

## 海域での簡易的な送水技術の一考察 A study on simple technology of water transportation for improving hypoxic condition

森田 雅子\*・田邊 勝\*・深谷 惇志\*\*  
北澤 大輔\*\*\*・水上 洋一\*\*\*\*

Masako MORITA and Masaru TANABE and Atsushi FUKAYA  
Daisuke KITAZAWA and Yoichi MIZUKAMI

**要旨:** 有明海湾奥部では、夏季に貧酸素水塊が発生しており、これが、二枚貝の資源減少の原因の1つと考えられる。この貧酸素水塊の解消を目的として、エアレーションが試みられているが、広範囲におよぶ漁場の水質を改善するには大規模なエアレーション装置が必要であり、費用面などから実現性は低い。そこで本研究では、安価で簡易的な方法で表層の海水を底層へ送水し、貧酸素状態を緩和する技術の検討を行った。水槽実験を行い、対策装置を作成した。また、現地試行を行い実海域での運用性を確認し、数値計算によりその効果を算出した。現地試行では、作成した装置の平均送水量は、約14m<sup>3</sup>/min (約2ノットで曳航した場合)であった。数値計算による効果の評価では、溶存酸素濃度を2.0mg/L以上に上昇でき、曳航線を中心に最大で約4m幅で溶存酸素濃度を1.0mg/L以上に上昇でき、効果の持続時間は21.8秒間と算出された。これらの結果より、1漁船1日あたり0.0432km<sup>2</sup>の範囲で貧酸素緩和を行えることが示唆された。

**キーワード:** 貧酸素対策, 室内実験, 現地実験

### 1. 背景と目的

有明海は、夏季に大規模な貧酸素水塊が度重なり発生している。特に有明海奥西部海域では、夏季の小潮時に底層の溶存酸素濃度(以下、D0と示す)が著しく低下する現象が報告されており<sup>1)2)</sup>、これが近年の二枚貝等の資源減少に大きく関与していると考えられている<sup>3)</sup>。この貧酸素水塊の解消・緩和を目的として、底層へのエアレーションが試みられた<sup>4)~6)</sup>。しかし、有明海の広範囲におよぶ漁場を改善するには、大型で高価な機械が必要であるが、酸素の拡散範

囲は狭く、実現性は低い<sup>7)</sup>。

一方で、サルボウガイを対象とした実験で、D0を短時間上昇させることで、生存率が上昇することが確認された<sup>8)</sup>。このことより、貧酸素水塊を抜本的に改善することは難しくても、一時的にD0を上昇させ、二枚貝などを延命させることも有用な対策の一つであると言える。この場合、海底上で酸素発生装置を曳航することも考えられるが、大型であり、海底との接触による破損のリスクも高く、実用上は取り扱いが困

\* 正会員 日本ミクニヤ株式会社, \*\* 非会員 日本ミクニヤ株式会社, \*\*\* 正会員 東京大学, \*\*\*\* 非会員 東京大学

難である。

そこで、本稿では、従来の技術より簡易的で安価な方法で、D0 を多く含んだ表層の水塊を底層へ送水し、一時的に D0 を上昇させる技術を検討した。検討する対策装置の模式図を図 1 に示す。本技術は、底質の改善を目的として実施されている海底耕耘と同様に、漁業者が自ら実施できる技術を想定した。

この検討に先立ち、表層の密度の低い水塊を底層に送水しても、すぐに上昇する可能性が懸念された。そこで、密度躍層生成時の水塊挙動を確認するために、トレーサーを使用した予備実験を行った。小型水槽内に 2 種類の水温を与えた 2 層の成層状態を再現し、上層の高温水にトレーサーを混ぜて下層より流出させたところ、水平方向に移流・拡散し、下層内に広がる様子

が見られた。

上記躍層実験により、表層の D0 の高い水塊を底層へ送水することで、貧酸素状態を緩和できる可能性が示唆されたことから、図 2 のフローに従って、漁業者自らが行えるよう、漁業者が手持ちの漁船で扱える大きさの装置の検討を行った。

