

## 関連する既往文献・調査等

## 1. 溶存酸素と水生生物の関係

魚介類等の水生生物の貧酸素耐性に関する既往文献・調査として、例えば、以下のような知見が得られている。

## 1 - 1 魚類に対する低溶存酸素濃度急性影響試験

湖沼に生息する淡水魚 3 種について、溶存酸素の 24 時間致死濃度を求めることを目的とし試験を実施した<sup>1</sup>。以下、供試魚種のひとつである、モツゴを例に紹介する。

## (1) 試験方法及び試験実施

## 1) 試験手法

当該試験は、原則として「OECD GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS Fish, Acute Toxicity Test (TG203) Adopted by the Council on 17th July 1992」(以下 OECD テストガイドライン TG203) に準拠して実施した。

## 2) 供試魚種

表 1 供試魚の詳細

供試魚	1) 和名及び学名	モツゴ ( <i>Pseudorasbora parva</i> )
	2) 区分、年齢	天然個体、年齢不明
	3) 全長	平均 59.6 mm (範囲: 47.7 ~ 68.2 mm) N=175
	4) 体重	平均 1.78 g (範囲: 0.94 ~ 2.76 g) N=175

## 3) 試験用水

試験用水には脱塩素水道水(水道水を活性炭処理し、残留塩素等を除去した後、水温を  $25 \pm 1$  に調温したもの)を使用した。

## 4) じゅん化

48 時間の観察期間に続いて、外見上異常がなく、正常と考えられる個体を選別して暴露開始前に少なくとも 7 日間以上、じゅん化するとともに死亡率を記録した。

<sup>1</sup> 環境省 (2012)

じゅん化後、異常のみられない個体から、極力大きさを揃えて供試魚を選別し、試験に用いた。

#### 5) 試験条件

試験条件は表 2、また、試験装置の概要は図 1 に示すとおりである。

試験水温については、夏季の自然界における水温を想定して、 $25 \pm 1$  以内とした。供試尾数は 25 尾/試験区とした。

表 2 試験条件

1) 暴露方式	循環式 (図 1 参照)
2) 暴露期間	24 時間
3) 試験液量 供試魚収容量	モツゴ : 115L/試験区、約 0.4 g /L
4) 連数	1 容器/試験区
5) 供試尾数	25 尾/試験区
6) 試験液循環量	10L/分
7) 試験水温	$25 \pm 1$
8) 照明	蛍光灯、14 時間明/10 時間暗
9) 溶存酸素濃度	飽和溶存酸素濃度の 60% 以上 (対照区のみ)
10) pH	6.0 ~ 8.5
11) 給餌	無給餌

#### 6) 溶存酸素濃度の調整

当該試験において試験系として使用した循環式試験装置の概略図を図 1 に示した。

試験水温に調温された試験用水 (試験液) を、試験容器とそれに併設された濃度調整容器の間でポンプにより常時循環させた。濃度調整容器において任意の流量の窒素ガス及び空気で連続的にばっ気することにより、溶存酸素濃度を安定的に調整した。

また、試験容器内の試験液表面には、気相からの酸素の溶解による濃度変化、試験液の蒸発及び供試魚の鼻上げによる呼吸を防ぐため、透明塩化ビニール製の板 (以下「塩ビ板」とする) を設置した。

