

# 底層DO目標値について

[基本的考え方及び設定結果]

# 目 次

1. 底層 D0 目標の基本的考え方	1
1.1 底層 D0 の目標設定の目的	1
1.2 設定する底層 D0 目標の種類	1
1.3 底層 D0 目標値の導出及び設定の考え方	2
1.3.1 底層 D0 目標値の導出及び設定に用いる情報	2
1.3.2 底層 D0 目標値の導出及び設定	2
1.3.3 その他	3
2. 魚介類の底層 D0 目標値の設定	4
2.1 検討対象種の選定	5
2.1.1 東京湾の検討対象種の選定	5
2.1.2 伊勢湾・三河湾の検討対象種の選定	9
2.1.3 瀬戸内海の検討対象種の選定	13
2.1.4 検討対象種の選定結果のまとめ	16
2.2 検討対象種の底層 D0 目標値の設定	17
2.2.1 検討対象種の低 D0 耐性に関する文献の検索・収集	17
2.2.2 文献の精査及び文献の内容の整理	20
2.2.3 文献別 D0 耐性評価値の導出	26
2.2.4 餌生物の D0 耐性評価値の設定	42
2.2.5 検討対象種別の底層 D0 目標値の設定	44
3. 無生物域の解消のための底層 D0 の目標値	61
3.1 検討対象種の選定	62
3.1.1 選定の考え方	62
3.1.2 低 D0 耐性が高い種に関する文献の検索・収集	62
3.1.3 検討対象種の選定	62
3.2 検討対象種の D0 目標値の検討	64
3.2.1 文献の精査及び文献内容の整理	64
3.2.2 D0 耐性評価値の導出	64
3.2.3 無生物域の解消のための底層 D0 目標値の設定	65

別添資料 [検討対象種別 底層 D0 目標値の設定過程]

## 1. 底層 D0 目標の基本的考え方

### 1.1 底層 D0 の目標設定の目的

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、溶存酸素（以下、「D0」という）は、生物にとって特に重要な要素の一つである。しかし、近年では、底層 D0 濃度の低下が水生生物の生息や海域環境全体へ及ぼす悪影響が問題となっている。

底層 D0 濃度の低下は、それ自体が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。また、底層 D0 濃度の低下は、底泥からの栄養塩類の溶出や、斃死した生物の分解に伴う更なる酸素消費を引き起こす等、海域の富栄養化を促進する(小倉,1993)。さらに、硫化水素などを含む底層の無酸素水塊あるいは貧酸素水塊が沿岸域の表層に湧昇する現象である青潮(苦潮)は、貧酸素水塊が発生しないような浅場にも到達し、沿岸の生物とりわけ移動性に乏しい魚介類の斃死を引き起こすことで大きな被害を与えている(小倉,1993)。

以上のことから、底層 D0 濃度の低下による水生生物への悪影響を軽減し、良好な海域環境を回復・維持するために、海域における適切な底層 D0 濃度の数値目標を設定する必要がある。

### 1.2 設定する底層 D0 目標の種類

底層 D0 目標は、当該海域の底層を生息域とする魚介類や、その餌生物が生存できることはもとより、再生産が適切に行われるよう、底層を利用する水生生物の個体群の維持を可能とするレベルで設定する(「中央環境審議会水環境部会 水生生物保全環境基準専門委員会資料」(平成 17 年)より引用)。他方、魚介類は未成魚及び成魚といった環境の変化に対して能動的に反応(応答)できる段階と、浮遊生活をする卵や仔魚の段階及び底生生活を初めて間もない稚魚といった環境の変化に対して受動的にならざるを得ない段階があり、後者については、より厳しい目標とすることが望ましい。

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は、夏季に底層 D0 濃度が極端に低下することで低 D0 耐性が高い種までもが生息できない場、いわゆる無生物域となることがあり、このような場を解消するための底層 D0 目標も定める必要がある。なお、無生物域とは小型底生生物が全く生息しない状況を示すことが多い。このため、本検討では、小型底生生物が全く生息しない状況は無生物域と定義する。

以上を踏まえ、本検討では、以下に示す 3 種類の底層 D0 目標値を設定することとする。

#### (1) 魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標

魚介類の個体群が維持されるためには、魚介類の生息域において底層 D0 の低下による生息個体数の減少が起こらないことが重要である。したがって、魚介類の生息個体数が減少しないレベルの目標を設定する。また、本目標は、魚介類が生息する水域の底層に適用する。

## (2) 魚介類の再生産の場の確保のための底層 D0 目標

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。そのためには、当該海域を再生産の場として利用する種にとって、繁殖期から発育段階初期に至るまでの個体の生存が確保され、かつ繁殖期の個体の性成熟や産卵等が阻害されないことが重要である。したがって、繁殖期から発育段階初期に至るまでのそれぞれの個体の生存と健全な成長が確保されるレベルの目標を設定する。また、本目標は、魚介類が生息する水域のうち、繁殖期から発育段階初期に利用する水域に適用する。

## (3) 無生物域の解消のための底層 D0 目標

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貧酸素化しやすい場所では、低 D0 耐性が高い種（小型多毛類等）も生息できず、無生物域となることが知られている。したがって、このような無生物域を発生させないために維持すべきレベルの D0 濃度を設定する。

### 1.3 底層 D0 目標値の導出及び設定の考え方

#### 1.3.1 底層 D0 目標値の導出及び設定に用いる情報

底層 D0 目標値の検討に用いる文献は、①検討対象種を供試個体として低 D0 耐性実験を実施した結果が記載されている文献（以下、「実験文献」と表記する）、②現場観測から得られた D0 及び生物の両データが記載されている文献（以下、「現場観測文献」と表記する）とした。

①の実験文献は、室内に設置した実験装置において、溶存酸素濃度の変化に対する水生生物の生死、成長、行動異常及び酸素消費量の変化等の反応（応答）の観察結果より、低 D0 耐性を明らかにしているものとした。

②の現場観測文献は、実海域において、D0 濃度と魚介類の生息状況や漁獲量の変動状況等との関係について記述しているものとした。

#### 1.3.2 底層 D0 目標値の導出及び設定

##### (1) 魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値

魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値は、特に感受性の高い個体の保護までは考慮せず、未成魚、成魚の段階で底層を利用する魚介類の個体群の維持を可能とするレベルの目標値を設定する。

また、低酸素が魚介類に与える影響の多くは、貧酸素水塊の発生に伴う忌避や斃死等の突発的な影響であることから、魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値は、急性影響の観点から目標値を設定する。

##### (2) 魚介類の再生産の場の確保のための底層 D0 目標値

魚介類の再生産の場の確保のための底層 D0 目標値は、低酸素に脆弱な卵期・仔魚

期・稚魚期の魚介類の生存を確保し、かつ繁殖活動を阻害しないレベルの目標値を設定する。

なお、魚介類の再生産の場の確保のための底層 DO 目標値についても、生息域の確保のための目標値と同様に急性影響の観点から設定する。

### (3) 無生物域の解消のための底層 DO 目標値

無生物域の解消のための底層 DO 目標値は、底生生物のうち低酸素耐性が高い種を対象として、魚介類と同様に、急性影響の観点から生息が可能な DO 濃度を設定する。

## 1.3.3 その他

### (1) 数値の扱い

目標値とする数値については、単位を mg/L とする（以下、mg/L と表記する）。また、導出した DO 耐性評価値は切り上げによって整数とし、その値を目標値として設定する。

### (2) 餌生物への影響の考慮

魚介類の生息域及び再生産の場を確保するためには、魚介類の餌となる生物の生息も確保される必要がある。底層を利用する魚介類の主要な餌生物は小型底生生物である（海洋生物研究所編, 1991）ことから、小型底生生物の生息が確保される DO 濃度レベルを検討する。

## 2. 魚介類の底層 D0 目標値の設定

魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値（以下、生息目標値と表記する。）及び再生産の場の確保のための底層 D0 目標値（以下、再生産目標値と表記する。）の設定フローは図 2.1.1 に示すとおりである。

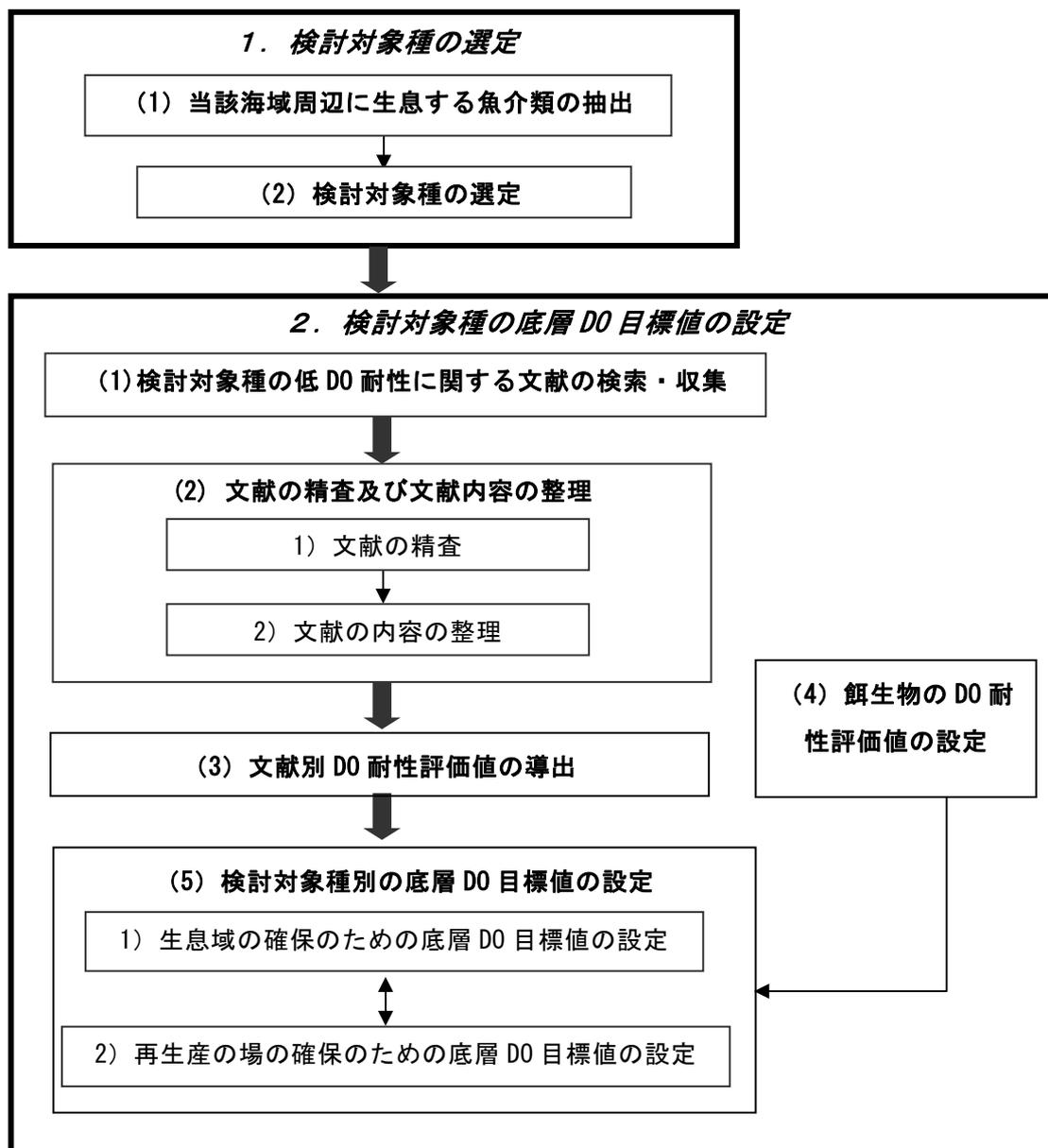


図 2.1 魚介類の生息目標及び再生産目標の設定フロー

## 2.1 検討対象種の選定

### 2.1.1 東京湾の検討対象種の選定

底層 D0 の目標値の設定に当たっては、当該海域に生息する魚介類を整理し、それら魚介類の中から D0 目標値の設定対象とする種（以下、検討対象種と表記した）を選定した。

以下に検討対象種を選定する手法を示した。

#### (1) 東京湾に生息する魚介類の抽出

##### 1) 抽出に用いた資料

東京湾においては、水産庁が平成 15 年度から実施した「豊かな東京湾を再生するための事業」によって、東京湾の漁業生産と資源の動向の分析がなされている。同事業を実施するために設置された「豊かな東京湾再生検討委員会」では、漁業分科会における検討を経て平成 16 年 11 月に「東京湾の漁業と資源、その今と昔」を取りまとめている。また、平成 17 年 11 月には「豊かな東京湾の再生に向けて」を発表し、東京湾の今後のあるべき姿の提言を行っている。

「東京湾の漁業と資源 その今と昔」には、水産統計年報等の戦後または 1960 年代以降の統計資料から東京湾で漁獲量が多く、過去には豊富に生息していたが現在では減少している種等といった観点から選出された種が掲載されている。

また、「豊かな東京湾の再生に向けて 提言」には、「東京湾の主要な魚介類」として、33 種が掲載されている。

上記の資料は、漁業統計資料では必ずしも把握できない種単位の情報であり、また、豊かな東京湾再生検討委員会の検討を経たものであることから、D0 目標値を検討する対象種の抽出前段階として、東京湾に生息する魚介類を整理するために用いた（表 1.2.1）。

表 2.1.1 東京湾の漁業及び魚介類の生息状況がまとめられた既存の資料

資料名	発行者(発行年)	掲載情報の作成方法
「東京湾の漁業と資源 その今と昔」	社団法人 漁業情報サービスセンター (2005)	東京湾漁業史、漁業資源及び東京湾の環境変遷に関する各種資料、水産試験場報告、図鑑、水産統計資料等から戦後の動向を整理
「豊かな東京湾の再生に向けて 提言」	社団法人 日本水産資源保護協会(2005)	水産統計等をもとに東京湾の主要魚介種を抽出

次に、これらの文献に掲載のない漁獲対象種を抽出するため、東京湾に面する千葉県、東京都及び神奈川県農林水産統計年報のいずれかに掲載のある魚介類を追加した。農林水産統計年報は、発行初年度から最新の平成 17 年までに発行されたすべての年報を収集した（表 2.1.2）。なお、農林水産統計年報に掲載されている漁業統計調査は以下のとおりである。

- ・稼働量調査、海面漁業漁獲統計調査及び海面養殖業収獲統計調査
- ・内水面漁業漁獲統計調査

表 2.1.2 抽出に用いた漁業統計資料

統計資料名	発行者等	収集期間	情報収集の対象範囲
東京農林水産統計年報	関東農政局統計情報部編	1956～2006年	稼働量調査、海面漁業漁獲統計調査及び海面養殖業収獲統計調査または内水面漁業漁獲統計調査によって収集された統計情報から求められる以下の情報  ・主要漁業種類 ・魚種別漁獲量年間1t以上の種(統計年報には生物の標準和名ではなく、水産業上の銘柄で記載されているため、これを標準和名に変換した)
千葉農林水産統計年報	関東農政局千葉統計情報部編	1952～2006年	
神奈川農林水産統計年報	関東農政局神奈川統計事務所編	1951～2006年	

(注)漁獲量には内水面で漁獲された量を含む

また、漁獲対象とはなっていないが、東京湾において特徴的であると考えられる種についても検討するため、以上の作業によって得られた漁獲対象種リストをもとに学識者ヒアリングを行い、リストにされていない種を追加した。

## 2) 抽出された種

1) の資料で整理された魚介類は、魚類 81 種、甲殻類 10 種、軟体動物のうちイカ・タコ類 7 種、貝類 19 種の計 117 種であった。

### (2) 検討対象種の選定

前項でリストアップした魚介類 117 種より、「生活史のいずれかの段階で当該海域の底層を利用する種」を選定し、検討対象種とした。

選定の結果、東京湾の検討対象種は、魚類 31 種、甲殻類 9 種、軟体動物のうちイカ・タコ類 3 種、貝類 13 種の計 56 種であった。検討対象種の選定過程及び選定結果を表 2.1.3 に示す。

表 2.1.3 (1) 東京湾の検討対象種の選定結果

No.	分類群	種名	学名	①	②	③ 農林水産統計			⑤	⑥ 専門家追加	検討対象種 選定結果	
				東京湾の 漁業と資源 その 今と昔	豊かな東 京湾の再 生に向けて 提言	東京 都	千葉 県	神 奈 川 県				
1	魚類	ホシザメ	<i>Mustelus manazo</i>							○	◎	
2		ドチザメ	<i>Triakis scyllia</i>							○	◎	
3		ヨシキリザメ	<i>Prionace glauca</i>			○						
4		ネズミザメ	<i>Lamna ditropis</i>			○						
5		アブラツノザメ	<i>Squalus acanthias</i>			○						
6		コモンカスベ	<i>Okamejei kenojei</i>							○		◎
7		アカエイ	<i>Dasyatis akajei</i>			○						◎
8		ツバクロエイ	<i>Gymnura japonica</i>							○		◎
9		トビエイ	<i>Myliobatis tobijei</i>							○		◎
10		ウルメイワシ	<i>Etrumeus teres</i>					○	○			
11		ニシン	<i>Clupea pallasii</i>			○						
12		マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>	○	○	○	○	○	○			
13		コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	○	○	○	○	○	○			
14		カタクチイワシ	<i>Engraulis japonicus</i>	○	○	○	○	○	○			
15		ウナギ	<i>Anguilla japonica</i>	○	○	○	○	○	○			◎
16		マアナゴ	<i>Conger myriaster</i>	○	○	○	○	○	○			◎
17		シラウオ	<i>Salangichthys microdon</i>	○								◎
18		サンマ	<i>Cololabis saira</i>			○	○					
19		サヨリ	<i>Hyporhamphus sajori</i>	○	○					○		
20		マダラ	<i>Gadus macrocephalus</i>			○						
21		スケソウダラ	<i>Theragra chalcogramma</i>			○						
22		キンメダイ	<i>Beryx splendens</i>			○	○					
23		ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	○								
24		アカカマス	<i>Sphyraena pinguis</i>	○								
25		スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	○	○	○						◎
26		テンジクダイ	<i>Apogon lineatus</i>							○		◎
27		シロギス	<i>Sillago japonica</i>		○	○				○		◎
28		アオギス	<i>Sillago parvisquamis</i>	○								◎
29		ムツ	<i>Scombrops boops</i>			○	○	○	○			
30		タカベ	<i>Labracoglossa argentiventris</i>			○						
31		ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i>					○				
32		マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	○	○	○	○	○	○			
33		シマアジ	<i>Pseudocaranx dentex</i>			○						
34		シイラ	<i>Coryphaena hippurus</i>			○						
35		シログチ	<i>Pennahia argentata</i>			○						◎
36		キグチ	<i>Pseudosciaena polyactis</i>					○				
37		ヒメダイ	<i>Pristipomoides sieboldii</i>			○						
38		ハマダイ	<i>Etelis coruscans</i>			○				○		
39		アオダイ	<i>Paracaesio caeruleus</i>			○						
40		イサキ	<i>Parapristipoma trilineatum</i>		○			○	○			
41		キダイ	<i>Dentex tumifrons</i>							○		
42		チダイ	<i>Eyvymis japonica</i>					○	○	○		◎
43		マダイ	<i>Pagrus major</i>	○	○	○	○	○	○			◎
44		ヘダイ	<i>Sparus sarba</i>					○	○	○		◎
45		クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		○	○	○	○	○			
46		バショウカジキ	<i>Istiophorus platypterus</i>			○	○	○	○			
47		マカジキ	<i>Tetrapturus audax</i>			○	○	○	○			
48		シロカジキ	<i>Istiompax indica</i>			○						
49		メカジキ	<i>Xiphias gladius</i>			○	○					
50		マサバ	<i>Scomber japonicus</i>	○	○							
51		サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>			○						
52		ソウダガツオ類	<i>Auxis spp.</i>			○						
53		カツオ	<i>Katsuwonus pelamis</i>			○						
54		キハダ	<i>Thunnus albacares</i>			○	○					
55		メバチ	<i>Thunnus obesus</i>			○	○					
56		ビンナガ	<i>Thunnus alalunga</i>			○	○					
57		クロマダロ	<i>Thunnus thynnus</i>			○	○					
58		ミナミマダロ	<i>Thunnus maccoyii</i>			○						
59		マダロ類	<i>Thunnus spp.</i>			○						
60		タチウオ	<i>Trichiurus japonicus</i>		○			○	○			
61		メダイ	<i>Hyperoglyphe japonica</i>			○	○	○	○			
62		イボダイ	<i>Psenopsis anomala</i>					○	○			◎
63		マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	○	○	○						◎
64		アカハゼ	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>							○		◎
65		コモチジャコ	<i>Amblychaeturichthys scitistius</i>							○		◎
66		シロウオ	<i>Leucopsarion petersii</i>	○								◎
67		メバル	<i>Sebastes inermis</i>	○	○							◎
68		アコウダイ	<i>Sebastes matsubarae</i>			○						
69		メヌケ(サンコウメヌケ)	<i>Sebastes flammeus</i>			○						
70		キチジ	<i>Sebastolobus macrochir</i>			○	○					
71		ギンダラ	<i>Anoplopoma fimbria</i>			○						
72		アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>	○	○	○						◎
73		コチ	<i>Platycephalus sp.2</i>		○							◎
74		ハタタテヌメリ	<i>Repomucenus valenciennesi</i>							○		◎
75		ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	○	○			○	○			◎
76		ホシガレイ	<i>Verasper variegatus</i>	○						○		◎
77		マコガレイ	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	○						○		◎
78		イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>	○								◎
79		カワハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		○							
80		ウマヅラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i>	○						○		
81		シロウサイフグ	<i>Takifugu snyderi</i>							○		◎

注: 種名欄の学名は、魚類は日本産魚類大図鑑(東海大学出版会,1984)、魚類以外の動物は新日本動物図鑑(北隆館,1965)に従った。

①:「東京湾の漁業と資源 その今と昔」(社団法人 漁業情報サービスセンター, 2005)

②:「豊かな東京湾の再生に向けて 提言」(豊かな東京湾再生検討委員会, 2005)

③:「東京都農林水産統計年報」(農林水産省統計情報部, 1956~2006)

④:「千葉県農林水産統計年報」(農林水産省統計情報部, 1952~2006)

⑤:「神奈川県農林水産統計年報」(農林水産省統計情報部, 1951~2006)

⑥: 専門家へのヒアリング等により追加

表 2.1.3 (2) 東京湾の検討対象種の選定結果

No.	分類群	種名	学名	① 東京湾の 漁業と資 源 その 今と昔	② 豊かな東 京湾の再 生に向け て 提言	③ 農林水産統計			⑤ 神 奈 川 県	⑥ 専門家追加	検討対象種 選定結果	
						東京 都	千 葉 県	④				
82	甲殻類	ニホンイサザアミ	<i>Neomysis japonica</i>	○							◎	
83		クルマエビ	<i>Penaeus japonicus</i>		○	○	○	○	○		◎	
84		シノエビ	<i>Metapenaeus joyneri</i>	○	○						◎	
85		ヨシエビ	<i>Metapenaeus ensis</i>		○						◎	
86		サルエビ	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>							○	◎	
87		エビジヤコ	<i>Crangon affinis</i>							○	◎	
88		イセエビ	<i>Panulirus japonicus</i>					○	○			
89		ガザミ	<i>Portunus trituberculatus</i>		○	○						◎
90		ケブカエンコウガニ	<i>Carcinoplax vestita</i>							○		◎
91		シヤコ	<i>Oratosquilla oratoria</i>	○	○	○	○	○	○			◎
92		軟体動物 (イカ・タコ類)	コウイカ	<i>Sepia (platysepia) esculenta</i>	○							◎
93	ジンドウイカ		<i>Lololus (nipponololigo) japonica</i>							○		◎
94	アカイカ (ケンサキイカ)		<i>Doryteuthis kensaki</i>						○			
95	ヤリイカ		<i>Loligo bleekeri</i>						○			
96	アオリイカ		<i>Sepioteuthis lessoniana</i>		○							
97	スルメイカ		<i>Todarodes pacificus</i>				○	○				
98	マダコ		<i>Octopus vulgaris</i>	○	○							◎
99	軟体動物 (貝類)		トコブシ	<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i>			○	○	○			
100		クロアワビ	<i>Haliotis (nordotis) discus discus</i>		○							
101		ギンタカハマ	<i>Tectus pyramis</i>			○						
102		サザエ	<i>Turbo (batillus) cornutus</i>			○	○	○	○			
103		アカガイ	<i>Scapharca broughtonii</i>	○	○	○	○	○				◎
104		サルボウガイ	<i>Scapharca subcrenata</i>					○				◎
105		ムラサキガイ	<i>Mytilus galloprovincialis</i>							○		◎
106		タイラギ	<i>Atrina pectinata</i>	○		○			○			◎
107		アズマニシキガイ	<i>Chlamys farreri</i>							○		◎
108		イタヤガイ	<i>Pecten albicans</i>						○			◎
109		ホタテガイ	<i>Patinopecten yessoensis</i>						○			
110		ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	○		○						◎
111		トリガイ	<i>Fulvia mutica</i>	○	○	○	○	○	○			◎
112		ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>	○		○						◎
113		アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	○	○	○						◎
114		バカガイ	<i>Mactra chinensis</i>	○		○	○	○	○			◎
115		シオフキガイ	<i>Mactra veneriformis</i>			○				○		◎
116	ウバガイ (ホツキガイ)	<i>Pseudocardium sachalinense</i>					○	○				
117	ミルクイ	<i>Tresus keenae</i>							○		◎	
合計		117種		35種	33種	57種	38種	37種	18種		56種	

注:種名欄の学名は、魚類は日本産魚類大図鑑(東海大学出版会,1984)、魚類以外の動物は新日本動物図鑑(北隆館,1965)に従った。

①:「東京湾の漁業と資源 その今と昔」(社団法人 漁業情報サービスセンター, 2005)

②:「豊かな東京湾の再生に向けて 提言」(豊かな東京湾再生検討委員会, 2005)

③:「東京都農林水産統計年報」(農林水産省統計情報部, 1956~2006)

④:「千葉県農林水産統計年報」(農林水産省統計情報部, 1952~2006)

⑤:「神奈川県農林水産統計年報」(農林水産省統計情報部, 1951~2006)

⑥: 専門家へのヒアリング等により追加

## 2.1.2 伊勢湾・三河湾の検討対象種の選定

### (1) 伊勢・三河湾に生息する魚介類の抽出

#### 1) 抽出に用いた資料

はじめに、統計資料では把握しづらい種単位の情報が掲載されている資料より魚介類を抽出した。

伊勢・三河湾においては、中部国際空港の建設に伴って実施された環境影響評価における「中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業に関する環境影響評価書」において、水産統計年報等より伊勢湾で漁獲量が多い、過去に豊富に生息していたが現在では減少している種等を整理している。これらの選定種については専門委員会に諮られている。

「あいちの水産物ハンドブック」及び「伊勢湾の漁業生物」は、愛知県及び三重県の各県で生産される代表的な水産物について取りまとめたものである。

表 2.1.4 伊勢・三河湾の漁業及び魚介類の生息状況がまとめられた既存の資料

資料名	発行者(発行年)	掲載情報の作成方法
「中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業に関する環境影響評価書」	中部国際空港(株)他(1999)	水産統計年報等の統計資料から伊勢湾で漁獲量が多い、過去に豊富に生息していたが現在では減少している種等を整理。選定種については専門委員会に諮られている。
「あいちの水産物ハンドブック」	愛知県農林水産部(2007)	愛知県及び三重県の各県で生産される代表的な水産物について取りまとめたもの。
「伊勢湾の漁業生物」	三重県	

次にこれらの文献に掲載のない漁獲対象種を抽出するため、伊勢・三河湾に面する愛知県及び三重県の農林水産統計年報のいずれかに掲載のある魚介類を追加した。

表 2.1.5 抽出に用いた漁業統計資料

統計資料名	発行者等	収集期間	情報収集の対象範囲
愛知県農林水産統計年報	愛知農林統計協会	1956～2006年	稼働量調査、海面漁業漁獲統計調査及び海面養殖業収獲統計調査または内水面漁業漁獲統計調査によって収集された統計情報から求められる以下の情報 ・主要漁業種類 ・魚種別漁獲量年間1t以上の種
三重農林水産統計年報	東海農政局三重農政事務所	1952～2006年	

(注) 漁獲量には内水面で漁獲された量を含む

なお、漁獲対象とはなっていないが、伊勢湾・三河湾において特徴的であると考えられる種についても検討するため、学識者ヒアリングを行ったが、特に追加すべき種は無いとの結果であった。

## 2) 抽出された種

前述の資料及び集計結果より抽出された魚介類は、魚類 58 種、甲殻類 12 種、軟体動物のうちイカ・タコ類 6 種、貝類 15 種、棘皮動物（ウニ・ナマコ類）2 種の計 93 種である。

## (2) 検討対象種の選定

前項でリストアップされた魚介類 93 種について、「生活史のいずれかの段階で当該海域の底層を利用する種」という条件に該当し、検討対象種として選定されたのは、魚類 22 種、甲殻類 5 種、軟体動物のうちイカ・タコ類 3 種、貝類 11 種、棘皮動物（ウニ・ナマコ類）1 種の計 42 種であった。検討対象種の選定過程及び選定結果を表 2.1.4 に示す。

表 2.1.6 (1) 伊勢・三河湾の検討対象種の選定結果

No.	分類群	種名	学名	① 中部国際空港建設 事業及び空港 島地域開発用地 埋立造成事業に 関する環境影響 評価書	② あいちの水産物 ハンドブック	③ 伊勢湾の 漁業生物	④ 農林水産統計年報		⑤ 三重県	検討対象種 選定結果
							愛知県	三重県		
1	魚類	アカエイ	<i>Dasyatis akajei</i>		○					◎
2		ウルメイワシ	<i>Etrumeus teres</i>	○		○	○	○		
3		サツバ	<i>Sardinella zunasi</i>	○	○	○				
4		マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>	○	○	○	○	○		
5		コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	○	○	○	○	○		
6		カタクチイワシ	<i>Engraulis japonicus</i>	○	○	○	○	○		
7		ウナギ	<i>Anguilla japonica</i>	○	○					
8		マアナゴ	<i>Conger myriaster</i>	○	○	○	△	△		◎
9		ハモ	<i>Muraenesox cinereus</i>		○					
10		アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	○	○	○				
11		シラウオ	<i>Salangichthys microdon</i>	○		○				
12		アマゴ	<i>Oncorhynchus masou ishikawae</i>		○					
13		サツキマス	<i>Oncorhynchus masou ishikawae</i>	○		○				
14		ニジマス	<i>Oncorhynchus mykiss</i>		○					
15		ニギス	<i>Glossanodon semifasciatus</i>		○		△			
16		アオメエソ	<i>Chlorophthalmus albatrossis</i>		○					
17		サヨリ	<i>Hyporhamphus sajori</i>	○	○	○	○			
18		アンコウ	<i>Lophiomus setigerus</i>		○					
19		ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	○	○	○	△	△		
20		メナダ	<i>Chelon haematocheilus</i>	○		○				
21		アカカマス	<i>Sphyrna pinguis</i>	○	○	○				
22		スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	○	○	○	△	○		◎
23		アカムツ	<i>Doederleinia berycoides</i>							
24		シロギス	<i>Sillago japonica</i>	○	○	○	△			◎
25		ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i>	○	○		○	△		
26		アカアマダイ	<i>Branchiostegus japonicus</i>		○					
27		マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	○	○	○	△	○		
28		ムロアジ	<i>Decapterus muroadsi</i>					△		
29		ヒイラギ	<i>Leiognathus nuchalis</i>		○					
30		シログチ	<i>Pennahia argentata</i>		○		△			◎
31		イサキ	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	○				○		
32		マダイ	<i>Pagrus major</i>	○	○	○	△	○		◎
33		クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	○	○			○		
34		イカナゴ	<i>Ammodytes personatus</i>	○	○	○	○	○		◎
35		マサバ	<i>Scomber japonicus</i>	○	○	○	△	△		
36		ゴマサバ	<i>Scomber australasicus</i>	○		○	△	△		
37		サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>	○	○	○		△		
38		タチウオ	<i>Trichiurus japonicus</i>	○	○	○		○		
39		アイゴ	<i>Siganus fuscescens</i>		○					
40		イボダイ	<i>Psenopsis anomala</i>		○		○			◎
41		マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>		○					◎
42		メバル	<i>Sebastes inermis</i>	○	○	○				◎
43		カサゴ	<i>Sebastes marmoratus</i>	○		○				◎
44		ユメカサゴ	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>		○					
45		アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>	○	○		○			◎
46		コチ	<i>Platycephalus sp.2</i>	○	○	○				◎
47		ホウボウ	<i>Chelidonichthys spinosus</i>		○					
48		ネズミゴチ	<i>Repomucenus curvicornis</i>	○	○	○				◎
49		ハタタテヌメリ	<i>Repomucenus valenciennei</i>	○		○				◎
50		トビヌメリ	<i>Repomucenus beniteguri</i>	○		○				◎
51		ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	○	○	○	○	○		◎
52		クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>		○					
53		メイタガレイ	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	○	○	○	△			◎
54		マコガレイ	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	○	○	○	△	△		◎
55		イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>	○	○	○	△	△		◎
56		カワハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		○		○			◎
57		ウマヅラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i>	○			○			
58		トラフグ	<i>Takifugu rubripes</i>	○	○	○	○	△		◎

