。
案2	<ul style="list-style-type: none"> ・個々の測定地点（環境基準点）について、目標値に適合しているか否かの判断はするが、類型指定により区分された水域ごとに達成又は非達成の評価はせず、水域内の全ての測定地点（環境基準点）のうち、目標値に適合している測定地点（環境基準点）数の割合で評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての測定地点（環境基準点）で環境基準を満足しなくても、保全対象種の個体群の維持が可能であるとの考え方に基づくものである。 ・保全対象種の利用水域は面的な広がりをもつことから、保全対象種の生息環境をより適切に評価できる方法であると考えられる。 ・割合で評価することにより、改善傾向が把握しやすくなると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現行の環境基準（COD及び水生生物保全の環境基準等）との考え方の相違の整理が必要である。^{※1} ・当該水域の保全対象種の個体群の維持が保たれる水域（面積）割合を設定しなければ、水域の達成又は非達成を評価できない。例えば、この案の水域の達成評価として、「現状の達成率より〇%向上する」ということも想定される。 <p>※1: 水道や農業用水の利用目的については、水域内のどの地点であっても利用目的に適した水が得られる必要があるとの考えのもと、また、亜鉛等の水生生物保全環境基準は生物にとって有害物質であるため、水域内に複数の環境基準点があった場合、全ての環境基準点で適合している必要がある。 一方、底層溶存酸素量は有害物質ではなく、また、水産や水生生物の保全において、底層溶存酸素量は全ての地点で適合していなくとも、必ずしも個体群の保全が図られないわけではないため、達成地点の割合で評価する方がより適切である 等</p>

表4は、AからEの5つの水域に類型指定区分された仮想水域において、仮に測定地点（環境基準点）で次のような結果が得られた場合の、案1、案2それぞれの評価方法による評価の結果を示した例である。

表4 仮想水域における達成評価の例

類型	水域	測定地点	適合状況	評価方法	
				案1 (○達成・×非達成)	案2 (達成割合)
生物1	A	a	○	×	50%
		b	○		
		c	×		
		d	×		
生物2	B	e	○	×	75%
		f	○		
		g	○		
		h	×		
生物3	C	i	○	○	100%
		j	○		
		k	○		
	D	l	○	×	50%
		m	×		
	E	n	○	○	100%
達成率				40% (2/5)	71% (10/14)

(3) 底層溶存酸素量の達成期間の取扱い

1) 既存の生活環境項目環境基準の達成期間

達成期間については、「水質汚濁に係る環境基準について」（昭和46年環境庁告示第59号）及び「水質汚濁に係る環境基準の達成期間の取扱いについて」（昭和60年環水管第126号）において、以下のとおり規定しており、水質改善対策等の把握及び対策の検討結果を踏まえた水質汚濁の改善見通し等を十分勘案して達成期間を設定することとされている。

(参考) 「水質汚濁に係る環境基準について」（昭和46年環境庁告示第59号）

第3 環境基準の達成期間等

2 生活環境の保全に関する環境基準

これについては、各公共用水域ごとに、おおむね次の区分により、施策の推進とあいまらつつ、可及的速やかにその達成維持を図るものとする。

(1) 現に著しい人口集中、大規模な工業開発等が進行している地域に係る水域で著しい水質汚濁が生じているものまたは生じつつあるものについては、5年以内に達成することを目途とする。ただし、これらの水域のうち、水質汚濁が極めて著しいため、水質の改善のための施策を総合的に講じても、この期間内における達成が困難と考えられる水域については、当面、暫定的な改善目標値を適宜設定することにより、段階的に当該水域の水質の改善を図りつつ、極力環境基準の速やかな達成を期することとする。

(2) 水質汚濁防止を図る必要のある公共用水域のうち、(1)の水域以外の水域については、設定後直ちに達成され、維持されるよう水質汚濁の防止に努めることとする。

(参考) 水質汚濁に係る環境基準の達成期間の取扱いについて (昭和 60 年環水管 126 号)

水質汚濁に係る環境基準の達成期間の区分等については以下のとおりとするので、その取扱いに遺憾なきを期されたい。

第 1 達成期間の区分及び留意事項

1 水質汚濁に係る環境基準の達成期間の区分は、原則として次のとおりとする。なお、「ハ」は遅くともおおむね 10 年以内に達成することを目途とする。

「イ」：直ちに達成。

「ロ」：5 年以内で可及的速やかに達成。

「ハ」：5 年を超える期間で可及的速やかに達成。

2 湖沼について、1 に掲げる達成期間の区分により難しく、段階的に水質改善を図る必要がある場合には、達成期間を「段階的に暫定目標を達成しつつ、環境基準の可及的速やかな達成に努める。」とすることができるものとする。これを適用する場合において、暫定目標については、現在見込み得る施策による水質汚濁の改善見通し等を十分勘案して定めるものとし、おおむね 5 年ごとに必要な見直しを行うものとする。

