

課題番号 1RF-2201

研究課題名 閉鎖性水域における水環境デジタルツインの実現：生態系モデルのデータ同化手法の確立と水質長期再解析データベースの開発
研究代表者名 松崎義孝（港湾空港技術研究所）

体系的番号：JPMEERF20221R01

重点課題：

主：【重点課題④】 環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用

副：【重点課題⑯】 大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究
行政ニーズ（5-1-3） 水環境改善に向けた底層溶存酸素量の効果的な運用に関する基礎研究

研究実施期間：2022年度～2024年度

研究体制

サブテーマ1

松崎義孝（港湾空港技術研究所）

岡田輝久（電力中央研究所）

1.研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究背景】

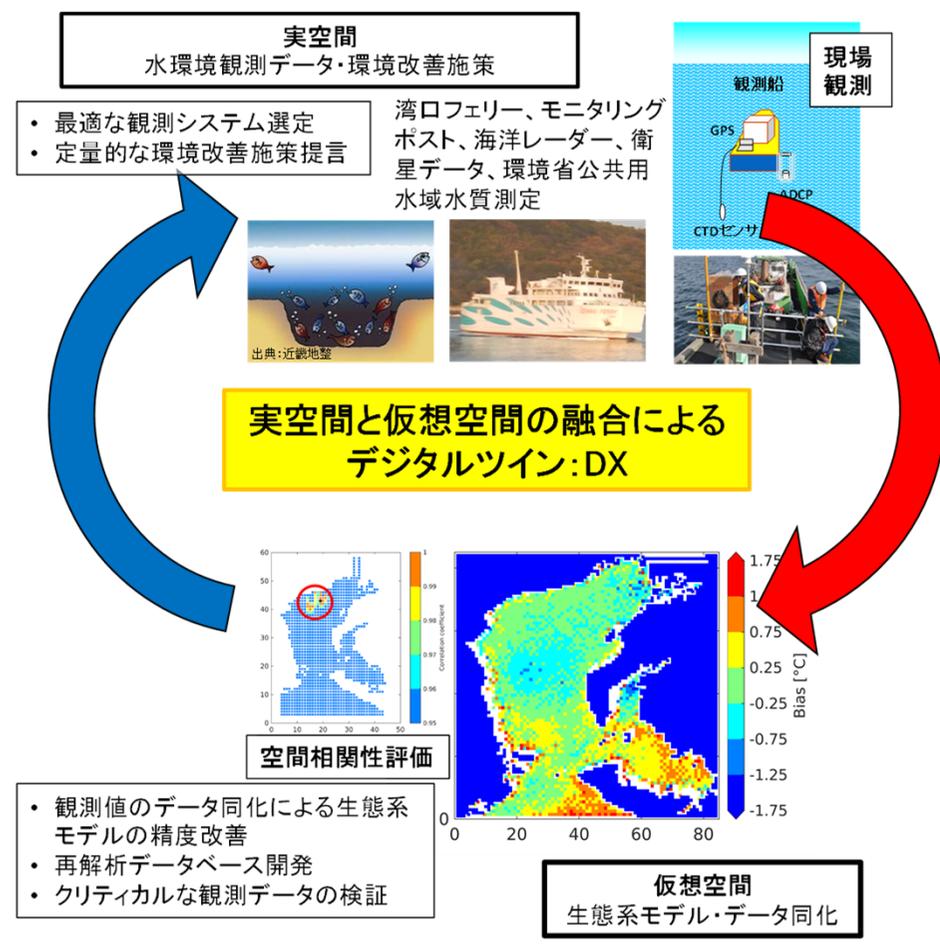
- 閉鎖性内湾において赤潮や貧酸素水塊（青潮）の発生等による海域環境の大きな障害（大島ら，2005）があるが、水質汚濁の原因が不明なままである（伊勢湾再生行動計画第II期，2017）
 - 健全で豊かな水環境の維持・回復は環境省の重点戦略に掲げられている（環境省第五次環境基本計画，2018）
- ⇒水環境のモニタリング，あるいは数値シミュレーションモデル（以下，水圏生態系モデル）の開発による閉鎖性水域の水質汚染の原因や対策の検討が求められている

