

jh251011

ビヨンド・”ゼロカーボン”に向けた技術の社会実装 を加速する情報基盤「RE-CODE」の開発

兼松祐一郎（東京大学）

概要

カーボンニュートラル実現の先にある将来の地域像の実現に向け、地域ごとの技術導入計画を支援する情報基盤「RE-CODE」の開発を進めた。本システムは、需給分析、技術マッチング、シミュレーション、評価の四つのツールで構成される。2025年度は、木質バイオマス熱電併給を最初の事例として、コア版を構成する一連の機能の開発を概ね完了し、外部への提供が可能な水準までUI開発を進めた。また、これまで個別に開発してきた機能要素のシステム統合とmdx上での稼働環境の検証を進めた。加えて、データポータル設計とデータ統合検証に着手し、次年度以降の発展に向けた基盤を強化した。RE-CODEの運営と展開を担う事業体の設立準備を進めており、2026年度前半に外部リリースを実現する見込みである。

1. 共同研究に関する情報

(1) 共同利用・共同研究を実施している拠点名

東京大学 情報基盤センター

mdx I

(2) 課題分野

データ科学・データ利活用課題分野

(3) 参加研究者一覧と役割分担

【研究代表者】兼松 祐一郎(東大プラチナ) :
研究統括、システム設計

【副代表者】小林 博樹(東大 ITC) : システム
設計

【共同研究者】菊池 康紀(東大 IFI) : 手法開
発、藤井 祥万(東大 IFI) : 手法開発、尾下 優
子(東大 IFI) : 手法開発、工藤 知宏(東大
ITC) : システム設計支援、下徳 大祐(東大
ITC) : システム開発支援

(略称：プラチナ＝「プラチナ社会」総括寄
付講座、ITC＝情報基盤センター、IFI＝未来
ビジョン研究センター)

2. 研究の目的と意義

カーボンニュートラルや資源循環への対応がますます重要となる中、ゼロカーボンの実現などの将来ビジョンや目標を表明する自治体が急増したが、専門人材や情報・知識の不足などにより具体的な技術導入の計画立案には苦慮している地域が多い。例えば、再生可能エネルギー（再エネ）は代表的な重要技術だが、普及の進む太陽光発電や風力発電は変動性が大きく、さらなる拡大には蓄電や調整力の組み合わせが必要である。さらに、電気のみならず熱の需要も化石資源からの脱却が必要である。しかし、それらを実現する新規技術は導入対象となる地域側には十分な情報がなく、開発者からの情報発信の場も限られている。また、導入効果の事前評価に基づく地域計画が重要だが、現状ではデータ、専門知識、人材などの不足から自治体自身で実施することは難しい。

本研究では、分散したオープンデータの統合や、新規技術情報の集積、地域資源と技術のマッチング、シミュレーション、技術評価

におけるデータ処理の自動化や効率化により、先制的なライフサイクル設計・評価に基づく技術導入計画の高速化と省力化を図り、その推進を広く様々な地域で利用可能とすることを旨とする。本研究で開発する情報基盤を「RE-CODE」と名付けた（RE=Region, Renewables, Resources, Recycle など、CODE=Co-design, program code などの意味を包含）。RE-CODE は、技術導入計画を技術成熟度が低い段階から実行可能とすることで技術の社会実装を加速するデータプラットフォームである（図 1）。設計思想として、エンドユーザーサイドでは汎用的な Web ブラウザとネットワークさえあれば活用可能なウェブアプリケーションを目指す。

3. 当拠点の公募型共同研究として実施した意義

本研究で開発を進める情報基盤 RE-CODE は、当拠点への初回応募以前から開発を開始していたが、当初はライフサイクル評価(LCA)や、個別の資源・エネルギー関連の技術開発を専門とするメンバーによって構成されており、情報科学や情報システム開発の専門家がいない研究グループであった。RE-CODE は自治体や企業のユーザーも想定して広く実社会で活用されることを目指しており、産学公でのデータ共有を前提としたセキュリティやパフォーマンスを考慮した実装のため

