

# 地域と技術を繋ぎ、社会実装を加速する 情報基盤の開発

兼松 祐一郎

## 1. はじめに

SDGsやカーボンニュートラル(CN)などの社会背景の中、2050年二酸化炭素排出量実質ゼロに取り組むことを表明した自治体数は2023年3月末時点で934に上る<sup>1)</sup>が、目標達成に向けた具体的な技術導入の計画立案や推進に苦慮している地域が多い。再生可能エネルギー(再エネ)やバイオマス由来の物質生産など、新規技術を組み合わせた地域変革に向けては、その地域特性に合った技術候補の探索、導入効果の事前評価、導入案の決定、といったプロセスが必要になるが、多くの情報と高い専門性を要し、人材も不足している。また、技術を探したい地域側と普及させたい開発者側の間には深い情報ギャップがある。一方で、これらの多くの課題はデータや情報の側面からサポートが可能であり、俯瞰的な視点から技術をモデル化、統合してシステムを設計する、という化学工学的なアプローチが効果的と考えられる。本稿では、データ活用やシミュレーションによる地域への技術の社会実装の加速を目指して開発している情報基盤について、具体的な事例も交えながら紹介する。

## 2. 地域における技術導入計画の事例と課題

普及初期や拡大途上の段階にある技術の導入では、省庁の補助事業・補助金などを活用しながら計画や導入を進めていくことが多い。近年はその申請時に、対象技術の導入によって期待できる温室効果ガス(GHG)削減効果の試算を必須とする事業も増えている。補助事業を活用しない場合も、CO<sub>2</sub>排出削減や資源循環を目的とした技術導入では、その効果の事前評価が望まれる。しかし、その実務として

は、地域の資源や産業の現状把握、導入候補技術の理解と検討、評価のためのデータ収集、評価の実施、など多くの情報の収集と分析が必要となり、地域側の負担は非常に大きい。その評価においては直接排出のみならず、上流、下流や導入段階、廃棄も考慮したライフサイクル評価(LCA)が本来必要であるが、実施できる人材は限られている。新規技術に対するLCAは不確実性も多く、その手法自体が発展途上である。ここで、筆者らが過去に地域での技術導入計画においてLCA結果を補助事業申請に用いた事例について紹介し、普及展開に向けた課題についても整理していく。この事例は、システム設計やLCAを専門とするメンバーが参画することで遂行に至ったが、それでも調査や検討に半年以上の時間を要している。全国での技術導入の拡大と加速のためにはこれを短期間でこなえるような仕組みづくりが重要である。

### 2.1 導入計画の概要

本事例は鹿児島県西之表市(種子島)を対象とした木質バイオマスによる地域エネルギー供給システムの導入計画の例である。離島である種子島は電力系統が九州本土と連携しておらず、主力がディーゼル火力発電のため、コストもGHG排出係数も高い。地域の森林・林業の課題として、木材需要の縮小や外材への依存から、伐期に達した立木の放置による高齢樹の蓄積と新植の不足が挙げられ、全国的な課題でもある。そこで木材需要のコントロールとエネルギーの脱化石資源の両立を目指し、木質バイオマスによる市街地への電力および温冷熱の供給を検討した。エネルギープラントの規模を変更した際の、木材需要量とライフサイクルGHG排出量(LC-GHG)の変化を評価した<sup>2)</sup>。

### 2.2 導入計画に必要な作業とデータ

導入計画において必要な作業は主に、①現状調査、②技術オプションの検討、③シミュレーション、④評価、の4段階で整理できる(図1)。以下にて、具体的なデータ取得と評価の過程および他地域展開における課題を整理する。

①「現状調査」では、地域資源としての木質バイオマス活用に向け、森林の齢級分布と資源量の調査が必要となった。持続的な伐採計画も実施した。また、この技術導入による化石資源由来のエネルギー消費削減量を試算するため、需要家候補を選定し、月別、時間帯別の需要を調査、推算した。

②「技術オプションの検討」では、木材をチップ化し、熱



Developing an Information Infrastructure to Accelerate Social Implementation by Connecting Regions and Technologies

Yuichiro KANEMATSU (正会員)