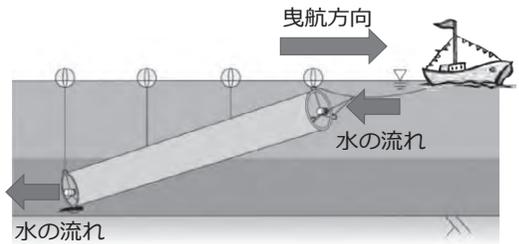


図 1 対策装置の模式図

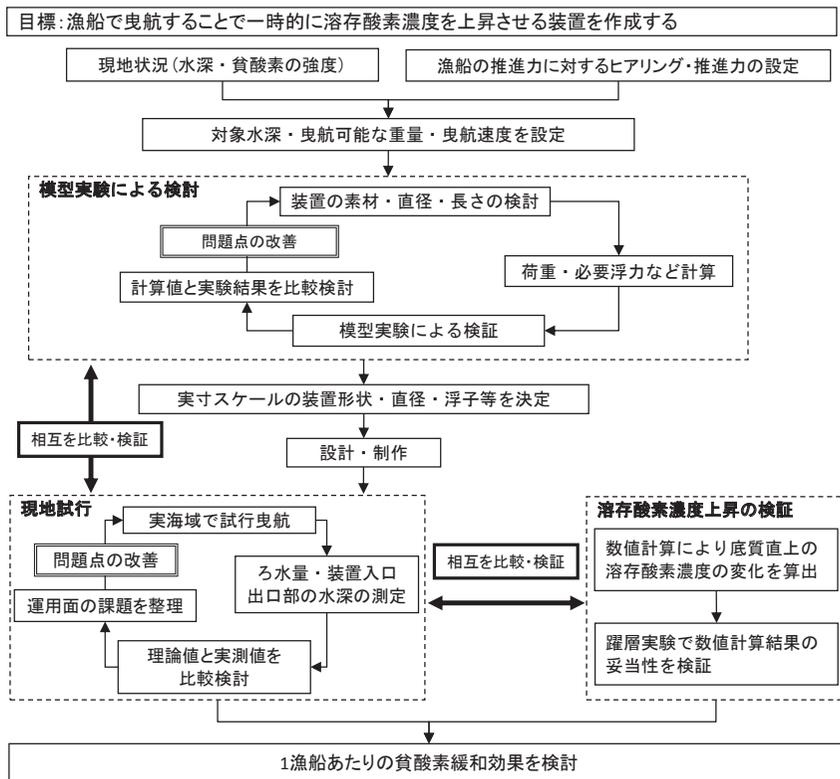


図 2 検討フロー図

## 2. 実施方法

### 2.1 装置の形状検討実験

始めに、使用する船や海域などの条件面から、装置の形状を検討した。具体的には、実海域で使用する船の馬力や、対象とする水深帯から装置の形状・直径・長さを求めた。次に、装置に係る荷重、使用する素材を検討し、必要な浮力や錘の量を計算した。想定した条件は、以下のとおりである。

- ・ 船の馬力(ヒアリングより) : 147.1 [kw]
- ・ 曳航できる荷重 :  $T=1,961.3$  [N]
- ・ 船の速度 :  $V=2$  [kn]  $\approx 1$  [m/s]
- ・ 水深 :  $h=4$  [m]
- ・ 海水の平均密度 :  $\rho = 1,030$  [kg/m<sup>3</sup>]
- ・ 抗力係数 :  $C_D = 1.0$
- ・ ホース長 : 水深の 4 倍を想定

上記より、以下の抗力に関する実験式 (1) を用い、想定水深でのリング径  $D$  [m] を求めた。

それらの諸元を用い、ベルヌーイの定理から、揚水量を推定した。

$$T = \frac{1}{2} \rho C_D D h V^2 \quad (1)$$

次に、検討結果を基にフルード則を用いて模型の大きさを求め、模型を作成した。装置の出入口に高低差を付けるために、錘と浮子の位置や量を変えることで調整した。錘と浮子の調整にあたり、作成した模型の、図 3 に示す A~D の箇所錘を、0~3 の箇所錘を付け、それを移動台車で曳航して実験を行った。模型を曳航する速度は 0.286m/s とし、速度制御 Box で操作した。実験装置の配置図を図 4 に、実験状況を図 5 に示す。

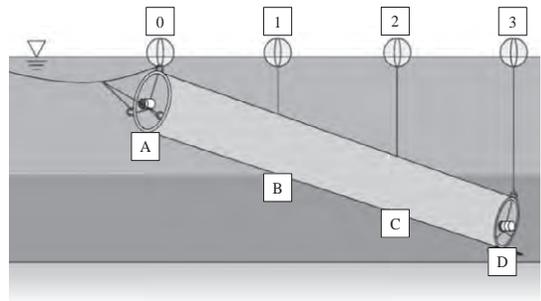


図 3 模型による検討図

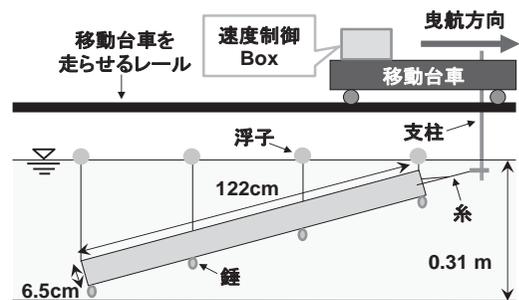


図 4 配置図



図 5 実験状況

実験を進めていく中で、錘と浮子の調整では、実寸大とした際に、錘の重量が重すぎ実用困難と想定されたため、逆揚力を得るための方法として、カイトを用いた方法も含め検討した。カイトの概念図を図 6 に示す。

装置の形状実験の評価基準は水中での形状保持とし、「理想的な形状」、「前方部・後方部の想

定以上の沈み込み、または沈み込み不足」、「理想とは異なる形状」の3つに分けて評価した。また、実寸大とした際の検討の評価基準を、人力で扱えることを前提に、1m 当たりの質量が 3.0kg 未満となることとし、「運用可能 (3.0kg 未満)」、「質量があり困難だが運用は可能 (3.0kg 以上 3.5kg 未満)」、「運用不可 (3.5kg 以上)」の3つに分けて評価した。

これらの評価基準を基に、「理想的な形状」かつ実寸大とした際に「運用可能」な質量となることを目標とし、錘と浮子の量や付ける位置、移動台車の速度を変え、全部で 36Case の実験を行った。