には情報工学や情報システムの専門家との連携が欠かせない。mdx の開発・運営チームからは SDGs や GX の分野における応用事例として期待を寄せられており、mdx を活用した開発やテストを進めながら、順次公開も進め、研究者やユーザーからのフィードバックを行っていく。さらに、本提案の研究メンバーには含めていないが、岩手県や和歌山県などの複数の自治体や地域の大学との連携も進めており、地域に分散したデータの活用も進めていく。

RE-CODE の設計思想は、mdx の特徴との親和性が高い。第一に、仮想化技術によりユーザー環境を提供し、地域や企業などの組織やプロジェクト別にプライベート空間を仮想的に用意し、データを秘匿したまま RE-CODE の情報処理機能を活用可能とする。第二に、連続稼働が必要なサービスが運用可能であり、RE-CODE のウェブサービスを提供するための常時稼働環境として mdx を活用する。第三に、共通の公開基盤を提供しており、公開可能なデータは mdx ストレージを通して公開し、それらのデータと連携したバックグラウンドの計算環境も mdx から提供する。このような設計思想に基づいた開発と運用により、mdx の特徴を活用した産学公の共創に基づいたクラウドベースの情報システムとして RE-CODE の開発を推進している。

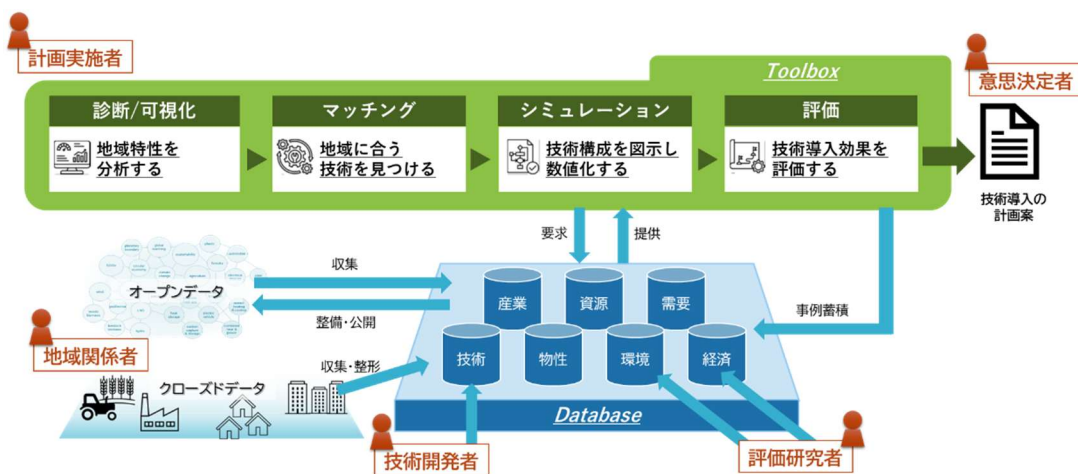


図 1 RE-CODE の全体像

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

2024 年度までに、RE-CODE を構成する 4 つの主要ツール (View、Match、Sim、Value) について、各機能の主要部分のプロトタイプングを進めた。

View(需給分析・可視化機能)では、商用クラウドサービス上で試作していたグラフ表示機能を mdx 上へ移管し、GIS を活用して位置情報と再生可能エネルギーの資源ポテンシャルを合わせて表示する機能を実現した。当グループが整備した持続的な林業における 100 年間の伐採量推移シミュレーションデータを GIS に対応させた。

Match(技術マッチング機能)については、View で得られる地域情報と Sim で使用する技術情報をつなぐツールとして、View と Sim に続く形で概念設計を進めた。