2007年 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻修士課程修了

現在 東京大学総長室 総括プロジェクト機構「プラチナ社会」総括寄付講座 特任講師

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

E-mail kanematsu@platinum.u-tokyo.ac.jp

2023年6月5日受理

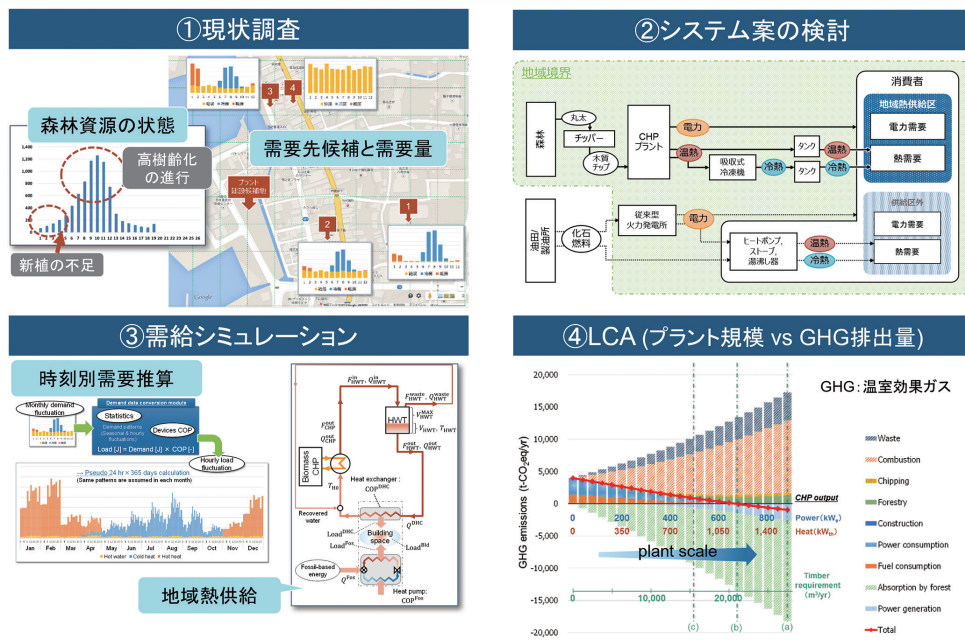


図1 技術導入計画のプロセス：木質バイオマスによる地域エネルギー供給の例(文献<sup>2)</sup>に基づき作成)

電併給 (Combined Heating and Power : CHP) プラントにて電気と熱に変換し、熱の一部は吸収式冷凍機によって冷熱とすることで、温熱と冷熱の両方に対応するシステムを検討した。熱、電力、温冷熱の組み合わせや発電方式、規模など多数のオプションを検討し得る。

③「シミュレーション」では、構成要素プロセス毎に数理モデルを構築し、複数の条件における物質収支、エネルギー収支の変化を計算した。CHPプラント、吸収式冷凍機、蓄熱タンクなどの機器や、木材輸送、チップ化、地域熱供給などのプロセスに関して、既往研究、製品カタログ、ヒアリングなど様々な情報源に基づいてモデルを構築した。需要の時間変化に応じたエネルギー収支の算出のため、1時間単位での計算を可能とした。

④「評価」では、シミュレーションで算出された物質収支、エネルギー収支の結果から、化石資源など既存エネルギーの代替量を求めると共に、消費、排出される物質のライフサイクルインベントリデータを用いて、LC-GHGを計算した。試算段階のものは補助事業申請におけるGHG削減効果の試算値として活用し、事業開始後に本格調査を通じて図のようなLCA結果の提示に至った。

### 2.3 導入計画の実践と他地域展開における課題

この事例では、特定の地域、資源、技術に限定した技術導入計画と評価であっても実施に約半年を要したが、2050年ゼロカーボンの達成には、開発途上の有力技術も含めて、多数の地域で迅速な技術導入の計画と実施を展開する必要があり、以下のような課題が考えられる。

①現状調査において、事例ではバイオマス活用を前提にしていたが、より幅広い資源の種類を対象とした量や分布の情報が必要である。また、需要については、事例では大口の需要家を選定し、電気料金や燃料費の伝票から推算したが、幅広い需要家から選定するなら、多量のデータ取得

や適切な推算をおこなう必要がある。②技術オプション検討では、当該技術の知識がなければ、候補技術の調査自体にも時間を要する。地域システムとしては複数の資源や変換技術を組み合わせた検討も必要となる。③シミュレーションの課題は、数理モデルの構築に専門性と時間・労力を要する上に、再利用可能なモデルが少ないことである。多様なモデルの蓄積と再利用や、モデル開発自体を支援できる仕組みの整備が望まれる。④評価においては、現在急速にニーズが高まっているLCAや地域経済波及などの分析を実行できる人材が圧倒的に不足している。また、従来の標準的なLCAは既に確立された技術に対し、実プロセスから取得したデータを用いて評価をしてきた。研究開発段階の新規技術に対する評価手法自体が発展途上である。