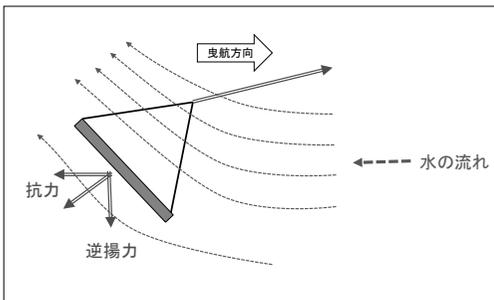


図 6 カイト概念図

## 2.2 現地試行

作成した対策装置が実際に運用できるかを検討するため、実海域での試行を行った。現地試行にあたり、2.1 の装置の形状検討実験を基に、フルード則を用いて実寸大の装置を作成した。作成した対策装置を図 7 に示す。素材の諸元は表 1、対策装置の諸元は表 2、カイトの諸元は表 3 に示すとおりである。

現地試行では、装置内を海水が通過しているか確認するために、装置の入口に濾水計をつけ、また、装置の出入口と下層部に水温計をつけ、測定した。

装置が目的の水深に達しているか確認するた

めに、出口部に水位計をつけ、測定した。

現地試行で使用した機器は、表 4 に示すとおりである。

なお、濾水計は事前にキャリブレーションを行った。



図 7 対策装置(上図：全体、下図：カイト部)

表 1 素材の諸元

ラバー部	材質	クロロプレンゴムと 芯材(ナイロンメッシュ)
	厚さ (mm)	
	重量 (kg/m <sup>2</sup> )	0.515
リング部	材質	SUS
	太さ (mm)	16

表 2 対策装置の諸元

	項目	実寸	模型
ラバー部	直径(cm)	76	6.5
	円周長(cm)	239	20
	長さ(cm)	1,600	122
	面積(m <sup>2</sup> )	38.2	0.2
リング部	直径(cm)	74	6.3
	円周長(cm)	234	20

表 3 カイトの諸元

項目	実寸	模型
幅(cm)	100.0	8.0
長さ(cm)	62.5	5.0
うね(個)	4	4

表 4 使用機器一覧

使用機器	機器名	メーカー名
多項目 水質計	RINKO-Profiler (ASTD102)	JFE アドバンテック
水位計	HOBO U20	Onset 社
濾水計	Cat. No. 5571-A	離合社
水温計	Tidbit V2	ストアウェイ社

### 2.3 数値計算

対策装置による貧酸素水塊の緩和効果は、数値計算により評価した。数値計算では、装置の効果を考慮できるように、MEC モデルに改良を加えたものを用いた。MEC モデルとは、広域の環境計算が可能であり、かつ指定した一部に限り、フル3次元解析を行うことで、局所的な流れを表現できるモデルのことである<sup>9)</sup>。MEC モデルの主な支配式は、デカルト座標系において記述される、ブジネスク近似と静水圧近似を仮定した海水の運動方程式、連続の式、水温・塩分の移流・拡散方程式、海水の状態方程式であ

る。水平方向の渦動粘性係数と渦動拡散係数については、一定値を与えた(表 5)。鉛直方向の渦動粘性係数と渦動拡散係数を評価するモデルとして、リチャードソン数に基づく成層化関数を用いた。また、水質の状態変数としては、D0のみ考慮し、D0については、移流・拡散方程式を解いた。

装置の効果は、装置前方にあたる位置の表層セルの水温、塩分、D0を、装置後方の位置の底層セルに入れることで考慮した。なお、漁船の航行や装置の曳航に伴う流れの変化は無視できるものと仮定した。

酸素消費を考慮する際の酸素消費速度には、海中の酸素消費速度(2mg/L/day)と海底の酸素消費速度(2000mg/m<sup>2</sup>/day)<sup>10)</sup>を用いた。酸素消費は、酸素消費速度と1セルの水量より算出した酸素消費量を、元々のD0から引くことで考慮した((2),(3)式参照)

次に、改良したMECモデルの妥当性を検証するために、密度差をつけた水塊挙動を水槽で確認し、モデルの結果と比較した。

最後に、改良したMECモデルを用いて対策装置のD0改善効果を検証した。計算範囲は30m×30m×5m(図8, 図9の立方体, 1つのセルは1m×1m×0.2m), 移流は南から北に0.1m/s, 曳航方向は北から南, 船速は1m/sとし, 曳航線上を1回だけ船が走った場合を1時間分計算した。

計算開始時の水質条件は、現地海域において、長時間貧酸素環境となり二枚貝が大量にへい死した平成24年7月23日佐賀県鹿島市浜地先の水質データとした。この時の水質鉛直分布を図10に示す。深度3m付近に密度躍層が見られ、密度躍層から海底までは海水が良く混合し、水質が概ね一様になっている様子が分かる。

表 5 係数一覧

水平渦動粘性係数	50.0[m <sup>2</sup> /s]
水平渦動拡散係数	10.0[m <sup>2</sup> /s]

