資料2

論点１「水質環境基準に追加された項目への対応方針（底層溶存酸素）」について

1. 検討の背景

【背景】

○海域や湖沼では、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、水質環境基準（COD、全窒素、全燐）が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。

○一方、貧酸素水塊の発生はCODを中心とした体系では直接対応できないとして、**水域の底層を利用する水生生物の個体群が適切に生存・再生産できる場を保全・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(底層DO)**が生活環境の保全に関する環境基準として設定された（H28.3告示）。

【水質環境基準：底層溶存酸素量（底層DO）の基準値（H28.3告示）】

	水生生物が生息・再生産する場の適応性	基準値
生物1類型	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・再生する水域	4.0mg/L以上
生物2類型	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・再生する水域	3.0mg/L以上
生物3類型	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・再生する水域又は無生物域を解消する水域	2.0mg/L以上

R7年度末時点の類型指定水域　湖沼：琵琶湖、霞ヶ浦等、諏訪湖※
海域：東京湾、伊勢湾、大阪湾（湾奥のみ）、三河湾※
※都道府県による水域類型の指定

1. 検討の背景：底層溶存酸素量（底層DO）の評価方法

○底層DOは、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、水域内の全ての環境基準点のうち、目標値に適合している環境基準点数の割合で評価される。
○評価方法は、以下の考え方に基づき設定されている。
- 水域において底層DOに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。
- 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困難。

【底層溶存酸素量の評価方法】

評価方法

COD等のように類型指定により区分された水域ごとに達成・非達成の評価はせず、

水域内の全ての環境基準点のうち、目標値に適合している環境基準点数の割合で評価する。

類型	水域	測定地点	適合状況	評価方法
生物１	A	a	○	50%
		b	×	
生物２	B	c	○	67%
		d	○	
		e	×	
生物３	C	f	○	100%
		g	○	
	D	h	○	50%
		i	×	
	E	j	○	100%
達成率				70%

【評価方法】
●左図の例では、測定地点がa～jまで10地点あり、そのうちの7地点において目標値に適合していることから、達成率は以下に示す通りとなる。
7（適合数）/10（測定地点）
＝0.7（達成率70%）

出典）底層溶存酸素量に係る環境基準の水域類型の 指定について（第4次報告案） 概要

1．検討の背景：底層溶存酸素量（底層DO）の達成率及び達成期間の考え方(1/2)

○全ての環境基準点及び期間で基準値に適合しなくても目的達成が可能と考えられることから、達成期間の設定に当たり、達成率をあわせて設定する。
○目標の達成に10年程度以上の長期を要すると考えられる場合には、10年程度以内に目指す暫定的な目標を柔軟に設定し、必要な施策に段階的に取り組むことも可能となっている。
○設定にあたっては、(1)保全対象種の生息域・再生産の場として重要な地点の検討、(2)底層溶存酸素量の測定結果をあらかじめ整理する。

【達成期間に対応した達成率】

目標とする達成率	各水域区分における保全対象種を中心とした水生生物の生息が健全に保たれることを目指す望ましい環境（水域ごとに○%） ※水質が現状よりも少なくとも悪化することを許容することとならないように配慮することが必要	目標とする達成率 ○%	イ　直ちに達成する
		目標とする達成率 ○%	ロ　5~10年以内で可及的速やかに達成する
	10年程度以内に目指す達成率 目標の達成に10年程度以上の長期を要すると考えられる場合には、10年程度以内に目指す暫定的な目標を設定　（水域ごとに○%）	目標とする達成率 ○%　及び 10年程度以内に目指す達成率　○%	ハ　暫定的な目標を10年程度以内に達成する