【問題点】

- 水環境のモニタリングのみでは閉鎖性水域の時空間情報を網羅することができない
- 水圏生態系モデルのみによる閉鎖性水域の水質の正確な理解は、モデルの与条件を正確に与えられないため困難
- データ同化を利用し、デジタルツイン：水環境データ（実空間）と水圏生態系モデル（仮想空間）の実現が解決の一手段

【研究開発目的】

- 学術的に不明である水圏生態系モデルにおける閉鎖性水域のデータ同化手法の確立
- 閉鎖性水域の解析を行うためのデータベースを作成による、デジタルツインの実現



1.研究背景、研究開発目的及び研究目標

サブテーマ 1	閉鎖性水域における水環境デジタルツインの実現：生態系モデルのデータ同化手法の確立と水質長期再解析データベースの開発.
実施機関	港湾空港技術研究所、電力中央研究所
目標	伊勢湾と東京湾の水質汚染の原因や対策を検討することのできる従来無かった12年間の湾全体の水質解析データ(再解析データベース)の作成を行う. データ同化を使用することで数値モデルのみでは成しえなかった精度(例えばRMSEで3割の改善)を目標とする.

2. 研究目標の進捗状況

(1) 進捗状況に対する自己評価（サブテーマ1）

令和4年度	①アンサンブルカルマンフィルタによる誤差共分散行列の算出、データ同化試計算（港湾空港技術研究所）
	②EcoPARI（伊勢湾シミュレータ）へのアンサンブル四次元変分法への実装の検討（港湾空港技術研究所、電力中央研究所）
令和5年度	①観測値から相関関係の算出、誤差共分散行列の評価（港湾空港技術研究所）
	②アンサンブルカルマンフィルタによるデータ同化試計算結果の評価（港湾空港技術研究所）
	③アンサンブル四次元変分法によるデータ同化実施（電力中央研究所）
	④データ同化、精度検証用の現場観測実施（電力中央研究所）
令和6年度	①アンサンブル四次元変分法によるデータ同化実施、精度検証（電力中央研究所）
	②データ同化結果の総合評価（港湾空港技術研究所、電力中央研究所）
	③12年間の再解析データベースの作成（電力中央研究所）
	④水質の時空間変動の解析（港湾空港技術研究所）
	⑤背景誤差共分散による季節別空間相関性評価（港湾空港技術研究所）
	⑥観測値による季節別空間相関性評価（港湾空港技術研究所）

自己評価：計画通り進展している

2.研究目標の進捗状況

(2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し（サブテーマ1）

【具体的な理由・根拠】

令和4年度：①アンサンブルカルマンフィルタによる誤差共分散行列の算出、データ同化試計算、②伊勢湾シミュレータへのアンサンブル四次元変分法への実装の検討について、目標に対して実施率100%を達成。

令和5年度：計画に対する進捗状況を簡潔にまとめると以下のとおりである。

- ① 観測値から相関関係の算出、誤差共分散行列の評価については相関関係の算出プログラムを作成済みである。令和5年度後半に実際のデータを使用した解析を進める。：達成率50%
- ② アンサンブルカルマンフィルタによるデータ同化試計算結果の評価については、比較検証用の観測値は収集済み、評価用の解析プログラムは開発済みであるものの、伊勢湾を対象とした実観測値を用いたデータ同化が未実施であるため具体的な解析が進んでいないため、令和5年度後半に解析を進める。：達成率20%
- ③ アンサンブル四次元変分法によるデータ同化実施については、初期段階の検討を計画通り開始した。今後検討ケースを増やし、次年度の再解析データベース作成に向けた検討を進める：達成率50%
- ④ 精度検証用の現場観測については、計画通りに実施できた。今後は得られたデータと公開データを合わせて統計解析し、同化システムに必要な誤差統計情報を整理する：達成率60%

【目標達成の見通し】

計画通りに研究が進んでいる。また、研究管理・研究資金面において効率的に実施するための工夫も行っており、着実に研究を進めているため、目標達成は十分に可能と判断するのが妥当である。

3.研究成果のアウトカム（環境政策等への貢献）

【行政等が活用することが見込まれる成果】

例えば、事業に伴う環境影響評価を行う際に、環境省が示す底層溶存酸素量に係る水質環境基準（環境省2021年12月28日報道資料、東京湾における湾奥の類型は $0.0625 \text{ mg O}_2/\text{m}^3$ ）に対して、シミュレーション単体では水質環境基準をクリアする結果が得られるが、実際は水質環境基準を満たしておらず、データ同化であれば適切な環境影響評価が可能である、といった結果が想定される。シミュレーションによる事業後の将来予測結果が適切であると、事業に対する理解や満足感が得られやすい。