水中のセルの場合

$$D02=D01-OCR1 \cdot t \quad (2)$$

海底に接するセルの場合

$$D02=D01- (OCR1+OCR2) \cdot t \quad (3)$$

D01 : 元々の D0

D02 : 酸素消費を考慮した後の D0

OCR1 : 海中の酸素消費速度

OCR2 : 海底の酸素消費速度

t : 経過時間

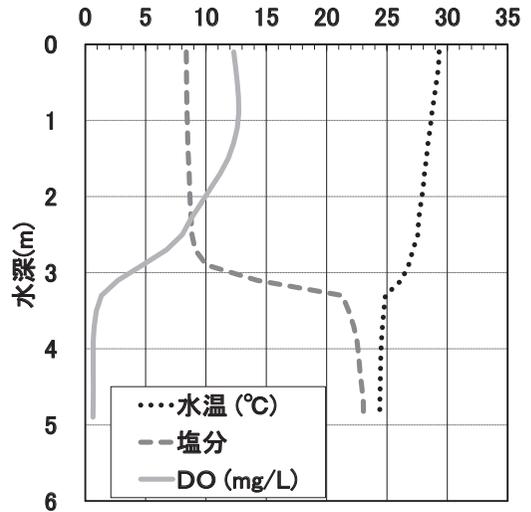


図 10 水質の初期条件（平成 24 年 7 月 23 日佐賀県鹿島市浜地先）

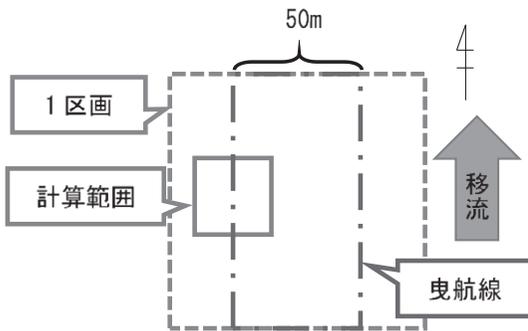


図 8 計算範囲（平面図）

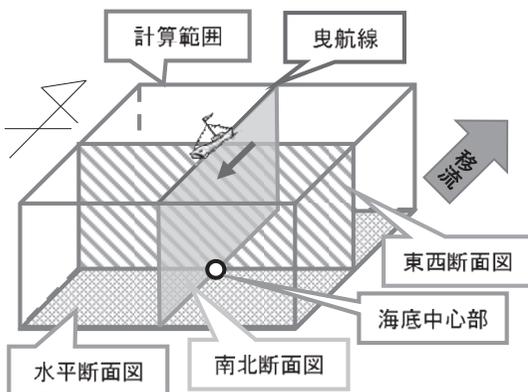


図 9 計算範囲（立体図）

### 3. 結果と考察

#### 3.1 装置の形状検討実験の結果

曳航時の形状例を図 11 に示す。上図が理想とは異なる形状の例，下図が理想的な形状の例である。

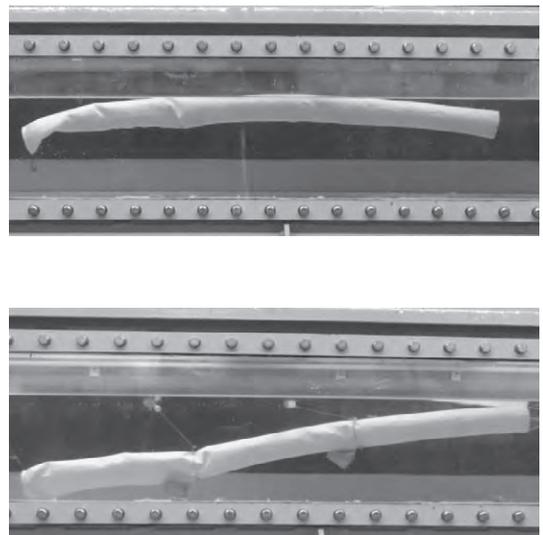


図 11 曳航時の形状例（上図：理想とは異なる形状の例，下図：理想的な形状の例）

実験を行った全 36Case のうち、実寸大での運用が可能と評価され、かつ、理想的な形状と評価されたのは、8Case あった。この 8Case のうち、質量が比較的小さく、最も理想に近い形状が保持されたものは、図 3 の B、C の位置に錘とカイトを、D の位置に錘を、0~3 の箇所に浮子を配置したものであった（図 11 下図）。この配置で、実寸大とした際の 1m 当たりの質量は約 3.3kg である。また、模型の角度等より推定した最大流量は、約 16.2m<sup>3</sup>/min である。

### 3.2 現地試行結果

現地試行は、計 11 日間で、21 ケース行った。実施場所を、図 12 に示す（黒丸）。各ケースの濾水量を、図 13 に示す。平均濾水量は、約 14m<sup>3</sup>/min であり、水槽実験に基づく机上計算による最大流量の 86% 以上であった。現地試行において平均濾水量がやや低下した原因としては、計測精度に加え、装置の形状の違いによる損失の違いが挙げられる。