Sim (シミュレーション機能) では、過去に地域計画の個別研究として木質バイオマスによる地域熱電併給の評価モデルを Excel 上で構築していたが、Python への移植を経て、ウェブアプリ版の開発を進めた。装置ユニットの構成変更が可能な UI を試作し、物質収支・エネルギー収支の計算が可能となった。

Value(評価機能)では、Sim の結果をもとに温室効果ガス排出量や資源消費量などの評価指標を算出・可視化するために、Sim からの連携を可能とする計算結果データの構造を設計した。これら 4 つのツールの統合に向けて、ユーザビリティを考慮した UI 再設計を進めた。加えて、データセットの整備として、地域別エネルギー需要の基礎統計に基づく簡易推算に向けて、オープンデータの収集と分析を進めた。ただし 2024 年度までは、これらの機能はそれぞれ個別の独立アプリケーションとして構築されており、全体をシステムとして機能させるためのサーバー群の構成と検証が 2025 年度の課題として残されていた。

5. 今年度の研究成果の詳細

2025 年度は、当初目標である中核機能を一通り備えた“コア版”RE-CODE の構築をほぼ完了し、外部への提供が可能な水準まで UI 開発を進めた。木質バイオマス熱電併給を最初の事例として、地域データ可視化、シミュレーションのシステムフロー構築と計算実行、環境性能評価と結果表示という一連のタスクをクラウド上で実行できる環境を整備した。mdx 上でのシステム統合・稼働を達成し、RE-CODE 開発を推進するもう一つのプロジェクトである JST 事業 COI-NEXT における共同研究メンバーの一部への提供を開始した。さらに、データポータル設計と AI を活用したデータ統合検証、汎用型モデリングへの着手など、新たな研究展開にも踏み出した。以下、機能ごとの成果の詳細を述べる。

View (需給分析・可視化ツール) : View は、地域における再生可能エネルギー資源のポテンシャルや、エネルギー需給の現状を可視化するツールである。再エネポテンシャルデータは、環境省の REPOS で公開されたデータを中心として、地域に賦存する太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギー資源の供給可能量やその分布を基礎自治体別に把握しやすい形に可視化を工夫したものである。エネルギーフローデータは、地域内におけるエネルギー消費の実態を部門別・用途別に把握することを目的とする。経産省より都道府県別で公開されていたデータから、産業統計などを活用して基礎自治体別に推算するアルゴリズムを完成させ、さらに熱需要の温度帯別整理も実装した。

これらのデータは、これまで別々の UI で個別に開発・運用されていたが、2025 年度はユーザーが統一的な UI から両方を操作できるよう、機能、操作方法、画面構成、画面遷移、矛盾なく各機能が接続できるデータ構造