【達成期間の考え方】

イ：直ちに達成する：環境基準点（測定地点）が「○」のみの場合、又は、「○」と「×」のみ、かつ「×」の環境基準点　（測定地点）が「★」ではない場合

ロ：「◐」の環境基準点（測定地点）が存在し、かつ「×(★)」の環境基準点　（測定地点）が存在しない場合

ハ：「×(★)」の環境基準点（測定地 点）が存在している場合

【検討手順の概要】

（1）保全対象種の生息域・再生産の場として重要な地点の検討
・対象水域における保全対象種の生息状況への底層溶存酸素量の影響に関する考察を実施、重要な地点の検討

※『目標とする達成率』を設定するに当たり、生息域及び再生産の場、重要な水域を考慮した環境基準点「★」を判定

（2）底層溶存酸素量の測定結果の整理
・対象水域における底層溶存酸素量の環境基準の達成状況（達成率）を把握

※設定した調査期間内において、達成「A」した回数(年度)が半分以上となっている環境基準点「○」
※環境基準非達成であるが、測定値が環境基準値に比較的近い測定結果（環境基準値との差がαmg/L未満）を「B」とし、設定した調査期間内において、「A」と合わせて半分以上となっている環境基準点「◑」
※「C」が調査期間内で半分以上の環境基準点「×」

α：地域検討会での議論により設定

（3）対象水域における目標とする達成率及び達成期間の設定

『目標とする達成率』：《【○+◑+×(★)】/水域区分（対象水域）の総地点数[%]》
達成期間：「直ちに達成」、又は、「5~10年以内で可及的速やかに達成」
目標の達成に長期を要する場合：『10年程度以内に目指す達成率』を設定
※重要な地点として示した×(★)は、(2)の整理結果より「×」となるが、(1)の整理結果より重要な地点(★)として判定された環境基準点を表す。なお、「○」には○(★)、「◑」には◐(★)も含まれている。

『10年程度以内に目指す達成率』
：目標の達成に10年程度以上の長期を要すると考えられる場合には、10年程度以内に目指す暫定的な目標を設定
達成期間：暫定的な目標を10年程度以内に達成する
《【○+◑】/水域区分（対象水域）の総地点数[%]》

出典）底層溶存酸素量に係る環境基準の水域類型の 指定について（第4次報告案）概要

1. 検討の背景：底層溶存酸素量（底層DO）の達成率及び達成期間の考え方(2/2)

○東京湾における達成率・達成期間の検討結果の例を下図に示す。

【東京湾における達成率・達成期間の検討結果】

類型	水域区分	測定地点	(1)から重要な地点	(2)から判定	目標とする達成率 【○+◑+×(★)】/水域区分（対象水域）の総地点数[%]	10年程度以内に目指す達成率 【○+◑】/水域区分（対象水域）の総地点数[%]	達成期間
生物1（4mg/L以上）	東京湾央部②	東京湾 14		×	71% ＝（達成地点数＋重要な地点等）／総地点数 ＝(○+◑+×(★))／14 ＝10／14	64% ＝達成地点数／総地点数 ＝(○+◑)／14 ＝9／14	ハ：暫定的な目標を10年程度以内に達成する
		東京湾 17	★	×			
		東京湾 18	★	○			
		磯子沖	★	○			
		夏島沖	★	○			
		平潟湾内	★	○			
		東扇島沖		×			
		扇島沖		×			
		本牧沖		×			
		富岡沖		○			
		平潟湾沖	★	○			
		大津湾		○			
		中の瀬北		◑			
		中の瀬南	★	○			
	東京湾口部	東京湾 19	★	○	100% ＝達成地点数／総地点数 ＝○／12 ＝12／12		イ：直ちに達成する
		東京湾 20	★	○			
		東京湾 21	★	○			
		東京湾 22	★	○			
		東京湾 23	★	○			
		東京湾 24	★	○			
		東京湾 25	★	○			
		東京湾 27		○			
		浦賀港内	★	○			
		久里浜港内	★	○			
		浦賀沖		○			
		観音崎北沖		○			

環境基準非達成であるが、測定値が環境基準値に比較的近い測定結果（環境基準値との差がαmg/L未満）を「B」とし、設定した調査期間内において、「A」と合わせて半分以上となっている環境基準点「◑」

