

底層溶存酸素量の目標設定の検討について（案）

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、底層を利用する魚介類等の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の設定を検討する。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の設定を検討にあたっては、このような場を解消するための観点も考慮する。

2. 底層溶存酸素量の目標値の導出根拠

(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。）として整理する。

また、実際の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データ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、実環境における水生生物の生息状況等の知見は重要であることから、これらの知見も収集する。

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する。

(2) 貧酸素耐性試験に係る知見の収集方法

貧酸素耐性試験については、室内に設置した実験装置において、溶存酸素量への暴露実験に基づき溶存酸素量と生存率（あるいは死亡率）との関係が数値で記載された文献等を収集する。なお、貧酸素化しやすい夏季の水域の底層を想定し、水温条件が概ね 20～25℃前後で実施された貧酸素耐性試験とし、その試験の条件が、毒性試験に関する各種のテストガイドライン¹⁾²⁾に準拠しているとともに、その試験方法や結果の妥当性について、専門家による確認を受けて

精度が担保されているものとする。

(3) 貧酸素耐性試験に係る知見の収集結果

得られた貧酸素耐性試験の知見について、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) とした。

その他、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) の知見についても収集できたため、以下のとおり、24hr-LC₅を算出した。

①24hr-LC₅₀ から 24hr-LC₅ を算出

表 1 は、U. S. EPA (2000) ³⁾ が作成している種別の LC₅₀ および LC₅ の表である。この表には各属の LC₅/LC₅₀ 比が示されている。この比について魚類及び甲殻類別に幾何平均値を求めた結果、LC₅/LC₅₀ 比は、甲殻類 1.49、魚類 1.31 となった。この値を用いて 24hr-LC₅₀ から 24hr-LC₅ を算出した。

表 1 U. S. EPA (2000) による LC₅/LC₅₀ 比 (一部抜粋) ³⁾

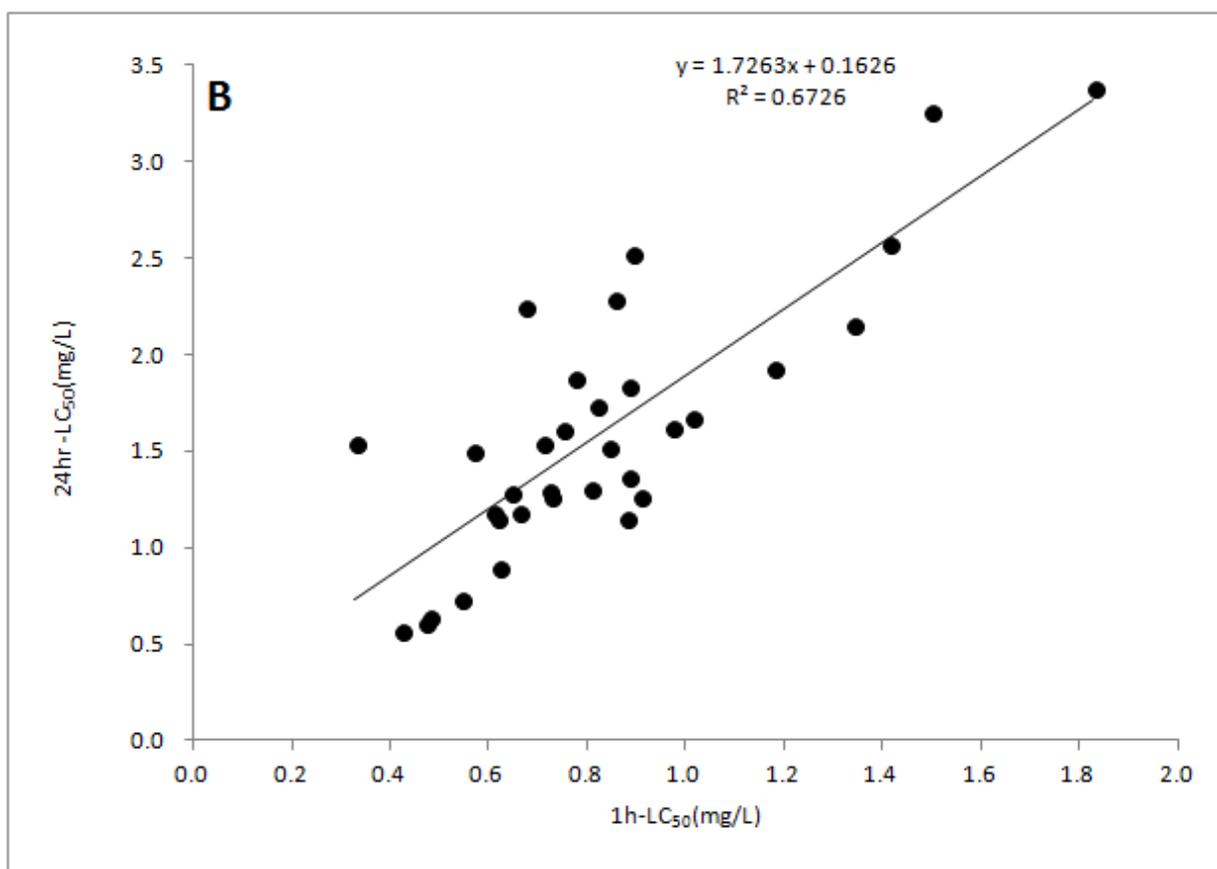
	学名	種名	一般名称	発育段階	GMAV	
					LC5	LC5/LC50
甲殻類	<i>Carcinus maenus</i>	Carcinus maenus	グリーンクラブ	稚ガニ・成体		