注:種名欄の学名は、魚類は日本産魚類大図鑑(東海大学出版会,1984)、魚類以外の動物は新日本動物図鑑(北隆館,1965)に従った。

①「中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業に関する環境影響評価書」(中部国際空港(株)他,1999)

○:和名表記あり △:〜〜類としてまとめて表記されている

②「あいちの水産物ハンドブック」(愛知県農林水産部,2007)

③「伊勢湾の漁業生物」(三重県)

④「愛知県農林水産統計年報」(愛知農林統計協会)

⑤「三重農林水産統計年報」(東海農政局三重農政事務所)

表 2.1.6(2) 伊勢・三河湾の検討対象種の選定結果

No.	分類群	種名	学名	① 中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業に関する環境影響評価書	② あいちの水産物ハンドブック	③ 伊勢湾の漁業生物	④ 農林水産統計年報		⑤ 農林水産統計年報	検討対象種選定結果
							愛知県	三重県		
59	甲殻類	ヒゲナガエビ	<i>Haliporoides sibogae</i>		○					
60		クルマエビ	<i>Penaeus japonicus</i>	○	○	○	○	○	○	◎
61		ヨシエビ	<i>Metapenaeus ensis</i>	○	○	○				
62		サルエビ	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>	○	○	○				◎
63		アカザエビ	<i>Metanephrops japonicus</i>		○					
64		イセエビ	<i>Panulirus japonicus</i>	○	○	○			○	
65		ウチワエビ	<i>Ibacus ciliatus</i>		○					
66		ダカアシガニ	<i>Macrocheira kaempferi</i>		○					
67		ガザミ	<i>Portunus trituberculatus</i>	○	○	○	△	△		◎
68		ジャノメガザミ	<i>Portunus sanguinolentus</i>			○	△			◎
69		ヒラツメガニ	<i>Ovalipes punctatus</i>		○					
70		シヤコ	<i>Oratosquilla oratoria</i>	○	○	○	○			◎
71	軟体動物	コウイカ	<i>Sepia (Platysepia) esculenta</i>	○	○	○	△			◎
72	(イカ・タコ類)	ケンサキイカ	<i>Loligo edulis</i>		○					
73		アオリイカ	<i>Sepioteuthis lessoniana</i>	○	○	○				
74		スルメイカ	<i>Todarodes pacificus</i>	○	○	○	○	○		
75		マダコ	<i>Octopus vulgaris</i>	○	○	○	△			◎
76		イイダコ	<i>Octopus ocellatus</i>	○	○	○	△			◎
77	軟体動物	トコブシ	<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i>	○						
78	(貝類)	クロアワビ	<i>Haliotis (Nordotis) discus discus</i>	○	○				△	
79		サザエ	<i>Turbo (Batillus) cornutus</i>	○	○	○			○	
80		ツメタガイ	<i>Glossaulax didyma</i>		○					◎
81		アカニシ	<i>Rapana venosa</i>		○					◎
83		アカガイ	<i>Scapharca broughtonii</i>	○	○	○	○			◎
84		タイラギ	<i>Atrina pectinata</i>	○	○					◎
85		ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	○						
86		トリガイ	<i>Fulvia mutica</i>	○	○	○	○			◎
87		ウチムラサキ	<i>Saxidomus purpurata</i>		○					◎
88		ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>	○		○			○	◎
89		アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	○	○	○	△	○		◎
90		バカガイ	<i>Macra chinensis</i>	○	○	○	○			◎
91		ミルクイ	<i>Tresus keenae</i>	○	○	○	○			◎
92		ナミガイ	<i>Panopea japonica</i>	○	○	○	○			◎
93	棘皮動物	アカウニ	<i>Pseudocentrotus depressus</i>	○		○			△	
94	(ウニ・ナマコ類)	マナマコ	<i>Apostichopus japonicus</i>	○		○	△	△		◎
合計			94種	65種	75種	57種	42種	33種		43種

注: 種名欄の学名は、魚類は日本産魚類大図鑑(東海大学出版会,1984)、魚類以外の動物は新日本動物図鑑(北隆館,1965)に従った。

①「中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業に関する環境影響評価書」(中部国際空港(株)他,1999)

○: 和名表記あり △: ~ ~ 類としてまとめて表記されている

②「あいちの水産物ハンドブック」(愛知県農林水産部,2007)

③「伊勢湾の漁業生物」(三重県)

④「愛知県農林水産統計年報」(愛知県農林統計協会)

⑤「三重県農林水産統計年報」(東海農政局三重農政事務所)

### 2.1.3 瀬戸内海の検討対象種の選定

#### (1) 瀬戸内海に生息する魚介類の抽出

##### 1) 抽出に用いた資料

魚介類の検討対象種は、瀬戸内海の漁業や魚介類の生息状況がまとめられた資料として表 2.1.7 に示す文献を用い、瀬戸内海に生息するとされる種を抽出した。

漁獲対象種については、農林水産統計年報（表 2.1.7）に掲載されている魚介類を基本とし、かれい類など複数の種を含むと考えられるものについては、その他の資料（表 2.1.8）を参考に、瀬戸内海で多い種を選定した。

農林水産統計年報は、(社)日本水産資源保護協会(1986)「昭和 27～59 年 瀬戸内海漁業灘別漁獲統計累年表」及び中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海の漁業」「瀬戸内海地域の漁業」「瀬戸内海地域における漁業動向」「瀬戸内海区及び南太平洋区における漁業動向」で瀬戸内海として集計されているものを用いた。なお、集計には豊後水道と響灘は含まれない。昭和 30 年から最新の平成 17 年までに発行されたすべての年報を用いた。

表 2.1.7 抽出に用いた漁業統計資料

統計資料名	発行者等	収集期間	情報収集の対象範囲
「昭和27～59年 瀬戸内海漁業灘別漁獲統計累年表」	(社)日本水産資源保護協会(1986)	1952～1984年	稼働量調査、海面漁業漁獲統計調査及び海面養殖業収獲統計調査または内水面漁業漁獲統計調査によって収集された統計情報から求められる以下の情報 ・主要漁業種類 ・魚種別漁獲量年間1t以上の種
「瀬戸内海地域の漁業」	中国四国農政局統計情報部	1985～1991年	
「瀬戸内海地域における漁業動向」		1992～1997年	
「瀬戸内海区及び南太平洋区における漁業動向」		1998～2005年	

(注)漁獲量には内水面で漁獲された量を含む

表 2.1.8 瀬戸内海の漁業及び魚介類の生息状況がまとめられた既存の資料

資料名	発行者(発行年)	掲載情報の作成方法
「日本全国沿岸海洋誌」	日本海洋学会沿岸海洋研究部会編(1985)	日本全土にわたる沿岸27海湾の最も基礎的な知見を整理。魚類及びその他の水産生物について499種が対象。
「瀬戸内海のさかな」	瀬戸内海水産開発協議会編(1997)	瀬戸内海に生息する魚類のうち、漁業、養殖業、栽培漁業、沿岸漁場整備開発事業などの対象種、地域の重要魚種、危険な魚種、日ごろ瀬戸内海沿岸で親しんでいる魚種等の全219種を整理。

また、瀬戸内海全域での主な漁獲物となっていないが、瀬戸内海において特徴的であると考えられる種についても検討するため、以上の作業によって得られた漁獲対象種リストをもとに学識者ヒアリングを行い、リストに含まれていない種を追加した。

## 2) 抽出された種

前述の資料及び集計結果より抽出された魚介類は、魚類 51 種、甲殻類 8 種、軟体動物のうちイカ・タコ類 6 種、貝類 9 種、棘皮動物（ウニ・ナマコ類）3 種の計 77 種である。

### (2) 検討対象種の選定

前項でリストアップされた魚介類 78 種について、「生活史のいずれかの段階で当該海域の底層を利用する種」という条件に該当し、検討対象種として選定されたのは、魚類 36 種、甲殻類 8 種、軟体動物のうちイカ・タコ類 6 種、貝類 9 種、棘皮動物（ウニ・ナマコ類）3 種の計 62 種であった。検討対象種の選定過程及び選定結果を表 2.1.9 に示す。

表 2.1.9 (1) 瀬戸内海の検討対象種の選定経過

No.	分類群	種名	学名	①	②	③	④	検討対象種 選定結果
				農林水産統計 年報	日本全国沿岸 海洋誌	瀬戸内海の さかな	専門家追加	
1	魚類	シロザメ	<i>Mustelus griseus</i>		○	○		◎
2		トチザメ	<i>Triakis scyllia</i>	○		○		◎
3		ネコザメ	<i>Heterodontus japonicus</i>			○		◎
4		ホシザメ	<i>Mustelus manazo</i>			○		◎
5		アカエイ	<i>Dasyatis akajei</i>	○	○	○		◎
6		ウルメイワシ	<i>Etrumeus teres</i>	○		○		
7		マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>	○	○	○		
8		コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	○	○	○		
9		カタクチイワシ	<i>Engraulis japonicus</i>	○	○	○		
10		マアナゴ	<i>Conger myriaster</i>	○	○	○		◎
11		ハモ	<i>Muraenesox cinereus</i>	○	○	○		◎
12		トカゲエソ	<i>Saurida elongata</i>	○		○		◎
13		ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	○	○	○		
14		スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	○	○	○		◎
15		ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i>	○	○	○		
16		カンパチ	<i>Seriola dumerili</i>			○		
17		マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	○	○	○		
18		マルアジ	<i>Decapterus maruadsi</i>	○	○	○		
19		コイチ	<i>Nibea albiflora</i>	○	○	○		◎
20		シログチ	<i>Pennahia argentata</i>			○		◎
21		イサキ	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	○	○	○		
22		キダイ	<i>Dentex tumifrons</i>	○		○		◎
23		チダイ	<i>Eynnys japonica</i>			○		◎
24		マダイ	<i>Pagrus major</i>	○	○	○		◎
25		クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>			○		◎
26		キチヌ	<i>Acanthopagrus latus</i>	○		○		◎
27		ヘダイ	<i>Sparus sarba</i>			○		◎
28		イカナゴ	<i>Ammodytes personatus</i>	○	○	○		◎
29		マサバ	<i>Scomber japonicus</i>			○		
30		ゴマサバ	<i>Scomber australasicus</i>	○	○	○		
31		サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>	○	○	○		
32		クロマダラ	<i>Thunnus thynnus</i>	○		○		
33		タチウオ	<i>Trichiurus japonicus</i>	○	○	○		
34		イボダイ	<i>Psenopsis anomala</i>	○		○		◎
35		カサゴ	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	○	○	○		◎
36		メバル	<i>Sebastes inermis</i>			○		◎
37		オニオコゼ	<i>Inimicus japonicus</i>			○	○	◎
38		アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>			○	○	◎
39		コチ	<i>Platycephalus sp.2</i>			○	○	◎
40		ホウボウ	<i>Chelidichthys spinosus</i>			○	○	◎
41		ネズミゴチ	<i>Repomucenus curvicornis</i>			○	○	◎
42		ハタテヌメリ	<i>Repomucenus valenciennae</i>			○	○	◎
43		タマガンノウビラメ	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	○	○	○		◎
44		ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>			○		◎
45		イヌシタ	<i>Cynoglossus robustus</i>			○	○	◎
46		アカシタビラメ	<i>Cynoglossus joyneri</i>			○	○	◎
47		メイタガレイ	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	○	○	○		◎
48		マコガレイ	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	○	○	○		◎
49		イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>			○		◎
50		ワコハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>			○	○	◎
51		トラフグ	<i>Takifugu rubripes</i>	○	○	○		◎

注：種名欄の学名は、魚類は日本産魚類大図鑑(東海大学出版会,1984)、魚類以外の動物は新日本動物図鑑(北隆館,1965)に従った。

- ①(社)日本水産資源保護協会(1986)「昭和27～59年 瀬戸内海漁業離別漁獲統計累年表」  
中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海地域の漁業」(昭和60～平成3年分)  
中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海地域における漁業動向」(平成4～9年分)  
中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海及び南太平洋区における漁業動向」(平成10～17年分)
- ②「日本全国沿岸海洋誌」(日本海洋学会沿岸海洋研究会編,1985)
- ③「瀬戸内海のさかな」(瀬戸内海水産開発協議会編,1997)

表 2.1.9 (2) 瀬戸内海の検討対象種の選定経過

No.	分類群	種名	学名	①	②	③	④	検討対象種 選定結果
				農林水産統計 年報	日本全国沿岸 海洋誌	瀬戸内海の さかな	専門家追加	
52	甲殻類	クルマエビ	<i>Penaeus japonicus</i>	○	○			◎
53		クマエビ	<i>Penaeus semisulcatus</i>	○	○			◎
54		ヨシエビ	<i>Metapenaeus ensis</i>	○	○			◎
55		サルエビ	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>	○	○			◎
56		アカエビ	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	○	○			◎
57		ガザミ	<i>Portunus trituberculatus</i>	○				◎
58		イシガニ	<i>Charybdis japonica</i>	○				◎
59		シヤコ	<i>Oratosquilla oratoria</i>	○	○			◎
60		軟体動物 (イカ・タコ類)	コウイカ	<i>Sepia (Platysepia) esculenta</i>	○	○		
61	ジンドウイカ		<i>Loliolus (Nipponoligo) japonica</i>	○	○		○	◎
62	ミミイカ		<i>Euprymna morsei</i>	○	○		○	◎
63	マダコ		<i>Octopus vulgaris</i>		○			◎
64	イイダコ		<i>Octopus ocellatus</i>	○	○			◎
65	テナガダコ	<i>Octopus minor</i>		○			◎	
66	軟体動物 (貝類)	クロアワビ	<i>Haliotis (Nordotis) discus discus</i>	○				◎
67		サザエ	<i>Turbo (Batillus) cornutus</i>	○	○			◎
68		アカガイ	<i>Scapharca broughtonii</i>		○		○	◎
69		サルボウガイ	<i>Scapharca subcrenata</i>	○	○			◎
70		タイラギ	<i>Atrina pectinata</i>	○	○			◎
71		シジミ(ヤマトシジミ)	<i>Corbicula japonica</i>				○	◎
72		トリガイ	<i>Fulvia mutica</i>		○		○	◎
73		アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	○	○			◎
74		ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>	○	○			◎
75	棘皮動物 (ウニ・ナマコ類)	ムラサキウニ	<i>Anthocardis carassispina</i>					◎
76		バフンウニ	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	○				◎
77		マナマコ	<i>Apostichopus japonicus</i>	○	○			◎
合計		77種		50種	64種	51種	14種	62種

注:種名欄の学名は、魚類は日本産魚類大図鑑(東海大学出版会,1984)、魚類以外の動物は新日本動物図鑑(北隆館,1965)に従った。

- ①(社)日本水産資源保護協会(1986)「昭和27～59年 瀬戸内海漁業鑑別漁獲統計累年表」  
中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海地域の漁業」(昭和60～平成3年分)  
中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海地域における漁業動向」(平成4～9年分)  
中国四国農政局統計情報部「瀬戸内海及び南太平洋区における漁業動向」(平成10～17年分)
- ②「日本全国沿岸海洋誌」(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編,1985)
- ③「瀬戸内海のさかな」(瀬戸内海水産開発協議会編,1997)

#### 2.1.4 検討対象種の選定結果のまとめ

文献により抽出された魚介類の種数及び最終的に検討対象種として選定された種数は、東京湾が118種中56種、伊勢・三河湾が93種中42種、瀬戸内海が77種中62種であった。このように、各湾における種数に差がみられたが、これは、抽出に用いた魚介類相に関する文献が異なることによる。今後、調査研究が進み、魚介類相がより明らかにされることにより種数は増加する可能性があり、その進捗に応じて抽出する種を適切に見直す必要がある。

## 2.2 検討対象種の底層 DO 目標値の設定

### 2.2.1 検討対象種の低 DO 耐性に関する文献の検索・収集

#### (1) 収集対象とする文献

DO 目標値の検討に用いる文献は、①検討対象種を供試個体として低 DO 耐性実験を実施した結果が記載されている文献（以下、実験文献と表記する。）、②現場観測から得られた DO 及び生物の両データが記載されている文献（以下、現場観測文献と表記する。）とした。

①の実験文献は、室内に設置した実験装置において、魚介類の溶存酸素濃度の変化に対する生死、摂餌、成長、生殖及び酸素消費量の変化等を観察し、行動学的及び生理学的観点から各生物の低 DO 耐性について述べているものを採用した。

②の現場観測文献は、実海域において、底層 DO と魚介類の生息状況や漁獲量の変動状況等の関係について述べているものを採用した。なお、実海域における野外実験（例：サルボウガイ *Scapharca subcrenata* の垂下実験（藤田ら，2007）等）については、DO 濃度を人為的に制御できないという点で現場観測と同等であるため、現場観測文献として取り扱った。

文献によっては、実験と現場観測の両方を実施しているものがあり、これについては、実験及び現場観測の両方に分けて整理した。

低 DO 耐性について他文献の引用内容が記載されている文献については、引用元となっている文献が入手できる場合はそちらを正とし、引用のみの文献は除外した。また同じ実験結果や現場観測結果であるが異なる雑誌等に投稿されている文献については、最も新しい年次の雑誌に掲載されている知見を正とし、重複を避けるようにした。

上記に該当する文献について、学術論文だけでなく、水産試験場等の業務報告書、大学の紀要及び図書等も含め、幅広く収集した。

#### (2) 文献の検索・収集方法

##### 1) 文献収集に用いたデータベース

検討対象種の低 DO 耐性に関する知見については、国内及び海外で発表されている学術論文、研究報告、水産・養殖関連の事業報告や研究報告書等を対象として、検索及び収集を行った。文献の検索にあたっては、主に、国内で発表された技術文献の保有数が最も多く、信頼度も高い JST 文献検索サービス (JDream II) のほか、国立国会図書館蔵書検索・申込システム (NDL-OPAC)、Google scholar を利用した (表 2.2.1)。

表 2.2.1 低 DO 耐性の文献収集に用いたデータベース

サービス名	概要	収録件数	対象としている分野	利用可能なデータベース	作成・管理	備考
JST文献検索サービス (JDream II)	科学技術や医学・薬学関係の文献情報を手軽に検索できるようにしたデータベースサービス	4900万件 (2009年2月)	科学技術系のジャーナル、学会誌、協会誌、企業・大学・独立行政法人・公設試験場等の技術報告、業界誌、臨床報告等	JSTPlus, JST7580, JMEDPlus, JCHEM, MEDLINE, JSTChina, JSTPatM, 医学・薬学予稿集全文データベース, JAPICDOC など	独立行政法人 科学技術振興機構	有料
国立国会図書館蔵書検索・申込システム (NDL-OPAC)	和図書、洋図書、和雑誌新聞、洋雑誌新聞、電子資料、和古書・漢書、博士論文、規格・テクニカルレポート類等を検索できる図書館蔵書データベース	1847万件 (2008年8月1日現在)	【規格資料】 ISO、IEC、JIS、英文JISなど、国際規格や国家規格、その他内外の団体規格など。 【テクニカルレポート】 米国政府研究開発リポート (PB、AD、DOE、NASAなど)、INISリポート、RANDリポートなど。 【学協会ペーパー】 主として4学会 (AIAA、ASME、SAE、SME) のペーパー (プレプリント)。 【UMI博士論文】 UMIが頒布する北米博士論文のうち、科学技術分野のもの。	—	国立国会図書館	無料
Google Scholar	学術出版社、専門学会、プレプリント管理機関、大学、及びその他の学術団体の学術専門誌、論文、書籍、要約、記事を検索できるサービス。	—	学術専門誌、論文、書籍、要約など	—	Google	無料

## 2) 文献を検索するキーワード

文献の検索にあたっては、以下のキーワードを用いた。キーワードの組み合わせの例は図 2.2.1 に示すとおりである。

検討対象種に関するキーワード：検討対象種名（和名、英名、学名、属名）

低酸素に関するキーワード：酸素（Oxygen）、貧酸素（Hypoxia）、低酸素、無酸素（Anoxia）、溶存酸素（Dissolved Oxygen）、斃死、斃死率（Mortality）、致死（Lethal）、酸素消費量（Oxygen consumption）等

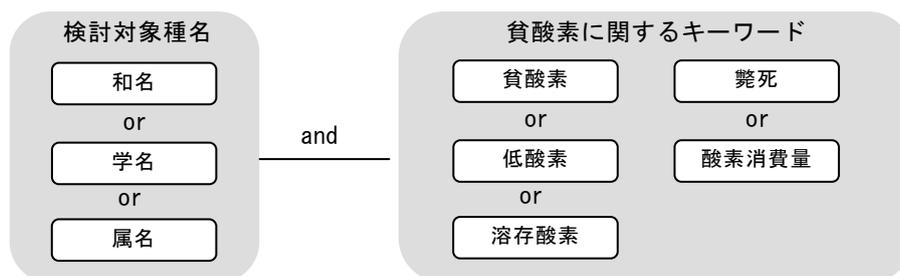


図 2.2.1 検索キーワードの組み合わせ例

なお、キーワードを含む文献であっても、以下の例のような低 DO 耐性に関する知見と無関係と判断される文献については収集対象から除外した。

- 化学物質、薬品、その他の水質（塩分、水温）の影響を検討しており、実験条件にのみ溶存酸素の記述がある文献
- 水産生物を対象とした食品利用（たんぱく質、酵素等）について検討している文献

## 2.2.2 文献の精査及び文献の内容の整理

### (1) 文献の精査

#### 1) 実験文献の精査

収集された低 DO 耐性に関する実験文献の内容は、実験の目的、方法、結果等が様々であった。このため、内容の信頼性という観点から文献を精査し、底層 DO 目標値の設定に適する文献を選定した。

「水生生物の保全に係る水質環境基準の設定について（第一次報告）」（中央環境審議会水環境部会 水生生物保全環境基準専門委員会，平成 15 年 6 月）によると、水質環境基準の設定にあたって収集した毒性試験結果の信頼性の精査に関して、「専門家による信頼性及び目標値導出への利用可能性への評価を経て、信頼性があり、エンドポイント（影響評価点）や曝露期間等が本検討の内容と合致しており、目標値導出に利用可能と判断されたもののみ、目標値の導出に用いるものとする。」と記載されている。

溶存酸素（DO）は化学物質ではないが、環境水中の濃度レベルによって水生生物の生息に与える影響が変化するという点では化学物質と同じであることから、実験文献については化学物質の毒性評価と同様の考え方で文献を精査することとした。

そこで、本検討に用いるのが妥当でないと考えられる文献を除くために、下記の①～③に示す三段階で文献を仕分け、③の段階まで残った文献を目標値の設定に用いることとした。除外する文献の判断については、U. S. EPA（2000）のバージニア州の DO 基準値検討に関する資料に「Data Not Used」として記載されている内容を参考とした。

- ① 低 DO 耐性に関する文献であること
- ② 除外すべき文献
- ③ 文献の信頼性

#### ① 低 DO 耐性に関する文献であること

収集された文献を以下の二つに区別し、低 DO 耐性に関する文献であることが確認されたものを選定した。

- ・低 DO 耐性に関する文献である（低酸素での生残実験、酸素消費量の測定等）。
- ・DO に関する何らかの情報が記載されているが、低 DO 耐性に関する文献ではない。

#### ② 除外すべき文献

①で低 DO 耐性に関する文献であると判断した文献のうち、以下に該当する文献は、本検討において必要とする情報が得られないと判断し、除外した。

- ・生活史の一部で淡水域を利用する種について、淡水条件における実験結果のみが記載されている文献。
- ・低酸素による影響等について記述があるが、本文や図表中に DO 濃度（数値）が明記されていない文献（貧酸素耐性が高いと考えられる、等の数値を伴わない記述しかない）。

- ・ 低 DO 耐性実験を行っているものの、実験条件の詳細が記載されていない文献。
- ・ 野外とは極端に異なる環境や条件で実験を行っている文献（例：二枚貝類の鰓の切片のみを用いた実験等）。
- ・ DO 以外の要因（硫化水素の発生等）により斃死が生じている可能性がある文献。
- ・ 低酸素による血液成分や内分泌の変化等、外見で判断できない生理学的な影響を扱っている文献。ただし、低酸素下での酸素消費量の測定に関する文献を除く（p. 28 に詳述）。

### ③ 文献の信頼性

②の除外作業により残った文献について、実験の供試個体の発育段階が判定できること、水温・塩分条件が明記されていること、低酸素環境への曝露時間が明記されていること、対照区が設けられていること、流水式または止水式（換水あり）で実験が行われていることといった条件を満たしているものを○、満たしていないものは△として文献を精査した。目標値の設定には、原則として○に該当する文献のみを採用した。

文献の精査基準の一覧を表 2.2.2、文献の精査結果の例を表 2.2.3 示す。

表 2.2.2 文献の精査基準

判定	精査の基準
○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実験供試個体の発育段階が判定できる（体のサイズまたは発育段階が明記されていること）。</li> <li>・ 実験時の水温が明記されている。</li> <li>・ DO 濃度の単位が酸素飽和度の場合は、換算のため塩分も明記されている。</li> <li>・ 実験時間（低酸素環境への曝露時間）が 24～96 時間の範囲である。ただし、酸素消費量の測定実験は曝露時間を考慮しない。</li> <li>・ 対照区が設定されている。</li> <li>・ 流水式または止水式（換水あり）で実験が行われており、実験区の DO 濃度の安定が図られている。</li> </ul>
△	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水温や塩分等が不明で酸素飽和度から mg/L 単位へ換算できない。</li> <li>・ 曝露時間が 24 時間以下である。</li> <li>・ 曝露時間が 96 時間以上である。実験経過における 24 時間毎の観察結果が記載されている。ただし、二枚貝類は致死時間に関するデータを整理する（p. 37 に詳述）ため、96 時間以上の文献も採用する。</li> <li>・ 止水式（換水なし）で実験が行われており、DO 濃度が安定していない。</li> </ul>

表 2.2.3 文献の精査結果の例

文献タイトル	著者	種名	精査の過程		
			①低DO耐性に関する文献	②除外すべき文献	③文献の信頼性
Seasonal distribution, age, growth, and reproductive biology of marbled sole <i>Pleuronectes yokohamae</i> in Tokyo Bay, Japan	久米ら, 2006	マコガレイ	その他	—	—
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—	矢持ら, 1998	マコガレイ	低DO耐性に関する文献	○	○
低酸素曝露がマコガレイの生理指標に及ぼす影響および当該指標による海域の貧酸素化把握 貧酸素マーカーとしてのエリスロポイエチン	角田, 2002	マコガレイ	低DO耐性に関する文献	(除外) 血中濃度等、生理学的変化でも目に見えない変化	—
貧酸素水塊の発生とそれに伴う魚の逃避行動のモデル	関根, 2002	マコガレイ	低DO耐性に関する文献	(除外) 数値の原典にあたらず、実験条件や結果の詳細が不明	—
外圍の変化が魚類に及ぼす影響について. 第二報. 冬季における各種海産魚類の呼吸状態並びに夏季との比較	田村, 1940	マコガレイ	その他	—	—
アイナメ・マコガレイの呼吸・心臓拍動に及ぼす環境条件の影響	山森ら, 1978	マコガレイ	低DO耐性に関する文献	(除外) 数値の原典にあたらず、実験条件や結果の詳細が不明	—
Occurrence and Hypoxic Tolerance of the Juvenile <i>Metapenaeus ensis</i> at the Mouth of the Yodo River, Osaka	Yamochi et al., 1995	ガザミ	低DO耐性に関する文献	○	○
広島湾の貧酸素と硫化水素がガザミ幼生の初期発達段階に及ぼす影響	姜ら, 1993	ガザミ	低DO耐性に関する文献	○	○
有用甲殻類3種の無酸素と硫化水素に対する耐性	姜ら, 1993	ガザミ	低DO耐性に関する文献	○	△情報不足

## 2) 現場観測文献の精査

現場観測文献は、一定の実験条件下で魚介類の低 DO 耐性を明らかにする実験文献とは異なり、その目的、調査手法及びデータの表記方法等が様々であった。このことから、底層 DO 目標値の設定に用いる現場観測文献は、低酸素（特に貧酸素水塊）による魚介類への影響を明らかにすることを目的としていること、調査結果や考察において検討対象種の分布状況と溶存酸素濃度との関係が記述されていること、DO 濃度の数値が明記されていることという条件に該当するものを採用した。ただし、これらの条件に該当している文献であっても、以下に示す内容のものは除外した。

- ・ 記載されている DO の単位が酸素飽和度 (%) で表記されているが、水温及び塩分濃度が明記されていないために濃度 (mg/L) に換算できない文献
- ・ 文献に DO や水温のデータが図のみで表記されており、数値を正確に読み取ることができない文献
- ・ DO が低下しない時期である冬季のみに調査が行われている文献
- ・ DO 濃度以外の要因により生物の分布の変化が起きていることが記述されている文献
- ・ 生物調査と環境調査（水温、塩分、DO）のいずれも実施しているが、生物と DO 濃度との関係性には言及していない文献
- ・ 生物調査と DO 観測の同時性・同所性が確認できない文献
- ・ 採集した試料や漁獲物の発育段階が判定できない文献
- ・ 硫化水素の発生等、DO 以外の要因による影響が及んでいることが明記されている文献

## (2) 文献の内容の整理

文献精査の結果、底層 DO 目標値の設定に用いることとした文献について、精査基準として挙げた発育段階、水温、曝露時間、対照区の有無等を整理した。このうち、供試個体の発育段階については、著者により同程度の体のサイズに対する発育段階の判断が異なる場合があった。また、文献に発育段階が明記されておらず、体長（全長）や体重等の体のサイズが記載されているのみの文献もあった。このことから、図鑑等の知見をもとに、文献に記述されている発育段階と体サイズを照合し、記述が妥当であるか確認した。