なお、当該暫定目標の見直しについては、あらかじめ当職まで通知されたい。

第 2 略

第 3 略

2) 底層溶存酸素量の達成期間

(2) 2) に記載のとおり、水域における底層溶存酸素量は、個体群の維持が可能である限り、すべての地点で、またすべての期間で底層溶存酸素量の基準値を常に上回る必要はないと言える。しかし、個体群の維持が可能な最低限度の水域割合及び期間割合を求めることは、水生生物種や対象水域の特性によって異なるため極めて困難である。このため、底層溶存酸素量においては、達成期間を設定することは困難であると考えられる。

底層溶存酸素量の改善には時間を要することも考えられるため、長期的な改善計画等 (水質総量削減 (環境省)、海の再生プロジェクト (国土交通省、海上保安庁) 等) も視野に入れて対象水域ごとに適切な改善手法を検討することが必要と考えられる。

なお、水域によっては、保全対象種の個体群の維持を目指すにあたり、現状を踏まえた上で、類型区分された水域ごとに達成率や達成期間等に係る目標の設定を検討すること等も考えられる。

2. 測定地点の設定方法

1) 答申の内容

答申において、底層溶存酸素量の測定地点に関しては以下のように記載されている。

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) 測定地点の設定方法の考え方

底層溶存酸素量の測定地点は、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設定した類型あてはめの結果を踏まえて、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こととなる。

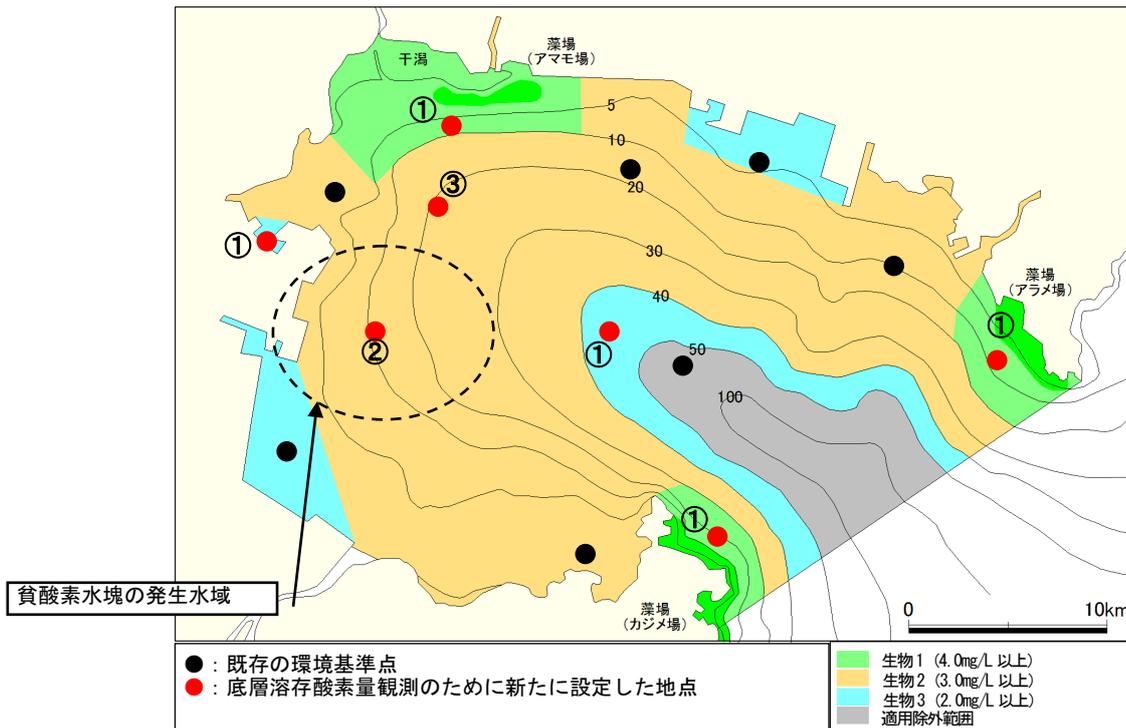
そのため、測定地点は以下のような方法で設定する。

流入河川、気象、海象等の影響を受け底層溶存酸素量が空間的・季節的に濃度変動することを考慮し、類型あてはめにより区分された水域ごとの底層溶存酸素量の濃度レベルを適切に把握するため、区分された水域を代表する地点を測定地点として設定する。

