諫早湾底泥の酸素消費速度

李 洪源¹・松永 信博²

¹学生会員 九州大学大学院総合理工学府博士後期課程 大気海洋環境システム学専攻
(〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1)

E-mail: likogen@esst.kyushu-u.ac.jp

²フェロー 九州大学教授 大学院総合理工学研究院 流体環境理工学部門
(〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1)

E-mail: matunaga@esst.kyushu-u.ac.jp

2008年夏季において諫早湾の22地点から未攪乱底泥コアを採取し、底泥表面からの酸素消費速度を求め、空間分布図を作製した。諫早湾底泥の酸素消費速度は、 $3.18 \times 10^{-3} \sim 1.68 \times 10^{-2}$ (m/h)の範囲にあり、その平均値は 9.06×10^{-3} (m/h)であった。北側沿岸の小長井沖において、酸素消費速度は大きくなる傾向にあった。これは、植物プランクトン由来の有機物が多く含まれているためと推測された。また、九州農政局が諫早湾中央部に設置した観測地点における2008年6月から10月の水質データを解析し、現地における酸素消費速度を評価した。現地データから見積もられた酸素消費速度は、底層水温の上昇とともに増加する傾向が認められた。

Key Words : *sediment environments, sediment oxygen consumption, Isahaya Bay*

1. 緒言

閉鎖性海域において、日射による温度成層や淡水流入による塩淡水成層が形成された場合、密度躍層によって水表面から底層への酸素の供給が遮断され、しばしば底泥付近の水塊が貧酸素状態になる。貧酸素水塊の発生は、底生生物の大量死を引き起こし、湾内における物質循環システムに多大なダメージを与える。また、底泥表面が嫌気状態に達すると、底泥に固定された栄養塩が溶出し、水域の有機汚濁が進むことになる。このようなプロセスを繰り返すことにより、水域は環境悪化のスパイラルに落ち込むことになる。

貧酸素水塊の形成プロセスや空間スケールを解明するためには底泥表面からの酸素消費速度を定量的に評価することが重要である。例えば、細井ら¹⁾は、河川感潮域に堆積している底泥の酸素消費量を調べた。彼らは、初期に化学的な酸素消費が引き起こされ、生物的酸素消費はその後も長く継続することを示し、酸素消費速度定数は、底泥の強熱減量や間隙水中の第一鉄イオンと良い相関があることを見出した。Seikiら²⁾は広島湾においてコアサンプルを採取し、底泥表面からの酸素消費フラックスを評価した。その結果、底泥表面の酸素消費は、底泥の層厚には依存せず、表層0.5 cmの環境特性量に依存することを指摘した。また、酸素消費量は有機物量に依存

せず、むしろ還元物質に依存することを明らかにした。中村ら³⁾は、島根県宍道湖の底泥の酸素消費と溶出特性を調べた。彼らは、底泥からのリンの溶出フラックスと酸素消費量は直上水の溶存酸素(DO)濃度に依存することを明らかにした。大島⁴⁾は、有明海奥部での貧酸素水塊の形成要因を明らかにするために、底泥表面からの酸素消費速度を求めた。その結果、底泥による1日当たりの酸素消費量は有明海奥部において248.5 tと推定された。徳永ら⁵⁾とTokunagaら⁶⁾は、有明海沿岸における干潟の酸素消費速度を調べ、酸素消費速度は底泥中の植物プランクトン由来の有機物濃度に依存することを示した。

近年では、海域における酸素消費には、底泥表面からの酸素消費過程だけでなく、懸濁物質による酸素消費過程も重要な役割を果たしていることが指摘されている。神菌ら⁷⁾は、周防灘において底層水と底泥の酸素消費速度を測定した。彼らは、酸素消費の80~90%は水中で起こり、底泥による酸素消費速度よりも大きいことを指摘した。Wainright & Hopkinson⁸⁾は、再懸濁した有機物が水域の酸素消費に大きく寄与することをモデル解析によって明らかにした。徳永ら⁹⁾は、2002年9月において、有明海奥部の西部海域で1昼夜の観測を行い、高濁度層における濁度とDO濃度との間に負の相関があることを見出し、高濁度層において酸素消費が進行することを示唆した。Liら¹⁰⁾は、巻き上げによる酸素消費を化学的酸