分類群別の発育段階の定義は表 2.2.4 に示すとおりである。文献に記載された体長（全長）及び体重に基づき、日本産稚魚図鑑（沖山宗雄編，1988，東海大学出版会）から発育段階を判断し、発育段階の定義と合致させた。また、この手法によっても発育段階が判断できない場合は、学識者へのヒアリングにより発育段階を確定した。

なお、二枚貝類の稚貝については、殻長 1mm 以上であり、かつ、各種の生物学的最小形である殻長未満の個体を「稚貝」とし、このうち、1mm の篩目を通るサイズを「着底稚貝」とした。

表 2.2.4 (1) 発育段階区分 (魚類)

発育段階		英語表記	説明
卵期		Egg	産出された後の未受精卵及び受精卵の発育初期からふ化直前までの期間
仔魚期	前期仔魚	Prelarva	ふ化後、卵黄を吸収し、口が開いて餌をとり始めるまでの期間
	後期仔魚	Postlarva	口が開き餌をとり始めて後、各鰭の棘条及び軟条がその種としての固有の数に達するまでの期間。形態的变化の特に著しい時期に当たる。
稚魚期		Juvenile	形態は大体において、その種類の特徴をあらわしているが、体の各部位の特徴が発現初期にあつて成魚の検索知識以外にその種の特徴を知らなければ識別しえない程度のものである。魚体各部の長さの相対比は変化の途中にあり、色彩・斑紋などは、まだ成魚と異なっている。
未成魚期	若魚 (幼魚も含む)	Young	体形はほぼ種の特徴をあらわし、一見して種の識別はできるが、体の形態的な諸形質は発達中で、成長の盛んな時期である。まだ魚体各部位の相対比は成魚のそれと異なっており、二次性徴などもあらわれていないのが普通である。斑紋も完成途中にある。
	未成魚	Immature	体の形態的な諸形質は十分に発達し、体形・斑紋・色彩などは成魚にほぼ等しいが、性的に未熟な期間。
成魚期		Adult	体の大きさも形態も十分に発達して、生殖能力を完全にそなえている時期

引用文献：渡部泰輔・服部茂昌 (1971) 魚類の発育段階の形態的区分とそれらの生態的特徴，東海区水産研究所業績C集，さかな，第7号

表 2.2.4 (2) 発育段階区分 (甲殻類)

発育段階		英語表記	説明
卵期		Egg	産出された後の未受精卵及び受精卵の発育初期からふ化直前までの期間
幼生期	ノウプリウス幼生	Nauplius	第1触覚、第2触覚及び大顎の3対の頭部付属肢が発達するが、胸部及び腹部付属肢は未分化の段階
	ゾエア幼生	Zoea	胸部の付属肢が完全に分化した段階。胸部付属肢を用いて活発に遊泳する エビ類ではゾエア期後期をミス (Mysis) としている シャコではAlima幼生という
	メガロパ幼生 (カニ類)	Megalopa	腹部付属肢が分化した段階 (カニ類の幼生に対する呼称、エビ類にはこれに該当するステージ無し)
稚ガニ (エビ) 期		Young	体形はほぼ種の特徴をあらわし、一見して種の識別はできるが、体の形態的な諸形質は発達中で、成長の盛んな時期である。
未成体期 (幼体含む)		—	体の形態的な諸形質は十分に発達し、体形・斑紋・色彩などは成魚にほぼ等しいが、性的に未熟な期間
成体期		Adult	体の大きさも形態も十分に発達して、生殖能力を完全にそなえている時期

引用文献：岩井保・林勇夫 (1990) 「基礎水産動物学」，恒星社厚生閣

表 2.2.4 (3) 発育段階区分 (貝類)

発育段階		英語表記	説明
卵期		Egg	産出された後の未受精卵及び受精卵の発育初期からふ化直前までの期間
幼生期	トロコフォア幼生	Trochophore	胞胚期、囊胚期を経てこの段階に至る。その期間は著しく短く、多くの種において1日以内である。浮遊幼生。摂餌しない。
	ベリジャー幼生	Veliger	発達したベラム(面盤)と貝殻(幼殻・原殻・胎殻)を持つ。多くの種では1~4週間。
	D型幼生	D-shaped larva	ベリジャーの前期。胎殻が左右2枚の殻に分化し、貝殻が軟体を覆う頃にアルファベットのDの字に似た形状になる。
	殻頂期幼生	Umbo larva	ベリジャーの後期。外套の発達に伴い殻頂部が突出する。
	ペディベリジャー	Pediveliger	着底直前の変態期幼生。外部特徴の変化は、ベラムの消失と足及び成殻の形成である。着底後の数時間以内に初期稚貝に変態する。
稚貝期 (着底稚貝)		Plantigrade	足糸腺から足糸もしくは粘液糸を分泌して基盤に付着、または遊泳移動する。種によって変異があるが、沿岸域の多くの種ではだいたい250 $\mu$ mで着底する。(殻長1mm以上)
成貝期		Adult	体の大きさも形態も十分に発達していて、生殖能力を完全にそなえている時期

引用文献：渡部忠重・奥谷喬司・西脇三郎編 (1971)「軟体動物学概説 (下巻)」, 株式会社サイエンティスト社  
 : 沿岸漁場整備開発事業 養殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編 平成8年度版, 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会

## 2.2.3 文献別 D0 耐性評価値の導出

### (1) 底層 D0 目標値の導出の概要

#### 1) 分類群別の低 D0 耐性について

東京湾、伊勢・三河湾及び瀬戸内海の検討対象種には、魚類、甲殻類、棘皮動物及び軟体動物（イカ・タコ類、二枚貝類、腹足類）といった複数の分類群が含まれる。ここでは、既存の知見に基づき、各分類群の低 D0 耐性に関するデータの整理方針を記述した。

上浦ら（1999）は、夏季に、発信器をつけたマコガレイを貧酸素水塊の発生域（底泥直上の D0 は 1.0mg/L）に放流したところ、直ちに移動を開始し、移動中は表層付近を移動していたことが目視で確認されたと報告している。

Hochachka(1984) は、一般に、二枚貝は酸素飽和度が低下すると酸素呼吸速度が低下し、体内に蓄積されたグリコーゲンを嫌氣的に代謝することによって生存するとしている。中村ら（1997）は、二枚貝は溶存酸素量が欠乏すると呼吸を停止し、嫌気代謝を行う体内対応で生命維持をはかるが、その適応可能な時間にも限りがあり、適応できる時間がその生物の無酸素環境に対する耐性の限界であることを述べている。また、山元（1998）は、貝類は、主に換水量を増加させて応答する魚類の場合と異なり、低酸素下において酸素摂取を維持するために、もっぱら循環系の機能や体内への酸素の拡散機能を高めることによって酸素利用率を増大させて応答していることを明らかにしている。

また、日本水産資源保護協会（1989）による“漁場の適性溶存酸素濃度の検討”<sup>1</sup>では、データの分類・整理過程において、生物の種類の違いによって低酸素の臨界値（実験値）が大きく異なっており、特に貝類は魚類に比べて低 D0 耐性が強い傾向があったことから、魚類、甲殻類及び貝類の分類群ごとに測定データを取り扱うことを明記している。

以上のことから、魚類や甲殻類等の移動可能な分類群と、着底後はほとんどまたは全く移動できない二枚貝類では、低酸素水に曝露した場合の影響の反応が異なるものと考えられる。したがって、本検討においては、移動が可能な魚類、甲殻類、棘皮動物及び軟体動物（二枚貝類を除く）と、ほとんど移動できない二枚貝類に大別して検討を進めることとした。なお、軟体動物のうち、巻貝類（腹足類）については、移動能力を有することから、魚類や甲殻類と同様の方針で実験データを整理することとした。

### 2) 実験文献から整理する情報について

#### ア) 影響内容

精査により残された実験文献は、“斃死”、“行動異常”及び“生理的变化（酸素消費量の変化）”に関するものであった。以下に、これらの影響内容に関する実験データよ

<sup>1</sup>「漁場環境容量策定事業報告書（第1分冊）」に収録されている“漁場の適性溶存酸素濃度の検討（1 魚介類を死に至らしめる酸素濃度の検討）”は、海産魚介類の低 D0 耐性に関する国内の研究・実験からデータを収集・整理し、酸素濃度と魚介類との関係をまとめたものである。日本水産資源保護協会（2005）が発行している水産用水基準の D0 基準値の根拠資料となっている。

り、どのような数値をどのような手法で求めるか、その概要を整理した。なお、底層 DO 目標値の設定のために文献から導出する DO 濃度を“DO 耐性評価値”と表記した。

#### i) 斃死

本検討における底層 DO 目標値は、水生生物の個体群を維持できることをその目的としており、とくに感受性の高い個体までを含めて保全しようとするものではない。したがって、設定する底層 DO 目標値は、全ての個体が生息できる斃死率 0%の DO 濃度とするのではなく、5%の減少であれば個体群の維持には支障がないものと考え、斃死率 5%となる DO 濃度（以下、LC5 と表記する）を求め、この値を用いることとした。

LC5 は、斃死率と DO 濃度を x 軸が対数表示となったグラフにプロットし、これらプロットから求められる対数近似式から算出した。なお、甲殻類の幼生については、姜ら（1993）によるガザミの幼生の実験結果より、他の分類群や発育段階と比較して特に感受性が高いことが示唆されたため、LC5 の導出方法に関する検討を別途行った。

上記の手法によって導出した DO 耐性評価値のうち、未成魚及び成魚（未成体及び成体）の生存に係る DO 耐性評価値（LC5 及び LC5 近似値）は生息目標値の設定に用い、仔稚魚・幼生の生存に係る DO 耐性評価値（LC5 及び LC5 近似値）は再生産目標値の設定に用いた。

#### ii) 行動異常

低酸素によって生じる魚介類の行動異常は、文献の精査段階で除外した実験文献も含めると、マダイ及びマコガレイの異常遊泳（熊井，2005・角田，2002）、シロギスの平衡喪失（城戸ら，1985）、砂に潜っていたクルマエビが呼吸管を外に出す（Egusa ら，1961）、ニホンウナギ及びヘダイの捕食行動の変化（Rowchai et al., 1986・山形ら，1983・Chiba, 1983）、マハゼの摂餌率の低下（矢持ら，1995）、ガザミ及びヨシエビの動きの鈍化（姜ら，1993・Wu et al., 2002）、マダイの鼻上げ行動（萩田，1974）等が挙げられた。

しかしながら、上記の行動異常が生物にとってどの程度の影響であるか（軽微な影響か、斃死に近い影響か、等）という点については現時点では詳細な知見が無い。このことから、本検討では、対照区が設定されており、外見で判断可能な行動異常が記載されている文献はすべて採用した。

行動異常に係るデータから DO 耐性評価値を導出する方法については、各 DO 濃度における曝露時間中の行動異常を示した個体数を対照区と比較し、定められた曝露期間内で統計学的に有意な影響（危険率 5%未満）を与えない DO 濃度区のうち、最も低い濃度区の期間平均 DO 濃度を採用した。

未成魚及び成魚（未成体及び成体）の行動異常に係る DO 耐性評価値は再生産目標値の設定に用いた。ただし、低 DO 耐性実験には、体が小型で実験が容易であることから稚魚を用いている実験が多かったことから、稚魚の値も目標値の設定に用いた。

### iii) 生理的变化（酸素消費量の変化）

本検討では、生理的变化のうち、クルマエビの筋組織でのエネルギー代謝と貧酸素の関係（Abe et al., 2007）や、マコガレイの血液中のエリスロポイエチンの変化（角田, 2002）のような外見で判断できない影響に関する知見は、原則として文献の精査段階で除外した。一方、酸素消費量の変化については、日本水産資源保護協会（1989）の“漁場の適性溶存酸素濃度の検討”において、水中に十分に酸素がある場合、魚介類は運動量が一定ならばその酸素消費量も一定で変わらないが、酸素濃度が低くなり、運動量に対して水中の酸素量が足りなくなると運動量が抑制され、酸素消費量も抑制されると記述されている。このことから、酸素消費量の抑制は、短期的には個体の斃死や行動異常、長期的には体成長や繁殖等の影響につながるものが想定される。したがって、本検討では生理的变化のうち、酸素消費量の変化に関するデータは例外的に扱うこととした。

未成魚及び成魚（未成体及び成体）の生理的变化に係る DO 耐性評価値は、行動異常に係る DO 耐性評価値の一つとして「再生産の場の確保のための底層 DO 目標値」の設定に用いた。なお、酸素消費量低下の閾値は、行動異常に係る DO 耐性評価値よりも高い値となる可能性があることから、信頼性には課題が残されていると考えられる。したがって、この値により設定された目標値には値の信頼度に関する注釈を加えた。

## 1) 実験条件の取り扱い

実験文献は精査基準を満たしたものを採用したが、著者によって様々な実験条件で低 DO 耐性実験が行われていることから、実験から求める値にバラツキが出るものが想定された。そこで、精査基準とした実験条件のうち、実験結果を大きく変える要素となりうる水温、曝露時間、発育段階の整理方法と解釈の仕方について、以下に記述した。実験条件の整理の考え方は、OECD 化学品テストガイドライン及び U. S. EPA（2003）による DO 基準値検討の事例を参考とした。

### ①水温

斃死や行動異常が起こる DO 濃度は水温により変化し、特に高い水温では、魚介類が必要とする溶存酸素量が多くなる（『魚類生理』，川本信行編，1970）。また、内湾においては、夏季の高水温による成層化及び有機物の分解による酸素消費によって底層の溶存酸素が減少する。このように、夏季の高水温時は、底層を利用する魚介類にとって DO 条件が悪化する要因が重なる。このことから、本検討では、夏季の水温条件における DO 耐性評価値を優先して採用した。なお、東京湾、伊勢・三河湾及び瀬戸内海の検討対象種について DO 目標値を設定するため、これら 3 湾の夏季の水温を整理し、この水温範囲に含まれる DO 耐性評価値を採用した。

## ②曝露時間

魚類や甲殻類は貧酸素水塊に遭遇した場合、直ちに移動し、低酸素のエリアに長期間とどまることはないものと考えられる。このため、低酸素による影響は、急激に生じる影響と考えられる。したがって、魚類や甲殻類等の移動可能な分類群については、急性影響の実験データを採用した。

OECD 化学品テストガイドライン No. 203「魚類毒性試験」(OECD, 1992)において魚類急性毒性試験の曝露期間が 96 時間と定められている。本検討では、においても、曝露時間が 24~96 時間の実験データを採用して検討を行った。また、実験時間が 96 時間を超える実験であっても、24 時間単位で途中経過のデータが明記されている文献については、96 時間時点の実験結果を採用した。

曝露時間が異なる実験における致死濃度の導出結果の差について、U. S. EPA(2000)は、同一種 (juveniles のみ) の同一実験系における 24h-LC50 と 96h-LC50 を比較したところ、ほぼ同じ値が得られたことを示している (図 2.2.2 参照)。一方、Miller et al. (2002)は、甲殻類の浮遊幼生を対象とした実験では 7 種中 6 種で 96h-LC50 が 24h-LC50 よりも 0.3-0.8mgO<sub>2</sub>/L 大きかったことを示している。この理由として、浮遊幼生は短時間のうちに脱皮を繰り返すため、外部環境の変化に特に脆弱な状態であり、曝露時間が長いほど DO 以外の要因も含めた斃死が起りやすくなっている可能性があることが記述されている。なお、これらの知見と同様の検討を行っている国内の文献は入手できなかった。

以上の U. S. EPA(2000)及び Miller et al. (2002)の知見に従い、曝露時間が 24~96 時間の実験データは、甲殻類の浮遊幼生を除き、同列に扱うこととした。また、甲殻類の浮遊幼生については、発育段階初期の脆弱さも含めて斃死率が 5%以下を維持できる DO 濃度を設定するためには、原則として曝露時間が 96 時間のデータのみを採用することが望ましいと考えられる。しかしながら、収集した実験文献で甲殻類の浮遊幼生を扱った知見は、姜ら (1993) によるガザミの低 DO 耐性実験のみであり、さらに曝露時間は 72 時間であったことから、24~96 時間の範囲であればすべて採用することとした。なお、96 時間に満たない曝露時間のデータから導出する DO 耐性評価値は、過小評価された値となっている可能性がある。

また、着底後はほとんど移動できない二枚貝類については、いくつかの種において無酸素水に数日間曝露しても斃死しないといったデータが得られており、DO 濃度の絶対値よりも、低酸素水への曝露時間や供試個体の生理状態 (グリコーゲン含有量等) が生死に大きく関与しているものと考えられる。このことから、二枚貝類に関しては、低酸素水曝露による致死時間に注目し、曝露時間を 96 時間以内と限定せずにデータを整理した。

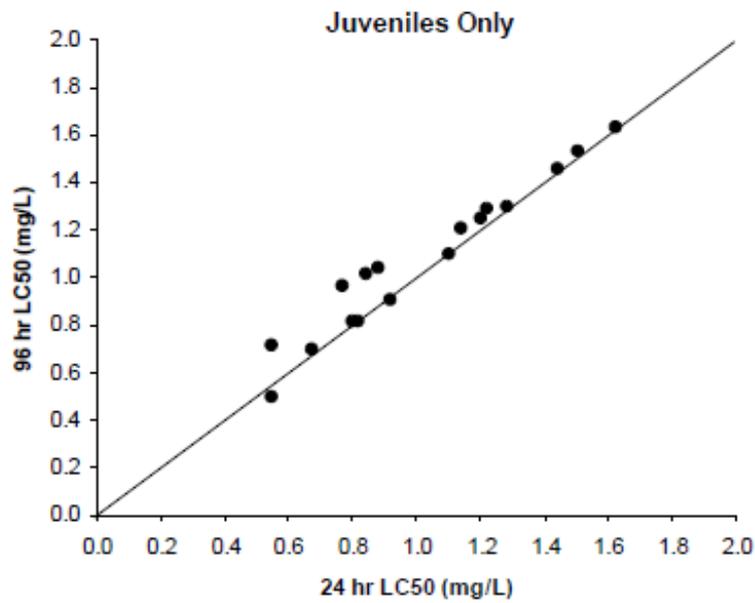


図 2.2.2 96hLC50 と 24hLC50 の関係 (U. S. EPA, 2000)

### ③発育段階

複数の発育段階を対象として実験を行っている文献については、記載されているすべての発育段階の個体について D0 耐性評価値を導出した。

また、発育段階初期の個体は、外部の変化に対して脆弱な段階である（引用文献）ため、発育段階初期の個体を供試個体とした実験の知見が複数得られた場合には、それぞれの実験結果から導出した D0 耐性評価値を比較し、最も高い値を採用した。

### 3) 現場観測文献から整理する情報について

現場観測文献では、低酸素による生物への影響は、貧酸素水塊周縁での高密度分布、漁場の変化といったような「分布の変化」として記述されているものが大半である。これは貧酸素水塊の発生によって魚介類が移動したり斃死したりすることで平常とは異なる分布となっていることを示すものと考えられる。したがって、現場観測文献については、魚介類の分布位置と DO 濃度との関係に着目し、DO 耐性評価値の導出を行うこととした。

実験では曝露時間や水温等をコントロールすることにより、厳密なデータを得ることができるが、このような室内実験で得られた数値を実際の海域に適用するには、実際の海域で生物の生息が確認されている DO 濃度レベルと乖離がないか確認する必要がある。しかしながら、海域では DO は短時間で大きく変動すること、餌環境や硫化水素の発生等の DO 以外の要因が生物の分布の変化に関与している可能性があることから、現場観測データから導出した DO 耐性評価値と、実験データから導出した DO 耐性評価値を同列に扱うことはできない。そこで、現場観測文献から導出した DO 耐性評価値の使用は以下のとおりとした。

- ①ある種について、実験文献と現場観測文献の両者から DO 耐性評価値が導出できた場合には、両者を比較し、同程度の数値であることが確認できた場合には、実験文献の値は実海域における目標値として適用できるものと判断して、その値を採用した。なお、実験文献と現場観測文献の両者から DO 耐性評価値が得られたのは、スズキ、マコガレイ及びヨシエビの 3 種であり、このうちマコガレイとヨシエビは切り上げにより同じ値となったため、その値を採用した。スズキについては切り上げによって実験値が 4mg/L、現場観測値が 3mg/L となり、両者に 1mg/L の差があったが、これについては安全側をとり、値が高い方の実験値を採用して 4mg/L とした。
- ②ある種について、実験文献からは DO 耐性評価値を得られず、現場観測文献から導出できた場合には、これを用いて底層 DO 目標値を設定する。

## (2) 実験文献における D0 耐性評価値の導出

### 1) 魚類・甲殻類・棘皮動物・腹足類

#### ア) 斃死に関する影響

##### i) LC5 の導出

魚類の急性毒性試験においては、斃死率 50%を上回る濃度及び下回る濃度を含む 3 点以上のデータより LD50 や LC50 を算出すること、その算出手法としてプロビット法等の統計学的手法を用いることが定められている（日本環境毒性学会編, 2003）。また、LD10 や LD5 の推定においても原理的には最尤法<sup>2</sup>を用いることはできるが、その手法は複雑である（吉村ら編, 1992）とされている。

上記より、統計学的手法により LC5 を求めるには、斃死率 5%を挟む前後の D0 濃度が明らかとなるような緻密な実験条件（例：供試個体 20 個体以上、斃死率 5%付近の D0 濃度が複数含まれるような詳細な実験濃度区の設定等）により得られたデータが必要であると考えられる。しかしながら、実際にはそのような詳細な実験は難しく、本検討でもこれに該当するデータは入手できていない。また複数の文献より斃死率 0%を示す D0 濃度は得られているが、上記の統計学的手法では斃死率 0%及び 100%を示す D0 濃度は用いることはできない。このことから、現時点で入手可能なデータでは、LC5 を導出するための適切な統計学的手法について十分な検討ができなかった。

そこで、本検討では、実験区の D0 濃度と斃死率を片対数グラフ用紙（縦軸に斃死率、横軸（対数目盛り）に D0 濃度を表示）にプロットし、これらのプロットから求められる対数近似式により LC5 を算出することとした。用いるデータは、曝露終了時に斃死率 5%を下回った D0 濃度（斃死率 0%を含む）と上回った D0 濃度が 2 点以上得られているものに限った。なお、片対数グラフ用紙へのプロットによる LCx の推定は、統計手法を伴わない簡易な手法であり、誤差を含む可能性が高いが（日本環境毒性学会編, 2003）、現段階で入手できるデータを最も多く活用できることからこの手法を採用した。実際の作業では、Microsoft office Excel 2003（Microsoft office 社）を用いて片対数グラフを作成し、対数近似式を求めた。図 2.2.3 にクルマエビとヨシエビの片対数グラフを用いた LC5 の算出例、表 2.2.5 に片対数グラフを用いて LC5 の算出できた種の LC5 の導出結果を示した。

なお、文献から読み取る D0 濃度は、各実験区の曝露期間における期間平均濃度とした。文献中に期間平均濃度が明記されている場合はそのまま採用したが、“実験開始時と終了時”もしくは“最小値と最大値”のように濃度範囲で示されている場合は、その二値で算術平均値を計算して採用した。

---

<sup>2</sup>特に断らずに“プロビット法”（Probit method）という場合は、プロビットモデルを想定して最尤法を用い、LD50 を求める方法を指している（吉村ら編, 1992）。ここでは原著のとおり「最尤法」と記載した。

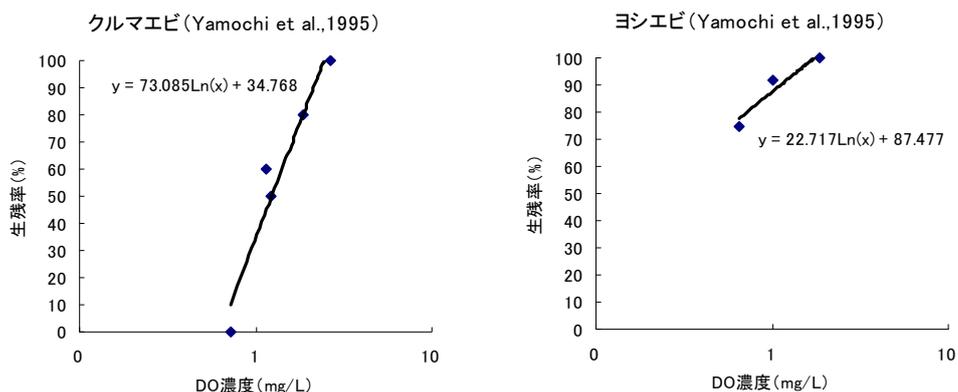


図 2.2.3 片対数グラフと近似曲線による LC5 の算出例（クルマエビ・ヨシエビ）

表 2.2.5 片対数グラフ用紙へのプロットによる LC5 の導出結果

検討対象種	DO 耐性評価値の導出結果	出典
スズキ (未成魚)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 3.5mg/L(飽和度 50.8%)では斃死率 0%、3.1mg/L(45.4%)では斃死率 25%、2.4mg/L(35.8%)では斃死率 75%、2.3mg/L(34.7%)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 3.4mg/L が得られた。(水温約 25°C)	矢持ら, 1996
マコガレイ (稚魚)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 2.3mg/L(1.6ml/L)では斃死率 0%、1.9mg/L(1.3ml/L)では斃死率 50%、1.4mg/L(0.98ml/L)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 2.3mg/L が得られた。(水温 23.4°C)	矢持ら, 1998
マハゼ (未成魚)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 1.6mg/L(1.11ml/L)では斃死率 0%、1.4mg/L(1.01ml/L)では斃死率 60%、0.7mg/L(0.5ml/L)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 1.9mg/L が得られた。(水温 25°C)	Yamochi et al., 1995
ヨシエビ (稚エビ)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 1.9mg/L(1.31ml/L)では斃死率 0%、1.0mg/L(0.7ml/L)では斃死率 91.7%、0.6mg/L(0.45ml/L)では斃死率 25%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 1.4mg/L が得られた。(水温 25°C)	Yamochi et al., 1995
サルエビ (成体)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 2.0mg/L(平均飽和度 27%)では斃死率 0%、1.3mg/L(17.5%)では斃死率 50%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 1.9mg/L が得られた。(水温 20°C)	矢持, 1992
ガザミ (未成体)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 1.9mg/L(1.35ml/L)では斃死率 0%、1.1mg/L(0.80ml/L)では斃死率 17%、0.9mg/L(0.60ml/L)では斃死率 83%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 1.7mg/L が得られた。(水温 20°C)	Yamochi et al. (1995)
クルマエビ (稚エビ)	曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 2.63mg/L(1.84ml/L)では斃死率 0%、1.87mg/L(1.31ml/L)では斃死率 20%、1.22mg/L(0.85ml/L)では斃死率 50%、1.14mg/L(0.8ml/L)では斃死率 40%、0.7mg/L(0.5ml/L)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットで LC5 を求めると約 2.3mg/L が得られた。(水温 20°C)	Yamochi et al, 1995

注) 導出過程の詳細については巻末の「検討対象種別 底層 DO 目標値の設定過程」に記載した。

ii) 甲殻類の幼生のデータの扱いについて

姜ら(1993)によるガザミのゾエア、メガロパ及び稚ガニを対象とした低 DO 耐性実験では、対照区の斃死率がゾエア 20%、メガロパ 10%、稚ガニ 0%であった。OECD の魚類急性毒性試験では、対照区の斃死率が 10%を超えた場合データは不採用となる (OECD, 1992) が、甲殻類の幼生は脱皮を伴うために特に感受性が高い段階であり、自然減耗率が高いことが本来の特性であると考えられる。この点については、Miller et al. (2002) も、魚類や甲殻類等を含む全 22 種の稚仔魚や幼生を対象とした低 DO 耐性実験において、多くの種の対照区の生残率が 90%以上であったのに対し、甲殻類の 7 種中 5 種の幼生の生残率が 83-86%、2 種の幼生→ポストラバへの変態期間の生残率が 78-79%であったことを報告している。このことから、本検討では、甲殻類の幼生の実験結果については、対照区の自然減耗率が 10%~20%を超えても不採用とせず、データを活用すべきと考えた。

そこで、上記のガザミの幼生のデータについて Abbott 法 (Abbott, 1925) による斃死率の補正を行い、その補正した結果から LC5 の導出を試みた。Abbott 法は、農業害虫等の薬剤耐性試験において”補正死虫率”の算出に用いられているものであり、補正式は以下のとおりである。

$$\text{補正斃死率} = (\text{対照区の斃死率} - \text{処理区の斃死率}) / (1 - \text{対照区の斃死率})$$

補正した斃死率と片対数プロットによる LC5 の導出結果を表 2.2.6 に示す。ゾエアについては、補正しても斃死率 5%以下を示した DO 濃度区のデータが得られないため、LC5 の導出は行わなかった。メガロパについては、LC5 として 3.4mg/L が得られた。

上記の検討では、姜ら(1993)の実験の設定条件が妥当であるか、また実験結果に再現性があるか判断できないこと、また補正の手法やそこから導出した LC5 が妥当であるか検証するのに十分な知見が得られていないことから、甲殻類の幼生に関するデータの取り扱いについて現時点では適切な結論が得られていない。したがって、今後の知見の集積により、甲殻類の感受性の高さを考慮したより適切な導出方法を検討する必要があると考えられる。

表 2.2.6 ガザミ幼生の斃死率の補正と LC5 の導出結果

発育段階	各 DO 濃度における斃死率 (72 時間曝露)			片対数グラフによる LC5
	実験 DO 濃度	補正前	補正後	
ゾエア	1. 5mg/L	100%	100%	導出不可
	2. 6mg/L	87%	84%	
	3. 4mg/L	50%	38%	
	7. 3mg/L(対照区)	20%	—	
メガロパ	1. 5mg/L	85%	83%	LC5 3. 4mg/L (補正後) LC15 3. 4mg/L (補正前のデータを用いて算出)
	2. 6mg/L	35%	28%	
	3. 4mg/L	15%	6%	
	7. 3mg/L(対照区)	10%	—	
稚ガニ	1. 5mg/L	45%	補正しない	LC5 3. 3mg/L
	2. 6mg/L	15%		
	3. 4mg/L	5%		
	7. 3mg/L(対照区)	0%		

データ出典：姜ら(1993)

1) 斃死以外の影響

a) 行動異常

行動異常に関する実験文献のうち、精査によって採用可能と判断した文献は、矢持ら(1995)のマハゼの摂餌率の変化に関する実験文献のみであった。

行動異常に係る DO 耐性評価値の導出方法は、対照区と比較したときに定められた曝露期間内で統計的に有意な影響(危険率 5%未満)を与えない DO 濃度を導出することとした。行動異常に係る DO 耐性評価値の導出結果を表 2.2.7 に示す。

表 2.2.7 行動異常に係る DO 耐性評価値の導出結果

検討対象種	DO 耐性評価値の導出結果	出典
マハゼ	試験区と対照区の捕食率の有意差検定の結果 (Fisher-Behrens 検定)、24 時間の期間平均 DO 濃度が 1.75mg/L (1.22ml/L) と 2.40mg/L (1.68ml/L) の試験区はそれぞれ危険率 1%と 5%で対照区と有意な差があった。期間平均 DO 濃度が 2.99mg/L(2.09ml/L) と 3.57mg/L (2.50ml/L) の試験区は対照区と有意な差が無かった。有意な差が無い試験区のうち期間平均 DO 濃度が低い方の 2.99mg/を採用し、DO 耐性評価値として導出した。	矢持ら, 1995

注) 導出過程の詳細については巻末の [検討対象種別 底層 DO 目標値の設定過程] に記載した。

b) 生理的变化 (酸素消費量の変化)