このように多地域展開に向けた課題は山積しているが、その多くがデータ活用の観点から解決またはサポートでき得る内容であることも分かる。以下に、これらの課題解決に向け設計と開発を進めている情報基盤について紹介する。

## 3. 地域と技術を繋ぐ情報基盤「RE-Code」

ここまでに述べた課題の解決を目指し、地域のCNや資源循環に貢献し得る技術の社会実装の加速に向けた情報基盤を「RE-Code」と名付け、開発を進めている。「RE」はRegion, Resource, Renewables, Revitalizationなどの意味を、「Code」はCo-design (共に設計する)とProgram Codeの意味を包含している。事例紹介でも挙げた各ステップを支援する4つの主要ツールとデータベース(DB)から構成される(図2)。

- RE-Code View : データ統合化ツール
- RE-Code Match : 技術マッチングツール
- RE-Code Sim : シミュレーションツール
- RE-Code Value : 評価ツール

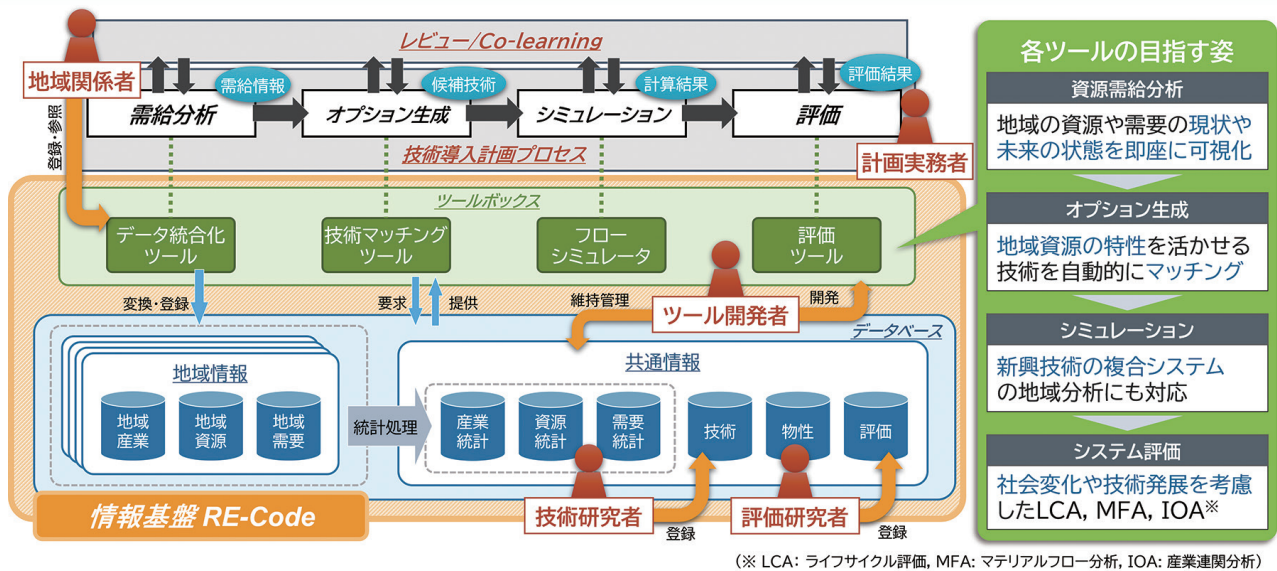


図2 情報基盤「RE-Code」の概要

各ステップでの出力情報はレビューやCo-learning(学び合い)の場で議論の土台として共有できる。最新の技術や資源の情報が地域や技術者から自ずと集まるような共創的な仕組みや機能も並行して整備していく。各ツールは開発途上であり、未実装の部分も多いが、以下に現状と展望を紹介する。