『目標とする達成率』を設定するに当たり、生息域及び再生産の場、重要な水域を考慮した環境基準点「★」を判定

出典）底層溶存酸素量に係る環境基準の水域類型の 指定について（第4次報告案） 概要

2. 検討事項

【検討事項】

●水質環境基準の生活環境項目として追加された底層DOについて、下水道としてどのような対応が想定されるかを検討する。

【検討の論点】

●論点①：下水処理場からの負荷量による底層DOへの影響度

●論点②：上記の確認結果を踏まえた流総指針への記載事項

【検討の進め方（案）】

●まずは、以下を確認する。

・下水処理場からの負荷量による底層DOへの影響度を確認する。

・貧酸素水塊発生のメカニズムを確認する。

●その上で、以下を確認する。

・下水処理場からの負荷量による底層DOへの影響が小さいと判断される場合は、流総指針本編への留意事 項等の記載方法を検討する。

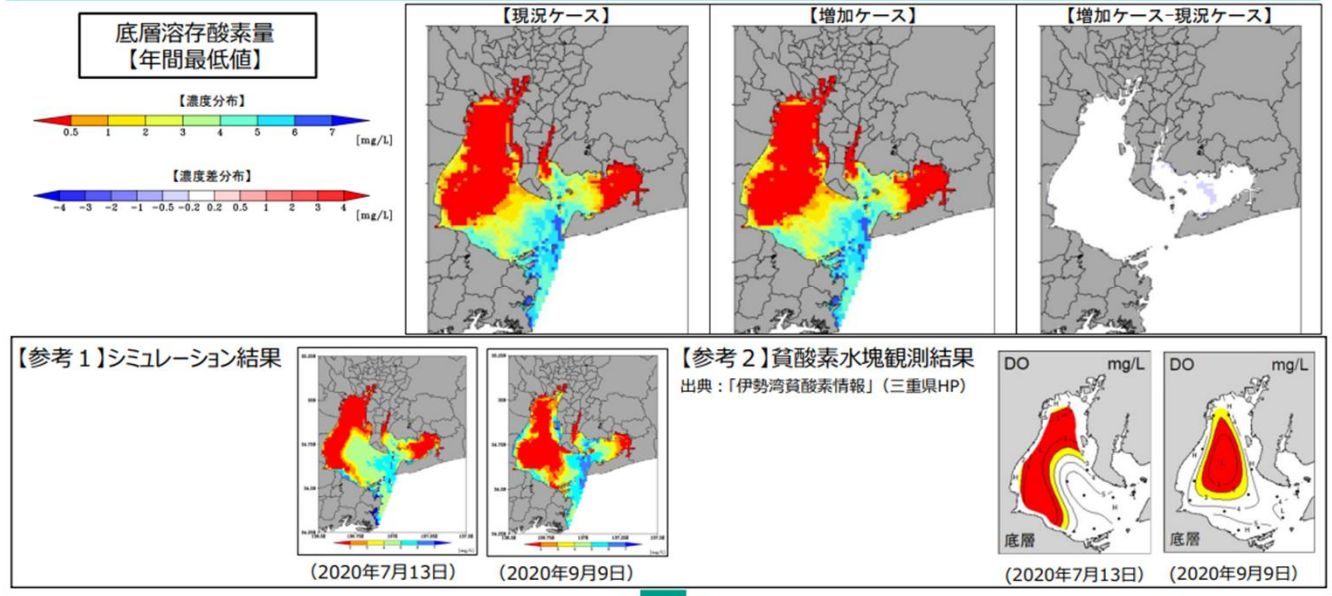
・下水処理場からの負荷量による底層DOへの影響が不明な場合は、底層DOの改善・低下メカニズムについて、研究機関と調整のもと研究・調査を進める。

3. 整理：下水処理場の栄養塩類増加措置が底層DOに与える影響度

○「伊勢湾の全窒素及び全燐に係る環境基準の水域類型の指定の見直しについて 概要（令和8年6月）」では、下水処理場の栄養塩類増加措置による底層DOへの影響がシミュレーションにより示されている。
○下水処理場の栄養塩類増加措置により、底層DOがわずかに低下する水域が広くみられる結果が示されている。
○シミュレーションの条件として、水質悪化が懸念される伊勢湾及び三河湾の湾奥部を中心とした下水処理場からの栄養塩類の増加については、水域類型を見直さない水域の環境基準を達成できるように調整されている。
○シミュレーションモデルには一定の不確実性があるため、引き続きシミュレーションの改善を行っていく必要性が指摘されている。

【下水処理場が栄養塩類増加措置を行った場合の底層DOのシミュレーション結果】

■ シミュレーション結果（底層溶存酸素量）
・栄養塩類増加措置により、底層溶存酸素量は、わずかに低下する水域が広くみられた。
・底層溶存酸素量が環境基準を下回る期間について、2016年から2020年のシミュレーションの結果では大きな変化はない。