生理的变化として扱った酸素消費量の変化については、山元(1987, 1990, 1992, 2008)が複数種について同じ実験手法で実施した実験文献が収集できた。これらの実験における酸素消費量の測定方法は、酸素測定装置を備えた水槽に 1 個体~複数個体の供試個体を收容し、DO 濃度を低下させる過程における酸素消費量の変化を測定しているものであった。対照区は設定されておらず、行動異常のように統計手法を用いて影響濃度を求めるというような方法は適用できない実験デザインであった。そこで、これら

のデータから影響濃度を導出する方法を以下のとおりとした。

魚類の呼吸と溶存酸素との関係については、「タイ養殖の基礎と実際」（山口正男 著，恒星社厚生閣）によれば、貧酸素に曝された時に呼吸速度が一様に低下もしくは上昇増加するのではなく、一度上昇した後に低下するという傾向があることが知られている。また、上記に挙げた山元（1987, 1990）の文献では、環境水の酸素飽和度の低下に伴う海産の硬骨魚類の酸素消費量の変化を明らかにする実験より、低酸素下における酸素消費量は環境水の酸素飽和度が低下するとあるところまでは正常状態の値を示したが、更に低下すると減少したことを明らかにしている。

以上のことから、酸素消費量の変化を示すグラフ図より、酸素消費量が正常から低下に転じるタイミングの DO 濃度を読み取り、これを酸素消費量低下の閾値として採用することとした。この手法による、酸素消費量の変化に係る DO 耐性評価値の導出結果を表 2.2.8 に示す。

表 2.2.8 酸素消費量の変化に係る DO 耐性評価値の導出結果

検討対象種	DO 耐性評価値の導出結果	出典
マダイ	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸素消費量が正常状態のときの環境水中の DO 濃度は、約 6.86mg/L (4.80±0.06ml/L)、酸素消費量が減少し始めた時の環境水中の DO 濃度は、約 2.89mg/L (2.02±0.08ml/L)</li> <li>水温 26.6±0.3℃</li> </ul>	山元，1987
カサゴ	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸素消費量が正常状態のときの環境水中の DO 濃度は、約 6.71mg/L (4.69±0.07ml/L)、酸素消費量が減少し始めた時の環境水中の DO 濃度は、約 2.13mg/L (1.49±0.03 ml/L)</li> <li>水温 26.1±0.1℃</li> </ul>	山元，1990
トラフグ	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸素消費量が正常状態のときの環境水中の DO 濃度は、約 7.12mg/L (4.98±0.14ml/L)、酸素消費量が減少し始めた時の環境水中の DO 濃度は、約 2.86mg/L (2.00±0.11ml/L)</li> <li>水温 25.7±0.4℃</li> </ul>	山元，1990
ネズミゴチ	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸素消費量が正常状態のときの環境水中の DO 濃度は、約 7.02mg/L (4.91±0.04ml/L)、酸素消費量が減少し始めた時の環境水中の DO 濃度は、約 2.36mg/L (1.65±0.08ml/L)</li> <li>水温 24.7±0.1℃</li> </ul>	山元，1990
マナマコ	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸素消費量が正常状態のときの環境水中の DO 濃度は、約 8.17mg/L (5.71±0.01ml/L)、酸素消費量が減少し始めた時の環境水中の DO 濃度は、約 3.06mg/L (2.14±0.02ml/L)</li> <li>水温 18.1℃</li> </ul>	山元，1992
サザエ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温 28℃では、酸素消費量が減少を始める時の酸素飽和度は 4.4mg/L (酸素飽和度 68%を水温 28℃、塩分 35psu で mg/L 単位に換算)</li> </ul>	山元，2008

注) 導出過程の詳細については巻末の [検討対象種別 底層 DO 目標値の設定過程] に記載した。

#### c) 斃死以外の影響に係る DO 耐性評価値が複数得られた場合の採用順位

本検討では、行動異常と酸素消費量の変化に係る DO 濃度レベルの関係性について、同一種のデータが得られず明らかにすることができなかった。したがって、同一種で両者の値が得られた場合に、どちらを優先的に採用するのが妥当であるかという点については、知見の集積を待ち、今後明らかにしていく必要がある。

## 2) 二枚貝類

### ア) 斃死に関する影響

二枚貝類の成貝については、短期間であれば無酸素でも斃死せずに耐えることができるため、急性影響の観点から致死濃度を導出することができないと考えられた。そこで、無酸素条件における致死時間（以下、LT と表記する）を整理することとした（表 2.2.9）。

LT の整理結果より、水温 20～25℃の範囲、D0 濃度 0.05～0.8mg/L の低酸素（もしくは無酸素）に曝露された場合、いずれの種も少なくとも 4 日間（96 時間）程度の短期間では斃死しないことが明らかとなった。

表 2.2.9 二枚貝類の致死時間（LT）に関する実験データ

種名	LT に関する実験データ	出典
サルボウガイ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温 25℃、D0 濃度 0.05mg/L では、LT50 は 10 日目、LT100 は 11 日目であった。</li> <li>対照区（酸素飽和状態）では 14 日間経過後、死亡なし</li> </ul>	中村ら, 1997
ヤマトシジミ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温 25℃、D0 濃度 0.05mg/L では、9 日目に死亡する個体がみられはじめ、LT50 は 13 日目、LT100 は 14 日目であった。</li> <li>対照区（酸素飽和状態）では 14 日間経過後、死亡なし</li> </ul>	中村ら, 1997
アサリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温 25℃、D0 濃度 0.05mg/L では、1 日目に死亡する個体がみられはじめ、LT50 は 2 日目、LT100 は 4 日目であった。</li> <li>対照区（酸素飽和状態）では 14 日間経過後、死亡なし</li> </ul>	中村ら, 1997
アサリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温 24℃、実験開始時の D0 濃度が 0.63～0.80mg/L の範囲では、96 時間後から斃死が始まり、120 時間後（3、4 区）には 80～100%斃死し、144 時間後の実験区はその日までに全個体が斃死した。（実験 I）</li> <li>水温 24.2～25.3℃、実験開始時の D0 濃度が 0.22～0.49 mg/L の範囲では、48 時間後から斃死が始まり、120 時間経過した区は全個体が斃死した。（実験 II）</li> </ul>	柿野, 1982
アサリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温 20℃、D0 濃度 0.36mg/L 以下、96 時間の曝露で、実験終了時の 96 時間（D00.33mg/L）で全数が生残していた。</li> <li>硫化水素水区では、硫化物量 3.7mg/L、96 時間、無酸素（濃度の記述なし）の曝露で、96 時間で 80%が斃死した。</li> </ul>	萩田, 1985

#### イ) 二枚貝類の発育段階初期の個体の低 D0 耐性について

二枚貝類の発育段階初期の個体を対象とした低 D0 耐性実験の文献は、現時点では入手できておらず、情報が不足している。

一方、現場観測文献については、二枚貝類の加入と D0 濃度との関係に関する知見（港湾空港技術研究所ほか，2005）を得た。この知見は、D0 や水温のような非生物要因の変動からマクロベントス群集の構造および機能の動態を予測することを目的として行われた研究であり、三河湾におけるマクロベントスの個体数と湿重量、水温及び D0 の履歴をパラメータとし、種別に貧酸素感度指標（OSI<sup>3</sup>）という値を求めている。この OSI は値が高いほど感受性が高いことを意味する。解析結果が記載されている種のうち検討対象種に該当するアサリとサルボウガイの OSI を”貧酸素発生時”と”貧酸素回復時”で比較したところ、貧酸素発生時よりも貧酸素回復時の方が高い傾向がみられた。これは、三河湾においては、貧酸素発生時（夏季）はこれらの種の成貝の生息量で OSI が算出されるが、貧酸素回復時（貧酸素水塊が解消される時期）はこれらの種の加入時にあたり、着底間もない稚貝の生息量で OSI が算出されていることを意味している。そのため、貧酸素回復時の OSI は D0 の回復、幼生の着底、そして成長というプロセスを反映した値となり、着底稚貝が水温や D0 濃度（履歴も含む）に対する感受性が高いことを示唆するものである。

上記の知見より、二枚貝類は、着底後ほとんど動かない成貝と、浮遊幼生や着底稚貝等の発育段階初期の個体とでは、低 D0 耐性に明瞭な差があり、環境の変化に対して受動的であることが明らかである。したがって、今後、実験や現地観測による知見を集積し、発育段階初期の個体の低 D0 耐性を明らかにする必要がある。

#### ロ) 二枚貝類の低 D0 耐性に関するまとめ

二枚貝類の成貝については、アサリ、サルボウガイ及びヤマトシジミの低 D0 耐性実験結果より、無酸素でも 96 時間程度の短期間であれば生存可能であることが明らかとなった。このことから、二枚貝以外の分類群の生息が維持される D0 濃度レベル（現時点では 2mg/L 以上）が維持されていれば、二枚貝類の生息も維持されると考えられる。一方、二枚貝類の発育段階初期の個体については、実験データが無いため現時点では検討できていないが、低 D0 耐性を明らかにし、再生産目標値を検討する必要がある。

また、高水温で低酸素が長期間継続した場合には、貧酸素耐性が高いとされる種であっても、数日から十数日で斃死に至ることが明らかである。したがって、夏季に低酸素が長期間継続しやすい海域においては、二枚貝類の生息を維持するために、低酸素の継続時間を考慮した目標の適用を考える必要がある。

---

<sup>3</sup>OSI は、生物の生残に及ぼす非生物的要因を表現する関数(okoxT)の日平均の過去 2 週間の移動平均として算出された指標値である。値が高いほど、貧酸素に対して感受性が高いことを示す。okoxT は溶存酸素量の観測値(%）、半飽和定数、水温等から計算される関数である。

### (3) 現場観測文献における DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実海域でみられる低酸素による生物の変化

現場観測文献における低酸素による生物の変化がどのように記述されているか、精査段階で除外した知見も含め、表 2.2.10 に整理した。これによると、低酸素による生物の変化に関する記述として、高密度分布、漁獲集中、逃避（回避）、漁場の変化等が挙げられた。これらは、著者によって表現は異なるが、いずれも貧酸素水塊の発生によって魚介類が移動したり、斃死したりしたことによる分布の変化を示すものである。このことから、現場観測データについては、魚介類の分布位置と DO 濃度との関係に着目し、DO 耐性評価値の導出を行うこととした。

表 2.2.10 実海域でみられる低酸素の影響に関する記述

種名	記述内容	出典
マコガレイ シャコ	漁獲の集中がみられた。 漁場の南下が認められた。 生息場所から逃避するものと推察される。	小林(1993)
シャコ	稚シャコの高密度分布がみられた。	Kodama et al., 2006
シャコ	高密度分布は貧酸素水塊の外側の水域に局在する傾向が認められた。	成田ら, 2007
ハタタテヌメリ	多数個体が夏季の貧酸素水塊を回避していることが示唆される。	成田ら, 2006
スズキ	貧酸素水塊と貧酸素水塊外の境界付近で多く分布することがある。	石井ら, 2005
マコガレイ	夏季に分布域が南偏 貧酸素水塊の周辺に高密度に分布していた。	永山, 2005

#### 2) DO 耐性評価値の導出

##### ア) データの表記の状況

DO 耐性評価値を導出するにあたり、図表からどのような数値を読み取るべきか検討するために、生物に関するデータと DO に関するデータの表記方法を表 2.2.11 に整理した。

生物に関するデータは、著者による生物の採集結果もしくは既存の漁獲量データの引用のいずれかに区分された。著者による生物の採集結果は、底びき網や刺網等による採集結果を用いて分布図や経時変化を整理しているものが多かった。既存の漁獲量データの引用では、漁獲統計資料や標本船調査結果を用いて漁獲量の分布や経時変化を整理しているものが多かった。また、漁船の分布をレーダーで観測し、漁場形成の分布を把握しているものもみられた。

DO に関するデータは、著者による DO 観測もしくは既存の観測結果の引用により整理されていた。著者による DO の観測手法は、生物調査と同時に観測機器を用いて DO 観測を行っている場合が大半であるが、定点を設けて DO を連続的に観測している場合も

みられた。既存の観測データの引用では、浅海定線調査や公共用水域水質測定結果のデータ等が用いられていた。また、これらの DO データは、コンター図、グラフ及び表等により、濃度分布や経時変化が整理されていた。

表 2.2.11 現場観測文献におけるデータの整理の状況

種名	生物に関するデータ	DOに関するデータ	出典
スズキ	底曳き網データから CPUE 分布を推定し、平面分布図で表示	既存の DO データ（東京都環境局等）、コンター図で表示	石井ら, 2005
ハタタテヌメリ	底曳き網データから季節移動を推定し、平面分布図で表示	既存の DO データ（公共用水域）、コンター図で表示	池島ら, 1996
マコガレイ	標本船調査による漁獲データより、漁場メッシュ図を作成	現場で採水、コンター図で表示	小林, 1993
マコガレイ	ソリネット・桁網による稚魚の採集状況を平面分布図で表示	現場で同時測定、コンター図で表示	永山, 2005
ヨシエビ	放流個体の再捕状況を平面分布図で表示	現場で同時測定、コンター図で表示	有山ら, 1997
シャコ	標本船調査の漁獲データより漁場メッシュ図を作成	現場で採水、コンター図で表示	小林, 1993
シャコ	底曳き網データから個体群密度の分布を推定し、平面分布図で表示	既存データ（千葉水産研究センター）、DO コンター図で表示 現場で同時測定、経月推移グラフで表示	Kodama et al, 2006
シャコ	プランクトンネットで幼生を採集し、発育段階別の分布を平面分布図で表示	現場で同時測定、測定結果一覧表、幼生密度との相関図	大富ら, 2006

#### 1) DO 濃度の読み取り方法

生物データと DO データの組み合わせは、生物の平面分布図または漁場メッシュ図と DO コンター図の重ね合わせ、もしくは出現密度と底層 DO 濃度との相関図の 3 通りであった。これらの図の組み合わせより読み取る DO 濃度を表 2.2.12 に整理した。

生物の分布図と DO コンター図の重ね合わせの場合は密度が高いエリアの DO 濃度の下限値を読み取り、DO 耐性評価値とした。出現密度と底層 DO 濃度との相関図の場合は、高い出現密度を示すプロットに対応する DO 濃度を読み取り、DO 耐性評価値とした。

なお、現場観測文献では、記載されている DO 濃度は、観測方法（同時測定、連続観測）及び著者による算出等により、瞬間値、最小値～最大値及び期間平均濃度等の様々な表記がなされていることから、観測方法とどのような値であるか（平均値、瞬間最低値等）を併記した。また、DO 濃度が容積比（ml/L）で表記されている場合は、海洋観測指針（気象庁編, 1990）に従って 1.43 を乗じ、mg/L 表記に換算した。酸素飽和度（%）で表記されている場合は、塩分と水温のデータを用いて、mg/L 表記に換算した。

表 2.2.12 現場観測文献から読み取る DO 濃度

図の表記方法	読み取る数値	出典
生物の平面分布図と DO コンター図との重ね合わせ	生物の生息密度が高い分布位置に近いコンターの DO 値のうち下限値を読み取る。	永山, 2005 Kodama et al., 2006
漁場メッシュ図と DO コンター図との重ね合わせ	漁獲が多く確認されたメッシュと重なるコンターの DO 値のうち下限値を読み取る。	小林, 1993
出現密度と底層 DO 濃度との相関図	高い出現密度を示すプロットに対応する DO 濃度を読み取る。	大富ら, 2006

## 2.2.4 餌生物のD0耐性評価値の設定

魚介類の生息域及び再生産の場では、魚介類の餌生物の生息も確保されている必要がある。したがって、魚介類の餌となる生物群の生息が確保される底層D0濃度を検討し、D0耐性評価値を導出した。餌生物のD0耐性評価値は、魚介類の生息域や再生産の場を確保するための目標値と比較し、魚介類の目標値に餌生物のD0耐性評価値が包含されていれば、魚介類の底層D0目標値を維持することで餌生物の生息も確保されるとした。

### (1) 餌生物として取り扱う生物群について

検討対象種については、海域の水生生物間の捕食・被食関係については未知の部分が多く、検討対象種の餌生物をすべて特定することはできないことから、小型底生生物（例：アミ類、ヨコエビ類、多毛類等）を広く対象として検討を行った。なお、小型底生生物には着底直後や小型の二枚貝類が含まれるが、二枚貝類は一時的な低D0に対して生理的耐性を有し、急性影響の観点でD0耐性を整理することができないことから除外した。また、小型底生生物を対象とした低D0耐性実験の文献は多くないことが想定されるため、国外に生息する種の文献も活用することとした。現場観測文献については、多くの種をまとめてマクロベントス相や底生生物群集というような表記で整理している場合が多いことから、これらの表記がある文献を中心にデータを整理した。

### (2) 餌生物の低D0耐性に関する文献の検索・収集

「2.2.1 検討対象種の低D0耐性に関する文献の検索・収集」と同じデータベースを用いて文献の検索を行った。検索のキーワードは、以下のとおりとした。

- ・ 検討対象種に関するキーワード：小型底生生物、マクロベントス、Macrobenthos
- ・ 貧酸素に関するキーワード：酸素(Oxygen)、貧酸素(Hypoxia)、低酸素、無酸素(Anoxia)、溶存酸素(Dissolved Oxygen)、斃死率(Mortality)、致死(Lethal)等

なお、本資料の「3. 無生物域の解消のための底層D0の目標値」では、同じく小型底生生物を対象として目標値を検討することから、文献の検索・収集の作業は、無生物域の目標検討における既存知見の検索・収集と兼ねて実施した。収集した文献のうち、低D0耐性が高いと考えられる種の文献は、無生物域の目標値の検討に用いた。

### (3) 文献の精査及び文献の内容の整理

実験文献については、「2.2.2 文献内容の精査・整理」で示した手法と同様に精査し、採用した文献について個票を作成した。現場観測文献については、低酸素に関する記述があり、かつ小型底生生物の生息可能な境界濃度に関する数値が読み取れる文献を整理対象とした。精査の結果、D0耐性評価値の導出に用いた文献は、実験文献が1文献、現場観測文献が3文献であった。

#### (4) 餌生物の D0 耐性評価値の導出

餌生物の D0 耐性評価値については、実験文献及び現場観測文献ともに、魚介類の生存に係る D0 耐性評価値の導出の方法に従って導出した。

##### 1) 実験文献における D0 耐性評価値の導出

餌生物として扱う生物群のうち、個別の種の実験文献が得られたのは、アミ類の一種である *Americamysis bahia* であった。*A. bahia* の D0 耐性評価値の導出結果を表 2.2.13 に示す。この文献では、著者により 24h-LC50 と 24h-LC5 が求められていたことから、この値をそのまま採用した。

表 2.2.13 実験文献における D0 耐性評価値の導出結果

種名	D0 耐性評価値の導出結果	出典
Americamysis bahia (アミ類の一種)	水温 25~27℃、曝露時間 24 時間での LC5 が 1.5mg/L である。	Poucher and Coiro, 1997

##### 2) 現場観測文献における数値の整理

現場観測文献における小型底生生物と D0 との関係に関する記述を表 2.2.14 に整理した。両文献とも、おおよそ 2mg/L を境に小型底生生物の生息分布状況が変わる可能性が高いことを記述していることから、小型底生生物の多くの種の生息が確保される D0 濃度は 2mg/L 以上であると考えられる。

表 2.2.14 小型底生生物と D0 との関係に関する記述の整理結果

D0 耐性評価値の導出結果	出典
D0 最低値が 2mg/L 以上であれば東京湾奥部に侵入した大型表在底生動物は周年にわたって生息できる可能性が高い。	風呂田, 2003
D0 と底生生物種類数の相関より、D0 が 2mg/L 未満の地点では種類数が 0~15 の範囲、D0 が 2~9mg/L の地点では種類数が 0~60 の範囲であり、D0 が 2mg/L 未満だと種類数を制限する要因になりうる。	七都県市首脳会議 環境問題対策委員 会水質改善専門部 会, 1999
三河湾のマクロベントスの生息量と、水温、D0 の履歴をパラメータとして算出した種別の貧酸素感度指標 (OSI) より、現存量を維持できる D0 濃度を求めると、ミズヒキゴカイ、カンザシゴカイ科、イソギンチャク目の一種、紐型動物門の一種等は 2.3~2.7mg/L (水温 20℃)、アシナガゴカイ、 <i>Corophium</i> sp. (ドロクダムシ科)等は 2.6~3.1mg/L (水温 20℃)、ユウレイボヤ科は 3.0mg/L 以上である。	港湾空港技術研究所ほか, 2007

##### 3) 餌生物の D0 耐性評価値の設定

実験文献から得られた D0 耐性評価値 (LC5) である 1.5mg/L を切り上げて整数とすると 2mg/L となる。また、現場観測文献より、小型底生生物の多くの種の生息が確保される D0 濃度は 2mg/L 以上であることが明らかとなった。両者の知見より、餌生物の D0 耐性評価値は 2mg/L とした。

## 2.2.5 検討対象種別の底層 D0 目標値の設定

ここでは、各検討対象種の D0 耐性評価値を用いた「生息域の確保のための底層 D0 目標値」及び「再生産の場の確保のための底層 D0 目標値」の設定フローを記載するとともに、フローに基づいて設定した底層 D0 目標値を一覧表に整理した。

設定結果は種によって様々であり、生息域目標値または再生産目標値のいずれかの目標値しか設定できない種や、両者とも設定できない種が多かったことから、これらの種の目標値を補完するための方法についても検討した。

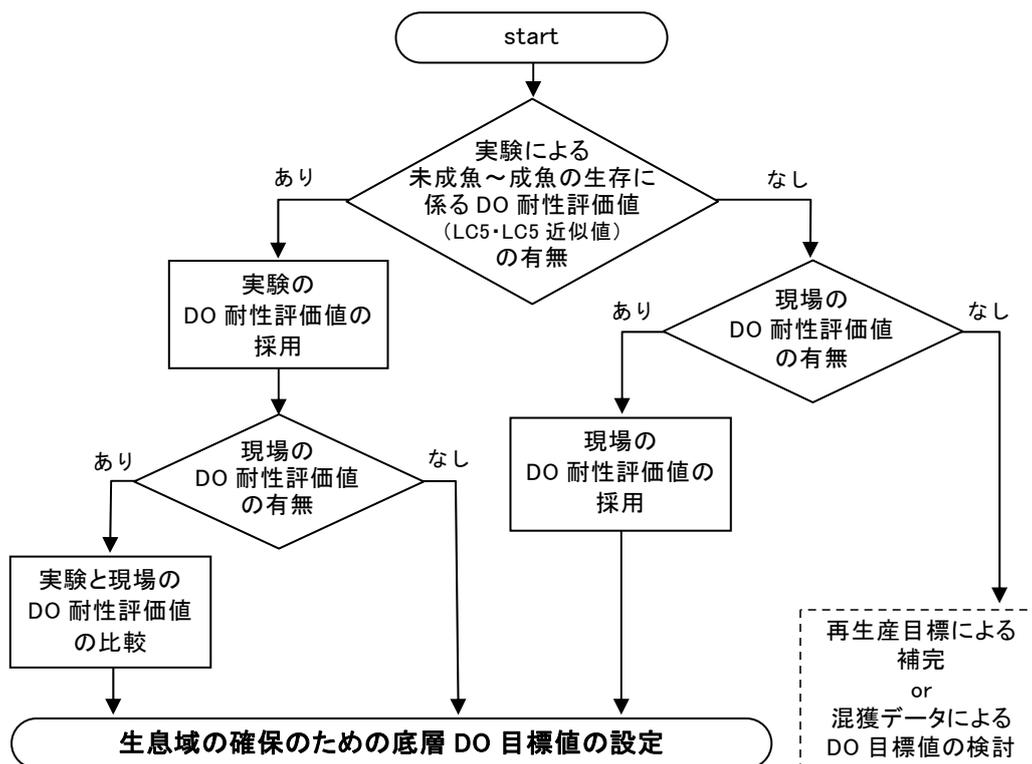
また、検討対象種の底層 D0 目標値の設定結果と、餌生物の D0 耐性評価値との比較結果についても整理した。

### (1) 魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値の設定

魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値は、実験文献から導出した未成魚～成魚（未成体～成体）の生存に係る D0 耐性評価値（LC5 及び LC5 近似値）と現場観測文献から導出した D0 耐性評価値を用いて設定する。

実験文献及び現場観測文献からの D0 耐性評価値の両者がある、またはいずれかの値がある場合には、目標値の設定が可能である。実験文献及び現場観測文献のいずれもが無い場合には、再生産の場の確保のための D0 目標値が設定できた場合は、その値により補完した。また、文献が無く、生息及び再生産のいずれの目標値も設定できない種については、混獲データにより目標値を補完した。

魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値の設定フローを図 2.2.4 に示すとともに、それぞれの作業の詳細を記述した。



注 1) フロー中の「実験」は実験文献、「現場」は現場観測文献を指す。

注 2) フロー中の「再生産目標」は再生産の場の確保のための底層 DO 目標値を指す。

図 2.2.4 生息目標の設定フロー

実験文献より未成魚～成魚（未成体～成体）の生存に係る DO 耐性評価値（LC5 及び LC5 近似値）が導出できた場合は、数値を切り上げて整数とし、底層 DO 目標値として設定した。

DO 耐性評価値が 1 つの場合は、その値を採用する。複数の文献の DO 耐性評価値がある場合は、実海域の夏季の水温変動の範囲に最も近い条件で実施した実験文献を優先して採用した。

実験文献と現場観測文献の両者から DO 耐性評価値を導出できた場合には、両者を比較し、数値のレベルが同程度のオーダーであるか確認した。この場合、両者の値が 1mg/L 程度の差であれば、実験文献から求めた値は妥当とする。両者の値に 2mg/L 以上の差がある場合は、安全側をとって大きい値を採用する場合がある。

実験文献による底層 DO 目標値が設定できず、現場観測文献から DO 耐性評価値が得られている場合は、現場観測文献の DO 耐性評価値を切り上げて整数とし、底層 DO 目標値として設定した。

DO 耐性評価値が 1 つの場合は、その値を採用した。複数の文献の DO 耐性評価値がある場合は、安全側をとり、最も高い値を採用した。

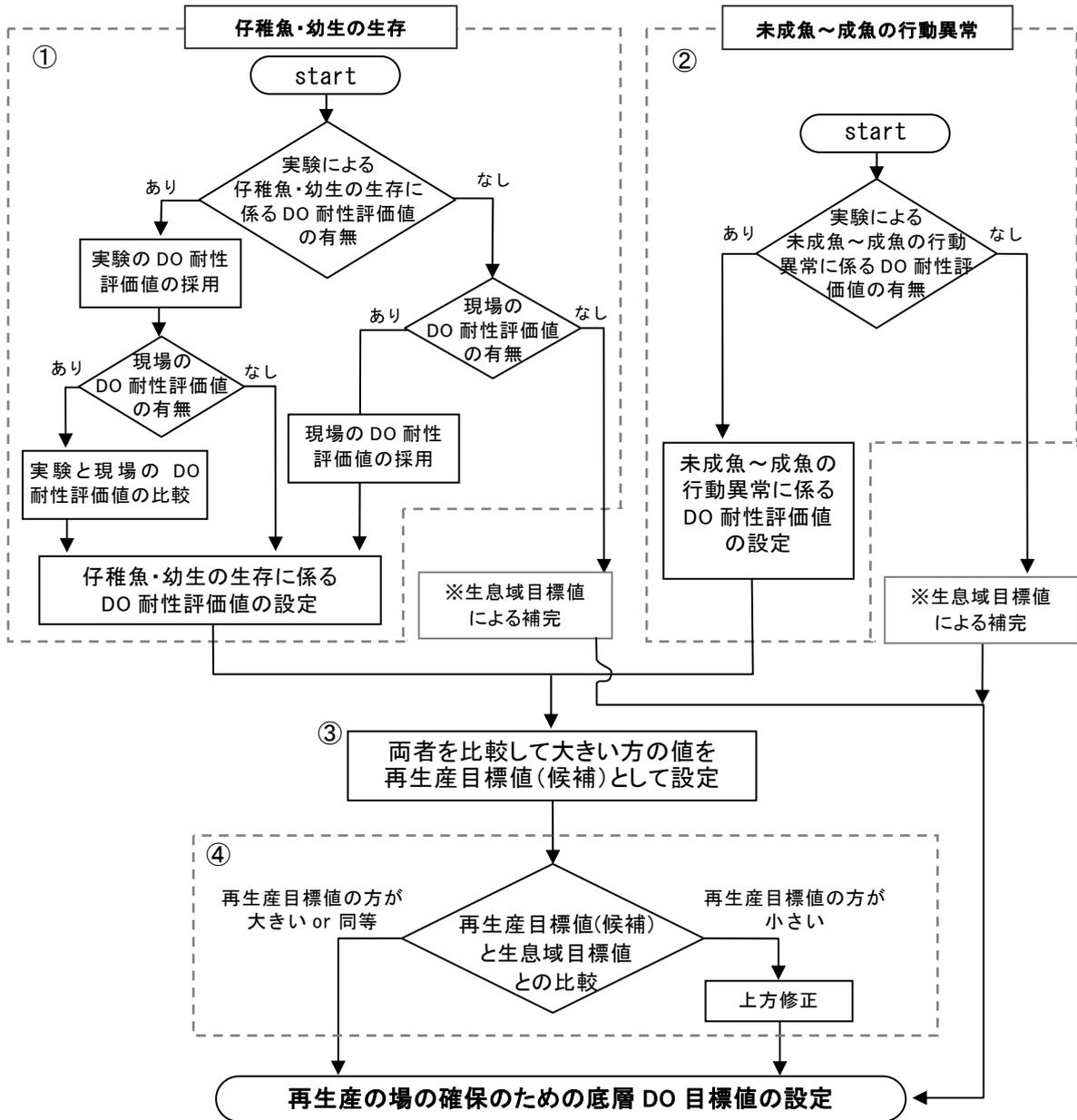
## (2) 魚介類の再生産の場の確保のための底層 D0 目標値の設定

魚介類の再生産の場の確保のための底層 D0 目標値は、以下の 4 つのフローを経て設定した。

- ① 仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値の設定
- ② 未成魚～成魚の行動異常及び酸素消費量の変化に係る D0 耐性評価値の設定
- ③ 仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値と未成魚～成魚の行動異常に係る D0 耐性評価値の比較
- ④ 生息域の確保のための底層 D0 目標値との比較

実験文献及び現場観測文献のいずれも無い場合であっても、生息域の確保のための D0 目標値が設定できた場合は、その値により補完した。なお、再生産の場の確保のための底層 D0 目標値については、混獲データによる検討は行わないこととした（詳細は p53 に記述した）。

魚介類の再生産の場の確保のための底層 D0 目標値の設定フローを図 2.2.5 に示すとともに、上記①～④の詳細を記述した。



注 1) フロー中の「実験」は実験文献、「現場」は現場観測文献を指す。

注 2) フロー中の「生息域目標値」は生息域の確保のための底層 DO 目標値、「再生産目標値」は再生産の場の確保のための底層 DO 目標値を指す。

※子稚魚・幼生の生存及び未成魚～成魚の行動異常に係る DO 耐性評価値のいずれも無い場合の選択肢である

図 2.2.5 再生産の場の確保のための DO 目標値の設定フロー

#### ①仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値の設定

実験文献より仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値 (LC5 及び LC5 近似値) が導出できた場合には、数値を切り上げて整数とした。ここで、複数の文献の D0 耐性評価値がある場合は、数値の導出方法を参照し、最も信頼性の高い値を選択した。ここで、現場観測文献からも D0 耐性評価値が得られている場合は、切り上げにより整数とした両者の値を比較し、数値レベルに差が無いことを確認した。実験文献からの値が現場観測文献の値を上回っている場合には、実験文献からの値をそのまま採用した。また、下回っている場合には、安全側をとり、現場観測文献から導出した値を採用した。

