

## 水流発生装置を用いた港内および浅場の貧酸素改善方策の検討

### Numerical Study on Effective Measures for Reducing Hypoxia and Anoxia Using a Water Circulation System in Ports and Shoal

学籍番号 47-156727

氏名 石崎 優芙 (Ishizaki Yu)

指導教員 佐々木 淳 教授

#### 1. はじめに

東京都内には多摩川や江戸川、墨田川に荒川など大小約 120 の河川が流れており、東京湾に流入している。また、東京湾は湾口が狭いために外海との海水交換が行われにくい水域である。この水域は高度経済成長期に行われた都市化や工業化により水質汚濁が深刻化したが、水質汚濁対策(水質総量規制)の効果により、流入する有機汚濁物質は 25 年間で 2 分の 1 以下にまで減少した(環境省、水質汚濁対策)。しかし未だ多くの問題を抱え、東京湾奥部の水質改善状況は芳しいものとは言いがたい。溶存酸素濃度に着目した場合、8~9 月には東京湾奥部のほぼ全域で 2.0mg/L 以下の貧酸素状態となり、生物が生息しづらい環境となる。また、東京湾奥部においては特に青潮の発生が深刻であり、発生回数・規模に差はあるものの、今日においてほぼ毎年のように青潮発生が確認されている。青潮の影響が大きい年にはアサリの大量へい死を招くなどの漁業被害も報告されている。

水質改善検討手法の一つとして、人為的な水流発生装置を用いた水塊の海水混合技術がある。例えば遠藤ら(2010)は太陽光を電源としてポンプ稼動による表層水を底層から放出する装置による現地実験を実施して

いるが、その影響範囲は放出口近傍に限定されていた。また、角屋ら(2007)は、空港施設の間にある閉鎖性の強い水路において表層水を海底に送り込むことにより発生する循環流を利用した外部電源供給を用いた水中発生装置を適用しており、一定の改善効果が報告された。このような水流発生装置は日々技術躍進が行われており、現在船橋港においては新たな水流発生装置(イービストレード社、マルチ・ストリーマー)が 2016 年と 2017 年に試験的に導入され、水質効果改善測定が行われている。

船橋港は千葉県における浅海域の中でも貴重な漁場であるが、溶存酸素濃度の低下の影響を顕著に受け、近年のアサリの漁獲量減少に警鐘を鳴らしている。その中でも特に港内や航路は浚渫により掘り下げられているため貧酸素化しやすい。また、これらの掘られた水路に沿って港内の青潮水が移動してくるため、浚渫窪地や湾奥中央平場の無酸素水塊が解消されたとしても、港内や航路には影響が残る。港や航路においては平場同様の対策が行えず、規模も小さいため装置などによる技術的な対策の効果が期待される。

千葉県・船橋市・船橋市漁協協同組合が行った現地観測結果と、本研究室が行った現

地観測結果を元に,水流発生装置の機能を再現した数値計算モデルを構築すること,さらにそのモデルを用いて数値計算上で様々な環境条件を設定し,効果的となる設置方法について検討することを本研究の目的とする.

## 2. 水流発生装置

水流発生装置は表層水を駆動水としてタンクに貯め,ノズルに送水し,吐出水が整流筒を通ることで周りの水を巻き込み,流動を増幅させる働きを持つ.最終的な流動は駆動水の約 30 倍になる.水流発生装置の概要図を図 1 に示す.水流発生装置は地点 1 に 2 台( $M_{11}$ ,  $M_{12}$ ),地点 2 に 1 台( $M_2$ )設置された.地点 1 では 2 台とも対岸に向かって, $M_{11}$ は干潮時水深約 7m の位置から水平方向に, $M_{12}$ は干潮時水深約 4m の位置から水平方向 5° 下向きに噴出されている.地点 2 の  $M_2$ は船橋航路方向に干潮時水深約 2m の位置から水平方向に噴出されている.水流発生装置の設置箇所を図 2 に示す.