軟体類	<i>Spisula solidissima</i>	アメリカウバガイ	Atlantic surfclam	稚貝	0.70	1.63
甲殻類	<i>Rithropanopeus harrisi</i>	Rithropanopeus harrisi	ハリスノコギリガザミ	稚ガニ		
魚類	<i>Prionotus carolinus</i>	ノーザンシーロビン	北ホウボウ	稚魚	0.80	1.45
甲殻類	<i>Eurypanopeus depressus</i>	Eurypanopeus depressus	平坦なノコギリガザミ	稚ガニ		
魚類	<i>Leiostomus xanthurus</i>	Leiostomus xanthurus	スポットクローカー (ニベ科の魚)	稚魚	0.81	1.16
魚類	<i>Tautoga onitis</i>	Tautoga onitis	tautog (ペラ科の魚)	稚魚	1.15	1.40
甲殻類	<i>Palaemonetes vulgaris</i>	テナガエビ科	沼地グラスシュリンプ	稚エビ	1.24	1.45
甲殻類	<i>Palaemonetes pugio</i>	Palaemonetes pugio	daggerbladeグラスシュリンプ	稚エビ		
甲殻類	<i>Ampelisca abdita</i>	海洋端脚類スガメソコエビ科	端脚類	稚仔		
魚類	<i>Scophthalmus aquosus</i>	Scophthalmus aquosus	ヒラメ	稚魚	1.20	1.48
魚類	<i>Apeltes quadracus</i>	ヨンキョクトゲウオ	ヨンキョクトゲウオ	稚魚・成魚	1.20	1.32
甲殻類	<i>Homarus americanus</i>	アカザエビ科の一種	アメリカンロブスター	稚エビ	1.6	1.76
甲殻類	<i>Crangon septemspinosa</i>	エビジャコ科	砂エビ	稚エビ・成体	1.6	1.65
甲殻類	<i>Callinectes sapidus</i>	ブルークラブ	アオガニ	成体		
魚類	<i>Brevoortia tyrannus</i>	ニシンダマシ亜科の一種	アトランティックメンハーデン	稚魚	1.72	1.53
軟体類	<i>Crassostrea virginica</i>	バージニアガキ	イースタンオイスター	稚貝		
魚類	<i>Stenotomus chrysops</i>	Stenotomus chrysops	スカップ (スギ目科)	稚魚		
甲殻類	<i>Americamysis bahia</i>	甲殻類のアミ	アミ	稚仔	1.50	1.16
魚類	<i>Paralichthys dentatus</i>	ナツピラメ	ナツピラメ	稚魚	1.57	1.19
魚類	<i>Pleuronectes americanus</i>	Pleuronectes americanus	フユピラメ	稚魚	1.65	1.20
魚類	<i>Morone saxatilis</i>	ストライブドバス	ストライブドバス	稚魚	1.95	1.23
魚類	<i>Syngnathus fuscus</i>	ヨウジウオの一種	パイブウオ	稚魚	1.9	1.17