実験文献による底層 D0 目標値が設定できず、現場観測文献から D0 耐性評価値が得られている場合は、現場観測文献の D0 耐性評価値を切り上げて整数とし、底層 D0 目標値として設定した。現場観測文献による D0 耐性評価値が 1 つの場合は、その値を採用した。複数の D0 耐性評価値がある場合は、安全側をとり、最も高い値を採用した。

上記の手順により、仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値を 1 つだけ設定した。

#### ②未成魚～成魚 (未成体～成体) の行動異常に係る D0 耐性評価値の設定

実験文献より成魚・未成魚 (未成体～成体) の行動異常に係る D0 耐性評価値が導出できた場合には、数値を切り上げて整数とし、底層 D0 目標値 (候補) として設定した。

D0 耐性評価値が 1 つの場合は、その値を採用する。複数の文献の D0 耐性評価値がある場合は、安全側をとり、最も高い値を採用した。

上記の手順により、未成魚～成魚 (未成体～成体) の行動異常に係る D0 耐性評価値を 1 つだけ設定した。

#### ③仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値と未成魚～成魚 (未成体～成体) の行動異常に係る D0 耐性評価値の比較

上記の①で設定した仔稚魚・幼生の生存に係る D0 耐性評価値と、②で設定した未成魚～成魚 (未成体～成体) の行動異常に係る D0 耐性評価値を比較し、高い方の値を「再生産の場の確保のための底層 D0 目標値」の候補値として設定した。

#### ④生息域の確保のための D0 目標値との比較

同種で「生息域の確保のための D0 目標値」が設定されている場合は、③で設定した候補値と比較し、候補値の方が大きいもしくは同等の場合は「再生産の場の確保のための底層 D0 目標値」として決定する。候補値の方が小さい場合は、「生息域の確保のための D0 目標値」と同じ値まで上方修正し、その値を「再生産の場の確保のための底層 D0 目標値」として決定する。なお、「生息域の確保のための底層 D0 目標値」が設定されていない場合は、この過程を経ず、③の候補値をそのまま採用し、決定する。

### (3) 検討対象種別の底層 D0 目標値の設定結果

検討対象種別の底層 D0 目標値の設定結果を表 2.2.15 に示す。

魚類では、スズキ、マダイ、ハタテヌメリ、マハゼ、マコガレイ、トラフグ、カサゴ及びネズミゴチの 8 種の目標値を設定した。生息目標値は 2~5mg/L、再生産目標値は 3~5mg/L の範囲であった。

甲殻類では、ヨシエビ、クルマエビ、サルエビ、ガザミ及びシヤコの 5 種の目標値を設定した。生息 D0 目標値は 2~3mg/L、再生産目標値は 2~4mg/L の範囲であった。

棘皮動物では、マナマコの再生産目標値として 4mg/L を設定した。

軟体動物のうち、頭足類はいずれの種の文献も精査段階で除外されたことから、目標値は設定できなかった。また腹足類では、サザエの再生産目標値として 4mg/L を設定した。二枚貝類については、着底後の成貝については、多くの種で無酸素でも 96 時間以上は生息可能であることが明らかとなったため、上記の魚介類の数値目標が満たされていれば生息が確保されると考えられる。また、二枚貝類の発育段階初期（幼生、着底稚貝等）の D0 耐性に係るデータは得られず、現時点で再生産目標値は 1 種も設定できなかったため、今後の検討が必要である。

生息目標値と再生産目標値を比較すると、大半の種において両者は同値もしくは 1mg/L の差であったが、ガザミのみにおいて、生息目標が 2mg/L、再生産目標値が 4mg/L と両者に 2mg/L の差があった。これは、再生産目標値の設定に仔稚魚及び幼生の D0 耐性評価値を用いることに対して、実際に幼生の値が導出できたのはガザミのみであったことによる。このように、現時点では仔稚魚や幼生の低 D0 耐性に関する文献の不足により、設定した再生産目標値は、その目的である再生産の場を確保するための目標値として不十分である可能性があり、今後の知見の集積を待って、見直していくことが必要である。

なお、設定した底層 D0 目標値には、様々な手法で導出した値が混在しており、信頼性に差があることから、以下に該当する数値には注釈（※1~※2）を付すこととした。

- ※1「再生産の場を確保するための底層 D0 目標値」のうち、酸素消費量の測定実験から設定された値（行動異常や斃死が起こる D0 濃度レベルとの関係性が明らかでない）
- ※2「生息域を確保するための底層 D0 目標値」、「再生産の場を確保するための底層 D0 目標値」のいずれかが設定されている場合に、互いを補完した値

表 2.2.15 (1) 検討対象種別の DO 目標値の設定結果一覧

分類群	種名	生息目標値 (根拠文献)	再生産目標値 (根拠文献)	東京湾	三伊河勢湾・	瀬戸内海
魚類	ネコザメ	—	—			●
	シロザメ	—	—			●
	ホシザメ	—	—	●		●
	ドチザメ	—	—	●		●
	コモンカスベ	—	—	●		●
	アカエイ	—	—	●	●	●
	ツバクロエイ	—	—	●		
	トビエイ	—	—	●		
	ウナギ	—	—	●		
	マアナゴ	—	—	●	●	●
	ハモ	—	—			●
	シラウオ	—	—	●		
	トカゲエソ	—	—			●
	カサゴ	<b>3</b> <sup>※2</sup> —	<b>3</b> <sup>※1</sup> (山元ら, 1990)		●	●
	メバル	—	—	●	●	●
	オニオコゼ	—	—			●
	ホウボウ	—	—			●
	コチ	—	—	●	●	●
	アイナメ	—	—	●	●	●
	スズキ	<b>4</b> (矢持ら, 1996)	<b>4</b> <sup>※2</sup> —	●	●	●
	テンジクダイ	—	—	●		
	シロギス	—	—	●	●	
	アオギス	—	—	●		
	ヘダイ	—	—	●		●
	クロダイ	—	—			●
	キチヌ	—	—			●
	マダイ	<b>3</b> <sup>※2</sup> —	<b>3</b> <sup>※1</sup> (山元ら, 1987)	●	●	●
	チダイ	—	—	●		●
	キダイ	—	—			●
	コイチ	—	—			●
	シログチ	—	—	●	●	●
	イカナゴ	—	—		●	●
	ハタタテヌメリ	<b>3</b> (池島ら, 1996)	<b>3</b> (池島ら, 1996)	●	●	●
	トビヌメリ	—	—		●	
	ネズミゴチ	<b>3</b> <sup>※2</sup> —	<b>3</b> <sup>※1</sup> (山元ら, 1990)		●	●
	シロウオ	—	—	●		
	アカハゼ	—	—	●		
	マハゼ	<b>2</b> (Yamochi et al., 1995)	<b>3</b> (矢持ら, 1995)	●	●	
	コモチジャコ	—	—	●		
	イボダイ	—	—	●	●	●
ヒラメ	—	—	●	●	●	
タマガンゾウビラメ	—	—			●	
メイタガレイ	—	—		●	●	
ホシガレイ	—	—	●			
イシガレイ	—	—	●	●	●	
マコガレイ	<b>3</b> (小林, 1993)	<b>3</b> (矢持ら, 1998)	●	●	●	
アカシタビラメ	—	—			●	
イヌノシタ	—	—			●	
カラハギ	—	—		●	●	
ショウサイフグ	—	—	●			
トラフグ	<b>5</b> (阿知波, 2004)	<b>5</b> (阿知波, 2004)		●	●	

単位(mg/L)

—:信頼性が確保された文献がなく、設定できなかった

※1「再生産目標値」のうち、酸素消費量の測定実験から設定された値(行動異常や斃死が起こる DO 濃度レベルとの関係性が明らかでない)

※2「生息目標値」、「再生産目標値」のいずれかが設定されている場合に、互いを補完した値

表 2.2.15 (2) 検討対象種別の D0 目標値の設定結果一覧

分類群	種名	生息目標値 (根拠文献)	再生産目標値 (根拠文献)	東京湾	三河勢湾・	瀬戸内海
甲殻類 (エビ・カニ類)	ニホンイサザアミ	—	—	●		
	アカエビ	—	—			●
	ヨシエビ	2 (Yamochi et al., 1995)	2※2 —	●		●
	シバエビ	—	—	●		
	クルマエビ	3※2 —	3 (Yamochi et al., 1995)	●	●	●
	クマエビ	—	—			●
	サルエビ	2 (矢持ら, 1992)	2※2 —	●	●	●
	エビジャコ	—	—	●		
	イシガニ	—	—			●
	ジャノメガザミ	—	—		●	
	ガザミ	2 (Yamochi et al., 1995)	4 (姜ら, 1995)	●	●	●
	ケブカエンコウガニ	—	—	●		
	シャコ	3 (小林, 1993)	3 (Kodama et al., 2006)	●	●	●
頭足類 (イカ・タコ類)	コウイカ	—	—	●	●	●
	ミミイカ	—	—			●
	ジンドウイカ	—	—	●		●
	テナガダコ	—	—			●
	イイダコ	—	—		●	●
	マダコ	—	—	●	●	●
腹足類 (巻貝類)	ツメタガイ	—	—		●	
	アカニシ	—	—		●	
	クロアワビ	—	—			●
	サザエ	—	5 (山元ら, 1997)			●
棘皮動物	マナマコ	4※2 —	4 (山元ら, 1992)		●	●
	ムラサキウニ	—	—			●
	バフンウニ	—	—			●

単位 (mg/L)

—: 信頼性が確保された文献がなく、設定できなかった

※1「再生産目標値」のうち、酸素消費量の測定実験から設定された値(行動異常や斃死が起こる DO 濃度レベルとの関係性が明らかでない)

※2「生息目標値」、「再生産目標値」のいずれかが設定されている場合に、互いを補完した値

#### (4) 餌生物の D0 耐性評価値との比較

魚介類の生息域の確保のための底層 D0 目標値及び再生産の場の確保のための底層 D0 目標値は、2~5mg/L の範囲であった。餌生物の D0 耐性評価値は 2mg/L と導出されたことから、魚介類の底層 D0 目標値である 2~5mg/L が維持されていれば、餌生物となるマクロベントスの生息は必然的に維持されるものと考えられる。

## (5) 混獲データによる D0 目標値設定の必要性と考え方

### 1) D0 目標値を設定する目的及び必要性

底層 D0 目標値については、実験文献及び現場観測文献に基づき、「生息を確保するための底層 D0 目標値」及び「再生産を確保するための底層 D0 目標値」を設定したが、文献の精度及び文献数には限りがあることから、現状では、すべての検討対象種について目標値を設定することができない。

このことから、目標値の設定対象としている検討対象種のうち、文献の不足により目標値が設定できない種については、小型底びき網で採集される種（底層を生活の場とする種）から、底層 D0 が低下する時期及び水域において同時かつ同所で採集される種（混獲種）を抽出し、このうち、高い頻度で混獲される種は同程度の低 D0 耐性を有するものとみなして、その種間での目標値の補完を行うこととした。

### 2) 目標値の設定対象とする種

底びき網では、魚類、甲殻類及び頭足類等の複数の分類群に属する生物種が採集され、これらは D0 低下による影響の機序が異なることから（P. 26）、分類群別に目標値の補完を行うこととした。

また、混獲データにより目標値を補完する種については、底層 D0 が低下する時期及び場所において高い頻度で混獲される種は、生態特性等が異なっても、同所かつ同時に生息することは確実であることから、同程度の低 D0 耐性を有するものとみなしても支障はないと判断した。したがって、目標値の補完は、生態特性及び分類学上の位置は考慮せず、単純に混獲種間で行うこととした。

### 3) 対象とする海域

D0 目標値の補完は、目標値の設定対象としている東京湾、伊勢湾・三河湾及び瀬戸内海に対し、使用できる底びき網のデータが入手できた東京湾及び伊勢湾について行った。なお、瀬戸内海については、使用できるデータが入手できなかったため、ここでは、東京湾及び伊勢湾・三河湾について検討を行った。

### 4) 補完を行う目標値

底びき網による採集データから得られる情報は、混獲される種が同所かつ同時に生息することを意味するものである。したがって、生息については同程度の低 D0 耐性を有するとみなすことには大きな支障はないと考えられるものの、生活史や生態特性が異なる種が混在することから、再生産に必要とする D0 濃度までも同程度とみなすことは不適切である。したがって、混獲データに基づく D0 目標値の設定は、「再生産を確保するための底層 D0 目標値」には適用せず、「生息を確保するための底層 D0 目標値」に限定した。

## 5) 東京湾

### ア) 使用データ

1990年から1995年の小型底びき網による採集データ（国立環境研究所, 2005）を用い、東京湾において底層 D0 が低下する時期である6月から9月を対象とした。

東京湾において底層 D0 が低下する水域である神奈川県本牧と千葉県姉崎とを結ぶ線以北に設定された16地点のデータを用いた。各地点の調査回数（曳網回数）は、9回または10回である。

### イ) 検討手法

小型底びき網の採集データから、検討対象種について地点別及び種別に出現頻度を求めるとともに、調査回別（曳網別）に検討対象種の混獲頻度を算出した。

地点別の曳網回数は9回または10回（5ヵ年分）であるが、このうち、5回以上採集された種及びその種と同時に採集された頻度の割合が50%以上の種を地点別、分類群別に抽出した（表 2.2.16）。

### ウ) 検討結果

5年間の調査結果において、抽出する基準（9回または10回の曳網において5回以上採集された種及びその種と同時に採集された頻度の割合が50%以上の種）を満たす種がない地点もある。ここで、各地点に共通して混獲される種は、地点が異なっても常に混獲されることを意味しており、これらの種が同時・同所的に生息することの信頼度がより高いと考えられることから、表 2.2.16 に示す地点12及び14～16に共通して混獲されている種をみると（地点11は出現種が少ないため除外した）、魚類のアカハゼ及びテンジクダイがハタタテヌメリ及びマコガレイと高い頻度で混獲されている。

ハタタテヌメリ及びマコガレイは、文献から底層 D0 目標値が設定できており、その目標値はいずれも3mg/Lである。このため、この3mg/Lをアカハゼ及びテンジクダイの目標値として補完した（表 2.2.17）。

表 2.2.16 検討対象種の混獲頻度の整理結果（9回または10回の曳網において5回以上採集された種及びその種と同時に採集された頻度の割合が50%以上の種）[東京湾]

	地 点								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
魚類	※底層D0の低下が著しい水域に設定された地点であり、漁獲物が少ないため、5回以上採集された種及びその種と同時に採集された頻度の割合が50%以上の種が抽出できない。								
甲殻類									

	地 点							地点12・14・15・16の共通	文献から目標値が設定できた種
	10	11	12	13	14	15	16		
魚類	※地点1～9と同じ		ハタテヌメリ	※地点1～9と同じ	ハタテヌメリ	ハタテヌメリ	ハタテヌメリ	ハタテヌメリ	●
			マコガレイ		マコガレイ	マコガレイ	マコガレイ	マコガレイ	●
			テンジクダイ		テンジクダイ	テンジクダイ	テンジクダイ	テンジクダイ	
			アカハゼ		アカハゼ	アカハゼ	アカハゼ	アカハゼ	
					イシガレイ				
甲殻類						サルエビ			
		シヤコ	シヤコ		シヤコ	シヤコ		●	
		ケブカエソウガニ	ケブカエソウガニ		ケブカエソウガニ	ケブカエソウガニ			

表 2.2.17 底層 D0 目標値を補完した結果（東京湾）

分類群	種名	生息目標値	
		文献から設定した目標値	混獲情報により補完した目標値
魚類	ハタテヌメリ	3mg/L	
	マコガレイ	3mg/L	
	アカハゼ		3mg/L
	テンジクダイ		3mg/L

## 6) 伊勢湾

### ア) 使用データ

1999年から2006年の小型底びき網による採集データ（愛知県水産試験場内部資料）を用い、伊勢湾において底層D0が低下する時期である6月から9月を対象とした。

調査地点は、伊勢湾東部に設定された5地点である。各地点の調査回数（曳網回数）は28回である。

### イ) 検討手法

底びき網の採集結果から、検討対象種について地点別及び種別に出現頻度を求めるとともに、曳網別に検討対象種の混獲頻度を算出した。

地点別の曳網回数は28回（6～9月の7ヵ年分）であるが、このうち、14回以上採集された種及びその種と同時に採集された頻度の割合が50%以上の種を地点別、分類群別に抽出した（表2.2.18）。

### ウ) 検討結果

目標値を設定する手法は東京湾と同様としたが、表2.2.18に示す5地点共通で挙げた種は、地点が異なっても常に混獲されることを意味しており、これらは同時・同所的に生息することの信頼度がより高いと考えられることから、5地点共通で挙げた種間で目標値を補完した（表2.2.19）。

以上の結果、魚類では文献から底層D0目標値が設定できたハタタテヌメリ及びマコガレイの目標値である3mg/Lをアカハゼ、イボダイ、シログチ、テンジクダイ、マアナゴ及びメイタガレイの目標値として補完した。また、甲殻類では文献から底層D0目標値が設定できた種はガザミ、サルエビ及びヨシエビの2mg/L、シャコの3mg/Lである。このいずれかの目標値をエビジャコ及びケブカエンコウガニに補完することとなるが、目標値として安全側を考慮して、より高い値である3mg/Lをエビジャコ及びケブカエンコウガニの目標値として補完した。

表 2.2.18 検討対象種の混獲頻度の整理結果（28回の曳網において14回以上採集された種及びその種と同時に採集された頻度の割合が50%以上の種）〔伊勢湾〕

	地 点					5地点共通	文献から 底層DO目標値が 設定できた種
	1	2	3	4	5		
魚類				マダ`イ			●
	ハタタテヌメリ	ハタタテヌメリ	ハタタテヌメリ	ハタタテヌメリ	ハタタテヌメリ	ハタタテヌメリ	●
				マハセ`			●
	マコガ`レイ	マコガ`レイ	マコガ`レイ	マコガ`レイ	マコガ`レイ	マコガ`レイ	●
				アカエイ			
	マアナコ`	マアナコ`	マアナコ`	マアナコ`	マアナコ`	マアナコ`	
				ハモ			
				マエソ			
				メバル			
		ホウホ`ウ					
				コチ			
	テンジ`クダ`イ	テンジ`クダ`イ	テンジ`クダ`イ	テンジ`クダ`イ	テンジ`クダ`イ	テンジ`クダ`イ	
				シロキ`ス			
	シロク`チ	シロク`チ	シロク`チ	シロク`チ	シロク`チ	シロク`チ	
				ネス`ミコ`チ			
アカハセ`	アカハセ`	アカハセ`	アカハセ`	アカハセ`	アカハセ`		
イホ`ダ`イ	イホ`ダ`イ	イホ`ダ`イ	イホ`ダ`イ	イホ`ダ`イ	イホ`ダ`イ		
メイタガ`レイ	メイタガ`レイ	メイタガ`レイ	メイタガ`レイ	メイタガ`レイ	メイタガ`レイ		
アカシタビ`ラメ	アカシタビ`ラメ	アカシタビ`ラメ	アカシタビ`ラメ				
			カワハキ`				
甲殻類	ヨシエビ`	ヨシエビ`	ヨシエビ`	ヨシエビ`	ヨシエビ`	ヨシエビ`	●
	サルエビ`	サルエビ`	サルエビ`	サルエビ`	サルエビ`	サルエビ`	●
	ガ`ザ`ミ	ガ`ザ`ミ	ガ`ザ`ミ	ガ`ザ`ミ	ガ`ザ`ミ	ガ`ザ`ミ	●
	シヤコ	シヤコ	シヤコ	シヤコ	シヤコ	シヤコ	●
	シハ`エビ`	シハ`エビ`	シハ`エビ`	シハ`エビ`			
	エビ`ジ`ヤコ	エビ`ジ`ヤコ	エビ`ジ`ヤコ	エビ`ジ`ヤコ	エビ`ジ`ヤコ	エビ`ジ`ヤコ	
		イシガ`ニ					
ケフ`カエソウガ`ニ	ケフ`カエソウガ`ニ	ケフ`カエソウガ`ニ	ケフ`カエソウガ`ニ	ケフ`カエソウガ`ニ	ケフ`カエソウガ`ニ		
頭足類				ミミカ			
		ジ`ント`ウイカ		ジ`ント`ウイカ	ジ`ント`ウイカ		
	マダ`コ		マダ`コ	マダ`コ			

表 2.2.19 DO 目標値を補完した結果（伊勢湾）

分類群	種名	生息目標値	
		文献から設定した 目標値	混獲情報により 補完した目標値
魚類	ハタタテヌメリ	3mg/L	
	マコガレイ	3mg/L	
	アカハゼ		3mg/L
	イボダイ		3mg/L
	シログチ		3mg/L
	テンジクダイ		3mg/L
	マアナゴ		3mg/L
	メイタガレイ		3mg/L
甲殻類	ガザミ	2mg/L	
	サルエビ	2mg/L	
	シャコ	3mg/L	
	ヨシエビ	2mg/L	
	エビジャコ		3mg/L
	ケブカエンコウガニ		3mg/L

(6) 底層 DO 目標値のまとめ

混獲データによる目標値を補完した結果も含め、魚介類の底層 DO 目標値を整理した一覧を表 2.2.20 に示す。

表 2.2.20 (1) 検討対象種別の DO 目標値の設定結果一覧 (補完結果含む)

分類群	種名	生息目標値 (根拠文献)	再生産目標値 (根拠文献)	東京湾	三伊河勢湾・	瀬戸内海	
魚類	ネコザメ	—	—			●	
	シロザメ	—	—			●	
	ホシザメ	—	—	●		●	
	ドチザメ	—	—	●		●	
	コモンカスベ	—	—	●			
	アカエイ	—	—	●	●	●	
	ツバクロエイ	—	—	●			
	トビエイ	—	—	●			
	ウナギ	—	—	●			
	マアナゴ	3 <sup>※3</sup>	—	—	●	●	●
	ハモ	—	—	—			●
	シラウオ	—	—	—	●		
	トカゲエソ	—	—	—			●
	カサゴ	3 <sup>※2</sup> —	—	3 <sup>※1</sup> (山元ら, 1990)		●	●
	メバル	—	—	—	●	●	●
	オニオコゼ	—	—	—			●
	ホウボウ	—	—	—			●
	コチ	—	—	—	●	●	●
	アイナメ	—	—	—	●	●	●
	スズキ	4 (矢持ら, 1996)	—	4 <sup>※2</sup> —	●	●	●
	テンジクダイ	3 <sup>※3</sup>	—	—	●		
	シロギス	—	—	—	●	●	
	アオギス	—	—	—	●		
	ハダイ	—	—	—	●		●
	クロダイ	—	—	—			●
	キチヌ	—	—	—			●
	マダイ	3 <sup>※2</sup> —	—	3 <sup>※1</sup> (山元ら, 1987)	●	●	●
	チダイ	—	—	—	●		●
	キダイ	—	—	—			●
	コイチ	—	—	—			●
	シログチ	3 <sup>※3</sup>	—	—	●	●	●
	イカナゴ	—	—	—		●	●
	ハタテヌメリ	3 (池島ら, 1996)	—	3 (池島ら, 1996)	●	●	●
	トビヌメリ	—	—	—		●	
	ネズミゴチ	3 <sup>※2</sup> —	—	3 <sup>※1</sup> (山元ら, 1990)		●	●
	シロウオ	—	—	—	●		
	アカハゼ	3 <sup>※3</sup>	—	—	●		
	マハゼ	2 (Yamochi et al., 1995)	—	3 (矢持ら, 1995)	●	●	
	コモチジャコ	—	—	—	●		
	イボダイ	3 <sup>※3</sup>	—	—	●	●	●
	ヒラメ	—	—	—	●	●	●
	タマガンゾウビラメ	—	—	—			●
	メイタガレイ	3 <sup>※3</sup>	—	—		●	●
	ホシガレイ	—	—	—	●		
	イシガレイ	—	—	—	●	●	●
マコガレイ	3 (小林, 1993)	—	3 (矢持ら, 1998)	●	●	●	
アカシタビラメ	—	—	—			●	
イヌノシタ	—	—	—			●	
カワハギ	—	—	—		●	●	
シヨウサイフグ	—	—	—	●			
トラフグ	5 (阿知波, 2004)	—	5 (阿知波, 2004)		●	●	

単位 (mg/L)

—: 信頼性が確保された文献がなく、設定できなかった

※1「再生産目標値」のうち、酸素消費量の測定実験から設定された値(行動異常や斃死が起こる DO 濃度レベルとの関係性が明らかでない)

※2「生息目標値」、「再生産目標値」のいずれかが設定されている場合に、互いを補完した値

※3 混獲データによって補完した値

表 2.2.20 (2) 検討対象種別の D0 目標値の設定結果一覧 (補完結果含む)

分類群	種名	生息目標値 (根拠文献)	再生産目標値 (根拠文献)	東京湾	三伊河勢湾	瀬戸内海
甲殻類 (エビ・カニ類)	ニホンイサザアミ	—	—	●		
	アカエビ	—	—			●
	ヨシエビ	2 (Yamochi et al., 1995)	2 <sup>※2</sup> —	●		●
	シバエビ	—	—	●		
	クルマエビ	3 <sup>※2</sup> —	3 (Yamochi et al., 1995)	●	●	●
	クマエビ	—	—			●
	サルエビ	2 (矢持ら, 1992)	2 <sup>※2</sup> —	●	●	●
	エビジャコ	3 <sup>※3</sup>	—	●		
	イシガニ	—	—			●
	ジャノメガザミ	—	—		●	
	ガザミ	2 (Yamochi et al., 1995)	4 (姜ら, 1995)	●	●	●
	ケブカエンコウガニ	3 <sup>※3</sup>	—	●		
	シャコ	3 (小林, 1993)	3 (Kodama et al., 2006)	●	●	●
頭足類 (イカ・タコ類)	コウイカ	—	—	●	●	●
	ミミイカ	—	—			●
	ジンドウイカ	—	—	●		●
	テナガダコ	—	—			●
	イイダコ	—	—		●	●
	マダコ	—	—	●	●	●
腹足類 (巻貝類)	ツメタガイ	—	—		●	
	アカニシ	—	—		●	
	クロアワビ	—	—			●
	サザエ	—	5 (山元ら, 1997)			●
棘皮動物	マナマコ	4 <sup>※2</sup> —	4 (山元ら, 1992)		●	●
	ムラサキウニ	—	—			●
	バフンウニ	—	—			●

単位 (mg/L)

—: 信頼性が確保された文献がなく、設定できなかった

※1「再生産目標値」のうち、酸素消費量の測定実験から設定された値 (行動異常や斃死が起こる DO 濃度レベルとの関係性が明らかでない)

※2「生息目標値」、「再生産目標値」のいずれかが設定されている場合に、互いを補完した値

※3 混獲データによって補完した値

混獲データによって目標値を補完した種も含めると、最終的に底層 D0 目標値が設定できた種は魚類 14 種、甲殻類 7 種、軟体動物のうち腹足類 1 種、棘皮動物 1 種の計 23 種である。

(社)漁業情報サービスセンター(2005)によると、東京湾においてニホンウナギ、マアナゴ、シラウオ、アイナメ、アオギス、シロウオ、ホシガレイ及びシバエビは、現状では漁獲量が減少した、あるいは漁場が縮小したとされている種である。とくにアオギス及びホシガレイは、東京湾ではみられなくなった、あるいは極めて少なく「幻の魚」になったとされている種である。石原(1995)によると、伊勢湾・三河湾においてはカレイ、キス、コチなど湾内に定棲する魚類の漁獲量が激減しており、目標値の検討対象種ではイシガレイ、シロギス及びコチが該当する。永井(1996)によると、瀬戸内海においてはハモ、エソ類、カレイ類、コウイカ類の最近 10 年間における年間漁獲量が減少しており、目標設定WGの検討対象種ではハモ、トカゲエソ、イシガレイ、コウイカが該当する。水産庁(2009)は、我が国周辺水域において資源評価を実施している水産資源の半分が低位水準にあり、これは、海水温等海洋環境の変化、沿岸域の開発等による産卵・育成の場となる藻場・干潟の減少、一部の資源で回復力を上回る漁獲が行われた等、様々な要因が影響しているとしている。このことから、これらの種が減少した原因は、海域における D0 環境の悪化のみではなく、藻場・干潟の消失等も原因であると推定される。しかしながら、D0(溶存酸素)は、魚介類の生息には必要不可欠な物質であることから、その生息や再生産を維持する上で最も重要な生息環境の一つであると考えられる。このため、これらの種は、低 D0 耐性に係る知見の今後の集積を待ち、底層 D0 目標値を定める必要性が高いと考えられる種である。

### 3. 無生物域の解消のための底層 D0 の目標値

無生物域の解消のための底層 D0 目標値の設定フローは図 3.1 に示すとおりである。

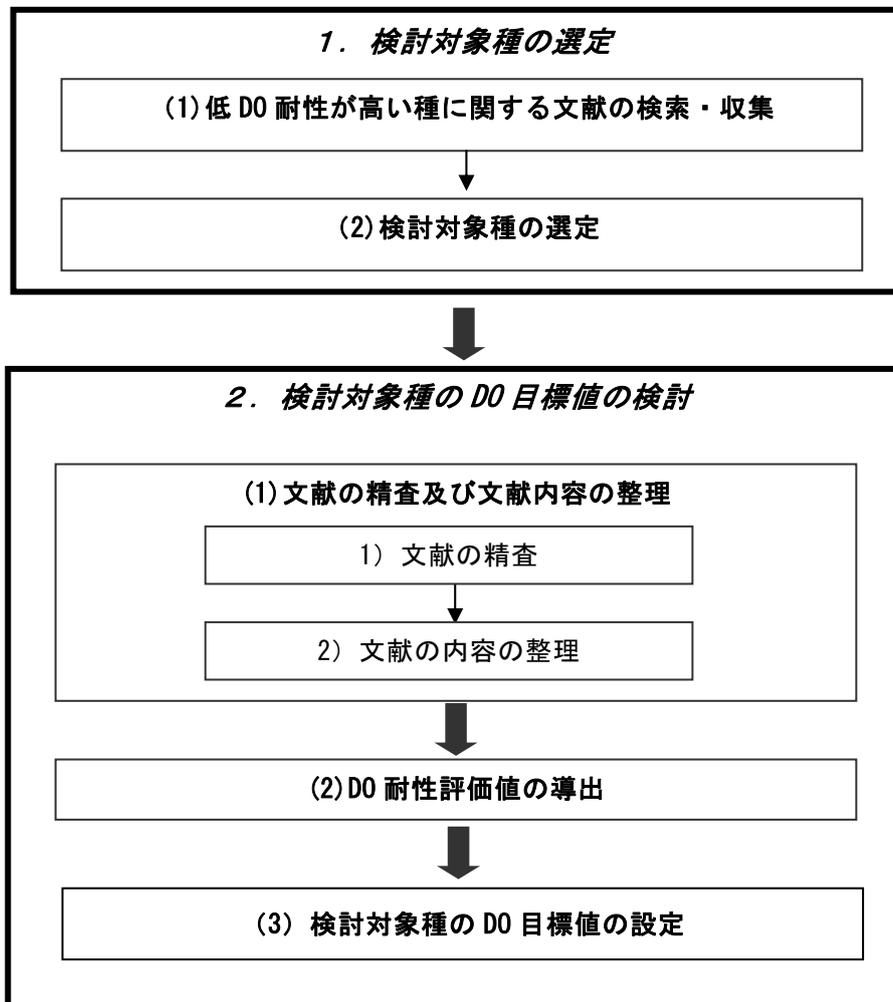


図 3.1 無生物域の解消のための底層 D0 目標値の設定フロー

### 3.1 検討対象種の選定

#### 3.1.1 選定の考え方

無生物域の解消のための底層 DO 目標値を設定するための検討対象種は、内湾に広く生息する底生生物のうち、既存知見により低 DO 耐性が高いとされており、且つ低 DO 耐性実験が行われている種より選定する。なお、二枚貝類については、急性影響の観点から致死濃度の導出ができないことが明らかとなったため、選定対象としなかった。