素消費と生物的酸素消費に分け、それぞれの経時変化を普遍表示した。徳永ら¹¹⁾は、底泥の巻き上げによる酸素消費の実験を行い、還元物質や有機物が巻き上げられることにより水域の酸素消費が進行することを指摘した。

1997 年の諫早湾閉め切り以降、現在の諫早湾内の底泥環境は著しく悪化しており、貧酸素水塊の頻発化と大規模化が懸念されている。しかしながら、諫早湾底泥の総合的調査研究はあまり進んでいないのが現状である¹²⁾。本研究の目的は、諫早湾全域から未攪乱底泥コアサンプルを採取し、酸素消費実験を行うことにより、諫早湾の底泥表面からの酸素消費 (SOC) 速度を定量的に評価することにある。また、九州農政局が諫早湾中央部において測得した水質データに基づいて、現地の酸素消費速度を見積もり、室内実験の結果と比較することにある。

2. 室内実験による酸素消費速度

(1) 実験およびデータ解析方法

図-1 に示すように、諫早湾における 22 地点から未攪乱底泥コアを採取した。コア・サンプリングは 2008 年 5 月 7 日～8 月 28 日の大潮満潮時に潜水夫を雇って行われた。地点番号は、湾奥から湾口に向かって大きくなるように付けられている。B3 は九州農政局が常時水質観測を行っている地点であり、そこで得られた水質データは 3. で解析されている。

長さ 50 cm、直径 11 cm の透明アクリル円筒形パイプを、コアの高さが 10 cm になるように海底に突き刺し、底泥を採取した。各地点において 3 本ずつ未攪乱底泥コアを採取し、氷詰めにして実験室に持ち帰った。未攪乱底泥コアの採取地点の座標、採取日、最低水面時の水深、採取日の底泥付近の DO 値、塩分、水温に関する情報は、

図-1 底泥コア採取地点および九州農政局による連続水質観測地点

参考文献 12)を参照されたい。コア・サンプルの一本を底泥環境特性を明らかにするために用い、もう一本を酸素消費実験に用いた。採取された底泥表面における環境特性の代表値を表-1 に示す。ここで、M_{dφ}は中央粒径のφ値であり、IL は強熱減量、ORP は酸化還元電位、AVS は酸揮発性硫化物である。諫早湾底泥は、全体的に中粒シルトに属し、多量の有機物を含んでいる。また、ORP の大部分が負値であり、嫌気状態にある。AVS 値は全体的に水産用水基準 0.2 mg/g-dry を超えており、硫酸還元状態にある。底泥表層に含まれるクロロフィル a (Chl.a) とフェオフィチン (Pheo.) の濃度は表-2 に示されている。

実験装置の概要を図-2 に示す。実験では、試料水のみ DO 濃度変化 (a) と未攪乱底泥コア上の試料水中の DO 濃度変化 (b) を測定した。まず、持ち帰った底泥コアサンプル上の海水をゆっくりと排水した後、底泥表面上の底生生物を取り除いた。次に、未攪乱底泥コア上に、底泥が巻き上がらないように静かに試料水を加えた。試料水として、各地点で採取した海水をガラス繊維濾紙 (Whatman GF/F) でろ過した後、爆気することにより溶存酸素が飽和状態に達したものをを用いた。試料水中の DO 濃度が一樣になるように、また底泥が巻き上がらないように、スターラーで試料水をゆっくり掻きまわしながら、DO 濃度を 5 分間隔で 24 時間測定した。水表

表-1 コアサンプリング地点における底泥表層の環境特性

Site	M _{dφ}	IL (%)	ORP (mV)	AVS (mg/g-dry)
1	6.8	11.6	174	0.15
2	6.7	9.9	100	0.15
3	6.9	13.4	30	0.18
4	6.9	18.5	-95	1.28
5	6.4	11.3	-153	1.05
6	7.1	13.2	-41	0.44
7	6.7	12.9	130	0.33
8	6.8	12.3	33	0.28
9	6.7	12.0	62	0.18
10	6.9	19.8	34	0.41
11	6.8	9.2	-117	0.68
12	6.7	11.7	23	0.52
13	6.8	12.3	-14	0.54
14	6.6	11.9	48	0.04
15	6.8	12.0	-82	0.69
16	6.6	10.6	-127	0.76
17	6.1	6.7	-110	0.32
18	6.7	17.0	-118	0.64
19	6.6	14.2	-93	0.53
20	6.4	13.6	-79	0.33
21	6.5	11.5	-28	0.24
22	6.6	11.8	-92	0.43
Average	6.7	12.6	-23	0.46