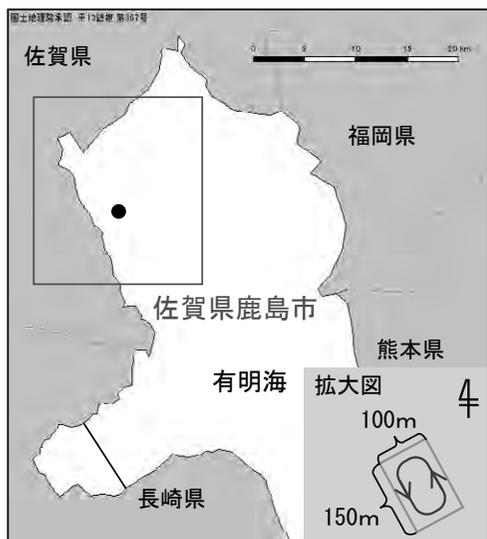


図 12 実施場所

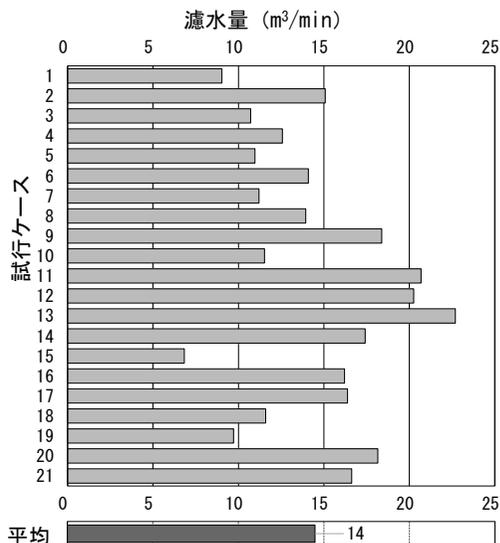


図 13 各ケースの濾水量

入口部と出口部、下層部に取り付けた水温計の結果例を、図 14 に示す。曳航開始から 0 分付近と 30 分付近で 3 つの水温にあまり差がないのは、曳航開始直後、または、終了前で船速が遅く、水中で理想的な形状になっていないためであると考えられる。その他では、出入口と下層部では差があるが、出入口を通過する水温に大きな差はないことから、対策装置で送水できると判断した。また、装置の出口部に取り付けた水位計のデータにより、出口部が目標とした水深の位置で運用できることを確認した。

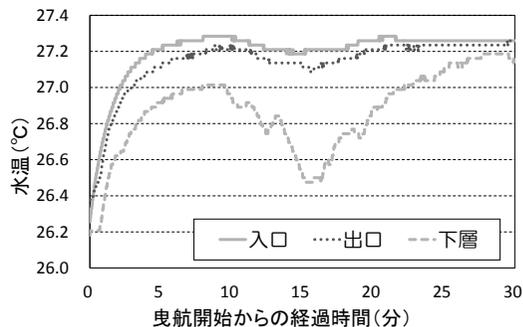


図 14 入口部と出口部の水温結果の例

さらに、現地試行の際は、船長や乗船者へ作業性や運用面についてヒアリングを行い、装置を漁業者2名で投入・揚収できることも確認した。

### 3.3 装置の効果検討結果

#### 3.3.1 モデルの検証結果

改良した MEC モデルにより、装置の曳航に伴い、D0 がどのように変化するかを数値計算によ

り求めた。装置通過後 1 秒後、15 秒後の、装置が通過する X 軸 15m ライン上の D0 の鉛直挙動を図 15 に示す。底層に流入させた表層の水塊はすぐに浮上していくものの、躍層境界は超えない状況となった。これは、躍層実験の結果と同様の挙動であるため、改良した MEC モデルの結果は妥当であると考えた。

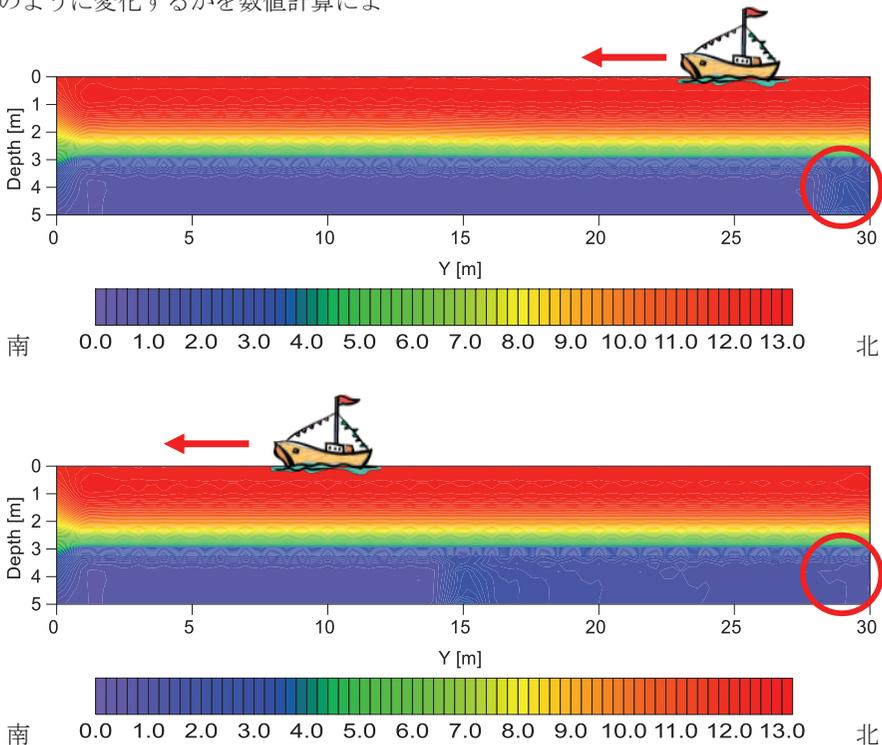


図 15 数値計算結果：D0[mg/L]（上図：1 秒後 下図：15 秒後）

#### 3.3.2 数値計算の結果

対策装置の D0 上昇効果を確認するため、海底の水平断面の D0 がどのように変化するかを、数値計算により求めた。

曳航開始から 1 後、15 秒後の計算結果を図 16、図 17 に示す。曳航開始 1 秒後には北側から D0 が 2.0～2.5mg/L となる範囲が現れ（図 16）、15 秒後には Y 軸 15m に D0 が 2.0mg/L 以上となる範

囲が移動する状況となった（図 17）。この D0 が 2.0mg/L 以上となる範囲の中心が対策装置の出口部分を示し、装置が進むに従い出口後方の地点では D0 が低下していく結果となった。また、装置による効果として、X 軸 15m を中心に最大で 4m の範囲で D0 が 1.0mg/L 以上に上昇することも示された。