#### 3.1.2 低 DO 耐性が高い種に関する文献の検索・収集

低 DO 耐性が高い種に関する既存知見の検索・収集は、「1.2.4 餌生物の DO 耐性評価値の検討」におけるマクロベントスの文献の検索・収集と兼ねて行った。

また、文献の検索・収集過程において、文献中に低 DO 耐性が高い種として記載されていた種（シノブハネエラスピオ（旧和名：ヨツバネスピオ A 型）、*Paraprionospio patiens*、*Sigambra tentaclata*、*Lumbrineris longifolia* 等）の種名及び学名もキーワードに加え、低 DO 耐性実験の知見があるか検索した。

文献の検索は、「1.2.1 検討対象種の低 DO 耐性に関する文献の検索・収集」で示したデータベースと同じものを用いて行った。検索のキーワードは、以下のとおりとした。

- ・ 検討対象種に関するキーワード：小型底生生物、マクロベントス、シノブハネエラスピオ、ヨツバネスピオ A 型、*Paraprionospio patiens*、*Sigambra tentaclata*、*Lumbrineris longifolia* 等
- ・ 低酸素に関するキーワード：酸素 (Oxygen)、貧酸素 (Hypoxia)、低酸素、無酸素 (Anoxia)、溶存酸素 (Dissolved Oxygen)、斃死、斃死率 (Mortality)、致死 (Lethal)、酸素消費量 (Oxygen consumption) 等

#### 3.1.3 検討対象種の選定

収集した文献より、低 DO 耐性が高い種に関する記述を表 3.1.1 に整理した。

整理結果より、夏季の DO が低下した内湾域でも確認される種として、多毛類のシノブハネエラスピオ（旧和名：ヨツバネスピオ）、*Sigambra tentaclata*、*Lumbrineris longifolia*、二枚貝類のシズクガイ (*theora fragilis*) 等が挙げられた。このうち、シズクガイが属する二枚貝類については、魚介類の底層 DO 目標値の検討において DO 目標値の設定は行わないこととしたため、検討対象種からは除外した。

多毛類については、低 DO 耐性実験の文献が得られたのはシノブハネエラスピオ（細川・堀江, 1989）のみであった。

以上より、「無生物域の解消のための底層 DO 目標値」の検討対象種として、シノブハネエラスピオを選定した。

なお、シノブハネエラスピオは Yokoyama & Tamai (1981) により *Paraprionospio* sp. form A (ヨツバネスピオ A 型) と報告されていたが、Yokoyama (2007) による *Paraprionospio* 属の模式標本の再検討の結果 *Paraprionospio patiens* とされ、横山

(2007) により「シノブハネエラスピオ」という新和名が提案された。これに従って、本検討では、文献の引用による整理結果では文献の記述された名称のとおり転記したが、本文中ではシノブハネエラスピオと表記した。

表 3.1.1 低 DO 耐性が高い種に関する記述の整理結果

文献の種類	低 DO 耐性が高い種に関する記述	出典
現場観測文献 (東京湾)	全測点で出現した多毛綱のうち、 <i>Prionospio pulchra</i> 、 <i>Paraprionospio</i> sp. type A、 <i>Sigambra</i> sp. <i>Lumbrineris longifolia</i> は DO がおよそ 2~3mg/L まで低下する底層環境においても比較的高い密度で出現した。	石川ら, 1999
現場観測文献 (東京湾)	<i>Paraprionospio</i> sp. (Type A)、 <i>Lumbrineris longifolia</i> 、 <i>Sigambra hanaokai</i> は DO が 1mg/L 未満の貧酸素水域でも高い出現頻度を示した。	七都府市首脳 会議環境問題 対策委員会水 質改善専門部 会, 1999
現場観測文献 (瀬戸内海)	貧酸素水塊の指標生物：シズクガイ、 <i>Paraprionospio</i> sp. type B、 <i>Prionospio ehlersi</i> 、 <i>Lumbrineris longifolia</i>	今林, 1998
現場観測文献 (東京湾)	無底生生物海底周縁での単調な動物相の主要構成種として多毛類では <i>Paraprionospio</i> sp. type A、 <i>Lumbrineris longifolia</i> 、 <i>Sigambra tentaculata</i> があげられる。	風呂田, 1988
現場観測文献 (三河湾)	貧酸素化が進行した観測期間後半に現存量を維持もしくは増加させたマクロベントスは、ヒメシラトリガイ、カガミガイ、インソギンチャク目、ギボシイソメ科 ( <i>Lumbrineris longifolia</i> )、チマキゴカイなどであった。	鈴木ら, 1998
実験文献 現場観測文献 (大阪湾・東京湾)	・ヨツバナエラスピオを用いて低 DO 耐性実験を行っている。 ・両湾の底生生物が貧乏な地域やその周辺部では多毛類が卓越し、両湾ともヨツバナエラスピオ※が重要種となっている。	細川ら, 1989
現場観測文献 (東京湾)	夏季の底層 DO と定在性底生生物出現種数との関係より、DO が 0 に近い時でもヨツバナエラスピオ ( <i>Paraprionospio pinnata</i> と記載) など限られた種の生息がみられた。	風呂田, 2003
現場観測文献 (三河湾)	貧酸素環境が長期間にわたる窪地や水深の深い地点では、採集した底生生物のほとんどを <i>Paraprionospio</i> sp. (Type A)、クシカギゴカイ、カタマガリギボシイソメ等の貧酸素環境に強い多毛類が占めていた。	豊原ら, 2006
現場観測文献 (三河湾)	三河湾のマクロベントスの生息量と、水温、DO の履歴をパラメータとして算出した種別の貧酸素感度指標 (OSI) によると、 <i>Paraprionospio</i> sp. (Type A)、カタマガリギボシイソメ、クシカギゴカイは 2.3mg/L 未満 (水温 20℃) でも高い現存量を維持することが可能な種である。	港湾空港技術 研究所ほか, 2007

## 3.2 検討対象種の D0 目標値の検討

### 3.2.1 文献の精査及び文献内容の整理

検討対象種としたシノブハネエラスピオについて収集できた実験文献及び現場観測文献については、原則として魚介類の「2.2.2 文献内容の精査・整理」と同様の条件にて精査した。なお、魚介類の目標値検討のための文献精査では「D0 以外の要因（硫化水素の発生等）により斃死が生じている可能性がある文献」は除外対象としたが、1mg/L 以下の低 D0 条件では、嫌気性細菌の有機物の分解等により硫化水素が同時に発生する可能性が高いことから、低 D0 条件での実験及び現場観測については、硫化水素による複合的な影響が記載された文献も採用した。

また、実験文献については、細川ら（1989）によるシノブハネエラスピオの低 D0 耐性実験の文献が得られたが、すべての実験が止水式で行われており、実験文献の精査条件の一つである「流水式または止水式（換水あり）で実験が行われており、実験区の D0 濃度の安定が図られている」という条件を満たしていなかった。しかし、この文献の他に同種の実験文献が無いことから、本検討では採用することとした。

### 3.2.2 D0 耐性評価値の導出

#### (1) 実験文献における D0 耐性評価値の導出

実験文献における D0 耐性評価値の導出に当たっては、魚介類の底層 D0 目標値の導出方法と同様に、急性影響の実験データから LC5 を求めた。

細川ら（1988）によるシノブハネエラスピオの低 D0 耐性実験では、3 種類の実験（RUN-1、RUN-2、RUN-3）を実施している。このうち、RUN-2 及び RUN-3 については、嫌気性細菌の作用を抑制するために抗生物質を添加した実験であるが、嫌気性細菌の作用を抑えた状態は実海域とは異なる状況と考えられるため、採用しなかった。

RUN-1 については、各実験区の供試個体に大型個体と小型個体が混ざっていることから、これらを分けて D0 耐性評価値を導出した。また、1mg/L 区では実験終了時に容器から硫化水素臭や腐敗臭がしていたことが記述されており、硫化水素の複合影響が想定される 1mg/L 区とそれ以外の D0 濃度区は分けて整理する必要があると考えた。したがって、LC5 については硫化水素の影響を受けていないと考えられる 1mg/L 区以外の実験区の斃死率データから導出し、1mg/L 区については LC5 等を求めず、実験の経過を整理するのみとした。RUN-1 のデータの整理結果を表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 LC5 の導出結果

実験区	D0 耐性評価値の導出結果	データ出典
RUN-1 (抗生物質 無添加)	曝露時間 72 時間の実験結果より、硫化水素による複合的な斃死が生じていたと考えられる 1mg/L 区の斃死データを含めずに、片対数プロットによって LC5 を求めたところ、小型個体の LC5 は 2.3mg/L、大型個体の LC5 は 2.1mg/L であった。(水温 20℃) また、1mg/L 区では、24 時間経過時点までは全個体が生残していたが、24 時間経過後に斃死個体が増加していたこと、実験終了時に硫化水素臭がしたことから、24 時間経過後に硫化水素の複合的な影響も加わり、斃死が速まったことが考えられる。	細川ら、 1989

### (2) 現場観測文献における D0 耐性評価値の導出

シノブハネエラスピオに関する現場観測文献については、検討対象種の選定の際に収集した文献のうち、何らかの数値が読み取れる文献は表 3.2.2 に示すとおりであった。これらの結果より、シノブハネエラスピオは瞬間値であれば 1mg/L 未満でも生息が確認されるが、三河湾の OSI の知見より、D0 の履歴を考慮すると 2mg/L 程度が維持されている必要があると考えられる。

表 3.2.2 現場観測文献による D0 耐性評価値の導出結果

海域	D0 耐性評価値の導出結果	出典
東京湾	D0 濃度 (瞬間値) と <i>Paraprionospio</i> sp. type A の出現個体数の相関図より、0mg/L でも出現はしているが、2mg/L 以上で生息密度が高い。	石川ら、1999
東京湾	<i>Paraprionospio</i> sp. (Type A) は D0 が 1mg/L 未満の貧酸素水域でも高い出現頻度を示した。	七都県市首脳会議 環境問題対策委員 会水質改善専門部 会、1999
三河湾	三河湾のマクロベントスの生息量と、水温、D0 の履歴をパラメータとして算出した種別の貧酸素感度指標 (OSI) より、 <i>Paraprionospio</i> sp. (Type A) は 2.3mg/L 未満 (水温 20℃) でも高い現存量を維持することが可能である。	港湾空港技術研究 所ほか、2007

### 3.2.3 無生物域の解消のための底層 D0 目標値の設定

#### (1) 設定の考え方

無生物域の解消のための底層 D0 目標値は、魚介類の生息域の目標値の設定フローと同様のプロセスで設定することとした。

#### (2) 無生物域の解消のための底層 D0 目標値の設定結果

実験文献から導出した D0 耐性評価値は、供試個体のサイズによって微妙に差がある

が、72 時間の LC5 は 2.1~2.3mg/L の範囲であった。また、1mg/L を下回る D0 濃度区では、24 時間以上が経過すると硫化水素の複合的な影響が及ぶようになり、72 時間時点ではほとんどの個体が斃死した。一方、現場観測文献では、2mg/L 以上で高い生息密度が維持されることが示唆されている。

実験文献と現場観測文献の両者から得られたデータより、2mg/L 以上であればシノブハネエラスピオの多くの個体が生残でき、個体群は維持されることが考えられることから、無生物域の解消のための底層 D0 目標値は 2mg/L と設定した。

## 参考・引用文献

- 1) Abbott, W. S. (1925) J. Econ. Entomol. 18, 265-267.
- 2) Abe, H., Hirai, S. and Okada, S. (2007), Metabolic responses and arginine kinase expression under hypoxic stress of the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus*, Comparative Biochemistry and Physiology. A. Molecular Physiology, A146, pp. 40-47.
- 3) de Zwaan., P. Cortesi., G. van den Thillart., S. Brooks., K. B. Storey., J. Roos., G. van Lieshout., O. Cattani. and G. Vitali. (1992) Energy metabolism of bivalves at reduced oxygen tensions, Science of the Total Environment, Supplement, 1029-1039.
- 4) 愛知県農林水産部 (2007) あいちの水産物ハンドブック.
- 5) 愛知農林統計協会 (1956~2006) 愛知県農林水産統計年報.
- 6) 秋本恒基, 林宗徳, 岩淵光伸, 山元憲一 (2004) リシケタイラギの致死酸素飽和度, 水産増殖, 52 (2), 199-200.
- 7) 安藤晴夫, 柏木宣久, 二宮勝幸, 小倉久子, 山崎正夫 (2003) 東京湾における水温の長期変動傾向について, 海の研究, 12(4), 407-413.
- 8) 有山啓之, 佐野雅基 (2000) 大阪湾奥部におけるマコガレイの動態について, 大阪府立水産試験場研究報告 第11号, pp. 27-34.
- 9) 有山啓之, 佐野雅基 (1997) 平成8年度及び平成4~8年度(統括) 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (エビグループ). 大阪府立水産試験場, pp. 大1-大39.
- 10) 阿知波英明 (2004) 伊勢湾、三河湾で標識放流したトラフグ人工種苗の分布・移動, 日本水産学会誌, 70(3), 304-312.
- 11) Breitburg, D. L. (2002) Effects of hypoxia, and the balance between hypoxia and enrichment, on coastal fishes and fisheries. Estuaries, 25 (4b), 767-781.
- 12) 中央環境審議会水環境部会 水生生物保全環境基準専門委員会 (2003) 水生生物の保全に係る水質環境基準の設定について (第一次報告).
- 13) 中部国際空港株式会社, 愛知県企業庁 (1999) 中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業に関する環境影響評価書.
- 14) 中国四国農政局統計情報部 (1985~1991) 瀬戸内海地域の漁業.
- 15) 中国四国農政局統計情報部 (1992~1997) 瀬戸内海地域における漁業動向.
- 16) 中国四国農政局統計情報部 (1998~2005) 瀬戸内海区及び南太平洋区における漁業動向.
- 17) Chiba, K. (1983) The effect of dissolved oxygen on the growth of young silver bream, 日本水産学会誌, 49 (4), 601-610.
- 18) Egusa, S. and Yamamoto, T. (1961), Studies on the Respiration of the "KURUMA" Prawn *Penaeus japonicus* BATE- I. Burrowing Behaviour, with Special Reference to its Relation to Environmental Oxygen Concentration. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 27 (1), 22-27.
- 19) 藤田孝康, 木村和也, 森光典, 田中勝久, 木元克則, 岡村和麿, 森勇一郎 (2007) 有明海奥部サルボウガイ漁場における曳航式微細気泡装置による底質改善実験, 水産工学, 44 (2), 101~111.
- 20) 風呂田利夫 (1988) 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 (2), 104-113.
- 21) 風呂田利夫 (1991) 東京湾内湾底生動物の生き残り と 繁栄, 沿岸海洋研究ノート, 28 (2), 160-169.
- 22) 風呂田利夫 (2003), 底生生物からみた環境回復目標, 月刊海洋, 35(7), 470-475.
- 23) 漁業情報サービスセンター (2005) 東京湾の漁業と資源 その今と昔.
- 24) 浜野龍夫, 山元憲一 (2005) 漁場におけるシャコの分布や資源量に影響する2つの要因、走流性と貧酸素耐性、に関する研究, 水産大学校研究報告, 53 (3), pp. 117-129.

- 25) 細川恭史, 堀江毅 (1989) ヨツバナスピオの貧酸素耐性と内湾海底における夏期無生物域の発生条件, 港湾技研資料, 運輸省港湾空港技術研究所, No. 643.
- 26) 池島耕, 清水誠 (1996) 東京湾におけるハタタテヌメリの分布とその季節変化, 魚類学雑誌, 44(1), 43-49.
- 27) 今尾和正, 鈴木輝明, 高倍昭洋 (2004) 溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化予測手法, 水産工学, 41, 13-24.
- 28) 今林博道 (1983) 底生動物群集に及ぼす貧酸素水塊の影響, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 49(1), 7-15.
- 29) 今林博道 (1998) 貧酸素下のベントスの生残戦略, 月刊 海洋, 30(3), 125-132.
- 30) 石川公敏, 風呂田利夫, 小山利郎, 山崎孝史 (1999) 東京湾の内湾域におけるマクロベントスの季節変化, 月刊 海洋, 31 (8), 495-503.
- 31) 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ズズキ漁獲位置の関係, 千葉県水産研究センター研究報告, (4) , pp. 7-15.
- 32) 伊藤捷久, 大岩靖之, 塩田浩二, 前原務 (1996) 増殖場造成技術開発 バカガイ増殖場造成技術開発試験, pp. 100-106.
- 33) 岩井保, 林勇夫 (1990) 基礎水産動物学, 恒星社厚生閣.
- 34) 角田出 (2002) 低酸素曝露がマコガレイの生理指標に及ぼす影響および当該指標による海域の貧酸素化把握 貧酸素マーカーとしてのエリスロポイエチン, 日本海水学会誌, 56 (6), 432-439.
- 35) 海洋生物環境研究所 (1991) 沿岸至近域における海生生物の生態知見 (魚類・イカタコ類編), pp. 594, 海洋生物環境研究所, 東京.
- 36) 海洋生物研究所 (1991) 沿岸至近域における海生生物の生態知見 (貝類・甲殻類・ウニ類編)
- 37) 柿野純 (1982) 青潮によるアサリへい死原因について 貧酸素水および硫化物の影響, 千葉県水産試験場研究報告, 40, pp. 1-6.
- 38) 環境省 (2005) 「中央環境審議会水環境部会 水生生物保全環境基準専門委員会資料」
- 39) 姜柱賛, 松田治, 山本民次 (1993) 広島湾の貧酸素と硫化水素がガザミ幼生の初期発達段階に及ぼす影響, 生物生産学研究 広島大学生物生産学部紀要, 32 (2) , pp. 61-70.
- 40) 姜柱賛, 松田治 (1993) 有用甲殻類 3 種の無酸素と硫化水素に対する耐性, 生物生産学研究 広島大学生物生産学部紀要, 32 (2) , pp. 71-78.
- 41) 関東農政局統計情報部 編 (1956~2006) 東京農林水産統計年報.
- 42) 関東農政局千葉統計情報部 編 (1952~2006) 千葉農林水産統計年報.
- 43) 関東農政局神奈川統計事務所 編 (1951~2006) 神奈川農林水産統計年報.
- 44) 川本信行 編 (1970) 魚類生理, 恒星社厚生閣.
- 45) 城戸勝利, 木下秀明 (1985) シロギス幼魚の成長と酸素消費量に及ぼす水温の影響, 海洋生物環境研究所報告, No. 85202
- 46) 熊井英水 編 (2005) 水産増殖システム 1 海水魚, 恒星社厚生閣.
- 47) Kume, G., Horiguchi, T., Goto, A., Shiraishi, H., Shibata, Y., Morita, M. and Shimizu, M. (2006) Seasonal distribution, age, growth, and reproductive biology of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Tokyo Bay, Japan, Fisheries Science, 72, 289-298.
- 48) 倉茂英次郎 (1942) 常温における朝鮮産アサリの致死酸素量 (アサリの生活力に及ぼす環境要素変動の影響VII), 日本海洋学会誌, 1 (1-2), 123-132.
- 49) 高知県水産試験場 (1983) 赤潮対策技術開発試験報告書 昭和 57 年度 覆砂による底質改良 (追跡調査).
- 50) 小林良則 (1993) 東京湾における低酸素水域の分布と小型底びき網の漁獲量の関係, 神奈川水産試験場研究報告, 14, pp. 27-39.
- 51) Kodama, K., Horiguchi, T., Kume, G., Nagayama, S., Shimizu, T., Shiraishi, H.,

- Morita, M. and Shimizu, M. (2006) Effects of hypoxia on early life history of the stomatopod *Oratosquilla oratoria* in a coastal sea, Marine Ecology Progress Series, 324, 197-206.
- 52) 港湾空港技術研究所, 東海大学, 愛知県水産試験場, 株式会社中電シーティーアイ, 株式会社日本海洋生物研究所 (2005) 平成 19 年度運輸分野における基礎的研究推進制度 研究成果報告 港湾における発生土砂を利用した浚渫規模値修復効果の定量的評価手法の開発.
- 53) 松田裕之 (2008) 生態リスク学入門 予防的順応的管理, 共立出版.
- 54) Miller, D. C., S. L. Poucher. and L. Coiro. (2002) Determination of lethal dissolved oxygen levels for selected marine and estuarine fishes, crustaceans, and a bivalve. Marine Biology, 140, 287-296.
- 55) 三重県, 伊勢湾の漁業生物.
- 56) M. J. WELLS and J. WELLS (1983) The Circulatory response to acute hypoxia in octopus, Journal of Experimental Biology, 104, 59-71.
- 57) 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 種の環境耐性, 水産増殖, 45 (2), 179-185.
- 58) 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 (1), 9-15.
- 59) 成田光好, Monthon Ganmanee, 関口秀夫 (2006) 伊勢湾におけるハタタテヌメリ *Repomucenus valenciennesi* の個体群動態, 日本水産学会誌, 72 (5), 860-872.
- 60) 成田光好, Monthon Ganmanee, 関口秀夫 (2007) 伊勢湾におけるシャコ *Oratosquilla oratoria* の個体群動態, 日本水産学会誌, 73 (1), 18-31.
- 61) Narita, T., Hossain, M. and Sekiguchi, H. (2003) , Seasonal and Interannual Variations in Biomass and Abundance of Megabenthos in Ise Bay, Central Japan. (和文標題: 中部日本伊勢湾におけるメガベントスの生物量および個体数の季節変動と年変動). Benthos Res, 58 (1) , 75-85.
- 62) 中島博司, 中西尚文 (2005) 三重県伊勢市地先周辺海域の小型魚育成場とその評価, 三重県科学技術振興センター水産研究部研究報告, (12), pp. 1-21.
- 63) 永山聡司 (2005) 東京湾内湾におけるマコガレイ稚魚の分布について, 千葉県水産研究センター研究報告, (4), pp. 17-34.
- 64) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会 編 (1985) 日本全国沿岸海洋誌.
- 65) 日本環境毒性学会 編 (2003) 生態影響試験ハンドブック -化学物質の環境リスク評価-, 朝倉書店.
- 66) 日本水産資源保護協会 編 (2005) 豊かな東京湾の再生に向けて 提言 平成 17 年 11 月 豊かな東京湾再生検討委員会, 社団法人 日本水産資源保護協会.
- 67) 日本水産資源保護協会 (1952~1984) 昭和 27~59 年 瀬戸内海漁業灘別漁獲統計累年表.
- 68) 日本水産資源保護協会 (1989) 漁場の適性溶存酸素濃度の検討, 漁場環境容量策定事業報告書 (第 1 分冊), pp. 931-1003.
- 69) 野上和彦, 梅沢敏, 阪口清次, 福原修 (1981) トリガイ *Fulvia mutica* (Reeve) の酸素消費量と高水温期における斃死との関係について, 南西海区水産研究所研究報告, (13), pp. 19-28.
- 70) OECD (1984) OECD Guidelines for Testing of Chemicals, No.204 Fish, Prolonged Toxicity Test:14-day Study (adopted 4 April 1984).
- 71) OECD (1992) OECD Guidelines for Testing of Chemicals, No.203 Fish, Acute Toxicity Test (adopted 17 July 1992).
- 72) OECD GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS (1992) Effects on Biotic Systems, Section-2, 210; Fish, Early-life Stage Toxicity Test.
- 73) 小倉紀雄 編 (1993) 東京湾-100 年の環境変遷-, pp47-52, 恒星社厚生閣, 東京.
- 74) 萩田健二 (1974) マダイ養殖の環境試験, 三重県尾鷲水試事報 (昭和 47 年度), pp. 84-91.

- 75) 萩田健二 (1985) 貧酸素水と硫化水素水のアサリのへい死に与える影響, 水産増殖, 33 (2), 67-71.
- 76) 沖山宗雄 編 (1988) 日本産稚魚図鑑, 東海大学出版会.
- 77) 大美博昭, 鍋島靖信, 日下部敬之 (2001) 大阪湾奥河口域における幼稚仔魚の出現種と種類数の季節変化について, 大阪府立水産試験場研究報告, (13), pp. 61-72.
- 78) 大富潤, 風呂田利夫, 川添大徳 (2006) 東京湾におけるシャコ幼生の発生に伴う分布の変化, 日本水産学会誌, 72 (3), 382-389.
- 79) Poucher, S. and Coiro L. (1997) Test Reports: Effects of low dissolved oxygen on saltwater animals. Memorandum to D. C. Miller, U. S Environmental Protection Agency, Atlantic Ecology Division, Narragansett, Rhode Island, July, 1997.
- 80) R. S. S. Wu, P. K. S. Lam and K. L. Wan (2002) Tolerance to, and avoidance of, hypoxia by the penaeid shrimp (*Metapenaeus ensis*). Environmental Pollution, 118 (3), 351-355.
- 81) Rowchai, S., Chiba, K and Hirano, R. (1986) Influence of dissolved oxygen on growth of young eel. 日本水産学会誌, 52 (4), 597-607.
- 82) 関根雅彦 (2002), 貧酸素水塊の発生とそれに伴う魚の逃避行動のモデル, 水産海洋研究, 66 (1), 65-67.
- 83) 瀬戸内海水産開発協議会 編 (1997) 瀬戸内海のさかな.
- 84) Simon, P. (1993) A review of statistical data analysis and experimental design in OECD aquatic toxicology test guidelines. OECD ENV/MC/CHEM/TG (92) 6.
- 85) 佐野雅基, 有山啓之 (2006) 人工干潟の生物保育能調査, 大阪府立水産試験場事業報告 (2004), pp. 166-177.
- 86) 鈴木輝明, 青山裕晃, 甲斐正信 (1998) 三河湾における貧酸素化によるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の死亡率の定式化, 海洋理工学会誌, 巻号, pp. 35-40.
- 87) 鈴木輝明, 青山裕晃, 甲斐正信, 今尾和正 (1998) 底層の貧酸素化が内湾浅海底生生物群集の変化に及ぼす影響, 海の研究, 7, 223-236.
- 88) 七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会 (1999) 全国公害研会誌, 24 (3), 149-161.
- 89) 高見東洋, 吉岡貞範, 岩本哲二, 中村達夫, 井上泰 (1980) アカガイの増殖に関する研究, 昭和 54 年度指定調査研究総合助成事業報告書, pp. 1-19.
- 90) 田村正 (1940) 外圍の変化が魚類に及ぼす影響について. 第二報. 冬季における各種海産魚類の呼吸状態並びに夏季との比較, 水産学雑誌, (46), 56-66
- 91) 東海農政局三重農政事務所 (1952~2006) 三重農林水産統計年報.
- 92) 豊原哲彦, 今尾和正, 金子健司, 橋口晴穂, 宮向智興, 森敦史, 石田基雄 (2006) 三河湾の浚渫地周辺海域における底生生物群集の消長, 海洋理工学会誌, 12 (2), 35-40.
- 93) U.S.EPA (1985) Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen (Freshwater) .
- 94) U.S.EPA (2000) Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen (Saltwater) : Cape Cod to Cape Hatteras.
- 95) U.S.EPA (2003) Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen, Water Clarity, and Chlorophyll a for the Chesapeake Bay and Its Tidal Tributaries.
- 96) 渡部泰輔, 服部茂昌 (1971) 魚類の発育段階の形態的区分とそれらの生態的特徴, 東海区水産研究所業績C集, さかな, (7).
- 97) 渡部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎 編 (1971) 軟体動物学概説 (下巻), 株式会社サイエンティスト社.
- 98) 若林明子 (2003) 改訂版 化学物質と生態毒性, 丸善株式会社.
- 99) 矢沢敬三, 池田文雄 (1988) 東京湾における低酸素水の分布および、シャコと溶存酸素量との関係, 神奈川県水産試験場研究報告, (9) pp. 95-100.

- 100) 山森邦夫, 郷義広, 青木昌文 (1978) アイナメ・マコガレイの呼吸・心臓拍動に及ぼす環境条件の影響, 昭和 53 年度日本水産学会春季大会講演要旨集.
- 101) 山形陽一, 大中澄美子, 原田増造, 丹羽誠 (1983) ニホンウナギの成長に及ぼす溶存酸素量の影響について, 日本水産学会誌, 49 (9), 1335-1339.
- 102) 山口正男 (1978) タイ養殖の基礎と実際, 恒星社厚生閣.
- 103) 山元憲一 (1990) ウナギの低酸素下における逃避反応, 水産増殖, 38 (2), 113-116.
- 104) 山元憲一, 細本誠, 上村達也 (1987) 低酸素下におけるマダイ, アオハタ, カワハギ, キュウセン, ハナオコゼの酸素消費量の変化, 水産増殖, 35 (3), 143-146.
- 105) 山元憲一, 廣中孝始, 山下秀幸, 綿石慶太 (1990) 低酸素下におけるブリ, クラカケトラギス, カサゴ, ネズミゴチ, トラフグの酸素消費量の変化, 水産増殖, 38 (1), 35-39.
- 106) 山元憲一 (1992) マナマコの酸素消費に及ぼす低酸素と水温の影響, 水産増殖, 40 (3), 313-316.
- 107) 山元憲一 (1998) 貝類呼吸機能の低酸素応答, 月刊海洋, 30 (3), 133-138.
- 108) 山元憲一, 細本誠, 上村達也 (1987) 低酸素下におけるマダイ, アオハタ, カワハギ, キュウセン, ハナオコゼの酸素消費量の変化, 水産増殖, 35 (3), 143-146.
- 109) 山元憲一, 半田岳志, 嶋田誠 (2008) サザエの鰓での酸素摂取に及ぼす低酸素の影響, 水産大学校研究報告, 56 (4), pp. 299-310.
- 110) 山元憲一, 半田岳志, 河原邦晶 (2008) サザエの酸素摂取, 水産大学校研究報告, 56 (3), pp. 237-249.
- 111) 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, 7 (5), 293-303.
- 112) 矢持進, 佐野雅基 (1992) 大阪湾谷川港における溶存酸素濃度の変動とサルエビのへい死について, 水産海洋研究, 56 (1), 1-12.
- 113) 矢持進, 有山啓之, 佐野雅基 (1995) 平成 6 年度 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (エビグループ). 大阪府立水産試験場, pp. 大 1-大 42.
- 114) 矢持進, 有山啓之, 佐野雅基 (1996) 平成 7 年度 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (エビグループ). 大阪府立水産試験場, pp. 大 1-大 28.
- 115) Yamochi, S., Ariyama, H. and Sano, M. (1995) Occurrence and Hypoxic Tolerance of the Juvenile *Metapenaeus ensis* at the Mouth of the Yodo River, Osaka. Fisheries Science, 61(3), 391-395.
- 116) 吉村功, 大橋靖雄 編 (1992) 毒性試験データの統計解析, 地人書館.
- 117) 全国沿岸漁業振興開発協会 (1996) 沿岸漁場整備開発事業 養殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編 平成 8 年度版.