面からの酸素の供給を抑えるために、少量の流動パラフィンを加え、水表面に薄い油膜を作った。試料水の高さはすべて 25 cm に固定された。底泥表面からの酸素消費速度の算定には、底泥コアサンプル上の試料水の DO 濃度の変化に試料水のみ DO 濃度低下量を加えることにより補正されたデータが用いられた。暗条件下で温度を 20 °C に保つため、実験は恒温装置（三洋電機バイオメディカ製：NIR-253）内で行われた。DO 濃度の測定には DO センサー（東亜ディーケーケー製：DO-24P）を用いた。

底泥表面からの酸素消費過程は

$$V \frac{d[DO]}{dt} + S v [DO] = 0 \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 $[DO]$ は時刻 t (h) における DO 濃度、 V (m^3) は上部試料水の体積、 S (m^2) は底泥表面の面積、 v (m/h) は底泥表面からの酸素消費速度である。式(1)は以下のように変形できる。

$$\frac{d[DO]}{dt} + \frac{v}{h} [DO] = 0 \quad (2)$$

ここで、 h (m) は V/S で、試料水の水深である。 $v/h = c_s$ とおき、 c_s (1/h) は底泥表面からの酸素消費による溶存酸素低下率と定義すると、式(2)は以下のようになる。

$$\frac{d[DO]}{dt} + c_s [DO] = 0 \quad (3)$$

この解は、

$$\frac{[DO]}{[DO]_0} = \exp(-c_s t) \quad (4)$$

で与えられ、水中の DO 濃度は底泥表面からの酸素消費

によって指数関数的に減少することになる。ただし、 $[DO]_0$ は初期の DO 濃度である。

これまで多くの研究者は、様々な海域において実用的立場から、底泥表面からの酸素消費フラックスを求めてきた。式(1)からわかるように、単位面積当たりの酸素消費フラックスは $v \times DO$ で与えられ、底泥上の DO 濃度に依存する。従って、酸素消費フラックスを底泥の環境特性量のみ関数で記述することはできない。この問題を解決するために、本研究では酸素消費速度 v を環境特性量と関係づけることを試みる。

(2) 解析結果

DO 濃度の経時変化を図-3(a)~(d)に示す。データが極力重ならないように観測地点が選ばれている。なお、これらのデータは、すでに底泥コアサンプル上の試料水の DO 濃度に試料水のみ酸素消費量を加えることにより、補正されており、DO 濃度は初期値 $[DO]_0$ で規格化されている。図中の実線は、式(4)が実験データに適合するように最小二乗近似に基づいて描かれている。これらの図から溶存酸素濃度は時間とともに指数関数的に低下しており、解析結果とよく適合することがわかる。図-4 は、図-3 で得られた結果を普遍表示したものである。ここで、 $[DO]^*$ は $[DO]/[DO]_0$ で、 t^* は $c_s t$ で定義されている。すべての実験結果は、式(4)で普遍的に表わされることがわかる。

各地点における測定結果を指数関数に適合させることにより、溶存酸素低下率 c_s をそれぞれ求め、実験水深 $h=0.25$ m をかけることで底泥表面からの酸素消費速度 v (m/h) を求めた。表-2 に各調査地点における c_s と v の値を示す。また、後で議論されるように、底泥表層中に含まれる $\langle \text{Chla} + \text{Pheo} \rangle$ の濃度も示されている。DO 濃度の低減率は $1.27 \times 10^{-2} \sim 6.73 \times 10^{-2}$ (1/h) の値を取り、平均値は 3.62×10^{-2} (1/h) である。酸素消費速度は、 $3.18 \times 10^{-3} \sim 1.68 \times 10^{-2}$ (m/h) の範囲にあり、平均値は 9.06×10^{-3} (m/h) である。