### 3.1 RE-Code View : データ統合化ツール

RE-Code Viewは地域資源の供給ポテンシャルや、資源・エネルギーの需要に関するデータを統合し、現状のみならず将来予測も含めた需給分析と、その可視化を支援する。補助事業申請や、地域の中長期計画策定では、これらが基礎情報として必要になるが、これまでに著者らが参画した事例では、現状の情報ですら不足または分散しており、収集に時間と労力を要するケースが多かった。また、政府統計などのオープンデータ公開は進みつつあるが、例えば資源ポテンシャルデータは環境省から、エネルギー需要統計や再エネ設備導入実績は経済産業省から、と公開サイトも分散している。一方、関連データの収集、統合、可視化は自動化できる部分も多く、大幅に加速でき得る。更に、人口動態予測や産業統計との組み合わせにより、ビジョン策定に有効な将来予測も可能となる。現在開発中のグラフ表示画面では、基礎自治体別の資源ポテンシャルや再エネ設備導入量を、ウェブブラウザ上で即時に可視化できる(図3)。今後、需要サイドの情報にも対応していく。

### 3.2 RE-Code Match : 技術マッチングツール

RE-Code Matchは、Viewの機能で特定した、地域に強みのある資源の活用や、脱化石を図りたい需要セクターへの対策などについて、相性の良い要素技術やその組み合わせの探索を支援する。地域にとっては新しい技術の発見や理解の場として、技術開発者にとっては地域への技術のアピールの場として双方を繋ぎ、地域と技術のマッチングを目指す。また、各種補助事業は初期開発向け、実証向け、実装

向けなど、対象とする開発段階が事業によって異なるが、技術成熟度(Technology Readiness Level:TRL)の情報も搭載することで、補助事業とのマッチングにも活用可能と考えている。

現状では、技術パッケージ(=要素技術の組み合わせ)や、各パッケージを構成する要素技術の検索が可能な技術DBの枠組みを試作した(図4)。試作版はサンプルデータで構成しているが、技術開発者からの実際の技術情報の収集と登録に向け、登録機能とその支援ツールを開発中である。

### 3.3 RE-Code Sim : シミュレーションツール / RE-Code Value : 評価ツール

RE-Code Simでは、導入候補となる要素技術の数理モデルを複数接続し、システムに対して地域レベルでの物質・エネルギー収支の変化を様々な条件に応じて算出する。化学工学分野であれば、「地域版プロセスシミュレータ」と言えばイメージしやすいかもしれない。そして、RE-Code Valueでは、Simから算出された物質・エネルギー収支に基づき、LCAなどのシステム評価を実施する(図5)。近年増加しているCO<sub>2</sub>排出算定ツールは基本的に現行システムの評価を対象としているが、RE-Codeでは、開発途上の技

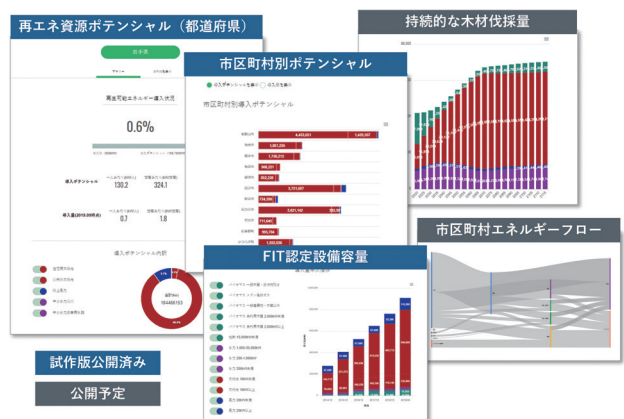


図3 RE-Code Viewの表示画面(試作版)

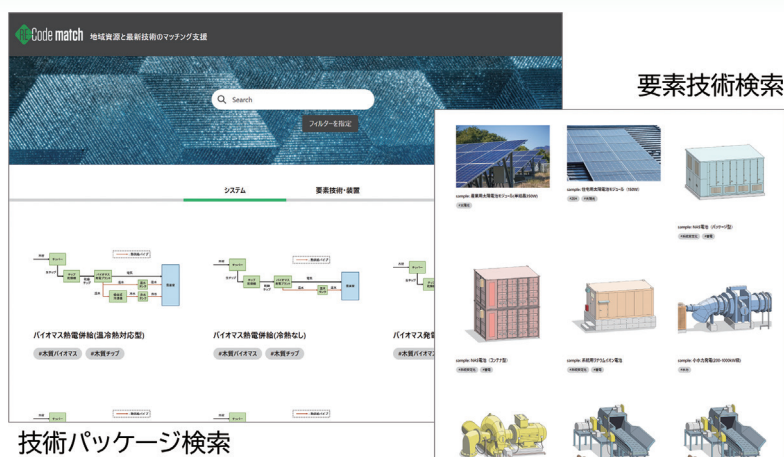


図4 技術パッケージと要素技術の検索画面(試作版)