また、貧酸素水塊の発生状況等を踏まえて、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についても環境基準点を設定することが考えられる。

なお、底層溶存酸素量の測定地点の設定にあたっては、現行の環境基準点及び補助点の活用も検討する。

以下、測定地点の設定例について、海域については図1に、湖沼については図2にそれぞれ示す。



【底層溶存酸素量測定地点の設定手順例】

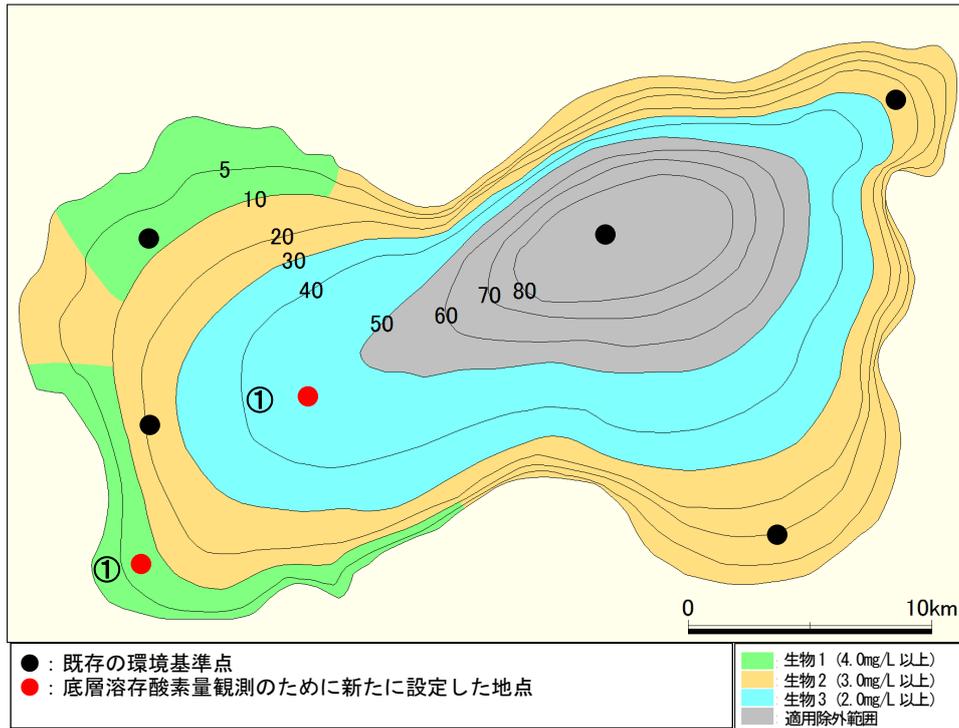
① 類型指定により区分されたひとつの水域内に既存の環境基準点がない場合は、その水域に新たな測定地点を設定する。
 (既存の環境基準点がある水域については、その環境基準点が底層溶存酸素量の濃度レベルを適切に評価できるか検討を行い、適切に評価できると考えられる場合はこれを活用し、適切に評価できないと考えられる場合は、新たな環境基準点を設定する。)

この他、水生生物の保全・再生を図る範囲を適切に評価する地点として必要な地点についても測定地点(環境基準点又は補助点)を設定する。

※この図では、貧酸素水塊の発生が確認されている場合の例として、以下の観点から新たに測定地点を設定している。

② 貧酸素水塊発生水域に設定する。
 ③ 生物1類型と貧酸素水塊の発生水域の間に設定する(貧酸素水塊が広がった実績がある場合に設定)。

図1 底層溶存酸素量の測定地点の設定例：海域



【底層溶存酸素量測定地点の設定手順例】

①類型指定により区分されたひとつの水域内に既存の環境基準点がない場合は、その水域に新たな測定地点を設定する（既存の環境基準点がある水域については、その環境基準点が底層溶存酸素量の濃度レベルを適切に評価できるか検討を行い、適切に評価できると考えられる場合はこれを活用し、適切に評価できないと考えられる場合は、新たな環境基準点の設定を行う）。

図2 底層溶存酸素量の測定地点の設定例：湖沼