注) GMAV : Genus Mean Acute Values

②1hr-LC₅₀ から 24hr-LC₅₀ を算出

湖沼に生息する種を供試個体として行われた暴露実験の中には、1hr-LC₅₀のみしか得られないデータも含まれる。U. S. EPA (2000)³⁾は、魚類・甲殻類の試験結果を用い、各種で TTD (time-to-death) 曲線を作成し、それらに対数関数化した式を作成している。

この魚類・甲殻類の種ごとの式を用いて、米国の魚類・甲殻類の1時間致死濃度(1hr-LC₅₀)及び24時間致死濃度(24hr-LC₅₀)のデータをプロットし、直線回帰式($y=1.7263x+0.1626$ 、 $R^2=0.6726$)を得た(図1)。この回帰式を用いて日本の魚種の1hr-LC₅₀から24hr-LC₅₀を求めた後、①で示した方法で、24hr-LC₅₀を算出した。



注) 図は、U. S. EPA (2000)³⁾で示されている TTD 曲線から作成した式 ($Y=m(\ln X)+b$; X: 時間=24 時間、Y: 溶存酸素量、m: 傾き、b: 切片) を使い作成した。

図1 1h-LC₅₀と24h-LC₅₀との関係

貧酸素耐性試験により得られた貧酸素耐性評価値は以下のとおり。

表2 実験文献から導出した貧酸素耐性評価値の一覧

引用文献	分類群	種	発育段階	個体サイズ(mm) ±:標準偏差 ()内は最小~最大	実験水温(°C)	暴露時間(hr)	LC50 (mg/L)				LC5 (mg/L) (DO耐性評価値)			
							プロビット法	Moving average angle 法	対数近似法	1hr-LC50からEPA換算式で24hr-LC50	プロビット法	ロジスティック回帰	対数近似法により直接導出	EPAの比から導出
4)	淡水産魚類	ウナギ	未成魚・成魚	平均全長 144±12mm	27.0±0.1	1h				1.2				1.6
5)		カマツカ	未成魚・成魚	平均全長 90±6mm	20.0±0.1	1h				1.8				2.3
6)		カマツカ	未成魚	平均全長 68.3±7.1mm (56.1~86.8mm)	25±1	24h	1.5							2.0
4)		コイ	未成魚・成魚	平均全長 116±4mm	27.1±0.1	1h				1.6				2.1
4)		タモロコ	未成魚・成魚	平均全長 78±8mm	26.9±0.1	1h				2.3				3.0
6)		ドジョウ	成魚	平均全長 94.6±6.5mm (77.4~109.3mm)	25±1	24h	0.9							1.2
7)		ホンモロコ	未成魚・成魚	平均全長 65.2mm (57.7~73.4mm)	25±1	24h	1.0							1.3
7)		モツゴ	未成魚・成魚	平均全長 59.6mm (47.7~68.2mm)	25±1	24h	0.9							1.2
7)		ヤリタナゴ	未成魚・成魚	平均全長 72.6mm (59.7~84.1mm)	25±1	24h	1.1							1.4
8)	海産魚類	キジハタ	稚魚	平均 40.1±2.2mm (33.1~46.0mm)	25±1	24h	1.1							1.5
9)		シロギス	未成魚	平均全長 82.3±7.50mm	25±1	24h	2.0							2.6
8)		シロメバル	稚魚	平均全長 39.2±1.8mm (33.7~44.2mm)	25±1	24h	2.5							3.3
10)		スズキ	未成魚	平均全長 76.7±7.2mm	25±1	24h	1.9							2.4
8)		トラフグ	稚魚	平均全長 45.9±3.0mm (37.6~53.5mm)	25±1	24h	1.9							2.5
6)		ヒラメ	未成魚・成魚	平均全長 50.0±3.9mm (41.4~58.6mm)	24±1	24h	1.6							2.1
10)		ホシガレイ	未成魚	平均全長 62.8±5.0mm	25±1	24h	1.9							2.5
11)		マコガレイ	稚魚	(全長 45~72mm)	22.4~24.3	24h			1.8					2.4
6)		マダイ	未成魚・成魚	平均全長 37.0±2.1mm (32.1~42.0mm)	25±1	24h	2.0							2.6
6)	淡水産甲殻類	スジエビ	未成体・成体	平均全長 35.4±2.2mm (29.2~44.3mm)	25±1	24h	0.9							1.3
12)		ヨシエビ	幼生 (ノープリウス期)	平均体長 0.30mm	28	24h						<1.1		
12)		ヨシエビ	幼生 (プロトゾエア期)	平均体長 1.42mm	28	24h						1.8		
12)		ヨシエビ	幼生(ミス期)	平均体長 2.78mm	28	24h						2.0		
12)		ヨシエビ	幼生 (ホストラハ期)	平均体長 3.37mm	28	24h						3.2		
13)		ヨシエビ	幼生(ホストラハ 4日齢期)	平均体長 約 3mm	25±1	24h							2.9	
13)		ヨシエビ	幼生(ホストラハ 15日齢期)	平均体長 約 13mm	25±1	24h							2.3	
6)		ヨシエビ	未成体・成体	平均全長 40.4±2.5mm (32.0~46.5mm)	25±1	24h	0.5		0.5					0.7
12)		海産甲殻類	ガザミ	幼生(ゾエア期)	平均甲長 0.50mm	24	24h						1.5	
12)	ガザミ		幼生 (メガロハ期)	平均甲長 2.0mm	24	24h						3.1		
12)	ガザミ		稚ガニ	平均甲長 5.11mm	24	24h						3.7		
12)	クルマエビ		幼生 (ノープリウス期)	平均体長 0.39mm	24	24h						3.1		
12)	クルマエビ		幼生(ゾエア期)	平均体長 2.24mm	24	24h						2.8		
6)	クルマエビ		未成体・成体	平均全長 45.8±4.3mm (33.6~56.2mm)	25±1	24h		0.8						1.2
8)	海産棘皮動物	マナマコ	稚ナマコ	平均全長 11.3 ± 0.9mm (9.6~15.2mm)	25±1	24h	0.2					0.4		

二枚貝については、成貝などでは貧酸素耐性を有しており^{14),15),16),17)}、貧酸素耐性評価値の知見はないものの、浮遊幼生期では溶存酸素量が低い海水（貧酸素海水）に遭遇すると沈降するなど他の魚介類とは異なる生態上の特質がある。二枚貝についての貧酸素耐性評価値を導出するためには、この点に留意し、更なる検討を行うことが必要である。

なお、実験方法は異なるが、アサリの浮遊幼生の実験文献は表3に示すような知見もある。

表3 アサリの浮遊幼生の実験文献

引用文献	種	実験方法	実験水温(°C)	実験結果
18)	アサリ(D型幼生、アンボ期幼生、フルグロウン期幼生)	<ul style="list-style-type: none"> 流水水槽内で溶存酸素濃度を所定の濃度に調整。1濃度区に20~100個体のアサリ幼生を収容。 実体顕微鏡下で全く動かない個体を斃死と判定。 	20、25	24時間後の半数致死濃度は0.4mg/L(D型幼生、25°C)。
19)	アサリ(D型幼生、アンボ期幼生、フルグロウン期幼生)	<ul style="list-style-type: none"> 円筒形の水槽を用い、鉛直方向に溶存酸素濃度の濃度勾配を設定。1水槽当たり1,977~4,333個体のアサリ幼生を収容し、行動を観察。 実体顕微鏡下で全く動かない個体を斃死と判定。 	23	<ul style="list-style-type: none"> アサリ幼生は低溶存酸素濃度層で殻を閉じ沈降し(生存)、後に斃死する。 沈降幼生の24時間半数致死濃度は1.88mg/L(D型幼生°C)。 沈降後の斃死を考慮すると5%沈降/致死濃度は3.1mg/L(アンボ期幼生)。