次に、鉛直方向での D0 の挙動についても確認

した。ここでは、対策装置が通過する X 軸 15m ライン上の D0 の鉛直挙動を図 18、図 19 に示す。図 18 は曳航開始から 10 秒後、図 19 は 30 秒後の結果である。鉛直方向で見ると、海底 5m の点で僅かに D0 が上昇するものの、海面から躍層境界までは D0 が上昇する影響は見られなかった (図 18、図 19)。

これらの数値計算結果から、吹き流し装置の曳航に伴い、海底面の D0 が上昇することが分かった。そこで、海底面の定点上 (海底中心部) での D0 の変化を算出した。定点の D0 は、吹き流し装置を 1 度曳航した直後の 2.5 秒間で 0.65mg/L から 2.90mg/L まで上昇し、21.8 秒後に D0 は 1.00mg/L 未満となった (図 20)。

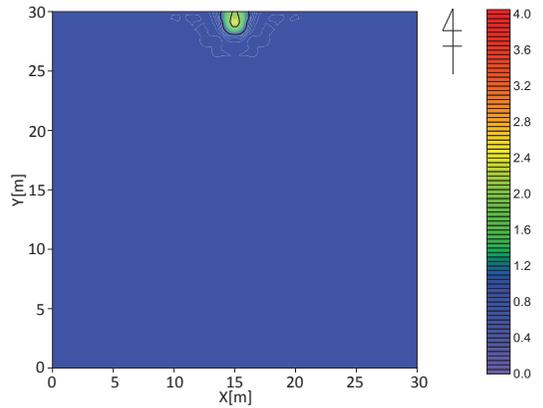


図 16 海底の水平断面図 (1 秒後の D0 [mg/L])

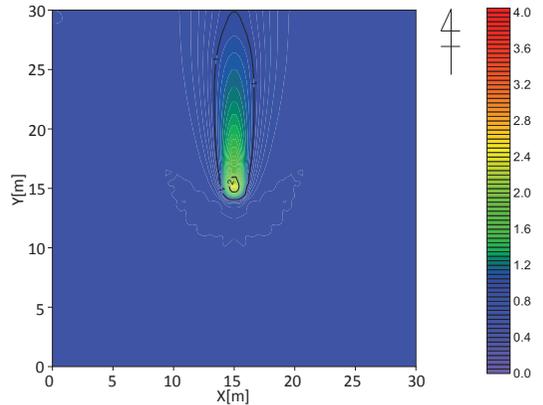


図 17 海底の水平断面図 (15 秒後の D0 [mg/L])

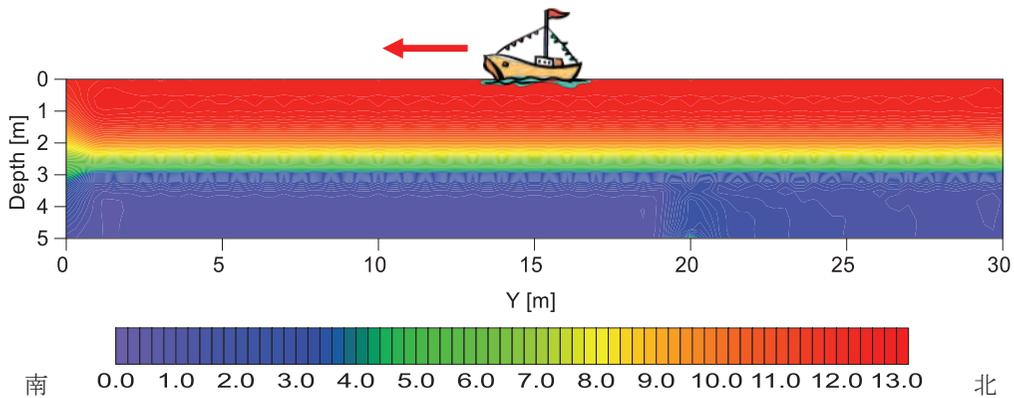


図 18 X 軸 15m ライン上の鉛直断面の D0 [mg/L] (10 秒後)

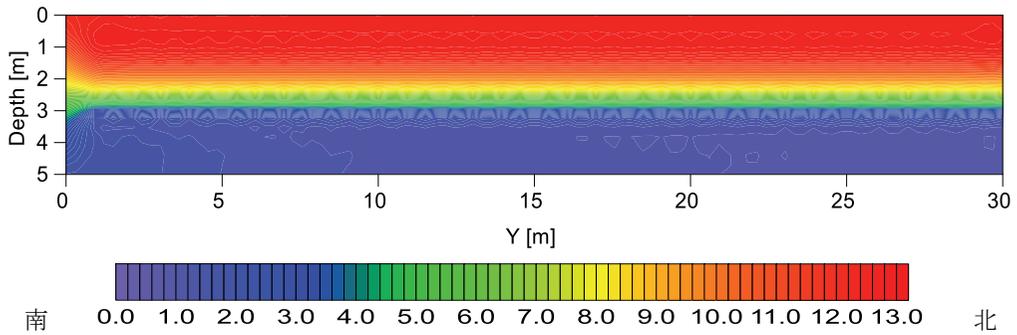


図 19 X 軸 15m ライン上の鉛直断面の DO[mg/L] (30 秒後)