術やその組み合わせもシミュレーションに基づいて検討し、将来性を考慮した地域スケールでの評価や、技術開発へのフィードバックを可能とする。また、マテリアルフロー分析 (Material Flow Analysis : MFA) や産業連関分析 (Input-Output Analysis : IOA) にも対応していく。

前述の木質バイオマスCHP以外に、蓄電池援用型電解水素製造<sup>3,4)</sup>、風力熱発電<sup>5)</sup>、ゼオライト蓄熱輸送<sup>6)</sup>など、蓄エネや未利用エネルギー活用を中心とした技術群のモデルを構築してきた。しかし、評価用のインベントリ算出を自身でおこなう目的で構築してきたため、他者による利用が難しかった。同様のモデルは外部の既往研究にも多く存在する。このような技術モデル群を、ウェブ画面からのユーザー入力に応じてサーバー上で稼働するようにモジュール化、統合し、多様な技術の組み合わせを検討可能なシミュレータとしていく。また、技術開発によって改善され得るパラメータはTRLに応じた変動幅を持った変数として扱うことで、技術の将来的な発展も考慮したシミュレーションと評価が可能となる。このような評価はLCAの分野では「Prospective(将来性の)LCA」と呼ばれ、発展途上の手法だが、モデリングを得意とする化学工学の応用が効果的である。手法開発と並行してSim, Valueへの実装を進めていく。

#### 4. おわりに

以上の主要4ツールに加え、データコンテンツやモデルの充実化を持続可能にする共創的な開発の仕組みとして、データ登録やモデル構築のサポート機能開発、データ提供のインセンティブ設計などを進めている。RE-Codeの機能拡張と地域での技術の社会実装が互いに加速し合える状態を目指す。参画中のプロジェクトでは個別技術の開発、地域実証や、地域とのCo-learningの研究と連携しながら開発

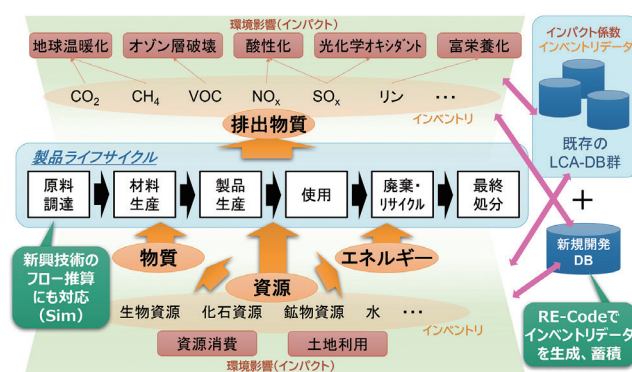


図5 シミュレーションとLCA

を進めている<sup>7)</sup>。また、地域での技術導入計画を担える人材の充実化に向け、RE-Codeをトレーニングツールやナレッジベースとして活用した人材育成にも取り組んでいきたい。「RE-Codeの共創によって地域の共創を加速する」をコンセプトに開発を進めていく。RE-Codeの活用や開発チームへの参加に興味がある場合には是非コンタクト頂きたい。

#### 謝辞

本研究は、JST COI-NEXT 共創の場形成支援プログラム (JPMJPF2003)、JSPS 科研費若手研究 (21K17919) の支援を受けている。東京大学「プラチナ社会」総括寄付講座は、三井不動産(株)、積水ハウス(株)、東日本旅客鉄道(株)、豊田通商(株)からの寄付により活動している。

#### 参考文献

- 1) 環境省：地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況、<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>
- 2) Kanematsu, Y. et al. : *Appl. Energy*, **198**, 160-172 (2017)
- 3) Kikuchi, Y. et al. : *Int. J. Hydrogen Energy*, **44**(3), 1451-1465 (2018)
- 4) Sako, N. et al. : *J. Clean. Prod.*, **298**, 126809 (2021)
- 5) Yamaki, A. et al. : *Energy*, **205**, 118056 (2020)
- 6) Fujii, S. et al. : *Appl. Energy*, **238**, 561-571 (2019)
- 7) 東京大学未来ビジョン研究センター 共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT) : ビヨンド・“ゼロカーボン”を目指す“Co-JUNKAN”プラットフォーム研究拠点、<https://coinext.ifi.u-tokyo.ac.jp/index.html>