

jh241011

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、それぞれの機能を試作・実装した。再生可能エネルギーポテンシャルマップの機能強化や、木質バイオマスの供給可能量推計機能、基礎自治体別のエネルギーフロー可視化機能を開発し、mdx 上でテスト環境を構築した。さらに、これらの機能を Web 上で容易に操作できる環境の整備を進め、ツール間の連携やユーザーインターフェースの改良を進めた。GX 分野のデータ共有を促進するため「データポータル」の設計にも着手し、データ登録や検索機能の方針を策定した。開発環境として mdx を活用し、次年度中の一般リリース目標に向けて稼働環境としての実証も進めている。

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

(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がますます重要視される中、多くの自治体がゼロカーボンの目標を掲げているものの、その実現に向けた技術導入の具体的な計画策定には苦慮している地域が多い。例えば、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーは近年大きく普及したが、変動性が大きいいため、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。また、電気だけでなく熱の需要に対しても、化石燃料から脱却する技術が求められている。このような多様な新規技術に関して導入効果の事前評価に基づく計画が必要である。しかし、技術に関する情報が地域に十分に伝わっておらず、導入効果を評価するためのデータや専門知識も、それを実行できる人材も不足している。そこで本研究では、分散しているデータを統合し、新技術の情報を蓄積し、地域ごとに技術導入計画を支援するためのプラットフォーム「RE-

CODE」を開発する。このプラットフォームは、技術の社会実装を加速させることを目指しており、エンドユーザーがウェブブラウザを通じて簡単に利用できる設計とする。

3. 当拠点の公募型共同研究として実施した意義

本研究で開発を目指す情報基盤 RE-CODE は、当拠点への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。2022 年度の当拠点共同研究を契機として、情報基盤センター等のデータ利活用の専門家との共同体制を構築できた。

さらに「データ活用社会創成プラットフォーム mdx」の新たな応用分野としての期待も mdx 開発・運用グループより寄せられており、稼働環境としての検証も兼ねながら、開発したプログラムやそのプロトタイプの mdx 上での稼働や、データの収集や処理における mdx の活用などを行い、mdx 開発グループへもユーザー視点のフィードバックを行っていく。mdx が掲げる特徴と、RE-CODE での構想は下記のように整理できる。

① [mdx] 仮想化技術によりプロジェクトごとに柔軟な設定が可能なプライベート環境を提供する

→ [RE-CODE] 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。

② [mdx] 分野データプラットフォームサービスなど、連続稼働が必要なサービスを運用可能

→ [RE-CODE] mdx を RE-CODE の常時稼働環境として活用する。

③ [mdx] 共通データやオープンデータの mdx 上への整備や、有償データの一括契約な

どを促進し、機械学習やデータマイニングが即座に行える環境を継続的に構築できる

→ [RE-CODE] 公開可能なデータは mdx を通じて公開し、同時にデータと連携した計算環境を提供する。

このような設計思想に基づいた開発と運用により、mdx の特徴を活用したクラウドベースの情報システムとして RE-CODE の開発を加速する。

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

該当なし

5. 今年度の研究成果の詳細

前述の4つの主要ツール「需給分析(View)」、「技術マッチング(Match)」、「シミュレーション(Sim)」、「評価(Value)」それぞれについての開発の進捗に加え、データの集積と公開の促進のために新しく開発を開始した「データポータル」について報告する。また、情報インフラなどの共通基盤の整備についても報告する。

View (需給分析ツール) & Match (技術マッチングツール)

◆再生可能エネルギーポテンシャル

これまで、商用 GIS ソフトウェアの中で最も広く利用されている ArcGIS を用いて、再生可能エネルギーポテンシャルマップの試作を行ってきた。また、ArcGIS Online を利用することで、ライセンスを保有しないユーザーでも一般のウェブブラウザからマップを閲覧できることを、いくつかの表示例を通じて確認していた。今年度は、マップの高機能化を図り、「面積あたりポテンシャル」と「一人あたりポテンシャル」を基礎自治体単位で表示できるよう改良した。さらに、「一人あたりポテンシャル」は自治体人口に影響を受けるため、国立社会保障・人口問題研究所



図 1 再生可能エネルギーポテンシャルマップのウェブ UI

による将来推計人口のデータを用いて、2050年までの10年ごとの変動も可視化できるようにした。この結果、資源5種、指標6種、エネルギー単位2種の組み合わせによる計60通りのマップの可視化が可能となった。なお、これらのマップはArcGIS上で作成し、マップ1種ごとにURLが発行される形式であったため、そのままの運用では60通りのURLから目的の表示方法を選択する必要があり、利便性に課題が残っていた。そこで、直感的に表示方法を選べる独自のウェブインターフェースを設計し、試作版を実装した。そのインターフェースを図1に示す。