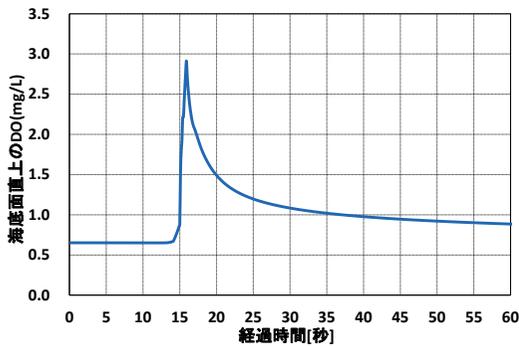


図 20 数値計算で求めた海底面上の DO

ここまでの計算結果から、対策装置の曳航に伴い、海底面の DO が上昇することが分かった。

装置通過後に DO が上昇する範囲は横幅 4m であり、本装置を漁場に適用する際の条件を表 6 のように設定した場合の貧酸素緩和効果は 0.0432 k km<sup>2</sup>であった。

表 6 漁場に適用する際の条件

	項目	数値	単位
A	DO 上昇範囲	4	m 幅
B	曳航速度	3,600	m/h
C	1 日の作業時間	3	時間
D	1 漁船あたりの貧酸素緩和範囲 (=A・B・C)	0.0432	km <sup>2</sup>

#### 4. まとめと今後の課題

本稿で検討した対策装置により、表層にある水塊を底層へ送水可能である。装置を約 1m/s で曳航した際の平均送水量は、約 14m<sup>3</sup>/min であった。また、数値計算では、DO は 2.0mg/L 以上に上昇でき、その効果範囲は、曳航線を中心に最大で約 4m であった。従って、1 漁船 1 日あたり 0.0432km<sup>2</sup> の範囲で貧酸素緩和効果が見込まれる。

また、この対策技術は、漁業者が手持ちの漁船で扱える大きさであり、導入にかかる費用は約 30 万円/基である。これに対し、従来技術である微細気泡装置（エアレーション装置）の導入にかかる費用は、約 400 万円/機である<sup>11)</sup>。この点においては、従来技術よりも優位性があると言える。

しかし、数値計算結果のような効果が実海域で見られるか、底泥に生息する生物への効果がある値であるのかの検証を行っていないため、実用性の評価までは至っていないことが課題である。

さらに、現地試行の際に、漁業者より装置が長く扱いづらいと意見が挙がったため、今後は、実海域で簡易に運用するための方法を検討する。

## 謝辞

本研究は、水産庁「平成 25 年度 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業」及び「平成 26 年度 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業」のもと実施した。本研究を進めるにあたり、多くの方々にご指導やご助言、ご協力をいただいた。特に、現地調査・試験にご協力いただいた佐賀県有明海漁業協同組合の関係者各位、マリノフォーラム 21 および本事業の関係者各位に心より感謝申し上げます。

## 引用・参考文献

- 1) 徳永貴久・児玉真史・木元克則・柴原芳一：有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性. 土木学会論文集 B2, p. 1011-1015, 2009.
- 2) 徳永貴久・岡村和磨・木元克則・柴原芳一：有明海湾奥西部海域の底質変動特性. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, p. 1139-1144, 2012.
- 3) 柳哲雄：貧酸素水塊の生成・維持・消滅機構と化学・生物的影響. 海の研究, 13, p. 451-460, 2004.
- 4) 青木伸一・福本直樹・岡本光雄：猪鼻湖における底層貧酸素水のエアレーション効果の検討. 海岸工学論文集, 第 48 巻, p. 1066-1070, 2001.
- 5) 田中真史・佐々木淳・柴山知也・磯部邦彦：窪地海域を対象とした微細気泡エアレーションによる貧酸素水改善効果の解析. 海岸工学論文集, 51, p. 1161-1165, 2004.
- 6) 鯉淵幸生・磯部雅彦・佐々木淳・藤田昌史・五明美智男・栗原明夫・田中真史・Mohammad Islam・鈴木俊之：貧酸素水改善に向けた現地微細気泡実験. 海岸工学論文集, 第 51 巻, p. 1156-1160, 2004.
- 7) 藤田孝康・木村和也・森光典・田中勝久・木元克則・岡村和磨・森勇一郎：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, Vol. 44 (2), 101-111, 2007.
- 8) 中牟田弘典：貧酸素条件下での一時的な息継ぎによるサルボウの斃死軽減. 佐賀県 HP, 佐賀県有明水産振興センター, 研究成果情報, 平成 24 年度研究成果情報. 2012.
- 9) 日本造船学会 海洋環境研究委員会(2000)：MEC モデルワークショップ(第 1 回). 2000.
- 10) 速水祐一・木元克則・徳永貴久：第 33 回有明海・八代海等総合調査評価委員会 資料 3-1 有明・八代海における貧酸素水塊, p. 7, 2014.
- 11) 一般社団法人マリノフォーラム 21・芙蓉海洋開発株式会社・五洋建設株式会社・日本ミクニヤ株式会社：平成 23 年度 有明海漁場造成技術開発委託事業報告書. 2012.