図-5 に酸素消費速度の空間分布を示す。酸素消費速度は北側沿岸の小長井沖 (St7, 8) と南側沿岸の国見沖 (St15, 21, 22) において、高い値を取る。Li ら¹³⁾は、有明海沿岸の干潟における酸素消費速度を調べ、酸素消費速度は底泥中に含まれる $\langle \text{Chla} + \text{Pheo} \rangle$ 濃度に比例することを示した。図-6 に底泥による酸素消費速度と $\langle \text{Chla} + \text{Pheo} \rangle$ 濃度との関係を示す。図中には、Li ら¹³⁾によって有明海沿岸において得られたデータもプロットされている。これらのデータから、酸素消費速度と植物プランクトン由来の有機物との間に、良い相関があることがわかる。一般に、中村ら¹⁴⁾や小松¹⁵⁾が指摘している様に、島原半島に沿っては、強い潮流が形成されている。

図-2 酸素消費実験装置

このため、底泥中の有機物量は少ないと推測される。それにもかかわらず、今回の実験では国見沖 (St.15, 21, 22) において、高い濃度の<Chla+Pheo>と高い酸素消費速度が得られた。その理由として、未攪乱底泥コアをサンプリングした際、高濃度の浮泥も同時に採取され、それが沈降堆積し、底泥表面からの酸素消費を促進した可能性が考えられる。これに関しては、今後詳細な調査が必要である。

3. 現地データに基づく酸素消費速度

(1) データ解析方法

B3 地点において九州農政局によって得られた底泥表面付近の DO 濃度、Chla 濃度、底層と表層の密度差 ($\Delta\sigma_t$) および海底面から 1 m の高さにおける濁度の時系列を、図-7(a)~(d)に示す。データは 2008 年 6 月 1 日~10 月 31 日において測定されたものである。ここで、Chla 濃度は 7 月の大部分において欠測であったため、7 月の時系列データは示されていない。底泥表面からの酸素消費速度を DO 濃度の低減率から見積もるため、以下の 1)~4)の条件を課し、これらを満たす期間を抽出した。

1)DO 濃度が減少傾向にあること。

表-2 各地点における酸素低下率、酸素消費速度、表層底泥の<Chla+Pheo>濃度

Site	c_s (1/h)	v (m/h)	Chla+Phe. (μ g/g-wet)
1	2.87×10^{-2}	7.18×10^{-3}	30.3
2	2.92×10^{-2}	7.31×10^{-3}	15.4
3	2.99×10^{-2}	7.49×10^{-3}	12.4
4	3.13×10^{-2}	7.83×10^{-3}	9.2
5	4.68×10^{-2}	1.17×10^{-2}	12.2
6	3.91×10^{-2}	9.78×10^{-3}	13.6
7	5.36×10^{-2}	1.34×10^{-2}	36.9
8	5.54×10^{-2}	1.39×10^{-2}	12.4
9	2.14×10^{-2}	5.36×10^{-3}	13.3
10	1.73×10^{-2}	4.33×10^{-3}	7.7
11	3.56×10^{-2}	8.91×10^{-3}	14.8
12	3.10×10^{-2}	7.75×10^{-3}	16.4
13	3.45×10^{-2}	8.64×10^{-3}	14.4
14	2.86×10^{-2}	7.16×10^{-3}	7.9
15	6.73×10^{-2}	1.68×10^{-2}	16.2
16	4.04×10^{-2}	1.01×10^{-2}	11.5
17	2.95×10^{-2}	7.38×10^{-3}	8.5
18	3.92×10^{-2}	9.80×10^{-3}	12.9
19	2.76×10^{-2}	6.91×10^{-3}	13.1
20	1.27×10^{-2}	3.18×10^{-3}	14.0
21	5.29×10^{-2}	1.32×10^{-2}	12.9
22	4.45×10^{-2}	1.11×10^{-2}	16.4
Average	3.62×10^{-2}	9.06×10^{-3}	14.7

図-3 酸素消費の実験結果

図-4 DO濃度変化の普遍表示

図-6 酸素消費速度と<Chl.a+Pheo>濃度の関係
○：諫早湾データ ●：有明海干潟データ (Liら¹³⁾)