## 別添資料

[検討対象種別 底層 D0 目標値の設定過程]

### 目 次

1. スズキ.....	別- 1
2. マダイ.....	別- 4
3. ハタタテヌメリ.....	別- 6
4. マコガレイ.....	別- 8
5. マハゼ.....	別-11
6. トラフグ.....	別-14
7. カサゴ.....	別-17
8. ネズミゴチ.....	別-19
9. ヨシエビ.....	別-21
10. クルマエビ.....	別-24
11. サルエビ.....	別-26
12. ガザミ.....	別-29
13. シャコ.....	別-33
14. サルボウガイ.....	別-36
15. ヤマトシジミ.....	別-37
16. アサリ.....	別-39
17. サザエ.....	別-40
18. マナマコ.....	別-42



## 1. スズキ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

スズキの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
235	平成7年度 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査事業報告書(エビグループ) 平成7年度 各府県調査結果の報告 大阪府	矢持進、有山啓之、佐野雅基	1996	24.1～27.6℃	24時間

#### 2) 現場観測文献

スズキの低 DO 耐性に係る現場観測文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	調査地
109	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,	石井光廣, 加藤正人	2005	東京湾

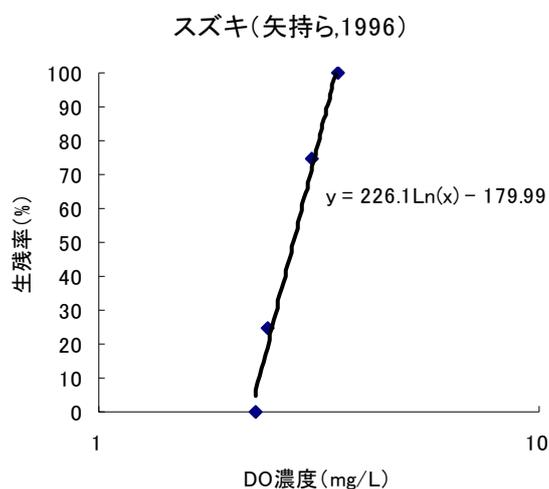
### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

[文献 235] は、スズキ（全長 95-149mm）を供試個体とし、貧酸素状態での斃死状況を調べた文献である。供試個体の発育段階については、「沿岸至近域における海生生物の生態知見」（原文：鈴木ら（1982））では、60～210mm を若魚期（前半）としていることから、供試個体は「未成魚」として扱うものとした。

実験結果によると、曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 3.5mg/L(飽和度 50.8%)では斃死率 0%、3.1mg/L(45.4%)では斃死率 25%、2.4mg/L(35.8%)では斃死率 75%、2.3mg/L(34.7%)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 3.4mg/L が得られた。



### 1) 行動異常・生理的变化に関する影響

実験文献からスズキの成魚・未成魚の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### 2) 現場観測文献

[文献 109] は東京湾での底曳き網漁船によるスズキの CPUE 分布と底層の DO 分布との関係より、貧酸素水塊周縁でスズキが多獲されるという漁業者の経験則を検証したものである。貧酸素水塊発生時期の夏季の操業回数は貧酸素水塊の境界 (DO1.75~3.25ml/L と定義) で最も多くなっており、1.75ml/L 以上の水域で漁獲が集中することが考察されている。したがって、1.75ml/L を換算した 2.1mg/L 以上の DO 濃度であれば少なくとも生存できると考え、DO 耐性評価値を 2.1mg/L とした。

なお、スズキは成魚の段階では表層～底層を広く利用しており、遊泳範囲も広いことから、漁獲位置の DO 濃度が生存限界の DO 濃度であるかという点は不明である。また、コンター図では DO 濃度が 0.5ml/L (0.7mg/L) のエリアでもわずかに漁獲があったことが示されているが、著者はスズキがそのような DO が低い海域に分布することは考えにくく、コンター図の不正確さの可能性があると考察しているため、この値は採用しなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたスズキの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	3.4mg/L[文献 235]	2.1mg/L[文献 109]
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	なし
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	なし	なし

#### 1) 生息目標値

実験文献より、スズキの成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性評価値として [文献 235] から 3.4mg/L が得られた。この 3.4mg/L を切り上げて 4mg/L を生息域の確保のための DO 耐性評価値とした。

現場観測文献の整理結果より、[文献 109] ではスズキの成魚が生存可能な DO 濃度として 2.1mg/L が得られた。これを切り上げた 3mg/L は、実験文献から設定した DO 耐性評価値である 4mg/L よりも 1mg/L 低い、実験文献から設定した DO 濃度がより精度の高いものとみなし、4mg/L を採用した。

以上より、スズキの生息目標値を 4mg/L と設定した。

## 2) 再生産目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれからも、卵・仔稚魚の生存及び成魚・未成魚の行動異常・生理的変化に係る DO 耐性情報が得られなかったため、スズキの再生産目標値は設定できなかった。

## 3) スズキの底層 DO 目標値

スズキの底層 DO 目標値は、生息目標値として 4mg/L が設定された。再生産目標値は設定できなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	4mg/L	実験文献 235
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	—	—

## 2. マダイ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

マダイの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
099	低酸素下におけるマダイ, アオハタ, カワハギ, キュウセン, ハナオコゼの酸素消費量の変化	山元憲一・細本誠・上村達也	1987	26.6±0.3℃	6時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

実験文献からマダイの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

##### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 099] は、マダイ未成魚を供試個体とし、DO の低下に伴う酸素消費量の変化を調べた文献である。

水温 26.6±0.3℃では、マダイの酸素消費量は正常状態（酸素飽和度 97.7%±0.9%、溶存酸素量 4.80±0.06ml/L）で 2.14±0.23ml/min・kg を示し、酸素飽和度が低下するとわずかに増加したが、酸素飽和度 41.1±1.7% (2.02±0.08ml/L) より低下すると減少し、酸素飽和度 29.8±1.7% (1.47±0.08ml/L) で 44 個体中 3 個体が窒息死し、この時生存した個体では 1.47±0.23 ml/min・kg を示した、と述べられている。著者の記述及び図より、酸素消費量が減少し始めた時の環境水中の DO 濃度を 2.02±0.08ml/L とみなした。この値を mg/L 単位に換算し、2.9mg/L を導出した。

#### 2) 現場観測文献

現場観測文献からマダイの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたマダイの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	なし
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	2.9mg/L[文献 099]	なし

### 1) 生息目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれから、成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性情報が得られなかったため、マダイの生息目標値は設定できなかった。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 仔稚魚期

実験文献及び現場観測文献のいずれから、仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

#### イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化

実験文献からは、[文献 099] より、マダイの成魚・未成魚の生理的变化に係る DO 耐性評価値として 2.9mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

#### ウ) マダイの再生産目標値の決定

仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、成魚・未成魚の生理的变化に係る DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、マダイの再生産目標値を 3mg/L と設定した。

### 3) マダイの底層 DO 目標値

マダイの底層 DO 目標値は、再生産目標値として 3mg/L が設定された。生息目標値は設定できなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	—	—
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 099

### 3. ハタタテヌメリ

#### (1) 文献の内容の精査・整理

##### 1) 実験文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

##### 2) 現場観測文献

ハタタテヌメリの低 DO 耐性に係る現場観測文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	調査地
173	東京湾におけるハタタテヌメリの分布とその季節変化	池島耕, 清水誠	1996	東京湾

#### (2) DO 耐性評価値の導出

##### 1) 実験文献

実験文献からハタタテヌメリの生存、行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

##### 2) 現場観測文献

[文献 173] は東京湾における試験底曳調査よりハタタテヌメリの分布の季節移動とその要因について考察したものである。著者は、各年のハタタテヌメリ（着底稚魚、未成魚、成魚）の分布量と溶存酸素量 2 ないし 3mg/L 以下の水域の南限が比較的良好一致しており、貧酸素水塊によって分布域が制限されている可能性があることを述べている。このことから、生息可能な DO 濃度として 3mg/L を導出した。

#### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたハタタテヌメリの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	3mg/L[文献 173]
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	3mg/L[文献 173]
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	なし	なし

## 1) 生息目標値

実験文献からハタタテヌメリの未成魚及び成魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは、未成魚及び成魚の生存に係る DO 耐性評価値として、[文献 046] より 3mg/L、[文献 173] より 3mg/L が得られた。いずれの値も夏期に生息可能な値として同じ 3mg/L であるため、これら 2 文献を根拠とし、3mg/L を DO 耐性評価値とした。

以上より、ハタタテヌメリの生息目標値を 3mg/L と設定した。

## 2) 再生産目標値

### ア) 仔稚魚期

実験文献からハタタテヌメリの仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは、仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値として、[文献 173] より 3mg/L が得られた。この値を採用し、3mg/L を目標候補値とした。

### イ) 成魚・未成魚の行動異常

実験文献から、成魚・未成魚の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### ウ) ハタタテヌメリの再生産目標値の決定

成魚・未成魚の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られていないため、仔稚魚の生存の観点から得られた DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、ハタタテヌメリの再生産目標値を 3mg/L と設定した。

## 3) ハタタテヌメリの底層 DO 目標値

ハタタテヌメリの底層 DO 目標値は、生息目標値として 3mg/L、再生産目標値として 3mg/L が設定された。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	現場観測文献 173
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	現場観測文献 173

## 4. マコガレイ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

マコガレイの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
095	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-	矢持進, 有山啓之, 佐野雅基	1998	23±1℃	24時間

#### 2) 現場観測文献

マコガレイの低 DO 耐性に係る現場文献として 2 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	調査地
002	東京湾における低酸素水域の分布と小型底びき網の漁獲量の関係	小林良則	1993	東京湾
110	東京湾内湾におけるマコガレイ稚魚の分布について	永山聡司	2005	東京湾

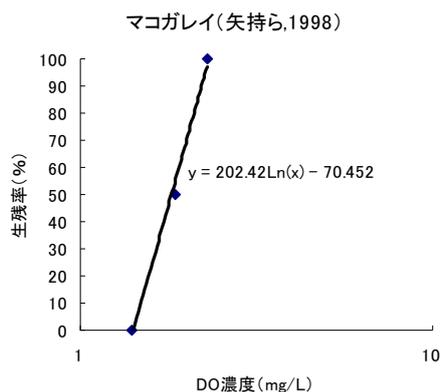
### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

[文献 095] は、マコガレイ稚魚（全長 45-72mm）を供試個体とし、異なる DO 濃度の実験区を 5 つ設定して貧酸素状態における斃死状況を調べたものがある。なお、供試個体の発育段階について著者は未成魚と区分しているが、種苗生産等の水産分野の知見ではこの体サイズは概ね稚魚として扱われているため、この検討においては稚魚として扱うこととした。

実験結果によると、曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 2.3mg/L(1.6ml/L)では斃死率 0%、1.9mg/L(1.3ml/L)では斃死率 50%、1.4mg/L(0.98ml/L)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 2.3mg/L が得られた。(水温 23.4℃)



### 1) 行動異常・生理的変化に関する影響

実験文献からマコガレイの成魚・未成魚の行動異常及び生理的変化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### 2) 現場観測文献

[文献 002] は東京湾の溶存酸素量の分布状態と標本船調査によるマコガレイの漁獲状況の間にもどのような関係があるか明らかにしたものである。著者は、DO コンター図と漁場メッシュ図の漁獲位置との重ね合わせより、2~3mg/L の漁区でマコガレイ成魚の漁獲集中がみられ、生息域から逃避する溶存酸素量の限界値はおおよそ 2mg/L と述べている。従って、2mg/L 以上であれば生息可能とみなし、mg/L 単位に換算して 2.8mg/L を導出した。

[文献 110] は東京湾におけるマコガレイ稚魚の分布状況について述べたものである。著者はソリネット及び桁網によるマコガレイ稚魚の採集状況と同時測定された DO のコンター図の重ね合わせにより、マコガレイ稚魚が貧酸素水塊（概ね 2mg/L 以下）を避けて分布していること、特に 2003 年 6 月は東京湾内湾北部に発生した貧酸素水塊の周辺で高密度に分布している状況であることを述べている。従って、貧酸素水塊の境界値として 2mg/L 以上であれば生息可能とみなし、mg/L 単位に換算して 2.8mg/L を導出した。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたマコガレイの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	2.8mg/L[文献 002]
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	2.3mg/L[文献 095]	2.8mg/L[文献 110]
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的変化	なし	なし

#### 1) 生息目標値

実験文献からはマコガレイの未成魚及び成魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは、[文献 002] より、東京湾においてマコガレイ成魚が夏期に生息可能な DO 濃度レベルとして 2.8mg/L が得られた。この値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

以上より、マコガレイの生息目標値を 3mg/L と設定した。

## 2) 再生産目標値

## 7) 仔稚魚期

実験文献からは、[文献 095] より稚魚の生存に係る DO 耐性評価値として 2.3mg/L (水温 22.4-24.3℃) が得られた。この値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献からは [文献 110] よりマコガレイ稚魚の生存に係る DO 耐性評価値として 2.8mg/L が得られており、これを切り上げると 3mg/L となる。この値は①の実験文献から設定した DO 耐性評価値である 3mg/L と同じレベルであった。

## f) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化

実験文献から成魚・未成魚の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

## g) マコガレイの再生産目標値の決定

成魚・未成魚の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られていないため、仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、マコガレイの再生産目標値を 3mg/L と設定した。

## 3) マコガレイの底層 DO 目標値

マコガレイの底層 DO 目標値は、生息目標値として 3mg/L、再生産目標値として 3mg/L が設定された。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	現場観測文献 002
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 095

## 5. マハゼ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

マハゼの低 DO 耐性に係る実験文献として 2 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
016	Occurrence and Hypoxic Tolerance of the Juvenile <i>Metapenaeus ensis</i> at the Mouth of the Yodo River, Osaka	Susumu Yamochi, Hiroyuki Ariyama, and Masaki Sano	1995	25°C	24時間
234	平成6年度 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査事業報告書(エビグループ) 平成6年度 各府県調査結果の報告 大阪府	矢持進、有山啓之、佐野雅基	1995	25°C	48時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

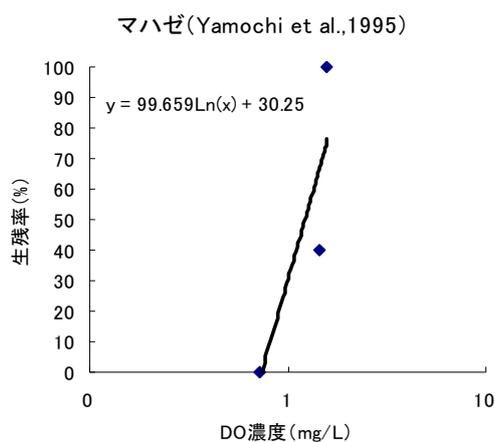
### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

[文献 016] は DO 濃度の異なる複数の実験区（流水式・水温 25°C）でマハゼ（全長 80-139mm）を供試個体とし、24 時間曝露によって低 DO 耐性を明らかにした実験である。

実験結果によると、曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 1.6mg/L(1.11ml/L)では斃死率 0%、1.4mg/L(1.01ml/L)では斃死率 60%、0.7mg/L(0.5ml/L)では斃死率 100%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 1.9mg/L が得られた。



#### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 234] は、貧酸素条件下（水温 25°C、流水式）に 22 時間曝露した時のマハゼ（全長 8.0-19.7cm）の捕食状況（餌はヨシエビ）を対照区と比較した実験である。供試個体の発育段階については、稚仔期全長 4.6~20mm（社団法人 日本水産資源保護協会、

1985, p. 66→原文献：宮崎，1940）と表記されていることから、「未成魚」の実験結果として扱うものとした。

実験結果では、試験区と対照区の捕食率の有意差検定の結果 (Fisher-Behrens 検定)、24 時間の期間平均 DO 濃度が 1.75mg/L (1.22ml/L) と 2.40mg/L (1.68ml/L) の試験区はそれぞれ危険率 1%と 5%で対照区と有意な差があった。期間平均 DO 濃度が 2.99mg/L(2.09ml/L) と 3.57mg/L (2.50ml/L)の試験区は対照区と有意な差が無かった。有意な差が無い試験区のうち期間平均 DO 濃度が低い方の 2.99mg/を採用し、DO 耐性評価値として導出した。

## 2) 現場観測文献

現場観測文献からマハゼの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

## (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたマハゼの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	1.9mg/L[文献 016]	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	なし
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	2.99mg/L[文献 234]	なし

### 1) 生息目標値

実験文献からは、[文献 016] より、マハゼの成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性評価値として 1.6mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 2mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献から成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性評価情報は得られていないため、実験文献との比較は行わなかった。

以上より、マハゼの生息目標値を 2mg/L と設定した。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 仔稚魚期

実験文献及び現場観測文献のいずれから、マハゼの仔稚魚の生存に係る DO 耐性情報が得られなかった。

#### 1) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化

実験文献からは、[文献 234] より、マハゼの成魚・未成魚の行動異常に係る DO 耐性評価値として 2.99mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

#### 2) マハゼの再生産目標値の決定

仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、成魚・未成魚の行動異常に係る DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、マハゼの再生産目標値を 3mg/L と設定した。

#### 3) マハゼの底層 DO 目標値

マハゼの底層 DO 目標値は、生息目標値として 2mg/L、再生産目標値として 3mg/L が設定された。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	2mg/L	実験文献 016
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 234

## 6. トラフグ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

トラフグの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
149	低酸素下におけるブリ, クラカケトラギス, カサゴ, ネズミゴチ, トラフグの酸素消費量の変化	山元憲一, 廣中孝始, 山下秀幸	1990	25.7±0.4℃	5時間

#### 2) 現場観測文献

トラフグの低 DO 耐性に係る現場文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	調査地
148	伊勢湾、三河湾で標識放流したトラフグ人工種苗の分布、移動	阿知波英明	2004	伊勢湾・三河湾

### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

実験文献からトラフグの成魚・未成魚の生死に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

##### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 149] は、トラフグ（稚魚）を供試個体とし、DO の低下に伴う酸素消費量の変化を調べた文献である。水温 25.7±0.4℃では、トラフグの酸素消費量は正常状態（酸素飽和度 100.2±2.8%、溶存酸素量 4.98±0.14ml/L）で 3.64±0.38 ml/min・kg を示し、酸素飽和度が 40.2±2.2%（溶存酸素量 2.00±0.11ml/L）に低下するまでは正常状態での値とほぼ等しい値（3.75±0.30 ml/L）を示し、さらに酸素飽和度が低下すると酸素消費量は減少し、酸素飽和度 19.1±2.4%（溶存酸素量 0.95±0.12 ml/L）で 26 個体中 5 個体が窒息死し、死には至らなかったが残りの 11 個体は腹部を上を転倒し、極度の酸素不足の状態が観察されたと述べられている。著者の記述及び図より、酸素消費量が正常状態から減少に転じた時の環境水中の DO 濃度を 2.00±0.11ml/L とみなした。この値を mg/L 単位に換算し、2.9mg/L を導出した。

#### 2) 現場観測文献

[文献 148] は伊勢湾・三河湾におけるトラフグ人工種苗の放流後の再捕状況を明らかにしたものである。発育段階については、放流時の体長が 58.5～207.0mm であり、既往の標識放流調査結果等より 2 歳以上の放流個体の再捕例は極めて少ないと述べられていることから、稚魚～未成魚として扱った。著者は、1995～1998 年の各年 10 月の底層（海

底上 1m) の DO コンターと、DO 観測日の前後 5 日間で再捕された個体の再捕場所との重ね合わせより、溶存酸素量が 3mg/L 以下の海域では再捕場所は少なかったと述べている。従って、3mg/L 以上であれば生息可能とみなし、mg/L 単位に換算して 4.3mg/L (水温不明) を導出した。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたトラフグの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	4.3mg/L[文献 148]
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	4.3mg/L[文献 148]
	イ) 稚魚・成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	2.9mg/L[文献 149]	なし

#### 1) 生息目標値

実験文献からはトラフグの未成魚及び成魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは、[文献 148] より、伊勢湾・三河湾においてトラフグ (未成魚) が生息可能な DO 濃度レベルとして 4.3mg/L が得られた。この値を切り上げた 5mg/L を DO 耐性評価値とした。

以上より、トラフグの生息目標値を 5mg/L と設定した。

#### 2) 再生産目標値

##### ア) 仔稚魚期

実験文献からは、トラフグの仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは [文献 148] より、伊勢湾・三河湾においてトラフグ (稚魚) が生息可能な DO 濃度レベルとして 4.3mg/L が得られた。この値を切り上げた 5mg/L を DO 耐性評価値とした。

##### イ) 稚魚・成魚・未成魚の行動異常

[文献 149] より、トラフグの稚魚の行動異常に係る DO 耐性評価値として 2.9mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

##### ウ) トラフグの再生産目標値の決定

稚魚の生存の観点から得られた目標候補値の 5mg/L と、稚魚の生理的变化の観点から

得られた目標候補値の 3mg/L を比較したところ、2mg/L の差がみられた。切り上げ前の数値はそれぞれ 2.9mg/L と 4.3mg/L であり、その差は 1.5mg/L である。現時点ではトラフグの実験から得られた生理的变化に係る値と、現場観測文献から得られた生存に係る値のいずれが適当な値かという点について知見が得られていないことから、現時点では、安全側をとり、大きい方の 5mg/L をトラフグの再生産目標値として設定した。

### 3) トラフグの底層 D0 目標値

トラフグの底層 D0 目標値は、生息目標値として 5mg/L、再生産目標値として 5mg/L が設定された。

目標の種類	D0 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 D0 目標値	5mg/L	現場観測文献 148
再生産の場の確保のための底層 D0 目標値	5mg/L	現場観測文献 148

## 7. カサゴ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

カサゴの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
149	低酸素下におけるブリ, クラカケトラギス, カサゴ, ネズミゴチ, トラフグの酸素消費量の変化	山元憲一, 廣中孝始, 山下秀幸	1990	26.1 ± 0.1℃	5時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

実験文献からカサゴの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

##### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 149] は、カサゴ（稚魚）を供試個体とし、DO の低下に伴う酸素消費量の変化を調べた文献である。水温 26.1 ± 0.1℃では、カサゴの酸素消費量は正常状態（酸素飽和度 95.9 ± 1.4%、溶存酸素量 4.69 ± 0.07 ml/L）で 2.01 ± 0.25 ml/min・kg を示し、酸素飽和度が 30.5 ± 0.6%（溶存酸素量 1.49 ± 0.03 ml/L）に低下するまでは正常状態での値とほぼ等しい値 (1.99 ± 0.27) を示したが、さらに酸素飽和度が低下すると減少した。また、酸素飽和度 12.7 ± 0.6%（溶存酸素量 0.62 ± 0.03 ml/L）でも全ての個体が生存していたと述べられている。著者の記述及び図より、酸素消費量が正常状態から減少に転じた時の環境水中の DO 濃度を 1.49 ± 0.03 ml/L とみなした。この値を mg/L 単位に換算し、2.1 mg/L を導出した。

#### 2) 現場観測文献

現場観測文献からカサゴの仔稚魚、未成魚及び成魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたカサゴの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	なし
	イ) 稚魚・成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	2.1mg/L[文献 149]	なし

### 1) 生息目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれからも、成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性評価値が得られなかった。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 仔稚魚期

実験文献及び現場観測文献のいずれからも、仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

#### イ) 稚魚・成魚・未成魚の行動異常・生理的变化

実験文献から成魚・未成魚の行動異常に係る知見は得られていないが、稚魚の生理的变化に係る DO 耐性評価値が得られたため、この値を元に設定する。[文献 149] より、カサゴの稚魚の行動異常に係る DO 耐性評価値として 2.1mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

#### ウ) カサゴの再生産目標値の決定

仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、稚魚の生理的变化に係る DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、カサゴの再生産目標値を 3mg/L と設定した。

### 3) カサゴの底層 DO 目標値

カサゴの底層 DO 目標値は、再生産目標値として 3mg/L が設定された。生息目標値は設定されなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	—	—
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 149

## 8. ネズミゴチ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

ネズミゴチの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
149	低酸素下におけるブリ, クラカケトラギス, カサゴ, ネズミゴチ, トラフグの酸素消費量の変化	山元憲一, 廣中孝始, 山下秀幸	1990	24.7±0.1℃	5時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

実験文献からネズミゴチの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

##### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 149] は、ネズミゴチ（成魚）を供試個体とし、DO の低下に伴う酸素消費量の変化を調べた文献である。水温 24.7±0.1℃では、ネズミゴチの酸素消費量は正常状態（酸素飽和度 97.2±0.8%、溶存酸素量 4.91±0.04ml/L）で 1.33±0.26 ml/min・kg を示し、酸素飽和度が 32.7±1.6%（溶存酸素量 1.65±0.08 ml/L）に低下するまでは正常状態での値とほぼ等しい値（1.19±0.18）を示したが、さらに酸素飽和度が低下すると減少し、酸素飽和度 13.7±1.4%（溶存酸素量 0.69±0.07 ml/L）で 18 個体中 9 個体が窒息死したと述べられている。著者の記述及び図より、酸素消費量が正常状態から減少に転じた時の環境水中の DO 濃度を 1.65±0.08 ml/L とみなした。この値を mg/L 単位に換算し、2.4mg/L を導出した。

#### 2) 現場観測文献

現場観測文献からネズミゴチの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたネズミゴチの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	なし	なし
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化	2.4mg/L[文献 149]	なし

### 1) 生息目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれから、成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性評価値が得られなかった。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 仔稚魚期

実験文献及び現場観測文献のいずれから、仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

#### イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的变化

[文献 149]より、ネズミゴチの成魚の生理的变化に係る DO 耐性評価値として 2.4mg/L (水温 24.7℃) が得られた。したがってこの値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

#### ウ) ネズミゴチの再生産目標値の決定

仔稚魚の生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、成魚の生理的变化に係る DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、ネズミゴチの再生産目標値を 3mg/L と設定した。

### 3) ネズミゴチの底層 DO 目標値

ネズミゴチの底層 DO 目標値は、再生産目標値として 3mg/L が設定された。生息目標値は設定されなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	—	—
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 149

## 9. ヨシエビ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

ヨシエビの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
016	Occurrence and Hypoxic Tolerance of the Juvenile <i>Metapenaeus ensis</i> at the Mouth of the Yodo River, Osaka	Susumu Yamochi, Hiroyuki Ariyama, and Masaki Sano	1995	25℃	24時間

#### 2) 現場観測文献

ヨシエビの低 DO 耐性に係る現場文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	調査地
236	平成8年度及び平成4～8年度(総括) 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査事業報告書(エビグループ) 平成8年度 各府県調査結果の報告 大阪府	有山啓之, 佐野雅基	1997	大阪湾

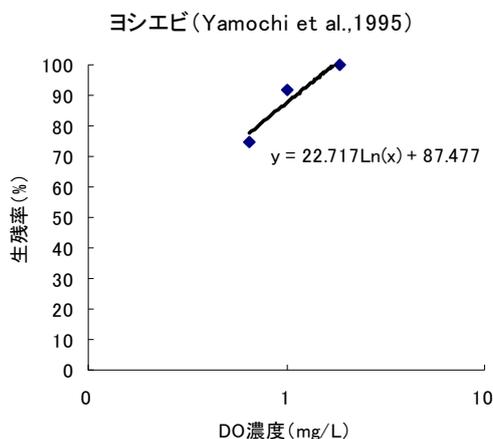
### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に係る影響

[文献 016] は DO 濃度の異なる複数の実験区 (流水式・水温 25℃) でヨシエビ (体長 25-40mm) を 24 時間曝露し、その DO 耐性を明らかにした実験である。供試個体の発育段階については、「水産生物の生活史と生体」(日本水産資源保護協会)では、体長 70～80mm を若エビ、有明海における成熟最小体長 (頭胸甲長) は雌 26mm、雄 24mm と表記されていることから、「未成体」として扱うものとした。

実験結果によると、曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 1.9mg/L (1.31ml/L) では斃死率 0%、1.0mg/L (0.7ml/L) では斃死率 91.7%、0.6mg/L (0.45ml/L) では斃死率 25%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 1.4mg/L が得られた。



## 1) 行動異常に係る影響

実験文献からヨシエビの行動異常に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

## 2) 現場観測文献

[文献 236] はヨシエビの放流種苗について、初期追跡調査、後期追跡調査、カゴによる生残試験が行われており、いずれも現場の水質測定結果よりヨシエビ採集時の酸素飽和度が記載されている。ただし、後期追跡調査は 12、1、3 月に実施されているため水温が概ね 10℃以下と低く、酸素飽和度も 50～90%と高いことから、低 DO 耐性の下限値は読み取れないと判断し、調査結果は整理しなかった。

初期追跡調査（11 月）で採捕されたヨシエビの体長組成は、放流ヨシエビについては 11/8 までは 30～35mm、11/11 以降が 35～45mm にモードがあり、天然ヨシエビは 40～45mm にモードがあることが示されている（同文献内 p. 大 23, 図 11）。「水産生物の生活史と生体」（日本水産資源保護協会）では、体長 70～80mm を若エビ、有明海における成熟最小体長（頭胸甲長）は雌 26mm、雄 24mm と表記されていることから、再捕個体の発育段階は「未成体」として扱うものとした。

初期追跡調査（11 月）における小型桁網でのヨシエビ採集時の酸素飽和度は 15.9～35%であった。このうち最も低い飽和度の 15.9%を水温 21.3℃、塩分 22.3 で mg/L 単位に換算すると 1.2mg/L であった。また、著者は、同 11 月に実施したカゴによる生残試験結果より、酸素飽和度 20%前後（水温 21～22℃、塩分 22）の水域にヨシエビ種苗を放流してもほとんど斃死しないことを示唆されることを述べており、この酸素飽和度 20%を水温 21.5℃（21～22℃の算術平均）と塩分 22 で換算すると 1.6mg/L である。以上より、両調査結果から得られた値に大きな差はないが、換算のための水質が明記されていた初期追跡調査結果を採用し、濃度範囲の最低値である 1.2mg/L を導出した。

## (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたヨシエビの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	1.4mg/L[文献 016]	1.2mg/L[文献 236]
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・稚エビの生存	なし	なし
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	なし	なし

## 1) 生息目標値

実験文献からは、[文献 016] よりヨシエビ（稚エビ）の生存に係る DO 耐性評価値として 1.9mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 2mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文からは [文献 236] よりヨシエビ（稚エビ）の生存に係る DO 耐性評価値として 1.2mg/L が得られており、これを切り上げると 2mg/L となる。この値は実験文献から設定した DO 耐性評価値である 2mg/L と同じレベルであった。

## 2) 再生産目標値

実験文献から幼生・稚エビの生存及び未成体～成体の行動異常及び生理的変化に係る DO 耐性情報が得られなかったため、ヨシエビの再生産目標値は設定できなかった。

## 7) 再生産目標値の決定

未成体～成体の行動異常に係る DO 耐性評価値は得られていないため、稚エビの生存に係る DO 耐性評価値である 2mg/L を採用し、ヨシエビの再生産目標値を 2mg/L と設定した。

## 3) ヨシエビの底層 DO 目標値

ヨシエビの底層 DO 目標値は、再生産目標値として、2mg/L が設定された。生息目標値は設定できなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	2mg/L	実験文献 016
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	—	—

## 10. クルマエビ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

クルマエビの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
016	Occurrence and Hypoxic Tolerance of the Juvenile <i>Metapenaeus ensis</i> at the Mouth of the Yodo River, Osaka	Susumu Yamochi, Hiroyuki Ariyama, and Masaki Sano	1995	25℃	24時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

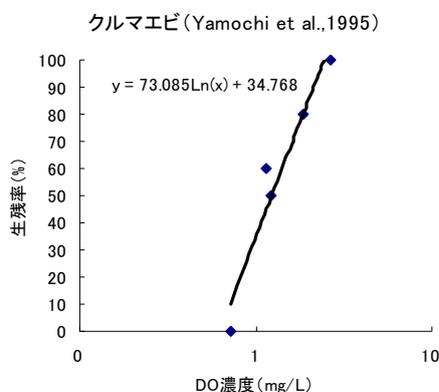
### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に係る影響