【行政等が既に活用した成果】

特に記載すべき事項はない。

The screenshot shows the Ministry of the Environment website. The main content is a news article titled "琵琶湖・東京湾における底層溶存酸素量に係る水質環境基準の水域類型の指定について" (Designation of water body types for water quality standards related to bottom layer dissolved oxygen in Lake Biwa and Tokyo Bay). The article is dated December 28, 2021, and is categorized under "Water and Environment". A yellow box highlights the article title. Below the article, there is a small text box containing additional information: "琵琶湖及び東京湾において、水質環境基準である底層溶存酸素量に係る水域類型の指定を行うため、関係する告示を改正します。底層溶存酸素量に係る水域類型の指定は全国初となります。底層溶存酸素量は、魚介類等の生息や藻場等の生育に対する直接的な影響を判断できる指標であり、底層を利用する生物の生息・再生産にとって特に重要な要素の一つです。"

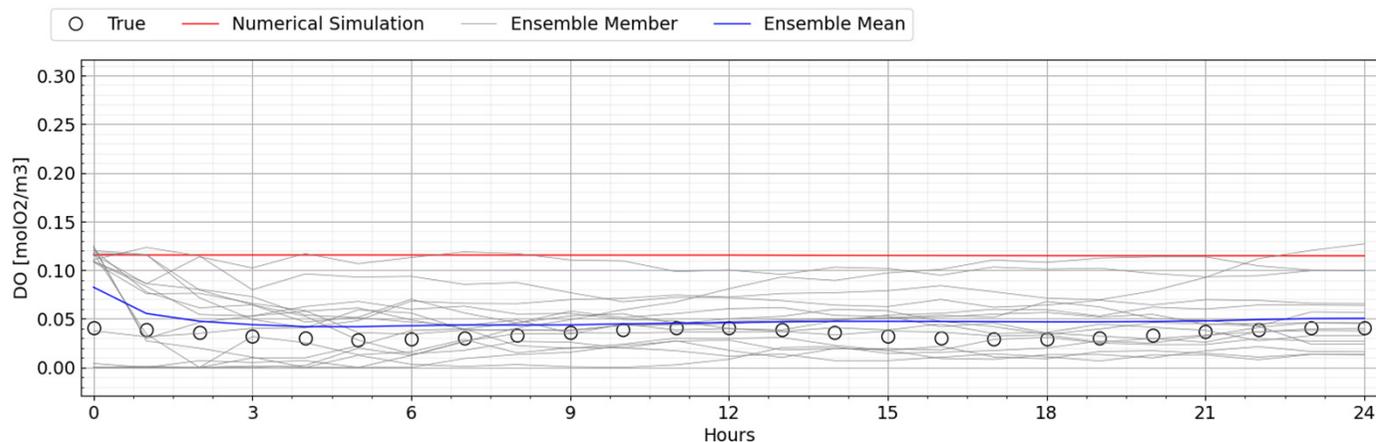


図 伊勢湾モデル地形を対象とした数値実験（双子実験）における底層DO濃度の真値（黒丸）、シミュレーション結果（赤線）、データ同化結果（青線）の時系列図。灰色線はアンサンブルメンバー。

環境省2021年12月28日報道資料

4.研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない。

<査読付き論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない。

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

1) 神奈川県立横須賀高等学校におけるスーパーサイエンススクール講師「沿岸環境防災研究」(令和5年6月15日、聴講者10名)

2) 港湾空港技術研究所一般公開における本研究推進実施の説明(主催:港湾空港技術研究所、令和5年7月22、港湾空港技術研究所内、観客251名)

(5) マスコミ等への公表・報道等
特に記載すべき事項はない。

(6) 本研究費の研究成果による受賞
特に記載すべき事項はない。

(7) その他の成果発表
特に記載すべき事項はない。



港湾空港技術研究所一般公開における本研究推進実施の説明状況の例

5.研究の効率性

【研究管理・研究資金面において効率的に実施した点】

国土交通省中部地方整備局（令和4、5年度）、関東地方整備局（令和5年度）の委託研究において、伊勢湾と東京湾の数値シミュレーションに必要な境界条件というファイルを作成しており、これを活用することで効率的に本研究を進めている。