➢ **底層溶存酸素量はやや低下し、環境基準を下回る期間には大きな変化はない結果となっており、シミュレーションの不確実性も踏まえ、環境監視を継続し、栄養塩類の管理に当たっては、順応的に行うことが必要。**

18

出典）伊勢湾の全窒素及び全燐に係る環境基準の 水域類型の指定の見直しについて 概要

【シミュレーションの前提条件】
- 伊勢湾及び三河湾沿海に位置する下水処理場の緩和運転を想定。
- 増加措置は常時（通年）で実施。
- 下水道法施行規則で定められる計画放流水質の濃度上限値を想定。ただし、水質悪化が懸念される伊勢湾及び三河湾の湾奥部を中心とした下水処理場からの栄養塩類の増加については、水域類型を見直さない水域の環境基準を達成できるように調整。

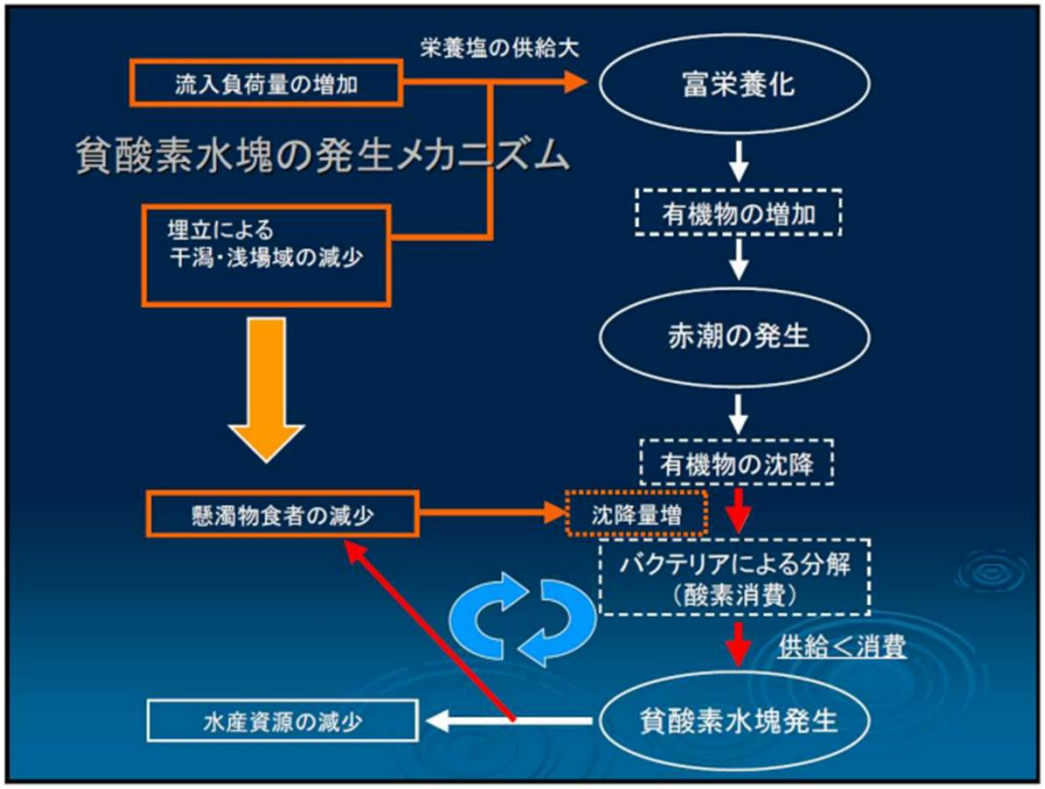
【シミュレーション結果】
- 栄養塩類増加措置により、底層DOがわずかに低下する水域が広くみられる。

【留意事項】
- 水質-底質モデルは低次生態系モデルであり、結果に不確実性を含むことに留意。
- 下水道からの負荷量が底層DOへ与える影響を解析した事例は、この伊勢湾の事例のみ。