図-5 酸素消費速度の空間分布

- 2) 底層と表層の密度差 $\Delta\sigma_t$ の平均値が 1 kg/m^3 よりも大きいこと。
- 3) Chl.aの平均値が $10 \mu\text{g/l}$ よりも小さいこと。
- 4) 海底面上 1 m における濁度の平均値が 10 FTU 以下であること。

条件 1)は水中の酸素が消費されているプロセスを表している。条件 2)~4)で与えられた数値には厳密な物理的根拠はないが、2)は海域が成層状態にあり、表層から底層への酸素供給が抑えられること、3)は底層において光合成による酸素の供給が抑えられること、4)は底泥の巻き上がりが比較的少なく、巻き上げによる酸素消費が小さいことを意味している。図に示すように、1)~4)のすべての条件を満たす期間は Period 1~6 の 6 期間であった。

Period 1 において、Chl.a の平均値は $2.88 \mu\text{g/l}$ 、 $\Delta\sigma_t$ の平均値は 11.0 kg/m^3 、濁度の平均値は 6.6 FTU であった。成層度は非常に強く、水表面からの酸素の供給、植物プランクトンによる底層での酸素の生産、巻き上げによる酸素消費が十分抑えられた理想状態の下で、底泥表面からの酸素消費が行われたと考えられる。Period 2 では、貧酸

素状態にあり、Chl.a の平均値は $3.14 \mu\text{g/l}$ 、 $\Delta\sigma_t$ の平均値は 1.8 kg/m^3 、濁度の平均値は 2.3 FTU であった。Chl.a の時系列において急激な上昇がみられるものの、DO 濃度にはその影響は現れておらず、単調に DO 濃度が減少していることがわかる。Period 3 では、Chl.a の平均値は $1.89 \mu\text{g/l}$ 、 $\Delta\sigma_t$ の平均値は 1.9 kg/m^3 、濁度の平均値は 2.0 FTU であった。Chl.a の値は比較的小さく、単調に DO 濃度も減少している。Period 4 では、Chl.a の平均値は $7.08 \mu\text{g/l}$ 、 $\Delta\sigma_t$ の平均値は 1.5 kg/m^3 、濁度の平均値は 4.5 FTU であった。Chl.a は若干高い値を取るが、DO 濃度は単調に減少している。Period 5 では、Chl.a の平均値は $3.99 \mu\text{g/l}$ 、 $\Delta\sigma_t$ の平均値は 2.0 kg/m^3 、濁度の平均値は 5.0 FTU であった。DO 濃度は変動しながら、平均的には減少している。Period 6 では、Chl.a の平均値は $3.71 \mu\text{g/l}$ 、 $\Delta\sigma_t$ の平均値は 1.8 kg/m^3 、濁度の平均値は 2.8 FTU であった。DO 濃度は大きく変動しながら、平均的には減少し貧酸素状態に達している。

(2) 解析結果

図-8 (a)~(c)に Period 1~6 の DO 濃度の経時変化を示す。データは、初期の DO の値 $[DO]_0$ で規格化されている。図中の実線は、式(4)が現地データに適合するように最小二乗近似に基づいて描かれている。データは、現地計測によって得られたものであるため、かなりばらつきはあるが、指数関数的に減少していることがわかる。図-9 は、図-8 で得られた結果を普遍表示したものである。実験結果に比べてかなりのばらつきは認められるものの、現地データも式(4)で普遍的に表わされることがわかる。

表-3 に各期間における $\Delta\sigma_t$ の平均値、Chl.a の平均値、底層水温の平均値、底層水深の平均値および溶存酸素低下率 c_s と底泥表面からの酸素消費速度 v を示す。低減率は $5.05 \times 10^{-3} \sim 1.95 \times 10^{-2} \text{ (1/h)}$ の値を取り、酸素消費速度は、 $2.1 \times 10^{-2} \sim 7.1 \times 10^{-2} \text{ (m/h)}$ の範囲にある。図-