◆木質バイオマス

さらに、独自の推計に基づき、木質バイオマスの供給可能量に関するデータの整備と可視化も進めた。先に述べた再生可能エネルギーポテンシャルマップでは、環境省の「REPOS（再生可能エネルギー情報提供システム）」のデータを活用しているが、この中にはバイオマスの情報が含まれていないという課題がある。日本の人工林は1950年頃に全国的な大規模植林が行われたものの、その後の木材需要の減少や輸入木材への依存、林業従事者の減少などを背景に、高樹齢化が進行し、森林資源の更新が進まない状況が続い

ている。このため、林業政策としては、長期的に持続可能な森林利用の実現に向け、年齢の平準化を目指すことが求められている。

当グループではこれまで、100年間で年齢平準化を達成することを前提とした長期伐採シミュレーションを都道府県単位で実施してきた。しかし、このシミュレーションには各地域の年齢分布データが必要となるものの、現状ではごく一部の市町村を除き、都道府県単位でのデータしか整備されていない。一方で、実際のバイオマス利活用を計画する上では、より細かな基礎自治体単位の情報が不可欠となる場合が多く、都道府県単位の情報のみでは実務的な計画策定に結びつけることが難しいという課題があった。

そこで、都道府県単位の伐採シミュレーションの結果を、林野庁が公表している市町村別私有林人工林面積のデータを用いて按分することで、基礎自治体単位での所要伐採量を推計した。ただし、この手法では同一県内における市町村間の年齢分布の差異を考慮できず、すべての市町村が同一の年齢構成を持つと仮定している点は改良の余地がある。市町村レベルでの年齢分布データの整備と公開が望まれ、森林資源データ整備の新たな

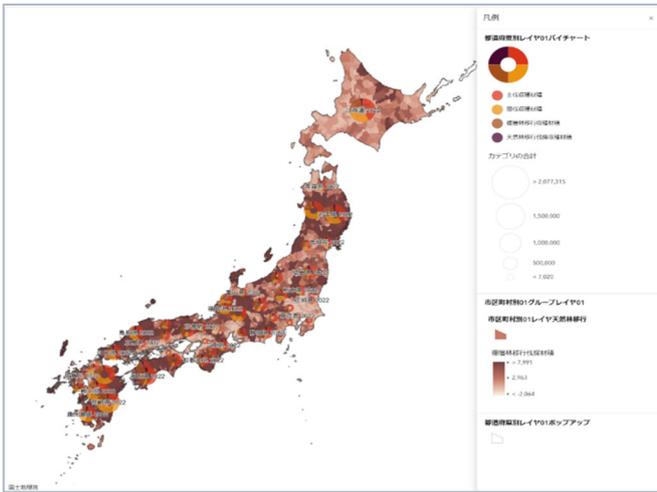


図 2 年齢平準化に向けた所要伐採量

課題でもある。市区町村別の所要伐採量を GIS データ化したものを図 2 に示す。

◆エネルギーフローの可視化

エネルギーの需給マッチングに向けた基礎自治体別のエネルギーフローデータについては、これまで Excel による計算結果を自治体ごとに個別のファイルとして出力し、それを都度 Google Chart のサンキー線図描画機能を利用して可視化する方法を取っていた。しかし、この方法では操作工程が多く、特に外部ユーザーが利用する際の利便性や作業効率に課題が残っていた。そこで、より簡便

かつ迅速にエネルギーフロー図を作成できるよう、新たにウェブインターフェースを構築し、ユーザーがブラウザ上で簡単に各自治体のエネルギーフローのサンキー図を出力できる仕組みを整えた (図 3)。

従来用いていた Google Chart では、ノードの色や配置が自動で設定されるため、自治体ごとに資源や需要セクターの色が異なり、地域間で比較する際の見やすさや情報の識別性に支障が生じることがあった。また、フローが重なる部分では視認性が低下し、全体構造の把握が困難になる場合もあった。こうした課題を解決するため、Python のグラフ描画用ライブラリを活用して描画機構を新たに構築し、ノードの色や初期配置を開発側で事前に設定することと、描画後にユーザー側でも設定変更を可能とすることで、より操作性、視認性、柔軟性が高いサンキー図の表示を実現した。

Sim (シミュレーションツール)