(4) 現場観測に係る知見の収集

現場観測の知見については、現場において、明らかに溶存酸素量の影響を受けていると判断される検討対象種の分布と、溶存酸素量との関係が記載されている文献を収集対象とし、魚介類の分布の調査と溶存酸素量の測定が同時に行われているものとした。

(5) 現場観測に係る知見の収集結果

得られた現場観測の知見については、大きく2種類に分けられる。

- ①検討対象種の分布図（平面分布図、漁場メッシュ図等）と溶存酸素量分布図との重ね合わせによる場合は、その溶存酸素量を下回ると魚介類の生息が確認できなくなる溶存酸素量から分布境界がわかるもの。
- ②検討対象種の出現密度と溶存酸素量との関係から、検討対象種の生息が確認できなくなる溶存酸素量について、溶存酸素量を説明変数とした主成分分析等の統計的手法を用いて導出したもの。

収集した知見は以下のとおり。

表 4 現場観測から導出した底層溶存酸素量の分布境界一覧

引用文献	対象種	発育段階	分布境界
20)	シャコ	稚シャコ	4.0mg/L
21)	シャコ	幼生	2.5mg/L
22)	シャコ イッカクモガニ アカガイ ジンドウイカ ホシザメ ハタタテヌメリ アカハゼ ゲンコ マコガレイ テンジクダイ	成体・成魚	2.4mg/L
23)	シノブハネエラスピオ (ヨツバナエラスピオ)	成体	0.4mg/L
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i> (コオニスピオ)		1.4mg/L

注) 上記表中の文献 22) の値は、生物群集データから統計解析により導出した値である。

(6) 発育段階別の分類

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等、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。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、これを再生産段階として扱う。

貧酸素耐性試験から得られた貧酸素耐性評価値を、発育段階別に以下のとおり整理した。

表 5 発育段階別に分類した貧酸素耐性評価値

(単位 : mg/L)

貧酸素耐性評価値(海域)		貧酸素耐性評価値(湖沼)	
生息段階	再生産段階	生息段階	再生産段階
シロメバル 3.3	ガザミ 3.7 ヨシエビ 3.2 クルマエビ 3.1		
マダイ 2.6 シロギス 2.6 ホシガレイ 2.5 トラフグ 2.5 スズキ 2.4 マコガレイ 2.4 ヒラメ 2.1		タモロコ 3.0 カマツカ 2.3 コイ 2.1	
キジハタ 1.5 クルマエビ 1.2 ヨシエビ 0.7 マナマコ 0.4		ウナギ 1.6 ヤリタナゴ 1.4 ホンモロコ 1.3 モツゴ 1.2 ドジョウ 1.2 スジエビ 1.4	

1. 貧酸素耐性評価値は、一定の条件下における実験値（24時間の曝露時間において5%が致死する溶存酸素量）であり、地域の環境の条件によって、貧酸素耐性が変わるものであることに留意する必要がある。
2. 複数の貧酸素耐性評価値が得られた場合は、最も高い貧酸素耐性評価値を記載した

現場観測から得られた値を、発育段階別に以下のとおり整理した。

表 6 発育段階別に分類した現場観測から得られた値

(単位 : mg/L)

現場観測から導出した値			
生息段階		再生産段階	
コオニスピオ	1.4	シャコ	4.0
シノブハネエラスピオ	0.4	シャコ	2.5

現場観測から導出した値(生物群集データによる)	
生息段階	
マコガレイ, ホシザメ, テンジクダイ, ゲンコ, アカハゼ, ハタタテヌメリ, イッカククモガニ, シャコ, ジンドウイカ, アカガイ	2.4