## 著者紹介

### 森田 雅子 (正会員)

日本ミクニヤ株式会社 (神奈川県川崎市高津区溝の口 3-25-10), 1988 年 6 月 28 日生まれ, 2013 年 3 月岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻修了, 同年 4 月に日本ミクニヤ株式会社に入社, 工学修士。

E-mail: info@mikuniya.co.jp

### 田邊 勝 (正会員)

日本ミクニヤ株式会社 (神奈川県川崎市高津区溝の口 3-25-10), 1970 年 3 月 4 日生まれ, 1995 年 3 月広島大学大学院理学研究科物理学専攻修了, 同年 9 月に日本ミクニヤ株式会社に入社, 理学修士。

E-mail: info@mikuniya.co.jp

### 深谷 惇志 (非会員)

日本ミクニヤ株式会社 (神奈川県川崎市高津区溝の口 3-25-10), 1983 年 1 月 23 日生まれ, 2007 年 3 月石巻専修大学大学院理工学研究科生命科学専攻修了, 同年 4 月に日本ミクニヤ株式会社に入社, 理学修士。

E-mail: info@mikuniya.co.jp

**北澤 大輔（正会員）**

東京大学生産技術研究所（東京都目黒区駒場 4-6-1），  
1974年7月29日生まれ，2002年3月東京大学大学院工  
学系研究科修了，同年4月に東京大学生産技術研究所に  
入所，工学博士。

E-mail: dkita@iis.u-tokyo.ac.jp

**水上 洋一（非会員）**

テック YM（神奈川県横浜市港北区大豆戸町 80-303），  
1943年6月23日生まれ，1969年6月東京水産大学大学  
院水産学研究科修士課程修了，現在東京大学生産技術研  
究所シニア協力員，一般社団法人マリノフォーラム 21  
専門研究員。

## **A study on simple technology of water transportation for improving hypoxic condition**

**Masako MORITA and Masaru TANABE and Atsushi FUKAYA  
Daisuke KITAZAWA and Yoichi MIZUKAMI**

**ABSTRACT :** Hypoxic water mass often occurs during summer in inner Ariake Bay, and will cause the reduction in the population of bivalves. Aeration techniques have been tested to increase the concentration of dissolved oxygen, but these technologies are not prevailing due to financial reason, usability, etc.

In the present study, an inexpensive and simple technology was proposed to improve hypoxic condition around sea bottom. This technology enables fishermen to supply surface water with rich oxygen to bottom hypoxic layer without any specific heavy equipments. First, laboratory tank experiments were carried out to design the equipment. Then, an actual equipment was developed and tested in the field to verify its operability in the sea. Finally, the performance of the equipment was predicted by numerical computation. By the field trial, the average amount of water supply by the equipment was approximately  $14 \text{ m}^3 / \text{min}$  when the equipment was towed at about  $1 \text{ m/s}$ . According to the effect evaluation which calculated by numerical computation, this technology enables to raise dissolved oxygen concentration to over  $2.0 \text{ mg/L}$ , also to raise dissolved oxygen concentration to over  $1.0 \text{ mg/L}$  in the area of maximum  $4 \text{ m}$  from the center of the towed line and its duration time of raising dissolved oxygen concentration will be  $21.8$  seconds. All results above suggests our technology enables to reduce hypoxic condition in the area of  $0.0432 \text{ km}^2$  per day per one fishing boat.

**KEYWORDS :** *Countermeasure technology against low oxygen condition, laboratory experiment, field experiment*

報告

# イタリア北東部沿岸域における工業用地の立地に関する研究

## A Study on the Allocation of Industries at Coastal Zone in Northeastern Italy

中澤 公伯\*・バレンティナー オリオッリ\*\*  
Kiminori NAKAZAWA and Valentina Orioli

**要旨:** 本論文は、イタリア北東部沿岸域における工業用地立地の現状を調査分析したものである。イタリア北東部、エミリア・ロマーニャ州及びヴェネト州を対象として、工業用地を主体とした土地利用の配置パターンを分析し、我が国沿岸域との比較を交え、土地利用の「質」を評価した。論文の後半部分では、ヴェネツィア市、ラヴェンナ市、そして比較対象として千葉市をケーススタディとして、歴史的背景等を交え土地利用の「質」に関する考察を加えた。工業用地クラスター間をある程度乖離させ、かつ都市的地域との接続性が重要であると結論付けている。

**キーワード:** イタリア北東部, 工業用地, 土地利用配置パターン, 地理情報システム

### 1. はじめに

#### 1.1 研究の背景と目的

バブル経済崩壊以降長らく続く経済停滞を打開すべく、21世紀型のイノベーション型産業の創生と集積を目指して、全国の自治体は競って施策を講じている<sup>1)2)</sup>。これまで我が国の産業をけん引してきた大都市沿岸域の工業地帯においても、新たな産業創成に必要な環境を涵養していく必要があらう。しかし、現在のところ日本企業の多くはものづくりの役割を海外に求めており、製造業の海外生産比率は過去最高水準となっている<sup>3)</sup>。一方で、昭和期の高度経済成長期以降の場合当たりの産業立地施策によって、国内に残存する事業所群が形成する大都市沿岸域の景観形成は、アメニテ

ィーや親水性の欠落等、十分に満足できるものではない<sup>4)</sup>。不透明感を増す海外情勢、また観光立国を目指すという観点からも、国内での新たな産業創成の推進と景観形成の両立は不可欠であるといえる。

そのような中、観光資源としての美しい自然や歴史的景観を有しながらも、同じ先進国として産業空洞化問題を抱える中で「第三のイタリア」と呼ばれる地域が21世紀型産業のさきがけの地として注目されている<sup>5)6)7)</sup>。そこで本研究は、イタリア北東部沿岸域の産業立地や土地利用の実態を分析し、21世紀型の産業創成に必要な土地利用環境、土地利用の「質」を明らかにすることを目的とする。

\* 正会員 日本大学 生産工学部創生デザイン学科 (ボローニャ大学客員研究員)

\*\* 非会員 ボローニャ大学 工業建築学部建築学科/ボローニャ市 行政評議会議員 (都市・環境担当)