資源発生サイト、変換プロセス、需要サイト等をそれぞれユニットプロセスとして表現し、これらを資源やエネルギーの流れ (フロー) で接続することにより、地域資源活用

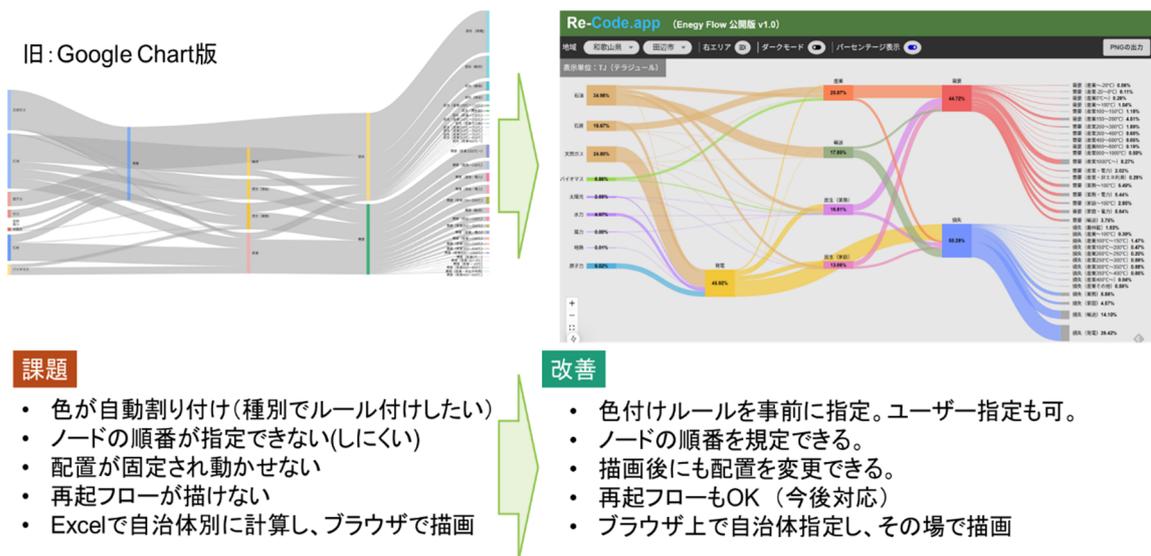


図 3 基礎自治体別エネルギーフローの可視化ウェブ UI



図 4 フローシーティング UI 試作版

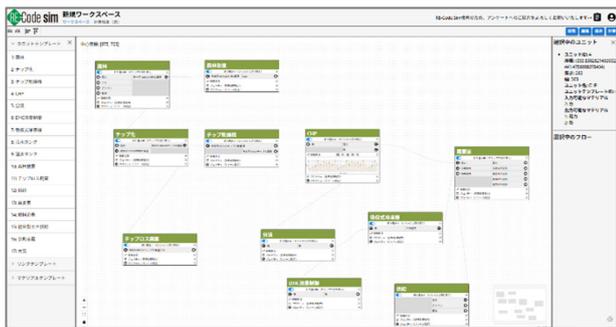


図 5 フローシーティング UI 改訂版

システムの構成を視覚的に表現するフローシーティング機能を開発した。また、本機能をウェブブラウザ上で動作させる試作版を構築した。年度前半に構築した初期バージョンの画面例を図 4 に示す。

この初期バージョンは主に開発者間での仕様確認や機能検証を目的としたプロトタイプであったため、ユーザーの利便性については考慮していなかった。そこで年度後半には、操作性を向上させるべく UI の改良を行い、より直感的に利用できるよう改善した。構築した改良版 UI を図 5 に示す。現状では計算結果を直接反映するには至っていないが、既存のフローシミュレーション計算機能とフローシーティング機能を統合し、一連のシミュレーションをウェブブラウザ上で実行可能とするためのシステム実装を進めている。

Value (評価ツール)

評価ツール Value は、シミュレータ Sim による計算結果をライフサイクルインベントリとして取り扱い、IDEA 等の LCA データベース

と連携して計算を実施することで、LCA 結果を出力する仕組みを実装する。今年度は主に結果出力の機構とテーブル構造について検討し、ウェブ UI の試作を進めた。従来 Excel で出力していた計算結果のテーブルおよびグラフについて、ウェブアプリケーション上で描画可能とするために、サーバー上に配置したテーブルデータを読み込み、ウェブブラウザ上でグラフを生成できる機能を実装した。一例を図 6 に示す。既存のグラフ描画用ウェブアプリケーションにも類似の機能が存在するが、RE-CODE における一連の分析フローに組み込めるようテーブル構造の設計および UI との連携を進めている。現状ではこの UI は単体での動作にとどまるが、今後は Sim による計算結果とシームレスに連携可能な形を構築する予定である。