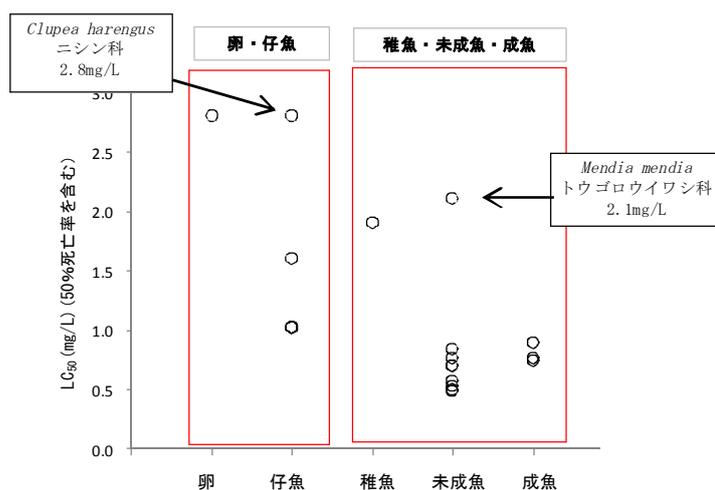
※) 上記は生物群集データから統計解析により導出した値である。

(7) 再生産段階の貧酸素耐性評価値の推定

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得られていない。

U. S. EPA (2000)³⁾において、魚介類等の貧酸素耐性について、知見の集積を図っている。図2は、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(暴露時間が24時間以下の結果を抽出した)。この結果では、仔魚(*Clupea harengus* ニシン科の魚類、暴露時間6hr)の LC_{50} の最大値は2.8mg/L、未成魚(*Mendia mendia* トウゴロウイワシ科の魚類、暴露時間6hr)の最大値は2.1mg/Lであり、 LC_{50} の最大値の差は0.7mg/Lである。3.(2)の24hr- LC_{50} から24hr- LC_5 への算出方法と同様の考え方により、魚類の LC_5/LC_{50} 比1.31を使うと、仔魚の LC_5 は3.67mg/L、未成魚の LC_5 は2.75mg/Lと換算でき、その差は0.92 mg/Lとなる。このため、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1mg/Lを加えた値として推定する。

なお、今後、再生産段階の貧酸素耐性評価値が得られる場合には、その値を用いることが望ましい。



暴露時間が24時間以下の結果

注) 図は暴露時間が6時間の値での比較であり、24時間の暴露時間では LC_{50} の最大値の差が0.7mg/L以上になる可能性がある。

図2 発育段階別の LC_{50}

なお、底層溶存酸素量が低下する時期に再生産を行わない魚種については、生息段階における水生生物の生息の場の底層溶存酸素量が確保されることで、再生産もできることが明らかな場合であれば、必ずしも上記のように1mg/Lを加えた値として推定する必要はない。

(8) 底層溶存酸素量の目標値の検討

得られた貧酸素耐性評価値等を踏まえ、①水生生物の再生産の場を確保する観点、②水生生物の生息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。

1) 目標値：4.0mg/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。

3. 底層溶存酸素量の目標の設定

以上を踏まえ、底層溶存酸素量の低下は、水環境の汚染を通じ生活環境の保全に影響を及ぼすおそれがあり、水質汚濁に関する施策を総合的にかつ有効適切に講ずる必要があると認められることから、海域及び湖沼を対象として底層溶存酸素量を環境基準として以下のとおり設定することとする。

なお、底層溶存酸素量は、既存の環境基準項目の利用目的とその濃度レベルについて、必ずしも対応させることができないことから、既存の環境基準の類型とは別に設定する。

底層溶存酸素量の目標値（素案）

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

4. 底層溶存酸素量の目標値の類型指定の方向性

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範囲について行うが、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る。

底層溶存酸素量の類型指定の方法については、以下の点に留意して実施する。

- 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、なるおそれがあるところで、水生生物の生息の保全のために、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。
- ② 以下の範囲は必ずしも類型指定を行う必要はないこととする。
 - 水深の深い範囲や底質の環境が水生生物の生息に適さない範囲（自然的要因によるもの）等、設定する保全対象種が生息・再生産の場として底層を利用しない範囲
 - 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を保全・再生を図る必要がないと判断される範囲
- ③ ①及び②など類型指定の検討の際、各地域の関係者の意見等を踏まえて、各水域の特徴に応じた目標値を設定するが、その際には以下の点に留意する。
 - 局地的に深い窪地や成層等の自然的要因が明らかに底層の貧酸素化の原因となる場合があること。
 - 新たに保全対象種とすべき種が確認された際には、今回示した貧酸素耐性評価値の導出方法も参考に目標値を設定する。