なお、対照区においては溶存酸素濃度を飽和状態に保つため、空気のみでばっ気した。

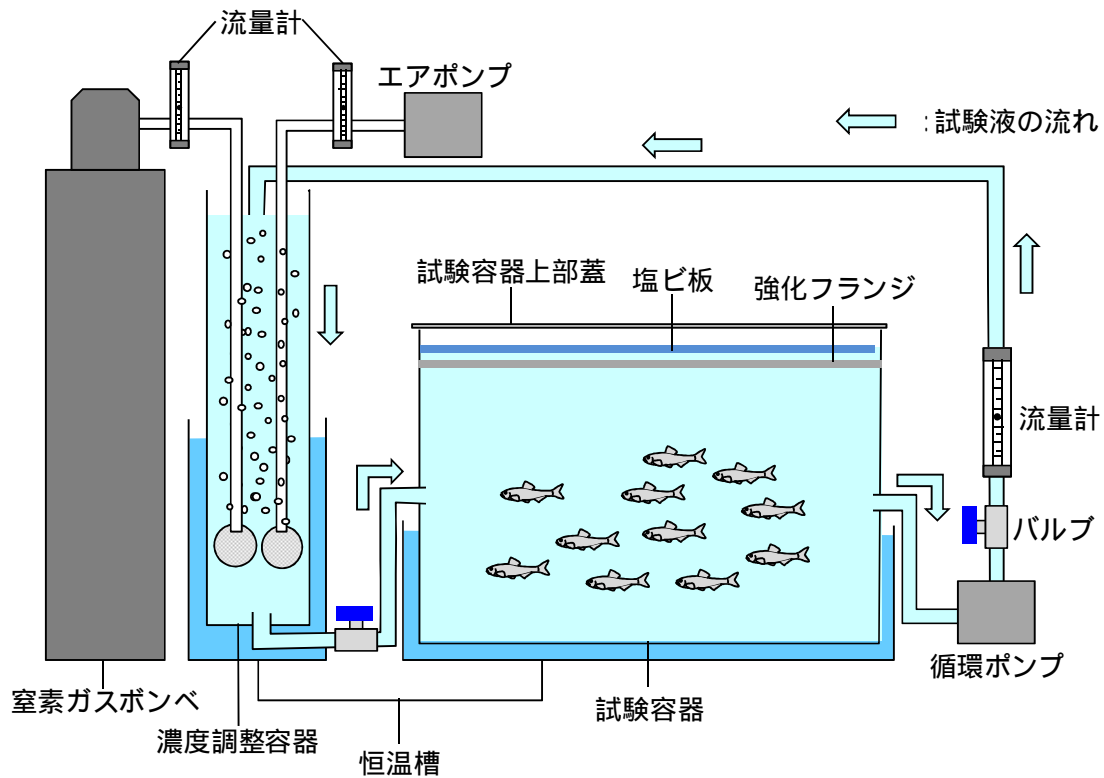


図 1 試験装置の概略図

## (2) 結果整理

各観察時間における生存尾数及び生存率を表 3 に、24 時間経過時における濃度 - 生存率曲線を図 2 に示した。

試験終了時 (24 時間経過時) における対照区の生存率は 100% であり、OECD テストガイドライン TG203 で定められた試験の有効性を判断する基準 (対照区の死亡率が試験終了時に 10% を超えない) を満たした。

表 3 各観察時間における生存尾数及び生存率 (モツゴ)

単位：尾数・(%)

濃度区	対照区	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4	試験区5	試験区6
平均濃度	8.31mg/L	2.38mg/L	1.88mg/L	1.37mg/L	1.05mg/L	0.81mg/L	0.66mg/L
開始時	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)
1時間後	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	24(96)	23(92)
3時間後	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	22(88)	12(48)
6時間後	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	25(100)	20(80)	4(16)
12時間後	25(100)	25(100)	25(100)	24(96)	25(100)	14(56)	0(0)
24時間後	25(100)	25(100)	25(100)	24(96)	22(88)	5(20)	0(0)

注：平均濃度は、実測濃度の時間加重平均値を示した。

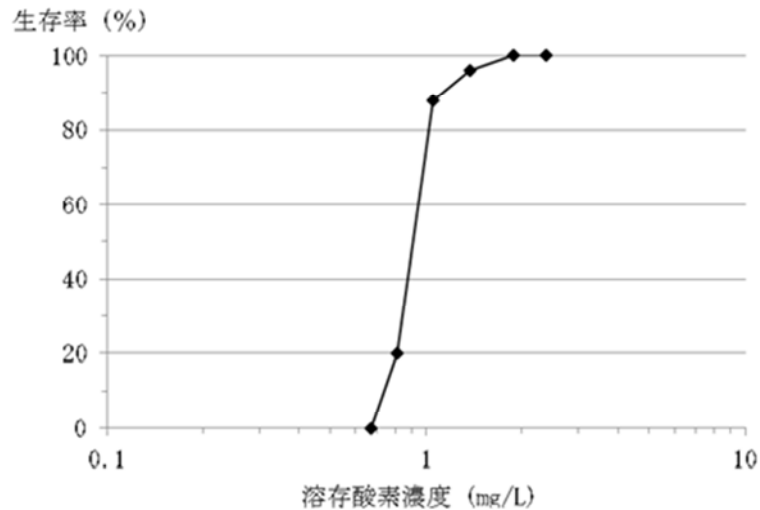


図2 24時間経過時における濃度-生存率曲線 (モツゴ)