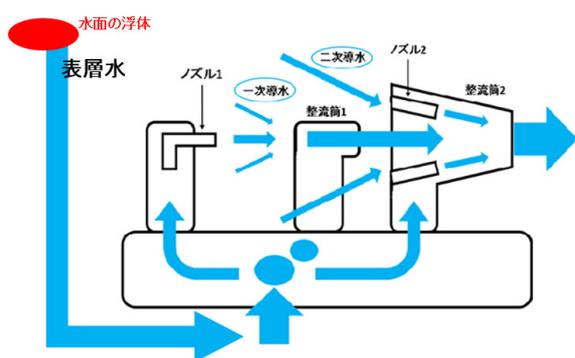


図 1 水流発生装置概要

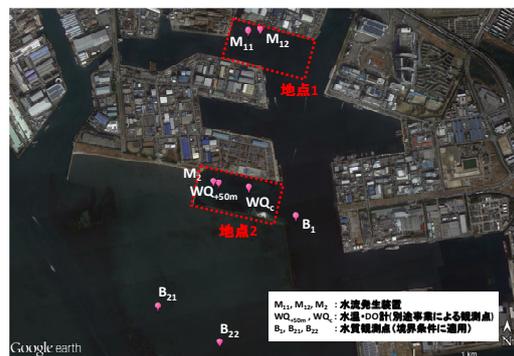


図 2 水流発生装置設置箇所

## 3. 手法

今回は解析手法として, DHI MIKE3 modelを用いた. DHIのMIKE3は流体力学を基幹とした沿岸・海洋の三次元モデリングソフトである.密度や地形,気象,潮汐,海流などの変化を考慮した非定常の三次元流れをシミュレーションすることが出来る.既存のモデリング(Thanhら, 2016)を元に,本研究に適した予測システムを構築した.本研究においては,MIKE内の河川流入の設定箇所において,水流発生装置を一つの河川であると想定してシミュレーションを行った.河川と想定した水流発生装置には実際の流量・筒の直径から導き出した流速,さらには水平方向・鉛直方向の噴出流向に角度を与え,実際の働きに近づけた.水流発生装置のモデル概要図を図 3 に示す.

モデルに組み込んで現地再現計算を行うため,水流発生装置設置地点 2 の地形図を自然環境データベースを基にして作成した.また,現地の青潮による影響を見るために境界条件に平常時の水質と青潮発生時の水質データを実際の観測値から組み込んだ.青潮と水流発生装置の効果の影響を見るため,(青潮導入なし,水流発生装置導入なし),(青潮導入有り,水流発生装置導入なし),

(青潮、水流発生装置共に導入有り)の3パターンで数値計算を行った。

以上を踏まえ、より様々なパターンや地形で水流発生装置を応用するため、900×324m、水深8mの両側が開境界の領域において基本検討を行った。基本検討においては基本計算以外にも、DO添加、装置設置台数増設(2台、3台)の水流発生装置性能向上の計算を行った。

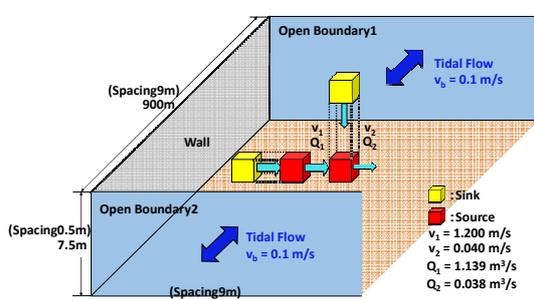


図3 モデル概要図

#### 4. 結果と考察

以上の計算結果から、現地再現計算においては、青潮の影響を如実に見ることが出来た。青潮発生時に水流発生装置を導入していない場合は発生後約1時間ほどで領域のほとんどが貧酸素化してしまうことが分かった。6時間後には全領域において貧酸素化が見られた。しかし、水流発生装置を導入した場合だと装置前方100m先の地点まで貧酸素化を改善することが確認された。塩分においてはDOほどの確認は出来なかったが、水質改善に効果はあると言える。よって、

また、基本検討においてはDO添加、2台設置はさほど効果が見られなかったが、3台設置の場合は水流発生装置周辺のみならず広範囲に改善効果の影響が確認できた。

#### 5. まとめ

以上より、現地再現においては水流発生装置は今回の対象領域のような浅場や、限られた狭い領域、閉鎖空間などにおいて効果があると考えられる。

また、基本検討においては3台設置した場合が最も効果が目に見えた。しかし、実際に3台設置することはコストがかかってしまい、相対費用効果を考えた場合現実的ではない。

水流発生装置による水質改善は、今回行えなかった様々なパターンにおいて有効である可能性がある。例えば噴流の噴出方向の角度を変えてみたり、設置箇所を変えてみたりなど検討していく必要があり、これからの課題である。

#### 6. 参考文献

- [1] 遠藤徹・水田圭亮・臼居諒・田中宏史・重松孝昌(2010), 表層水供給装置による港湾海域底層の環境改善に関する現地実験, 海洋開発論文集, 第26巻, pp. 117-122.
- [2] 角屋浩二・石川健二・金山進・中瀬浩太・小谷拓(2007), 流水発生装置による閉鎖性水域の密度成層の緩和について, 海洋工学論文集, 第54巻, pp. 1021-1025.
- [3] 佐藤文也・佐々木淳(2015), 東京湾における貧酸素水塊の字空間分布特性, 東京大学卒業論文.
- [4] 熊倉祐人・佐々木淳(2011), 東京湾の規模の違う浚渫窪地における観測と硫化物動態の数値シミュレーション, 横浜国立大学卒業論文.
- [5] 株式会社シーティーアイ(2016), 青潮被害軽減シミュレーションシステムの開発業務報告書.

[6] 吉本侑矢・佐々木淳(2009), 内湾浚渫窪地における硫化物動態の把握と数値再現, 横浜国立大学大学院修士論文.

[a] Vu Tien Thanh・佐々木淳(2016), Study on spatial and temporal variation of anoxic water and sulfide in Tokyo Bay, 東京大学大学院修士論文.