なお、具体的な類型指定の流れについては、図3のような流れを想定しており、実際のイメージは図4～図5のとおり。詳細については、実際の類型指定を行う際に、検討する。

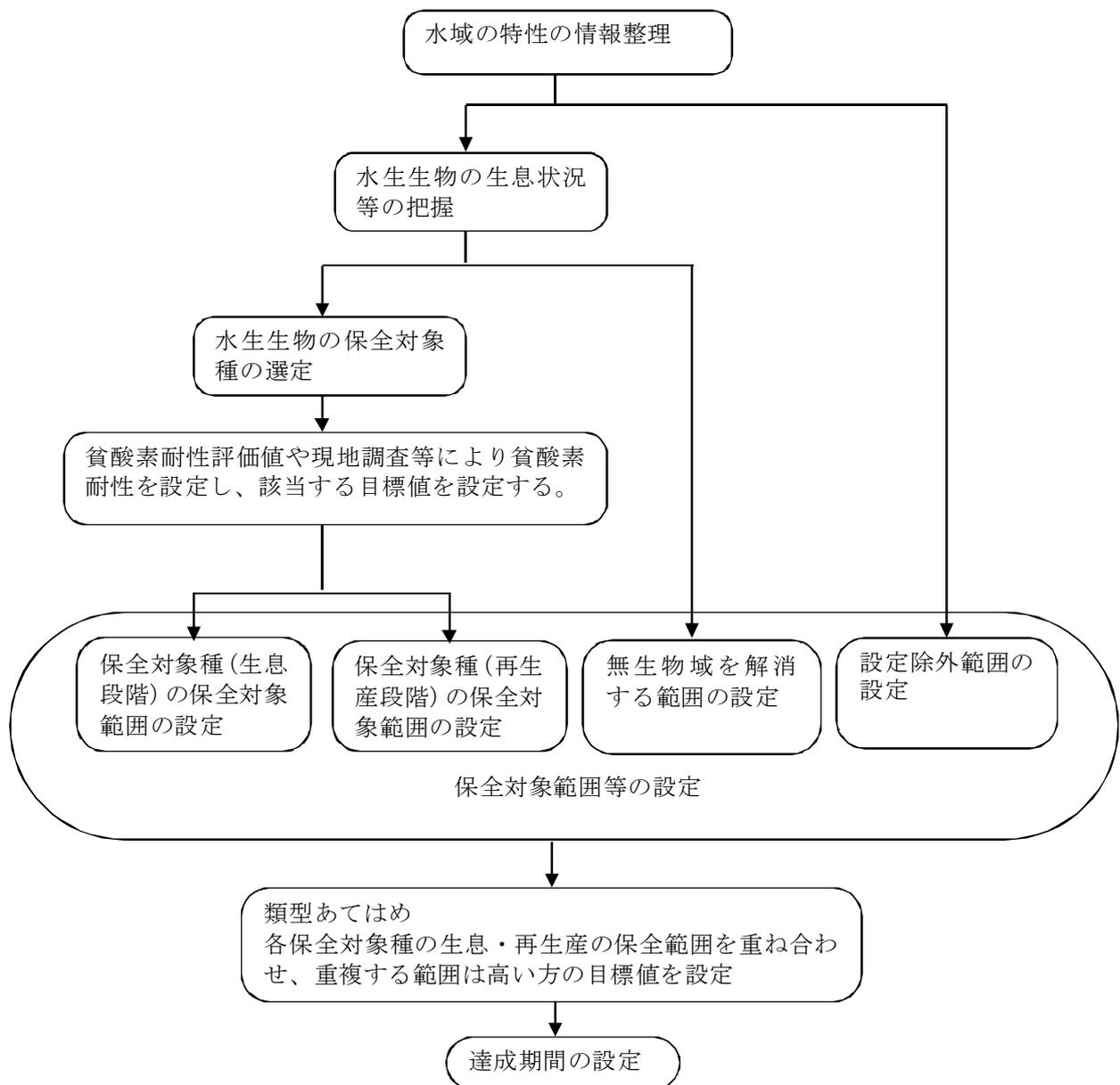


図3 底層溶存酸素量の目標値に係る類型指定の流れ

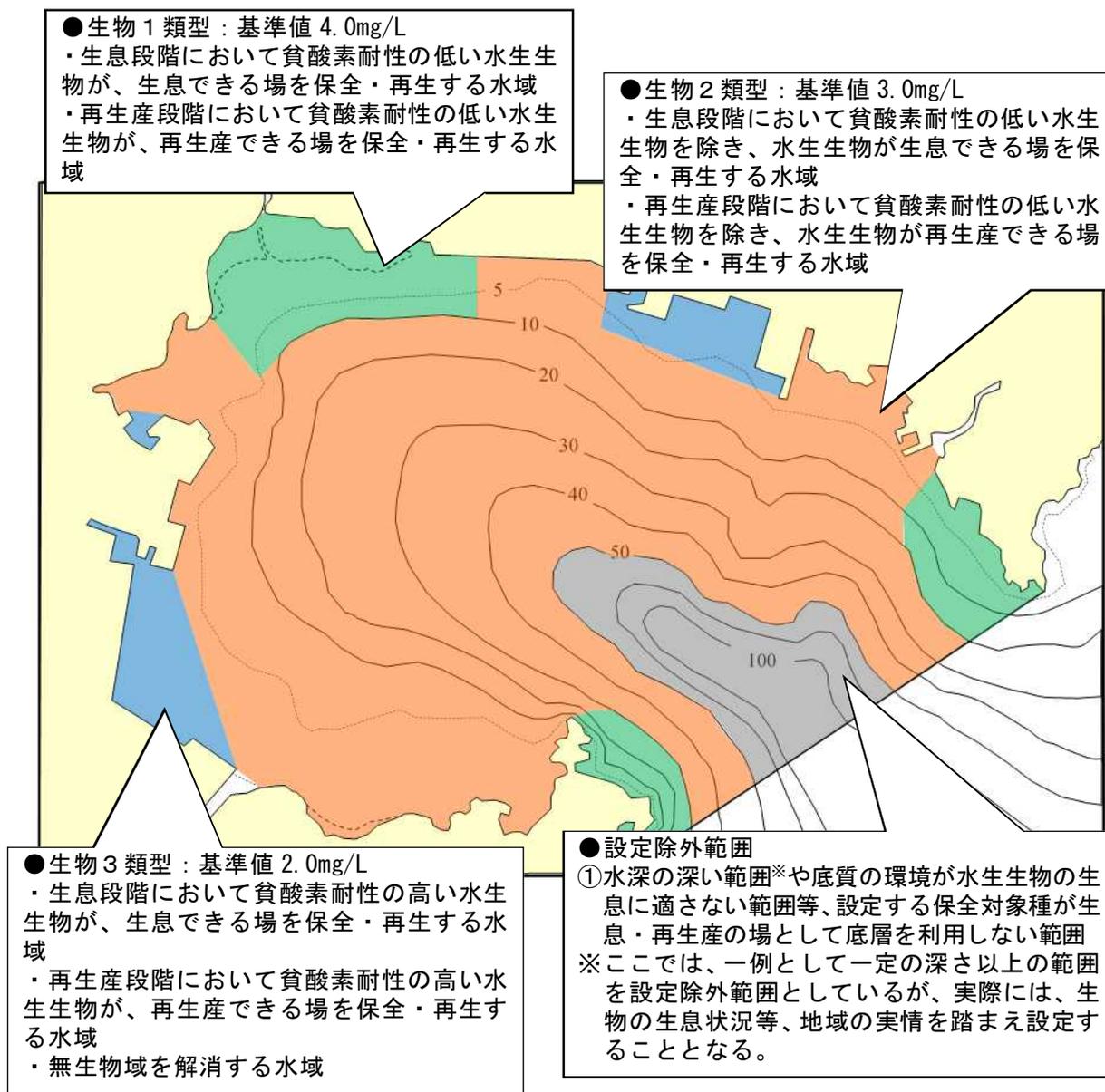


図4 海域の類型指定のイメージ

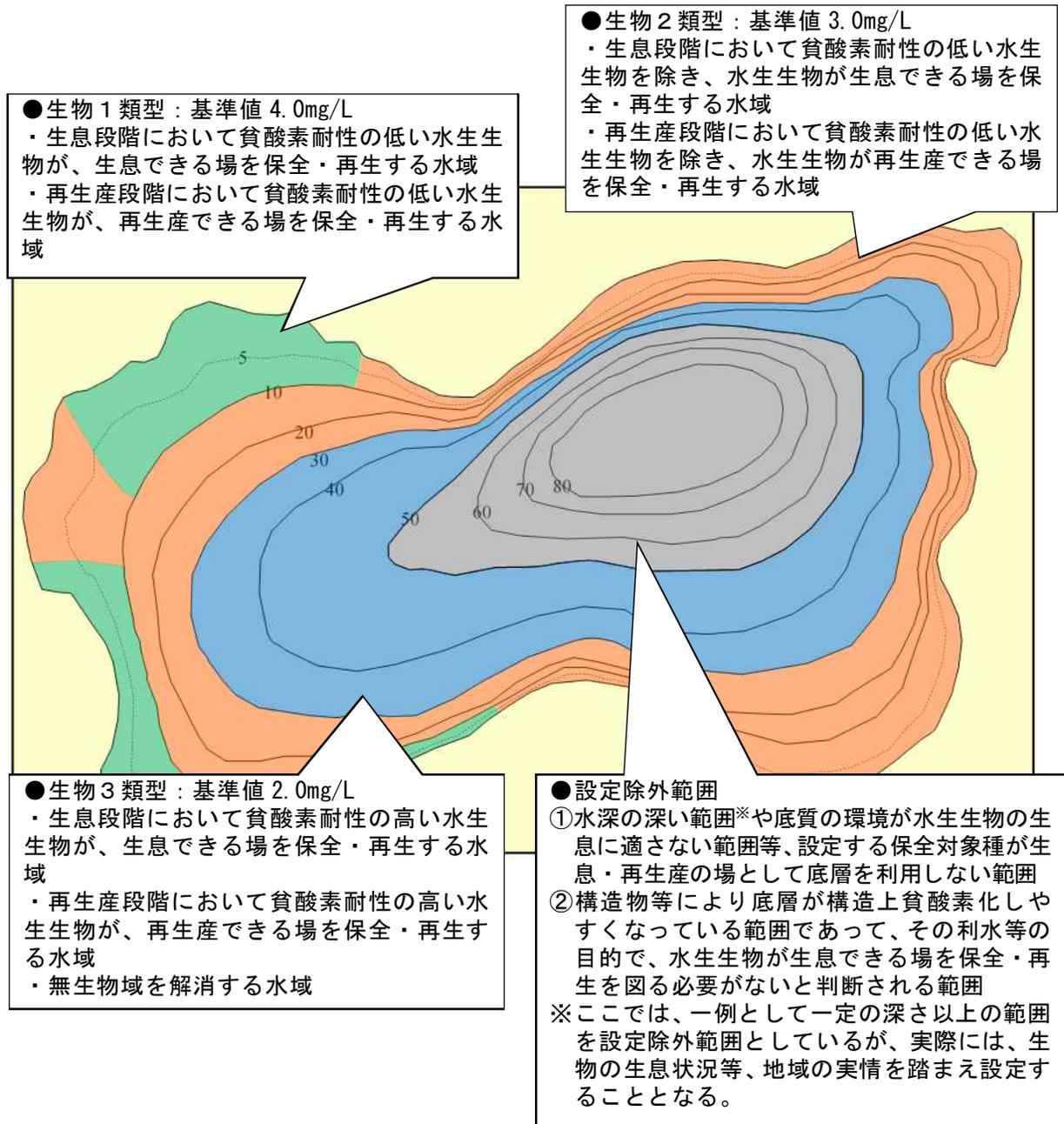


図5 湖沼の類型指定のイメージ

図4及び図5については、比較的広範な水域を想定して、複数の範囲と基準値を設定した例である。比較的狭い水域については、水域全体、あるいはその一部分を保全・再生する範囲等として一律に当てはめて、目標値を設定することも考えられる。

5. 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、底層溶存酸素量等の水域の状況等を勘案して、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、海底又は湖底から1 m以内の底層とし、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。