## 1 - 2 魚介類の再生産に関する知見

U.S.EPA (2000)<sup>2</sup> において、魚介類等の貧酸素耐性について、知見の集積を図っている。図3は、知見が得られている全魚類のうち、 $LC_{50}$  が求められているデータを、発育段階別に抽出した (暴露時間が24時間以下の結果を抽出した)。この結果では、仔魚 (*Clupea harengus* ニシン科の魚類、暴露時間6hr) の $LC_{50}$  の最大値は2.8mg/L、未成魚 (*Mendia mendia* トウゴロウイワシ科の魚類、暴露時間6hr) の最大値は2.1mg/Lであり、 $LC_{50}$  の最大値の差は0.7mg/Lである。

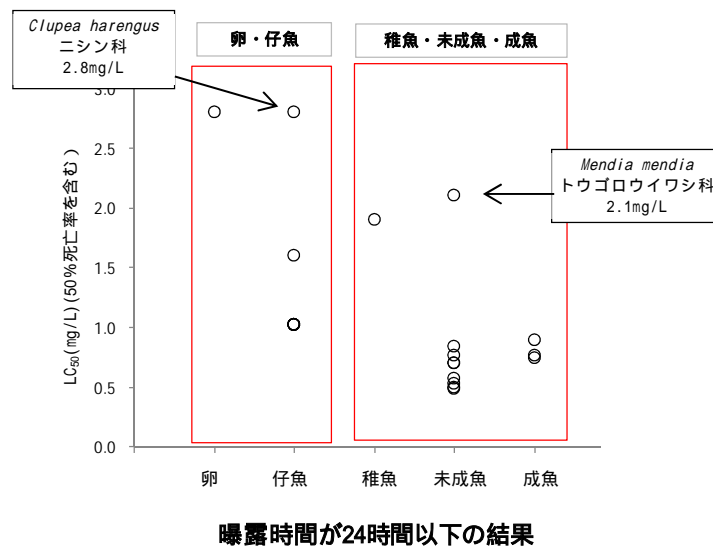
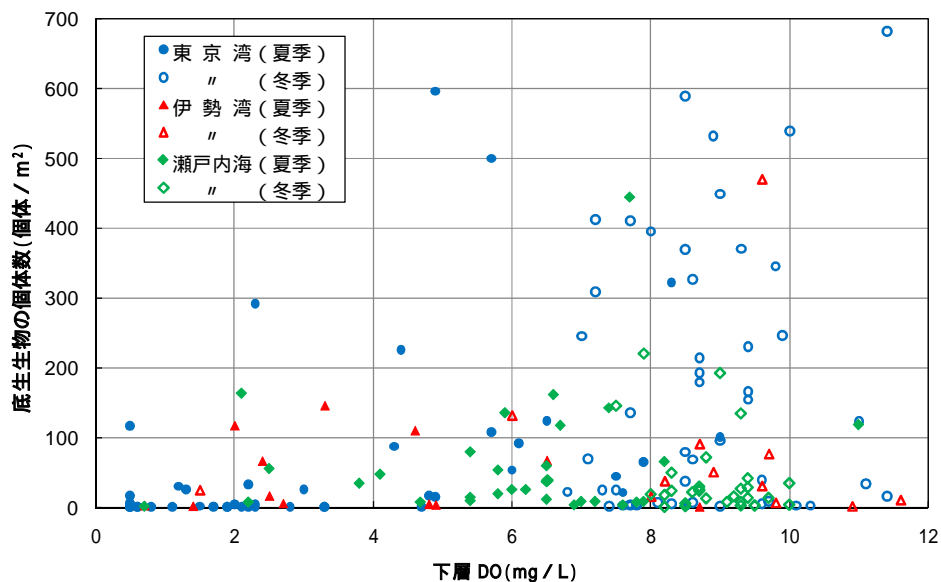