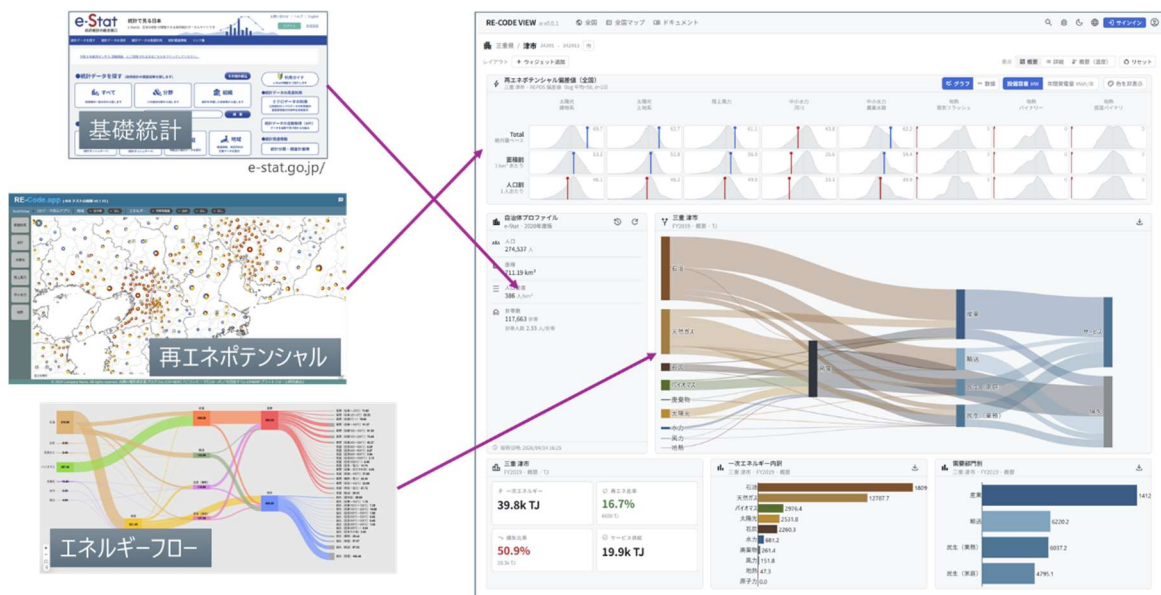


図 2 View(需給分析・可視化機能)のダッシュボード型 UI への統合

の再設計を行い、ダッシュボード型 UI への統合を行った(図 2)。これにより、地域の供給ポテンシャルと需要構造を一体的に把握できる環境が整い、一部の調整を残すものの、公開可能な水準に到達した。

Sim (シミュレーションツール) : Sim は、技術導入による地域レベルでの物質・エネルギー収支の変化を数値化するツールであり、導入候補技術の数理モデルユニットを接続することで、地域システム全体としての挙動を算出する。木質バイオマス熱電併給を最初の事例として、チップ化、CHP プラント、熱分配、需要家などのユニットプロセスをモデル化している。

2024 年度までに、ブラウザ上でのシステムフロー構築機能の基盤を開発してきたが、それぞれのユニットプロセスは個別のプログラムとして実装されていたため、新規ユニットの追加や既存ユニットの修正には個別の開発作業が必要であった。2025 年度はこの構造を抜本的に見直し、共通のモデル構造を導入することで、各ユニットプロセスのフレームワークは共通化しつつ、技術パラメータの設定によって多様な技術への対応を可能と

する設計へと変更した。これにより、技術ごとに個別のプログラムを開発する必要がなくなり、新規プロセスの追加コストが大幅に低減された。加えて、各ユニットからの環境への排出を一元化して集計するユニットを設けるなど、システム全体のフローの計算を効率化する工夫も導入した。

ユニット間の接続を表現するフロー設定については、ユーザーがリストに新規フローを自由に追加できるようにし、各ユニットプロセスはこのリストから必要なフローを呼び出して入出力を定義する形式とした。この仕組みにより、対象とする物質やエネルギーの種類を事前に固定する必要がなくなり、新規技術や新規地域への適用において必要なフローを柔軟に追加できるようになった。

これらの改善により、各ユニットの計算機構を統合してブラウザ上でのシステムフロー構築から一連のシミュレーション実行までをウェブ上で可能とし、構造的自由度が飛躍的に向上した。当初対象としていた木質バイオマス熱電併給以外の多様な技術への応用可能性が大きく広がっており、View と同様に、一部の調整を残すものの、公開可能な水準に到達した (図 3)。