Sim と Value の連携に向けた取り組みとして、Sim から出力されるテーブル構造の見直しを進め、これまでに試作したグラフ描画 UI が Sim の計算結果を直接取り込んでグラフを出力できるよう、シミュレーション機構も並行して調整と改訂を進めた。LCA データベースとの連携についても検討を進めた。

共通基盤構築

① mdx での開発・稼働環境整備

前述のツールすべてに対して開発および公開前のテスト環境整備を mdx 上で実現する

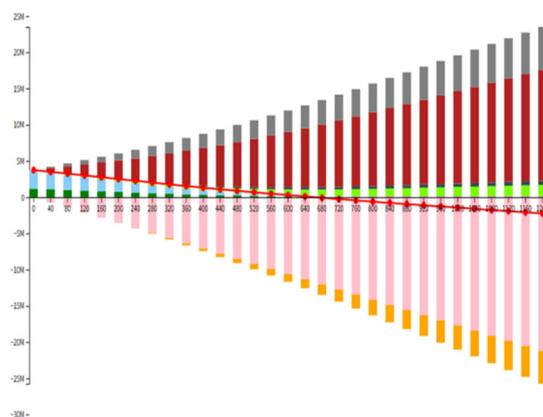


図 6 グラフ描画用のウェブ UI 試作版

ことができた。今後は本格的な公開に向けて各機能の最終調整と統合環境の構築を進め、2025 年度中盤での公開を目指す。公開時にはアカウントやプロジェクトごとに利用環境を提供する必要があり、mdx の仮想化機能を活用したプロジェクト管理のための仮想サーバーおよびコンテナの運用方法を検討している。

② データポータル

RE-CODE で活用している各種データセットや、地域での GX 計画に活用可能なオープンデータについて、利用しやすい形での公開と集約を図るとともに、個別の研究開発や地域活動で蓄積されたデータの公開場所を提供することを目的として、新たに「データポータル」の設計を開始した。前述の View の成果に記載した年齢分布平準化に向けた所要伐採量のデータは代表者らが過去に独自に作成したものであるが、同様に他の研究グループによって新規に開発されたデータセットが、十分に共有されずに存在しているケースが多くあると考えられる。データポータルの設計にあたっては、メタデータ項目の設計やタグ付けによる検索機能の強化、データアップロード申請および承認フローの設計などを進め、図 7 のようにワイヤーフレームの形式で構造を整理した。

データポータルに搭載するデータの初期注力分野として森林・林業データを検討している。前述の木質バイオマス供給可能量計算

に用いた年齢分布データは都道府県単位では入手できたが、市区町村単位ではごく一部の自治体のみが保有し、公開方法やフォーマットも異なっていた。農林業関連の調査を多く担当するシンクタンクとの議論や過去事例調査により、ウェブ公開資料のデータで多くの分析に対応は可能だが、Excel や csv 形式に比べて利便性の悪い PDF 形式が多い課題が確認された。PDF データの csv や HTML 形式への自動変換や、今後登録されるデータをこれらの形式での登録を支援する仕組みが有効であることが示唆された。

6. 進捗状況の自己評価と今後の展望

概ね順調に進展しており、データポータルについては次年度の予定であったが、前倒しで設計を進めることができた。

次年度は中核機能を備えた「コア版」RE-CODE の外部リリースを目指す。まずは木質バイオマスによる地域熱電併給を対象とする。2024 年度までに各ツールのプロトタイプを独立して開発してきたが、2025 年度はサーバー構成を整え、統合システム化と検証を進める。

年度前半は、Web UI の整備と仮想サーバー上でのデモ版稼働を目指し、特に「Sim」と「View」の連携を実現するためのデータテーブル・UI 設計と、計算結果の出力機構を実装する。ユーザーデータ保存のためのアカウントシステムも設計する。

後半は、コア版 RE-CODE の運用におけるサーバー構成の検証と改善に加え、コア版からの拡張に向けた開発も開始する。本年度設計を行った「データポータル」の試作版を作成する。地域資源やインフラ、産業などの多様なデータを集約し、既存のオープン/クローズドデータを共有できる環境を構築する。過去に GX 分野のデータ共有が進まなかった課題も、mdx を基盤として活用し改善を図る。



図 7 データポータルサイトのワイヤーフレーム