図3 発育段階別の  $LC_{50}$

2. U.S.EPA(2000) Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen(Saltwater): Cape Cod to Cape Hatteras

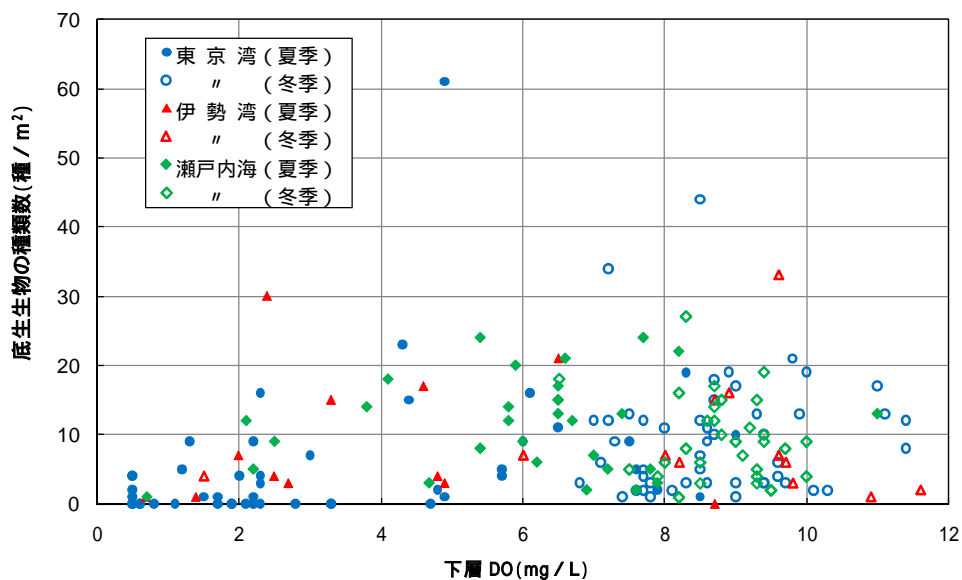
## 1 - 3 下層 D O と底生生物の関係

環境省の広域総合水質調査の結果では、夏季に下層 D O が低下した海域では、底生生物の個体数及び種類数が少なくなる状況が確認されており、貧酸素水塊の発生が、底生生物の生息に影響を及ぼしていると考えられる（図 4、図 5）。



備考) 上図は、平成 15 ~ 20 年度の広域総合水質調査（環境省）において、同一地点で下層 D O と底生生物とを測定した結果を散布図として示したものである。

図 4 指定水域における下層 D O と底生生物の個体数との関係



備考) 上図は、平成 15 ~ 20 年度の広域総合水質調査（環境省）において、同一地点で下層 D O と底生生物とを測定した結果を散布図として示したものである。

図 5 指定水域における下層 D O と底生生物の種類数との関係

## 2. 透明度と水生植物の関係

## 2-1 水生植物の生育に必要な光量

水生植物の生育に必要な光量は、例えば、以下のような知見が得られている。ここでは、アマモに関する文献のうち一例を紹介する。

項目	概要
対象水域	対象水域： 山口県岩国市地先海域（図 1 参照） 周辺状況： 岩国市内を東西に流れる錦川が河口付近で今津川と門前川に分流 河口を中心に干潟が発達し、干潟の縁辺部からその沖合にかけてアマモ場が分布
調査方法	調査期間： 2000 年 12 月～2001 年 10 月 調査頻度： 1～2 か月ごとに水中光量を観測 観測機器： 海底設置型のワイパー付光量子計（三洋測器社製：MPQ-1） 設置条件： アマモ場の外縁から 2m 程度離れた場所に設置 光量子計は、実生などの新規加入株の受光量を測定するために、受光部の高さが海底から約 20cm の位置となるように固定 設置期間： 約 2～3 週間設置し、10 分毎に自動観測 維持管理： 1 時間に 1 回ワイパーを作動して光量子センサーを清掃
調査結果	・アマモの分布下限水深の日積算光量（図 2 参照） 日積算光量の月平均： $0.9 \pm 0.4 \sim 6.6 \pm 2.7 \text{ mol/m}^2/\text{d}$ 日積算光量の年間平均： $3.3 \text{ mol/m}^2/\text{d}$ （水深 4m（原記載 D.L.-2m より換算））