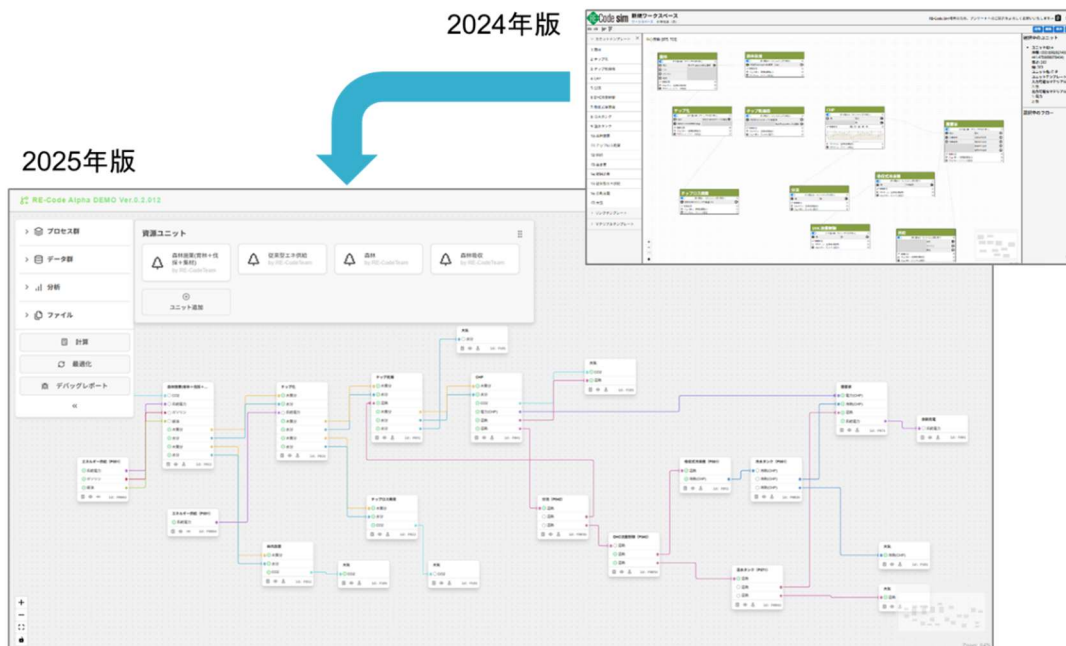


図 3 シミュレータの UI 改善

Match (技術マッチングツール)：当初の計画通り、この機能は View と Sim をつなぐ役割を担うことから、これら 2 機能の仕様決定が先決であることから、本年度はマッチング機能の本格開発を予定していなかったが、2026 年度以降の Match 本格開発に向けた基盤整備として、AI を活用した GX 技術データベースのプロトタイピングを試行した。地域で得られる資源(木質バイオマス、農業残渣、太陽光など)や技術情報をキーとして、それを活用できる GX 技術を検索・閲覧できるウェブアプリケーションを試作した。技術カテゴリ・対応資源・成熟度の 3 軸での絞り込み

フィルターと、カード形式での技術情報表示機能をウェブブラウザで動作する形式で試作した。この試作においては、簡易なプロンプトのみで研究者自身が生成 AI を活用して UI 設計と実装を高速に進められることを実証した。これまで研究要素を含まないコーディングや UI 作成は IT ベンダーに委託をしていたが、これにより、IT ベンダーとのコミュニケーションにおいて、文書を中心とした要求仕様では伝達が難しい点を、動作するプロトタイプを介した具体的な議論が可能となり、開発意図の共有と仕様調整の大幅な効率化が期待される。非情報系研究者が AI を介して試作を主導できる体制は、今後の Match 開発のみならず RE-CODE 全体の開発加速に寄与する研究方法論として位置付けられ、検討を継続していく予定である。

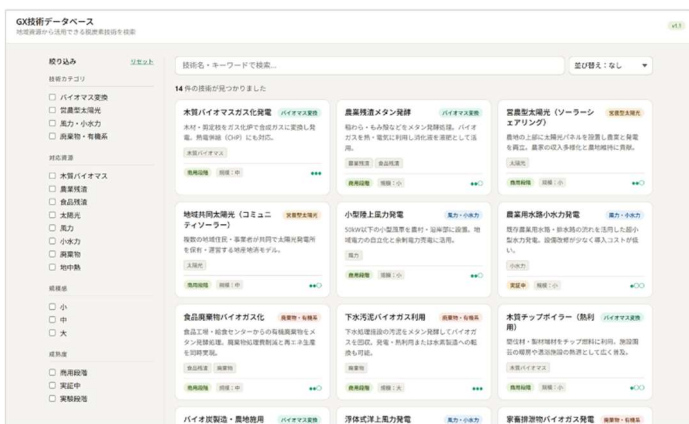


図 4 AI 支援で作成した GX 技術データベースのプロトタイプ

データポータル：コア版 RE-CODE の対応範囲を超えた幅広い応用に向け、公開済みのオープンデータや今後個別に収集するクラウドデータなどを集積し共有できる「データポータル」の設計と試作を進めた。本年度は、森林・林業研究者との議論を始点として、デ