3. 整理：貧酸素水塊発生のメカニズム

○「第9次水質総量削減の在り方について（答申）（令和3年3月）」において、貧酸素水塊の発生メカニズムが次のとおり示されている。
○陸域からの負荷量の増加による富栄養化に伴う内部生産の増加や赤潮発生、また、埋立て等による干潟・浅場域の減少に伴う有機物除去能力の低下は、大量の有機物の沈降と海底への堆積を促す。
○堆積した有機物がバクテリアにより無機化される過程で大量の酸素が消費され、貧酸素水塊が発生する。
○埋立て等により干潟・浅場域が減少することで海域に生息する二枚貝などの懸濁物食者が減少すること、また窪地や防波堤内、埋立地間の水路等において底層海水の流動が妨げられること等も、有機物の堆積及び貧酸素水塊の発生を助長する要因になっていると考えられる。

【貧酸素水塊発生のメカニズム】



区分	要因	内容
直接要因	酸素消費過多	酸素供給量に対し酸素消費量が過多になることにより生じる
減少要因	バクテリアによる分解	底質の有機物などをバクテリアが分解する際に酸素を消費する
	硝化作用	アンモニア性窒素が硝化作用により酸素が消費される
	生物による呼吸	生物の呼吸により酸素を消費する
	大気への放出	大気と海水の境界面から大気に放出される
	外洋への流出	外洋との海水交換のうち流出分
増加要因	光合成による供給	植物プランクトンの光合成活動による供給
	大気からの溶解	大気と海水の境界面から水塊に溶解される
	外洋からの流入	外洋との海水交換のうち流入分
	陸域からの流入	河川等を通じ陸域からの流入分
誘発要因	上下混合の減少	夏期の成層期において上下混合が減少し、底層への酸素供給が阻害
	底質への有機物供給量増加	動植物などが死滅し、底質に有機物が沈降する
	→プランクトンの増加	植物プランクトンが増殖することにより、有機物の沈降量が増加する
	→富栄養化	富栄養化により、植物プランクトンが増殖する
	→陸域からの流入	陸域からの栄養塩が流入することで富栄養化する
	→底質からの溶出	底質が貧酸素状態になることで栄養塩が溶出し易くなる
	干潟・浅場の減少	干潟・浅場が減少することで海域の浄化機能が低下する

出典）中田喜三郎ら，2008．三河湾における貧酸素水塊形成過程に関する研究．海洋理工学会誌 14(1)，pp. 1-14.
出典）第 9 次水質総量削減の在り方について（答申）p. 20、p. 103

4. 検討：下水処理場からの負荷量が底層DOに影響を及ぼすか

【下水処理場からの負荷量が底層DOに与える影響度 】

〇下水処理場からの負荷量が底層DOに与える影響度を評価した事例は既存資料から確認できていない。

〇前掲（スライド7）のシミュレーションでは、伊勢湾、三河湾沿岸に位置する下水処理場が栄養塩類増加運転を行った場合に、底層DOがわずかに低下する水域が広くみられるものの、水質環境基準を下回る期間に大きな変化は生じないとする結果が示されている。

〇当該シミュレーションで用いられた水質-底質モデルは低次生態系モデルであり、海藻・海草や魚介類等による溶存酸素への影響が評価されておらず、結果には一定の不確実性が含まれている。

【貧酸素水塊の発生メカニズム 】

〇前掲（スライド8）「第9次水質総量削減の在り方について（答申）（令和3年3月）」において貧酸素水塊の発生メカニズムが示されている。

【まとめ】

〇貧酸素水塊の発生メカニズムは既存の資料に示されてはいるが、底層DOの低下と下水道からの負荷量との関係を評価した事例はない。

〇シミュレーションモデルやシミュレーション条件の違いにより、下水道からの負荷量が底層DOに与える影響の程度は異なる可能性があり、現段階でこれを定量的に評価することは困難である。

５．本検討会でご確認いただきたい事項

【確認事項】

- 「水質環境基準に追加された項目への対応方針（底層溶存酸素）」について、以下の視点でご意見ください。
  - 底層DOを流総指針へ位置付けるにあたっての評価事例の蓄積や、シミュレーションモデルの改善の必要性について。
  - 各省庁のシミュレーションモデルを評価ツールとして水平展開し、共同化することにより評価事例を収集することについて。
  - 底層DOの評価基準として、少なくとも現状よりも悪化しないことを確認する考え方を用いることについて。