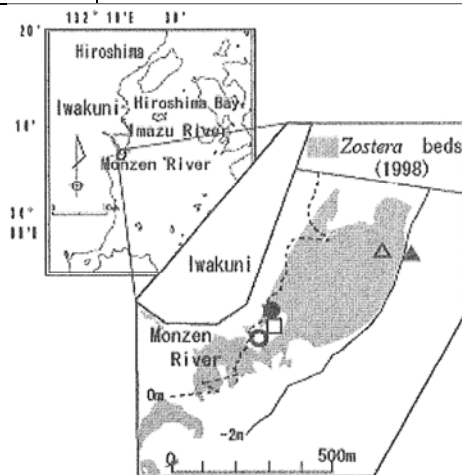


Fig. 1 Location map of the study area on the coast of Iwakuni in western Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea, Japan. ●(vegetated), ○(unvegetated); measuring sites of sand movement, ▲; measuring sites of light intensity, △; sampling site of sediment deposition on leaves, □; transplantation site.

図 1 対象水域

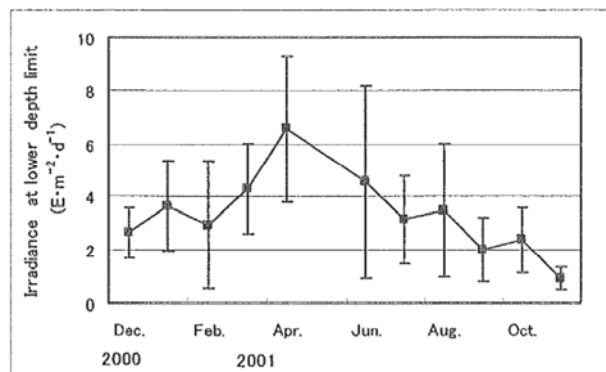


Fig. 2 Seasonal changes in irradiance at lower depth limit of eelgrass bed.

図 2 調査結果

出典：平岡喜代典，杉本憲司，太田誠二，寺脇利信，岡田光正(2005)葉上浮泥による光量低下と砂面変動がアマモ場の分布に及ぼす影響 - 広島湾でのケーススタディ - ,水環境学会誌 ,Vol.28 ,No.4 ,pp.257-261

## 2 - 2 水生植物の生育に必要な光量と透明度

式(1)(Lambert-Beerの法則)は、ある深度の水中光量が算定でき、また、水生植物の分布下限水深における光量の推定にも用いられている(石川ら 1988、神奈川県環境農政部水産課 2006、Dennison W.C. et al.1987)。

$$A = B \cdot \exp(-kz) \quad (1)$$

(A: 水深 z における水中光量、B: 水面直下の水中光量、k; 減衰係数)

そこで、必要透明度の算定は以下のように求めることができる。

まず、前述したような既往知見から水生植物の生育に最低限必要な光量 A を求め、また、水面直下に透過する光強度 B が得られれば、水生植物の生育を確保すべき分布下限水深 z (m) における光の減衰係数が求められる(式2)。

$$k = -\frac{1}{z} \ln(A/B) \quad (2)$$

また、減衰係数と透明度は、式(3)<sup>3</sup>に従い、既往調査等から定数(D)を設定することができれば、得られた光の減衰係数 k をもとに、確保すべき分布下限水深 z (m) における必要透明度 Tr (m) を算定することができる。

$$Tr = D/k \quad (3)$$

(D: 定数 Tr: 透明度)

## 2 - 3 透明度と藻場の関係

KOMATSU<sup>4</sup>によると、1924年における瀬戸内海味野湾のアマモ場は1,047ha(味野湾の面積の41%)に達していた。この面積は、1977年は161haと減少し、1991年は710haにやや回復した。その時の味野湾近傍の透明度(Station A及びB)は、1921年~1955年まで6m以上であったが、1976年は最低値を記録し、1992年はやや回復した。

3. Poole, H. H. and W. R. G. Atkins. (1929) Photo-electric measurements of sub-marine illumination throughout the year. Jour. Mar. Biol. Assoc. U. K. 16, pp297-324.