ータ公開基盤の汎用化設計を進めた。

具体的には、人間の読みやすさを重視して作成された統計データや公的文書を機械可読な形式に半自動変換する手法について、AIを活用したデータ整形のトライアルを実施した。GX 分野では、エネルギー、資源循環、環境評価などのデータが多様なフォーマットでセクターをまたいで分散しており、研究や実務での活用にはデータ整形に多大な労力を要する状況にある。本トライアルでは、生成 AI の活用によるデータ整形プロセスの効率化が可能であることや、一方でデータ変換の内容が明確で固定的な場合には、AI を経由せずに定型のスクリプトや API を用いて変換を行ったほうが再現性を担保できる点など、利点と課題を確認した。これらの成果は、2026 年度以降に本格化させる GX データポータル開発の重要な基盤となる。

mdx 上でのシステム統合と動作検証： mdx の仮想サーバー上で4つのツールを統合したシステム構成を構築し、稼働検証を実施した。これにより、ユーザー別プライベート環境の提供とオープン性の両立を進めるための基盤が整い、JST 事業 COI-NEXT における共同研究メンバーの一部への提供を開始した。

持続化・事業化に向けた準備： 継続的な開発・運用や成果の社会展開には事業化が必須との認識から、事業体設立の準備を進めた。一般社団法人 RE-CODE の設立に向けた書類手続きを進行中であり、2026 年 6 月の設立を目標としている。

6. 進捗状況の自己評価と今後の展望

概ね研究計画通りに進捗している。コア版 RE-CODE の機能開発については、当初目標のほぼ全てを達成し、外部提供が可能な UI 水準まで到達した。mdx 上でのシステム統合・稼働も達成し、JST 事業 COI-NEXT における共

同研究メンバーの一部への提供を開始した。一方、当初計画していたサービス公開（外部リリース）は、運営を担う事業体の設立に必要な手続きに想定以上の時間を要したため、2026 年度前半にずれ込む見込みである。これは機能開発の遅延ではなく、運営体制構築上の問題であり、機能的には公開準備が整っている状況である。

データポータル設計については計画通りに進み、さらに AI を活用したデータ整形のトライアルに加え、マッチング機能の高速プロトタイピングのような発展的取り組みについても、先行的に着手することができた。総合的に、本年度は当初計画の機能開発を概ね達成しつつ、次年度以降の発展に向けた基盤強化も同時に進められた。

今後の展望として、2026 年度の JHPCN 共同研究については、「グリーントランスフォーメーション技術の社会実装を加速する『GX 情報循環基盤』の開発」として継続採択されている。本年度の成果を基盤として、シミュレーションの汎用化と対象拡大、GX データポータルの本格開発、技術マッチングの設計・試作などを進めていく。学術研究としては、RE-CODE を内包しつつそれを発展させる「GX 情報循環基盤」として、サステナビリティ認証・標準に準拠したライフサイクル評価、RE-CODE 範囲外の技術の LCA、幅広い GX データへのアクセス性向上に取り組む方針である。

事業展開については、2026 年 6 月に一般社団法人 RE-CODE の設立、2026 年 7 月にサービスの外部リリースを予定している。学術研究では先進的な研究を継続しながら、事業体は地域での技術導入計画支援の実装と展開を担い、実用性と持続性を確保する。

7. 研究業績

ウェブ入力