図-7(1) B3地点における底層DO濃度，底層Chl.a濃度，底層と表層の密度差 ($\Delta\sigma_t$)，海底面上1 mにおける濁度の時系列。
 ----- は $\Delta\sigma_t=1 \text{ kg/m}^3$ ， — は $\text{Chl.a}=10 \text{ } \mu\text{g/l}$ ， - - - - は濁度=10 FTUを示す。

図-7(2) B3地点における底層DO濃度，底層Chl.a濃度，底層と表層の密度差 ($\Delta\sigma_t$)，海底面上1mにおける濁度の時系列。
----- は $\Delta\sigma_t=1\text{ kg/m}^3$ ， ——— は $\text{Chl.a}=10\text{ }\mu\text{g/l}$ ， - - - - は濁度=10FTUを示す。

図-8 各期間における底層DO濃度の経時変化

図-9 現地におけるDO濃度変化の普遍表示

10は酸素消費速度 v と底層水温 $T(^{\circ}\text{C})$ との関係を示す。水温の上昇に伴って、酸素消費速度も上昇する傾向にあり、底層水温により酸素消費速度はかなり変化することがわかる。現地データによる酸素消費速度が、実験による酸素消費速度に比べて大きな値を取る理由として、水中の溶存態有機物の分解や再懸濁による分解などいくつか考えられるが、実験において設定された水温が 20°C であったこともその原因の一つであると推測される。

4. 結論

本研究では、諫早湾内の22地点において未攪乱底泥コアを採取し、酸素消費実験を行った。また、B3地点における九州農政局の水質の連続観測データに基づいて、現地における酸素消費速度を見積もり、酸素消費速度の水温依存性を明らかにした。得られた結果は、以下のとおりである。

1) 未攪乱底泥コアを用いて室内実験から諫早湾全域の

表-3 現地データに基づいた酸素消費速度の解析結果

Period	ΔO_2 (kg/m ³)	Chl.a (μg/l)	濁度 (FTU)	Temperature T (°C)	Depth (m)	c_s (l/h)	v (m/h)
1	11.0	2.88	6.6	21.2	4.1	5.05×10^3	2.1×10^{-2}
2	1.8	3.14	2.3	25.9	4.6	1.20×10^3	5.5×10^{-2}
3	1.9	1.89	2.0	27.3	3.6	1.95×10^3	7.1×10^{-2}
4	1.5	7.08	4.5	26.8	4.7	7.61×10^3	3.6×10^{-2}
5	2.0	3.99	5.0	23.6	5.0	7.41×10^3	3.7×10^{-2}
6	1.8	3.71	2.8	23.7	2.2	1.06×10^3	2.4×10^{-2}

図-10 酸素消費速度と底層水温の関係

酸素消費速度を求めたところ、DO濃度の時間変化は指数関数で記述されることが明らかとなった。酸素消費速度は、 $3.18 \times 10^{-3} \sim 1.68 \times 10^{-2}$ (m/h)の範囲にあり、その平均値は 9.06×10^{-3} (m/h)であった。

- 2) 諫早湾における酸素消費速度の空間分布から、酸素消費速度は北側沿岸の小長井沖において、高い値を取った。この理由として、底泥中に植物プランクトン由来の有機物が多く含まれていたためと考えられる。一般に、島原半島沿岸では、強い潮流が形成され、底泥中の有機物量は少ないと推測される。それにもかかわらず、国見沖において植物プランクトン由来の高い濃度の有機物と高い酸素消費速度が得られた。これに関しては、今後詳細な調査が必要である。
- 3) 九州農政局によって得られたDO濃度の時系列データから底泥表面からの酸素消費速度を見積もった。現地におけるDO濃度の時間変化も指数関数で記述されることが明らかとなった。B3地点における酸素消費速度は $2.1 \times 10^{-2} \sim 7.1 \times 10^{-2}$ (m/h)の範囲にあった。
- 4) 現地データから見積もられた酸素消費速度は、底層水温の上昇とともに増加する傾向が認められた。