(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、各日について4回程度測定するが、当該水域において可能な限り底層溶存酸素量の年間最低値を把握できるよう、底層溶存酸素量が低下する時期に測定回数を増やすこととすることも必要である。水生生物の生息の場を保全・再生するうえで重要な地点においては、可能であれば連続測定が望ましい。

(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（ LC_5 ））から設定しており、短期間でも底層溶存酸素量が目標値を下回った場合には、当該個体群の生息及び再生産に影響を与える可能性がある。このため、環境基準を達成しているかどうかの評価は、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。

6. 対策の方向性

底層溶存酸素量の目標値を設定すると、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。その結果、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、関係者が連携し、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対策をはじめ様々な対策を組み合わせていくことが重要である。良好な水環境を確保するためには、将来のあるべき姿を見据えつつ、従来の水質汚濁防止対策だけでなく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。

【引用文献】

- 1) OECD TEST GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS. Adopted by the Council on 17th July 1992. Fish, Acute Toxicity Test.
- 2) 海産魚類及び海産エビ類の急性毒性試験法（案），（独）国立環境研究所，平成 17 年 11 月
- 3) 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.
- 4) 山元憲一・平野修・原洋一・三代建造（1988）淡水産魚類 11 種の低酸素下における鼻上げおよび窒息死，水産増殖 36(1)，49-52
- 5) 山元憲一・平野修・原洋一・吉川浩史(1987)カマツカの低酸素下における呼吸および逃避反応，魚類学雑誌, Vol. 33(4)
- 6) 環境省（2014）平成 25 年度下層 DO 及び透明度新規環境基準化検討業務報告書
- 7) 環境省（2013）平成 24 年度下層 DO ・透明度設定検討及び魚介類調査検討業務報告書
- 8) 環境省（2015）平成 26 年度下層 DO 及び透明度新規基準化検討業務報告書
- 9) 環境省（2014）平成 25 年度下層 DO 環境基準化調査業務報告書
- 10) 環境省(2014)平成 26 年度下層 DO 環境基準化調査業務報告書
- 11) 矢持進, 有山啓之, 佐野雅基（1998）大阪湾湾奥沿岸域の環境修復 -堺泉北港干潟造成予定地周辺の水質・底質ならびに底生動物相とマコガレイの貧酸素に対する応答-, 海の研究, Vol. 7, No. 5
- 12) 山田智・蒲原聡・曾根亮太・堀口敏弘・鈴木輝明（掲載準備中）ガザミ (*Portunus trituberculatus*), クルマエビ (*Penaeus japonicus*) およびヨシエビ (*Metapenaeus ensis*) の浮遊幼生に及ぼす貧酸素水の影響, 水産海洋研究受理済
- 13) Susumu Yamochi, Ken Ikeda and Kazuma Mutsutani（2013）An experimental research to clarify the response of larval and postlarval greasyback prawn to hypoxia, Global Congress on ICM, Lessons Learned to Address New Challenges, EMECS10-MEDCOAST 2013 Joint Conference, Book of Extended Abstracts, Edited by Erdal Ozhan, p. 43-44.
- 14) 柿野純（1982）青潮によるアサリへの死原因について 貧酸素水及び硫化物の影響，千葉県水産試験場研究報告，第 40 号，p. 1-6
- 15) 萩田健二(1985)貧酸素水と硫化水素水のアサリのへの死に与える影響，水産増殖，33 巻，2 号，p. 67-71
- 16) 中村幹雄，品川明，戸田顕史，中尾繁(1997)ヤマトシジミの貧酸素耐性，水産増殖，45 巻，1 号，p. 9-15
- 17) 中村幹雄，品川明，戸田顕史，中尾繁(1997)宍道湖および中海産二枚貝 4 種の環境特性，水産増殖，45 巻，2 号，p. 179-185
- 18) 堀口敏宏, 蒲原聡, 山田智, 和久光晴, 岩田靖宏, 石田基雄, 鈴木輝明, 白石寛明(2012)：流水式曝露試験装置によるアサリ幼生及び稚貝の貧酸素耐性評価，第 21 回環境化学討論会、ポスター発表（松山）
- 19) 蒲原聡, 山田智, 曾根亮太, 堀口敏宏, 鈴木輝明(2013)：貧酸素水がアサリ浮遊幼生の遊泳停止と沈降後のへの死に及ぼす影響，水産海洋研究 77(4) 282-289
- 20) K. Kodama, T. Horiguchi, G. Kume, S. Nagayama, T. Shimizu, H. Shiraishi, M. Morita and M. Shimizu（2006）Effects of hypoxia on early life history of the stomatopod *Oratosquilla oratoria* in a coastal sea, Marine Ecology Progress Series, vol. 324

- 21) 大富潤, 風呂田利夫, 川添大徳 (2006) 東京湾におけるシヤコ幼生の発生に伴う分布の変化, 日本水産学会誌, Vol. 72, No. 3
- 22) Keita Kodama, Masaaki Oyama, Gen Kume, Shigeko Serizawa, Hiroaki Shiraishi, Yasuyuki Shibata, Makoto Shimizu, Toshihiro Horiguchi (2009) Impaired megabenthic community structure caused by summer hypoxia in a eutrophic coastal bay. *Ecotoxicology*, Published online: 20 November 2009.
- 23) Hisashi Yokoyama (1999) Three polychaetes indicating different stages of organic pollution. *J. Rech. Oceanographique*, 1998, vol. 23, No. 2, pp.67-74