[文献 016] は DO 濃度の異なる複数の実験区（流水式・水温 25℃）でクルマエビ（体長 27-50mm）を 24 時間曝露し、その DO 耐性を明らかにした実験である。供試個体の発育段階については、「水産生物の生活史と生態」（日本水産資源保護協会，1985）では体長 7～25mm を稚エビ、体長 25～90mm を幼エビとしており、これらのサイズをまとめて「稚エビ」として扱うものとした。

実験結果によると、期間平均 DO 濃度が 0.50ml/L (0.40-0.50ml/L) の実験区では斃死率 100%、平均 0.80ml/L (0.65-0.89ml/L) の実験区では斃死率 40%、平均 0.85ml/L (0.70-1.05ml/L) の実験区では斃死率 50%、平均 1.31ml/L (1.10-1.36ml/L) の実験区では斃死率 20%、平均 1.84ml/L (1.74-1.84ml/L) の実験区では斃死率 0%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 2.3mg/L が得られた。（水温 20℃）



#### 2) 現場観測文献

現場観測文献からクルマエビの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたクルマエビの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	なし	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・稚エビの生存	2.3mg/L[文献 016]	なし
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	なし	なし

#### 1) 生息目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれから、成魚・未成魚の生存に係る DO 耐性情報が得られなかったため、クルマエビの生息目標値は設定できなかった。

#### 2) 再生産目標値

##### ア) 稚エビ期

実験文献からは、[文献 016] よりクルマエビ（稚エビ）の生存に係る DO 耐性評価値として 2.3mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 3mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献から稚エビの生存に係る DO 耐性評価情報は得られていないため、実験文献との比較は行わない。

##### イ) 未成体～成体の行動異常

実験文献から、クルマエビの行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性情報は得られなかった。

##### ウ) 底層 DO 目標値の設定

稚エビの生存に係る DO 耐性評価値である 3mg/L を採用し、クルマエビの再生産目標値は 3mg/L と設定した。

#### 3) クルマエビの底層 DO 目標値

クルマエビの底層 DO 目標値は、再生産目標値として、3mg/L が設定された。生息目標値は設定できなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	—	—
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 016

## 11. サルエビ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

サルエビの低 D0 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
093	大阪湾谷川港における溶存酸素濃度の変動とサルエビのへい死について	矢持進, 佐野雅基	1992	20℃	24時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) D0 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

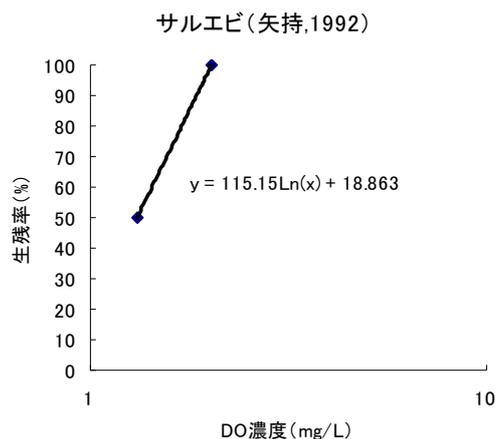
##### 7) 生死に係る影響

[文献 093] はサルエビ（全長 4.0～8.1cm）を供試個体とし、呼吸速度の測定及び低 D0 耐性を明らかにしたものであるが、呼吸速度の測定については、貧酸素条件下での変化については把握できないことから、ここでは低 D0 耐性に関する実験についてのみ整理した。

サルエビの発育段階については、「水産生物の生活史と生態（続）」（日本水産資源保護協会、1986）において、生物学的最小形は、長期世代の雄で頭胸甲長 11～12mm、雌で 16mm、短期世代では雄が 9mm、雌が 10.7～14mm とされている。また、成熟最小形は、三河湾では雌が頭胸甲長 14mm、雄が 10mm とされている。体サイズの相対関係式（愛知県、周防灘、有明海）を用いて、生物学的最小形の長期世代の雄の頭胸甲長 11mm より体長を推定するとおおよそ 41mm となり、さらに額角長として約 10mm を足すと、全長はおおよそ 51mm 程度と推定される。したがって、生物学的最小形の全長は 50mm 程度であることが想定されるため、供試個体の全長 40～81mm は「未成体～成体」として扱うものとした。

1990 年の実験結果では、1L 容器に 1 尾収容し、埋在基質として砂を敷き、水温 20℃、18-123ml/min で貧酸素水を給水した場合、16-19%の酸素飽和度で供試サルエビの半数が斃死したのに対し、24-30%では 24 時間後にも全個体が生存したとされている。なお 1989 年に実施した実験については、著者は D0 濃度だけでなく収容過多により斃死が発生しやすくなっていたことを推察しており、この実験結果については採用しないこととした。

1990 年の実験結果より、曝露時間 24 時間で期間平均 D0 濃度が 2.0mg/L(平均飽和度 27%)では斃死率 0%、1.3mg/L(17.5%)では斃死率 50%であった。これらの期間平均 D0 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 1.9mg/L が得られた。(水温 20℃)



#### 1) 行動異常・生理的变化に係る影響

実験文献からサルエビの行動異常に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

#### 2) 現場観測文献

現場観測文献からサルエビの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたサルエビの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	1.9mg/L[文献 093]	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・稚エビの生存	なし	なし
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	なし	なし

#### 1) 生息目標値

実験文献からは、[文献 093] より、サルエビの未成体～成体の生存に係る DO 耐性評価値として 1.9mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げ、2mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献から未成体～成体の生存に係る DO 耐性評価情報は得られていないため、実験文献との比較は行わなかった。

以上より、サルエビの生息目標値を 2mg/L とした。

#### 2) 再生産目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれから、幼生・稚エビの生存及び未成体～成体の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性情報が得られなかったため、サルエビの再生産目

標値は設定できなかった。

### 3) サルエビの底層 DO 目標値

サルエビの底層 DO 目標値は、生息目標値として 2mg/L が設定された。再生産目標値は設定できなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	2mg/L	実験文献 093
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	—	—

## 12. ガザミ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

ガザミの低 DO 耐性に係る実験文献として 2 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
016	Occurrence and Hypoxic Tolerance of the Juvenile <i>Metapenaeus ensis</i> at the Mouth of the Yodo River, Osaka	Susumu Yamochi, Hiroyuki Ariyama, and Masaki Sano	1995	25°C	24時間
062	広島湾の貧酸素と硫化水素がガザミ幼生の初期発達段階に及ぼす影響	姜柱賛, 松田治, 山本民次	1993	20.5-22.3°C	72時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) DO 耐性評価値の導出

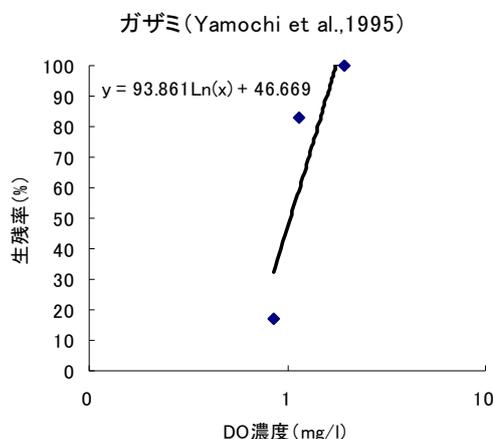
#### 1) 実験文献

##### 7) 生死に係る影響

[文献 016] は DO 濃度の異なる複数の実験区（流水式・水温 25°C）でガザミ（甲幅 47-68mm）を 24 時間曝露し、その DO 耐性を明らかにした実験である。

ガザミの発育段階については、水産生物の生活史と生態（日本水産資源保護協会，1985）によると、雌の生物学的最小形は全甲幅で 13cm とされている。また、愛媛水試ら（1985）によると、全甲幅 130～180mm（C12～）を成ガニとしている。したがって供試個体は「成体」として扱うものとした。

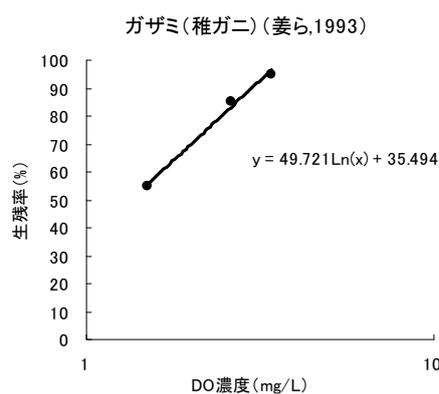
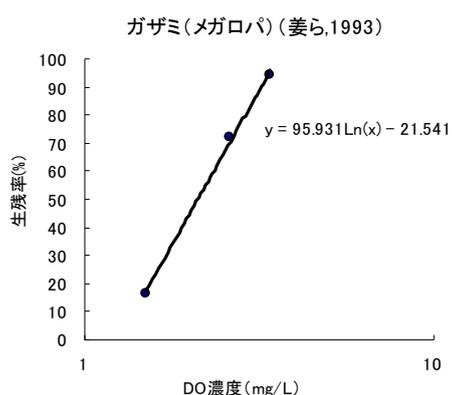
実験結果によると、曝露時間 24 時間で期間平均 DO 濃度が 1.9mg/L(1.35ml/L)では斃死率 0%、1.1mg/L(0.80ml/L)では斃死率 17%、0.9mg/L(0.60ml/L)では斃死率 83%であった。これらの期間平均 DO 濃度より片対数プロットにより LC5 を求めると約 1.7mg/L が得られた。（水温 20°C）



[文献 062] は貧酸素と硫化水素がガザミ（ゾエア、メガロパ、稚ガニ）の生残に及ぼす影響をみた実験である。供試個体のうち、稚ガニ期の体サイズについては明記されていないが、そのまま「稚ガニ」として扱うものとした。

この実験では、対照区の斃死率がゾエア 20%、メガロパ 10%、稚ガニ 0%であった。そこで、Abbott 法 (Abbott, 1925) による斃死率の補正を行い、その補正した結果から片対数プロットにより LC5 の導出を試みた。その結果、ゾエアについては、補正しても斃死率 5%以下を示した D0 濃度区のデータが得られないため、LC5 の導出は行わなかった。メガロパについては、補正後の斃死率より LC5 として 3.4mg/L が得られた。稚ガニについては、LC5 として 3.3mg/L が得られた。メガロパ及び稚ガニの D0 耐性はほとんど差が無いことが想定されるが、わずかに高いメガロパの LC5 である 3.4mg/L を採用した。

発育段階	各 D0 濃度における斃死率 (72 時間曝露)			片対数プロットによる LC5
	実験 D0 濃度	補正前	補正後	
ゾエア	1. 5mg/L	100%	100%	導出不可
	2. 6mg/L	87%	84%	
	3. 4mg/L	50%	38%	
	7. 3mg/L(対照区)	20%	—	
メガロパ	1. 5mg/L	85%	83%	LC5 3.4mg/L (補正後) LC15 3.4mg/L (補正前のデータを用いて算出)
	2. 6mg/L	35%	28%	
	3. 4mg/L	15%	6%	
	7. 3mg/L(対照区)	10%	—	
稚ガニ	1. 5mg/L	45%	補正しない	LC5 3.3mg/L
	2. 6mg/L	15%		
	3. 4mg/L	5%		
	7. 3mg/L(対照区)	0%		



#### 1) 行動異常に係る影響

実験文献からガザミの行動異常及び生理的变化に係る D0 耐性評価値は得られなかった。

## 2) 現場観測文献

現場観測文献からガザミの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

## (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたガザミの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	1.7mg/L[文献 016]	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・稚ガニの生存	3.4mg/L[文献 062]	なし
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	なし	なし

### 1) 生息目標値

実験文献からは、[文献 016] より、ガザミの未成体～成体の生存に係る DO 耐性評価値として 1.7mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 2mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献から未成体～成体の生存に係る DO 耐性評価情報は得られていないため、実験文献との比較は行わなかった。

以上より、ガザミの生息目標値を 2mg/L とした。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 幼生・稚ガニの生存

実験文献からは、[文献 062] より、ガザミの幼生・稚ガニの生存に係る DO 耐性評価値として 3.4mg/L が得られた。したがってこの値を切り上げた 4mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献から幼生・稚ガニの生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、実験文献との比較は行わなかった。

#### イ) 未成体～成体の行動異常

実験文献からは、ガザミの成体、未成体の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

#### ウ) ガザミの再生産目標値の決定

未成体～成体の行動異常に係る DO 耐性評価値は得られていないため、幼生・稚ガニの生存に係る DO 耐性評価値として得られた 4mg/L を採用し、ガザミの再生産目標値を

4mg/L と設定した。

### 3) ガザミの底層 DO 目標値

ガザミの底層 DO 目標値は、生息目標値として 2mg/L、再生産目標値として 4mg/L が設定された。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	2mg/L	実験文献 016
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	4mg/L	実験文献 062

## 13. シャコ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

#### 2) 現場観測文献

シャコの低 DO 耐性に係る現場観測文献として 3 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	調査地
002	東京湾における低酸素水域の分布と小型底びき網の漁獲量の関係	小林良則	1993	東京湾
013	Effects of hypoxia on early life history of the stomatopod <i>Oratosquilla oratoria</i> in a coastal sea	K. Kodama, T. Horiguchi, G. Kume, S. Nagayama, T. Shimizu, H. Shiraishi, M. Morita and M. Shimizu	2006	東京湾
106	東京湾におけるシャコ幼生の発生に伴う分布の変化	大富潤, 風呂田利夫, 川添大徳	2006	東京湾

### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

実験文献からシャコの生存、行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

#### 2) 現場観測文献

[文献 002] は東京湾の溶存酸素量の分布状態と標本船調査によるシャコの漁獲状況の間どのような関係があるか明らかにしたものである。著者は、DO コンター図と漁場メッシュ図の漁獲位置との重ね合わせより、2~3ml/L の漁区でシャコ（成体）の漁獲集中がみられ、生息域から逃避する溶存酸素量の限界値はおおよそ 2ml/L と述べている。従って、2ml/L 以上であれば生息可能とみなし、mg/L 単位に換算して 2.9mg/L を導出した。

[文献 013] は東京湾の貧酸素水塊が稚シャコに与える影響について明らかにしたものである。著者は、調査結果より、稚シャコは 9 月まで湾内では出現が確認されず、10 月になると東京湾の東側で稚シャコが出現し始めたが、DO が 2ml/L 以下の貧酸素化したエリアでは確認されなかったとされている。なお、著者は CART 分析を行い、稚シャコが生存できる DO の閾値として 2.78ml/L を算出しているが、生息可能な DO 濃度の下限値として扱うことが可能か判断できないため、この値は採用しなかった。従って、図表及び文中で述べられている 2ml/L を稚シャコが生息可能な DO 濃度の境界値とし、これを mg/L 単位に換算して 2.9mg/L を導出した。

[文献 106] は発生直後から着底直前までの各ステージのシャコ幼生について、東京湾内での分布の変化を明らかにしたものである。幼生のステージ別の分布プロットと水質測定結果との対比（文献内 Fig. 5）では、浮遊期第 1 期に相当する StageⅢは D02.5mg/L 以上で出現密度が高く、D01.5mg/L 未満ではほとんど出現しなかったが、着底を間近に控えた最終幼生期 (StageXI) の幼生は、D02.5mg/l 以上で出現密度が高かったが、D02.0mg/l 未満でも出現したことが示されている。

以上より、着底直前の幼生が生息可能な D0 濃度として 2.0mg/L を導出した。

### (3) 底層 D0 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたシャコの D0 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 D0 目標値を設定した。

得られた D0 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	なし	2.9mg/L[文献 002]
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・稚シャコの生存	なし	2.9mg/L[文献 013] 2.0mg/L[文献 106]
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	なし	なし

#### 1) 生息目標値

##### ア) 実験文献における D0 耐性評価値

実験文献からシャコの未成体及び成体の生存に係る D0 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは、未成体及び成体の生存に係る D0 耐性評価値として、[文献 002] より 2.9mg/L が得られた。したがって、この 2.9mg/L を切り上げ、3mg/L を D0 耐性評価値とした。

以上より、シャコの生息目標値を 3mg/L と設定した。

#### 2) 再生産目標値

##### ア) 幼生・稚シャコ期

実験文献からシャコの幼生・稚シャコの生存に係る D0 耐性評価値は得られなかった。

現場観測文献からは、幼生・稚シャコの生存に係る D0 耐性評価値として [文献 013] より 2.9mg/L、[文献 106] より 2.0mg/L が得られた。いずれの値も夏季～秋季の幼生・稚シャコが多く出現する時期の値であり、水温条件等の要素には大きな差は無いと考えられる。従って、このうち、最も高い D0 濃度である [文献 013] の 2.9mg/L を採用し、この値を切り上げた 3mg/L を D0 耐性評価値とした。

1) 未成体～成体の行動異常

実験文献から、シャコの成体、未成体の行動異常及び生理的变化に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

2) シャコの再生産目標値の決定

稚シャコの生存に係る DO 耐性評価値である 3mg/L より、シャコの再生産目標値は 3mg/L と設定した。

3) シャコの底層 DO 目標値

シャコの底層 DO 目標値は以下のとおりである。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	現場観測文献 002
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	3mg/L	実験文献 013

## 14. サルボウガイ

### (1) 致死時間に関する情報

サルボウガイについて、以下の1文献から致死時間（LT）に関する情報が得られた。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
066	宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性	中村幹雄,品川明,戸田顕史,中尾繁	1997	25℃	14日間

[文献 066] は、サルボウガイ（殻長  $13.6 \pm 1.6$ mm）を供試個体とし、無酸素（0.05mg/L）における生存個体数の推移をみた実験である。

実験結果によると、水温 25℃、無酸素（0.05mg/L）の状態における LT50 は 10 日目、LT100 は 11 日目であった。対照区（酸素飽和状態）では 14 日間経過しても斃死個体はみられなかった。また、同文献においては、夏季に貧酸素水塊が湖底のほぼ全体を占める中海においては、サルボウガイは採集されず（沢村ら，1991）、貧酸素水塊が形成されない沿岸の水深 1～2m の狭い砂礫質の場所にのみ生息していること（中村，未発表）が述べられている。

以上のことから、サルボウガイは 25℃で 96 時間以内であれば無酸素（0.05mg/L）でも斃死がみられず、低 DO 耐性が高い種であると考えられる。一方で、夏季に恒常的長期的に無酸素状態近くになる中海の中心部の湖底ではサルボウガイは生息していないことから、貧酸素化した状態が長期的に継続する海域（水域）においては、サルボウガイの生息状況が悪化することが明らかとなった。

## 15. ヤマトシジミ

## (1) 致死時間に関する情報

## 1) 実験文献

ヤマトシジミについて、以下の2文献から致死時間 (LT) に関する情報が得られた。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
041	ヤマトシジミの貧酸素耐性	中村幹雄, 品川明, 戸田顕史, 中尾繁	1997	28°C	96時間
066	宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性	中村幹雄, 品川明, 戸田顕史, 中尾繁	1997	25°C	14日間

[文献 041] はヤマトシジミの貧酸素耐性を明らかにするために3種類の実験を行っているものである。実験Ⅰは稚貝(殻長  $3.1 \pm 0.31\text{mm}$ ) と成貝(殻長  $16.4 \pm 1.50\text{mm}$ ) を供試個体として水温別 (10°C、20°C、30°C) の無酸素耐性を明らかにしたものである。実験Ⅱは成貝 ( $19.7 \pm 1.94\text{mm}$ ) を供試個体として止水条件 (水温 20°C、30°C) での呼吸による DO 濃度の減少に伴う貧酸素耐性について明らかにしたものである。実験Ⅲは成貝 (殻長  $20.7 \pm 1.37\text{mm}$ ) を供試個体として高水温時 (28°C) の低酸素濃度における生残個体数の経時的变化を調べたものである。このうち、実験Ⅱは止水条件で酸素濃度が一定ではなく、斃死を引き起こす DO 濃度を読み取ることはできないため、採用しないこととした。

実験Ⅰでは、無酸素条件下 (0.05mg/L 未満) に曝露された場合、水温 20°C では 13 日目に成貝 1 個体が死亡、稚貝は死亡ゼロだが、水温 30°C では成貝は 4 日目まで死亡ゼロ・LT50 は 8 日目、稚貝は 3 日目まで死亡ゼロ・LT50 は 5 日目との結果が得られている。また、著者は、無酸素耐性は稚貝と成貝で大きな差異は認められないと述べている。実験Ⅲでは、水温 28°C、DO 濃度が異なる 6 実験区 (0.05 未満、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0mg/L) でそれぞれ 30 日間曝露しており、30 日間の飼育期間では DO 濃度 1.5mg/L 以上の実験区で斃死個体がゼロとされている。無酸素では LT50 は 11 日目、LT100 は 13 日目、0.5mg/L では LT50 は 14 日目、LT100 は 17 日目、1.0mg/L では LT50 は 16 日目、LT100 は 20 日目であった。また、著者は、実験Ⅲの結果より、ヤマトシジミが生存するための DO 濃度の最小レベルは、水温 28°C で 10 日間以内であれば 0.5~1.0mg/L とと思われるが、30 日以上であれば 1.0~1.5mg/L の間にあると推定している。

[文献 066] では、ヤマトシジミ (殻長  $16.3 \pm 1.6\text{mm}$ ) を供試個体とし、無酸素 (0.05mg/L) における生存個体数の推移をみた実験である。

実験結果によると、水温 25°C、無酸素 (0.05mg/L) の状態における LT50 は 13 日目、LT100 は 14 日目であった。対照区 (酸素飽和状態) では 14 日間経過しても斃死個体はみられなかった。また、宍道湖では夏季の溶存酸素飽和度が 4% 以下の 4m 以深の水深には全く生息していなかったが (Yamamuro M. et al., 1990 ; 園田ら, 1991)、飽和度が 50% 以上の 2m 以浅の場所では 1 m<sup>2</sup>あたり 1000 個体以上が生息していたこと (中村ら, 1996)

が述べられている。

以上のことから、ヤマトシジミは 25℃で 96 時間以内であれば無酸素 (0.05mg/L) でも斃死がみられず、低 DO 耐性が高い種であると考えられる。一方で、夏季に恒常的長期的に無酸素状態近くになる宍道湖の中心部の湖底ではヤマトシジミは生息していないことから、貧酸素化した状態が長期的に継続する海域 (水域) においては、ヤマトシジミの生息状況が悪化することが明らかとなった。

## 16. アサリ

## (1) 致死時間に関する情報

アサリについて、以下の3文献から致死時間（LT）に関する情報が得られた。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
066	宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性	中村幹雄,品川明,戸田顕史,中尾繁	1997	25℃	14日間
082	青潮によるアサリへい死原因について 貧酸素水および硫化物の影響	柿野純	1982	約24℃	120～168時間
117	貧酸素水と硫化水素水のアサリへのい死に与える影響	萩田健二	1985	20℃	96時間

[文献 066] は、アサリ（殻長  $28.3 \pm 2.5\text{mm}$ ）を供試個体とし、無酸素（ $0.05\text{mg/L}$ ）における生存個体数の推移をみた実験である。

実験結果によると、水温  $25^\circ\text{C}$ 、無酸素（ $0.05\text{mg/L}$ ）の状態における LT50 は2日目、LT100 は4日目であった。対照区（酸素飽和状態）では14日間経過しても斃死個体はみられなかった。また、同文献においては、夏季に貧酸素水塊が湖底のほぼ全体を占める中海においては、アサリは採集されず（沢村ら，1991）、貧酸素水塊が形成されない沿岸の水深1～2mの狭い砂礫質の場所のみ生息していること（中村，未発表）が述べられている。また、同文献による硫化水素耐性実験も実施しており、その硫化水素無添加の対照区（D0濃度  $1\text{mg/L}$ ）では、14日間経過時点で斃死個体はみられなかった。

以上のことから、アサリは  $25^\circ\text{C}$  で無酸素（ $0.05\text{mg/L}$ ）の条件下ではLTが2日目であり、無酸素では96時間以下の短時間の曝露でも斃死がみられることが明らかとなった。また、 $1\text{mg/L}$  では少なくとも14日間は斃死しないが、さらに長期間  $1\text{mg/L}$  程度のD0濃度が継続した場合の生残状況については不明であること、夏季に恒常的長期的に無酸素状態近くになる中海の中心部の湖底でもアサリは生息していないことから、貧酸素化した状態が長期的に継続する水域においては、アサリの生息状況が悪化すると考えられる。

[文献 082] では、水温  $24^\circ\text{C}$ 、実験開始時のD0濃度が  $0.63 \sim 0.80\text{ppm}$  の範囲では、96時間後からへい死が始まり、120時間後（3、4区）には  $80 \sim 100\%$  へい死し、144時間後の実験区はその日までに全個体がへい死した（実験Ⅰ）。水温  $24.2 \sim 25.3^\circ\text{C}$ 、実験開始時のD0濃度が  $0.22 \sim 0.49\text{ppm}$  の範囲では、48時間後からへい死が始まり、120時間経過した区は全個体がへい死した（実験Ⅱ）。

[文献 117] では、水温  $20^\circ\text{C}$ 、溶存酸素量  $0.36\text{mg/L}$  以下、96時間の曝露で、実験終了時の96時間（D0  $0.33\text{mg/L}$ ）で全数が生残していた。硫化水素水区では、硫化物量  $3.7\text{mg/L}$ 、96時間、無酸素の曝露で、96時間で80%がへい死した。

## 17. サザエ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

サザエの低 DO 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
248	サザエの酸素摂取	山元憲一,河原邦昌,藤井淳	1997	13℃、 19℃、 28℃	7時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) DO 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

実験文献からサザエの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

##### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 248] は、サザエ（成貝）を供試個体とし、酸素飽和及び低酸素条件下における酸素摂取量、酸素利用率、換水率等を調べた文献である。酸素摂取量は 13±0.1℃、19±0.1℃、28±0.1℃の実験で水温が高いほど大きな値を示し、酸素摂取量が減少に転じた時の環境水中の溶存酸素も 13℃で酸素飽和度 27%、19℃で 44%、28℃で 68%と水温が高いほど大きな値を示した。このうち、最も高い水温設定は 28℃の実験結果を採用し、酸素摂取量が正常状態から減少に転じた時の環境水中の酸素飽和度を 68%とみなした。この値を水温 28℃、塩分 35psu で mg/L 単位に換算し、4.4mg/L を導出した。

#### 2) 現場観測文献

現場観測文献サザエの生存に係る DO 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 DO 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたサザエの DO 耐性評価値は以下のとおりである。この数値を元に底層 DO 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	なし	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・幼体の生存	なし	なし
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	4.4mg/L[文献 248]	なし

### 1) 生息目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれからとも、未成体～成体の生存に係る DO 耐性評価値が得られなかった。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 幼生・幼体

実験文献及び現場観測文献のいずれからとも、幼生・幼体の生存に係る DO 耐性評価値が得られなかった。

#### イ) 未成体～成体の行動異常

[文献 248] より、サザエの成体の生理的变化に係る DO 耐性評価値として 4.4mg/L (水温 28.0℃) が得られた。したがってこの値を切り上げた 5mg/L を DO 耐性評価値とした。

現場観測文献から成魚・未成魚の行動異常に係る DO 耐性評価情報は得られていないため、実験文献との比較は行わなかった。

#### ウ) サザエの再生産目標値の決定

幼生・幼体の生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、成体の生理的变化の観点から得られた DO 目標値（候補）の 5mg/L を採用し、サザエの再生産目標値を 5mg/L と設定した。

### 3) サザエの底層 DO 目標値

サザエの底層 DO 目標値は、再生産目標値として 5mg/L が設定された。生息域の確保のための底層 DO 目標値は設定できなかった。

目標の種類	DO 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 DO 目標値	—	—
再生産の場の確保のための底層 DO 目標値	5mg/L	実験文献 248

## 18. マナマコ

### (1) 文献の内容の精査・整理

#### 1) 実験文献

マナマコの低 D0 耐性に係る実験文献として 1 文献を採用した。

文献No.	文献タイトル	著者	発行年	水温	曝露時間
161	マナマコの酸素消費に及ぼす低酸素と水温の影響	山元憲一	1992	9.9℃、 14.0℃、 18.0℃	6時間

#### 2) 現場観測文献

目標設定に用いることが可能な文献は収集されなかった。

### (2) D0 耐性評価値の導出

#### 1) 実験文献

##### ア) 生死に関する影響

実験文献からマナマコの生存に係る D0 耐性評価値は得られなかった。

##### イ) 行動異常・生理的变化に関する影響

[文献 161] は、マナマコ（成体）を供試個体として、水温 9.9℃、14.0℃、18.0℃ の 3 段階の水温条件下における D0 の低下に伴う酸素消費量の変化を調べた文献である。同文献において水温を変化させた時の酸素消費量の変化についても実験を行っており、酸素消費量は 9.9℃～23.0℃にかけて増加し、23.0℃で最大を示し、さらに上昇すると酸素消費量は減少したことが明らかにされている。従って、D0 低下実験における水温条件については、9.9℃、14.0℃、18.0℃の 3 段階の中で最も酸素消費量が大きいと考えられる 18.0℃の実験結果について整理した。

マナマコの酸素消費量は、水温 18.1℃では酸素飽和度  $101.1 \pm 0.2\%$  (溶存酸素量  $5.71 \pm 0.01\text{ml/L}$ ) の正常状態で  $0.0000898 \pm 0.0000065\text{ml/min}\cdot\text{kg}$  を示し、酸素飽和度  $38.1 \pm 0.2\%$  ( $2.14 \pm 0.02\text{ml/L}$ ) に低下するまではほぼ正常状態での値を維持した。さらに低下すると著しく減少して  $10.7 \pm 0.5\%$  ( $0.60 \pm 0.03\text{ml/L}$ ) で  $0.0000308 \pm 0.0000062\text{ml/min}\cdot\text{kg}$  を示したと述べられている。著者の記述及び図より、酸素消費量が正常状態から減少に転じた時の環境水中の D0 濃度を  $2.14 \pm 0.02\text{ml/L}$  とみなした。この値を mg/L 単位に換算し、 $3.1\text{mg/L}$  を導出した。

#### 2) 現場観測文献

現場観測文献からマナマコの生存に係る D0 耐性評価値は得られなかった。

### (3) 底層 D0 目標値の設定

実験文献及び現場観測文献から得られたマナマコの D0 耐性評価値は以下のとおりであ

る。この数値を元に底層 D0 目標値を設定した。

得られた DO 耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	未成体～成体の生存	なし	なし
2) 再生産の場の確保	ア) 幼生・幼体の生存	なし	なし
	イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化	3.1mg/L[文献 161]	なし

### 1) 生息目標値

実験文献及び現場観測文献のいずれからも、未成体～成体の生存に係る DO 耐性評価値が得られなかった。

### 2) 再生産目標値

#### ア) 幼生・幼体

実験文献及び現場観測文献のいずれからも、幼生・幼体の生存に係る DO 耐性評価値が得られなかった。

#### イ) 未成体～成体の行動異常・生理的变化

[文献 161] より、マナマコの成体の行動異常に係る DO 耐性評価値として 3.1mg/L (水温 18.0℃) が得られた。したがってこの値を切り上げた 4mg/L を DO 耐性評価値とした。

#### ウ) マナマコの再生産目標値の決定

幼生・幼体の生存に係る DO 耐性評価値は得られていないため、成体の生理的变化の観点から得られた目標候補値の 4mg/L を採用し、マナマコの再生産目標値を 4mg/L と設定した。

### 3) マナマコの底層 D0 目標値

マナマコの底層 D0 目標値は、再生産目標値として 4mg/L が設定された。生息域の確保のための底層 D0 目標値は設定できなかった。

目標の種類	D0 目標値	根拠文献
生息域の確保のための底層 D0 目標値	—	—
再生産の場の確保のための底層 D0 目標値	4mg/L	実験文献 161