謝辞：本研究に対して、科学研究費（基盤研究(A)、研

究代表者：小松利光，課題番号 20246083），（基盤研究(A)、研究代表者：松永信博，課題番号 21246078）の援助を受けました。また、農林水産省九州農政局からは諫早湾内の水質データをご提供いただきました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 細井由彦, 村上仁士, 上月康則: 底泥による酸素消費に関する研究, 土木学会論文集, No.456/II-21, pp.83-92, 1992.
- 2) Seiki, T., Izawa, H., Date, E. and Sunahara, H.: Sediment oxygen demand in Hiroshima Bay, *Water Research*, Vol.28, No.2, pp. 385-393, 1994.
- 3) 中村由行, 井上徹教, 山室真澄, 神谷宏, 石飛裕: 未攪乱底泥コアを用いた連続培養系での酸素消費・溶出実験, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.1091-1095, 1996.
- 4) 大島巖: 有明海奥部での貧酸素水塊形成要因についての一考察, 海の研究, Vol.14, No.3, pp.459-462, 2005.
- 5) 徳永貴久, 磯野正典, 松永信博: 熊本県沿岸における干潟の底泥環境と酸素消費, 海岸工学論文集, 第53巻, pp.1066-1070, 2006.
- 6) Tokunaga, T., Li, H., Yamada, Y. and Matsunaga, N.: Oxygen consumption through the bed surface in Ariake Sea, *Proceedings of 16th IAHR-APD congress and 3rd symposium of IAHR-ISHS*, pp.1359-1364, 2008.
- 7) 神菌真人, 磯辺篤彦, 江藤拓也, 俵悟, 小泉喜嗣: 周防灘南西部における貧酸素水塊形成機構—酸素消費速度の変動要因—, 沿岸海洋研究ノート, Vol.32, pp.167-175, 1995.
- 8) Wainright, S.C. and Hopkinson Jr., C.S.: Effects of sediment resuspension on organic matter processing in coastal environments: a simulation model, *Journal of Marine Systems*, Vol.11, pp.353-368, 1997.
- 9) 徳永貴久, 松永信博, 阿部淳, 児玉真史, 安田秀一: 有明海西部海域における濁度層の観測と懸濁物質による酸素消費の実験, 土木学会論文集, No.782/II-70, pp.117-129, 2005.
- 10) Li, H., Matsunaga, N., Tokunaga, T. and Hisada, Y.: Oxygen consumption processes due to resuspension of sediment in Ariake Sea, *Proceedings of 16th IAHR-APD congress and 3rd symposium of IAHR-ISHS*, pp.1353-1358, 2008.
- 11) 徳永貴久, 磯野正典, 松永信博: 有明海底泥堆積物の再懸濁時における酸素消費—室内実験による検討—, 土木学会論文集 B, Vol.65, No.4, pp.269-276, 2009.
- 12) 李洪源, 松永信博: 諫早湾の底泥環境特性, 土木学会論

文集 B. (掲載予定)

- 13) Li, H., Yamada, Y. and Matsunaga, N.: Sediment characteristics and oxygen consumption velocity of tidal flat in Ariake Sea, *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol.53, pp.1495-1500, 2009.
- 14) 中村武弘, 矢野真一郎, 多田彰秀, 野中寛之, 亀井雄一:

諫早湾湾口部における流況の現地観測, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp.396-400, 2002.

- 15) 有明プロジェクト研究チーム(代表小松利光): 有明プロジェクト中間報告書(その 1), pp.1-160, 2002.

(2010. 4. 26 受付)

OXYGEN CONSUMPTION VELOCITY OF SEDIMENT IN ISAHAYA BAY

Hongyuan LI and Nobuhiro MATSUNAGA

The authors sampled undisturbed sediment cores at 22 observation sites in Isahaya Bay in the summer season of 2008 and carried out the laboratory experiments of sediment oxygen consumption. The oxygen consumption velocity in Isahaya Bay ranged from 3.18×10^{-3} m/h to 1.68×10^{-2} m/h, and the averaged value was 9.06×10^{-3} m/h. The spatial distribution of the oxygen consumption velocity took the high values off Konagai and it may attribute to the deposition of organic matter derived from phytoplankton. The oxygen consumption velocity was estimated by analyzing the in-situ data of water quality obtained in the central area of Isahaya Bay from June to October of 2008 by the Kyushu Regional Agricultural Administration Office. The consumption velocity obtained by analyzing the in-situ data tended to increase with the water temperature.