

水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を 目指した超分野融合学術体系の構築

① ビジョンの概要

水環境は全球的な物質循環における重要な媒体であり、人類活動と生態系の根本を支える存在である。本ビジョンは、日本水環境学会が涵養してきた水環境に関わる様々な専門性を外部へと拡張し、情報科学、物質科学、数理生態学等の異分野との超学際的取り組みにより、水環境に関わる物質循環と生態系の姿を完全可視化し、かつ人の営みとの関わりを完全に理解するための新領域を開拓することを目指すものである。

② ビジョンの内容

持続可能な未来社会に備わるべき要素としての健全な水環境とはどのようなものか。河川、湖沼、沿岸、湿地等、様々な形態があるだけでなく、同じ河川でも地域によってはレジリエントな洪水調整機能が重視され、また別の地域では親水性や自然浄化・炭素吸収機能が追求されるなど、求められるものは地域によって様々である。地域ごとに特徴ある水環境を発達させていくためには、地域ごとの気候や災害、そして「どんな世界に住みたいか」という居住者の欲求に基づいた人の営みとの調和を追求しなければならない。この調和の実現には、様々な地域の水環境において、多様な物質がどのような姿で流動・蓄積し、かつ変換され、ヒトの健康や生態系の健全性に如何に影響を与えているのか、言い換えれば、地球システム、都市産業システム、及び人間システムが水や物質を介して具体的にどのような繋がりを有しているのか、学術的に整理し理解することが重要であるが、現段階で完全な理解には至ってはいないのが現状である。その結果、システム間がどのように調和すれば持続可能社会に至ることができるのかを見出すことができていないし、さらには、システムのどこをどのようにモニタリングすれば調和の乱れを見つめることができるのか、システムのどこでどの程度の水処理・環境浄化を行うべきなのか、などを明らかにすることが全くできていない。

以上のような学術上の滞りを解消するために、本学術研究構想では、日本水環境学会が涵養してきた水環境に関わる様々な専門性をさらに外部へと拡張し、異分野と融合した超学際的取り組みにより、水環境に関わる物質循環と生態系の姿を完全可視化し、かつ人の営みとの関わりを完全に理解するための新領域を開拓することを目指す。具体的には、実社会では行うことが不可能なレベルの試行錯誤を行うための「水環境デジタルツイン」の構築を行うことを目指し、水環境・水処理過程における物質流動・変換、豪雨災害等の擾乱に対する水環境生態系の応答等、水環境デジタルツインを構成する要素の仮想現実化を完成させる(図1)。水環境デジタルツインは地域ごとに構築され、地域特有の水環境の創出を実現するための3次元シミュレーションや地域内ステークホルダーとの情報共有などに用いられ、地域水環境行政の意思決定における重要な材料となる。以上のような取り組みにより、情報科学、物質科学、毒性学、数理生態学、統計学、経済学、法学等、これまで別々に展開されてきた学術体系を適宜融合させる際のハブとして水環境を活用し、分野融合学術体系が構築される仕掛けを作ることを目指す。



図1 本ビジョンで確立を目指す
水環境デジタルツインの概要図

③ 学術研究構想の名称

水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を目指す超分野融合学術体系の構築

④ 学術研究構想の概要

分析技術の向上や普及に伴い、水環境や水処理過程における物質動態に関するデータは各方面で蓄積されてきているが、不定期、もしくは時間横断的なデータが多く、数値解析との相性が必ずしも良くないため、モデル化した形で現象を理解する取り組みとうまく噛み合っていない。また、様々な場所で得られた水質データ等の公開・共有も十分に行われておらず、ビッグデータと機械学習に代表されるような情報科学分野の新展開にもマッチしていない。これらの状況は、災害対応、炭素収支、生態系等に関わる水環境管理施策を