4. KOMATSU, T. (1997) Long-term change in the *Zostera* bed area in the Seto Inland Sea (Japan), especially along the coast of the Okayama Prefecture, *Oceanologia Acta.*, 20, 209-216

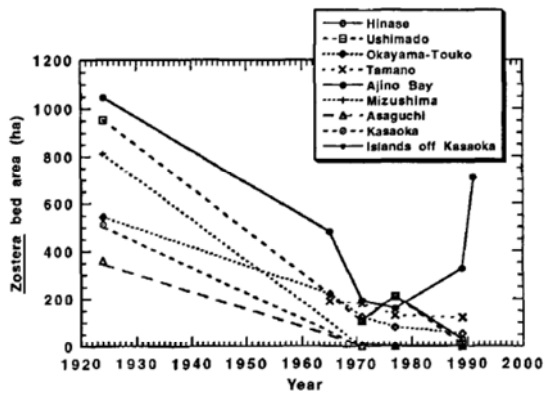


Figure 7  
Chronological change in *Zostera* bed area by district in the waters of the Okayama Prefecture from 1924 to 1991 (data source: see text).

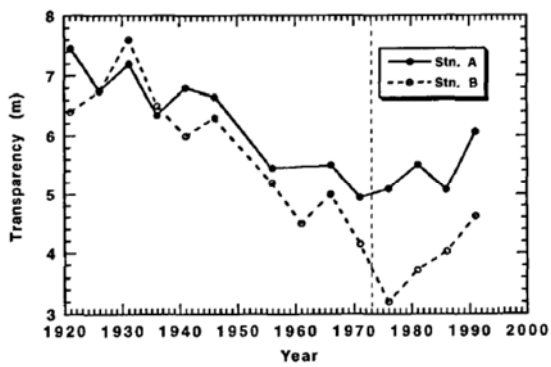
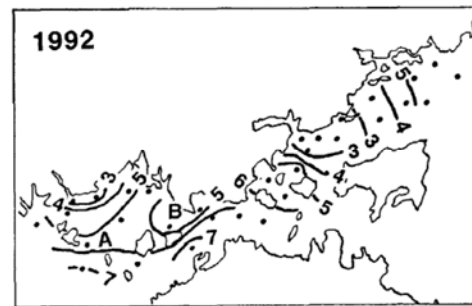
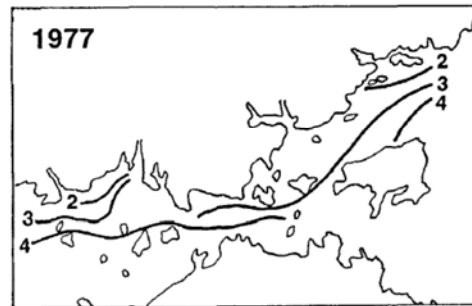
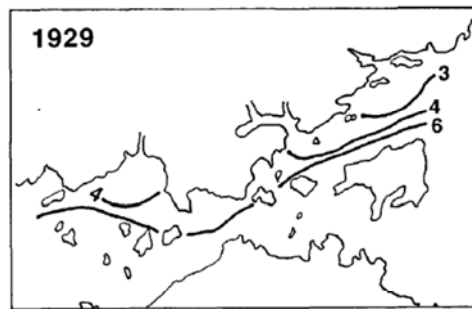


Figure 10  
Chronological change in transparencies of five years average at Stations A. and B (see Figure 9) in the months between February and April from 1921 to 1991 (data source: see text). The vertical dashed line signifies the year when the law on the environmental conservation of the Seto Inland Sea was enacted.

ZOSTERA BEDS IN SETO INLAND SEA



Transparency (m)

Figure 9  
Horizontal distributions of transparency averaged in the months between February and April in a growing season of *Zostera marina* in the waters of the Okayama Prefecture in 1929, 1977 and 1992 (data source: see text). Stations A and B are shown in the lowest panel.