議論する際に不確実性をもたらす可能性があり、水環境行政にも影響を与えうるものである。流域における物質変換及び水処理過程に関する仮想現実化が実現すれば、様々な条件下、例えば温暖化が河川水質に与える影響、急激な原水水質が実施設における水処理効率に与える影響等、実験を行うことが難しい事象に関するシミュレーションが可能となる。本ビジョンでは、可視化ツールとしてのデジタルツイン技術に着目し、デジタル空間における流域及び水処理過程の再現に必要な要素技術の確立と統合を行うために、超学際的取り組みを推進する。

⑤ 学術的な意義

本ビジョンで構築を目指す2つのデジタルツインのうち、流域デジタルツインは河川・湖沼・干潟等の水環境における管理に関する施策について、行政による意思決定に大きく貢献する他、市場経済の仕組みを取り入れた生態系サービスや行動経済学の枠組み導入が健全な水環境生態系の維持に与える貢献度の評価や、社会システムの構成要素としての法律の在り方に関する議論につながるなど、さらなる学術的な広がりをもたらすきっかけとなりうる。もう1つの水処理デジタルツインも、居住者の欲求・要求にも適応して地域社会にうまく埋め込まれるような水処理技術の開発を可能とするなど、水処理技術の革新を誘導するものである。これらを実現する水環境デジタルツインは、モニタリングデータなどを用いて常にパラメータが更新され、様々な物理・化学・生物プロセスが統合されつつ進化していく形態を有しており、最先端の知見が専門性を超えて容易に共有される点において、学術的価値が著しく高いものであると言える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本水環境学会は世界水協会（International Water Association：IWA）の日本支部の役割も担っているが、IWAではDigital Water Groupが形成されており、その中で水処理や水環境管理の分野におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）が指向されている。しかしながら、Digital Water Groupが目指しているDXは、人が直接管理する水質（上下水処理等）を対象としたものに留まっており、本ビジョンで目指すような、洪水・流木・土砂崩れ等の流域における災害や、河川・湖沼・干潟、汽水域等の自然環境における水質変換、および生態系構造が3次元仮想現実化された水環境デジタルツインは全く想定されていない。IWA世界に先駆けた本ビジョンにより、水環境分野における研究を大きくリードする状況を作り出せると考えている。

⑦ 社会的価値

自分達の身近な水環境が3次元で細部に至るまでが可視化されれば、地域住民と水環境の状況を視覚的に共有することができるようになるため、水環境行政はより科学的に説得力のある形で施策を提案し、実施することが可能となる。さらに、水環境デジタルツインは、市場経済の仕組みを取り入れた生態系サービスの枠組み導入の効果を検証する目的で使用することも可能であり、民間による活用が大いに期待される。SDGsに関しても、水と衛生に関わるSDG6に掲げられている、「有害な化学物質による汚染を最小限にする（6-3）」や「山や森林、湿地、川、地下水を含んでいる地層、湖などの水に関わる生態系を守り、回復させる（6-6）」について、科学的根拠に基づいて達成度を評価することが可能となる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

2026-2029年：水環境デジタルツイン研究委員会設立、学術団体・行政ネットワーク、デジタルツインのプロトタイプ考案、モデル検証用データ蓄積

2030年以降：デジタルツインの検証・更新・実装、行政・民間における活用、モデル検証

＜実施機関と実施体制＞

日本水環境学会・水環境デジタルツイン研究委員会が他分野の学術団体を繋げるハブの役割を担う（図2）。

＜総経費＞ 16.6億円

＜所要経費＞人件費：1.4億円、設備費：1.2億円、分析費：10億円

⑨ 連絡先

佐野 大輔（日本水環境学会・総務担当理事）

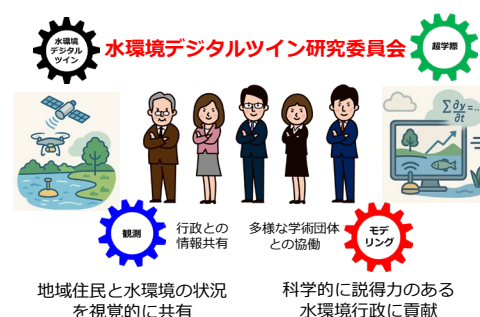


図2 水環境デジタルツイン研究委員会