

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17919

研究課題名(和文) 農林業由来資源による物質・エネルギー生産システム設計のための共創型情報基盤の開発

研究課題名(英文) Development of a co-creative data platform for designing material and energy production systems using resources derived from agriculture and forestry

研究代表者

兼松 祐一郎 (Kanematsu, Yuichiro)

東京大学・総括プロジェクト機構・特任講師

研究者番号：00839714

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：木質バイオマスによる小規模熱電併給を実例として、物質・エネルギーフローのシミュレータを開発し、要素プロセスの組換えた計算も可能とした。学術情報基盤「mdx」を活用し、クラウドシステム上でウェブアプリケーションとして試験的に稼働させた。また、資源供給ポテンシャルのデータベース開発では、地域別のグラフ表示機能を実装、公開し、地理情報システム(GIS)上での可視化ツールも試作した。オープンデータに加えて地域の農林業由来資源に関するデータ収集・蓄積の仕組みについて方法を検討し、木質バイオマスに関しては将来の森林健全化に向けた伐採量データを整備した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

挑戦的な目標が提示されつつも実装が遅れている脱炭素や資源循環の推進に向けて、地域の活性化も視野に入れた農林業資源を活用した技術導入を加速するために、データ活用によるアプローチは必須といえる。本研究の成果は、地域の資源情報を的確かつ迅速に把握し、その特性に合致する技術のマッチング、それらの導入効果の評価をプロセスシステム工学およびライフサイクル思考に基づき可能とするものである。現時点では木質バイオマスを中心とした技術検討を可能とした段階であるが、今後対象資源と技術を拡張し、幅広い分析に対応していく。

研究成果の概要(英文)：A simulator for material and energy flows was developed using a small-scale combined heat and power plant using woody biomass as an example, and recombinant calculations of elemental processes were also made possible. The simulator was operated on a trial basis as a web application on a cloud system, utilizing the academic information infrastructure “mdx”. In the development of a database of resource supply potential, a function for visualizing graphs by region was implemented and released, and a prototype visualization tool on a geographic information system (GIS) was also developed. In addition to the open data, a method for collecting and accumulating data on resources derived from local agriculture and forestry was discussed, and for woody biomass, data on the amount of harvested trees was developed for the future enhancement of forest health.

研究分野：プロセスシステム工学

キーワード：シミュレーション 地域システム オープンデータ ウェブアプリケーション 再生可能エネルギー
バイオマス ライフサイクル評価

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脱化石資源と温暖化対策、さらには農林業地域の活性化を目的として、農林業および食品・木材加工業などの関連産業から排出される残渣や非可食部を資源とした物質やエネルギーの生産技術はこれまでもバイオマス関連技術を中心として盛んに開発されてきたが、ごく一部の地域を除いてその導入は進んでいない。農林業由来資源は化石資源に比べて季節や天候や地域差による不確実性が大きく、これらを原料とする物質・エネルギーの生産システムを設計するためには、時空間的にマルチスケールかつ多指標の設計・評価が必要なため、多様なデータを統合した、物質収支のシミュレーションを中心としたプロセスシステム工学的アプローチが必要である。海外ではシミュレータの開発も複数進められてきたがいずれも頓挫している。国内でも資源データベースの開発が進んできたが、シミュレーションと統合されていない。多様かつ変化していく地域資源と最先端技術の情報がデータベースやシミュレータに反映されている必要があるが、この負荷の大きさや継続の困難さといったボトルネックを解消していく必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、農林業由来資源を用いた物質・エネルギー生産システムの実現を加速するために、シミュレーションに基づくシステム設計と評価を可能とする情報基盤を開発する。ここで、最新のデータを継続的に利用可能とするために、本研究の独自性として、資源・産業データを地域関係者から、技術データを研究者からそれぞれ随時アップロードできるようなデータベース(DB)構造を設計し、各ステークホルダーからのデータ登録を支援するインターフェースを実装した「共創的」な情報基盤の構築を目指す。

この共創的な仕組みにより、地域と技術の間に存在するギャップを、情報技術とその共創によって埋めることで、技術の実装を促進することを目指す。さらに、この仕組みを多数の地域や技術を対象として実践することで、DBとシミュレータは充実し、スパイラルアップ的な発展が期待できる。

3. 研究の方法

共創的情報基盤の実現のためには資源、産業、技術の情報を継続的に格納できる枠組みとして、これらの多様性に対応できる汎用性と個別性を兼ね備えたDB構造が必要であり、さらにシミュレータとの連携のため、生産技術の数値モデルの理解に基づいたDB設計が必要となる。

研究項目は シミュレータ開発、データベース開発、情報基盤としての統合、共創的仕組みの検証の4項目で構成し、3か年の計画とする。対象とする資源・技術としては、林業(製材業を含む)、製紙業、製糖業、酒造業、食品加工業からの物質・エネルギー生産技術に関して分析や調査の経験がある。対象地域としては、鹿児島県種子島(離島型)、山形県置賜地域(内陸型)、岩手県北地域(沿岸+内陸型)と既に交流がある。以下の年度別計画ではこれら資源と技術の複数の組合せを検討しながら、さらなる拡張も試みる。(番号は上記研究項目に対応)

令和3年度: 既往研究で構築した技術モデルの精査 オープンデータを活用したDB設計に向けたパラメータ類の整理 GUI(グラフィカルユーザーインターフェース)への組み込みに向けた改変と試作 要件定義に向けた技術開発者および地域へのヒアリング

令和4年度: 特定地域の関係者における技術選定を対象とした地域システム計画ワークショップ(WS1)の実施。項目の改良、拡張を通じた情報基盤版の構築。

令和5年度: 情報基盤版および蓄積した実データを用いた地域システム設計ワークショップ(WS2)の実施。シミュレーション機能の拡張()や、資源と技術のマッチング機能の実装()を通じた、情報基盤 Ver.1の構築とリリース。

4. 研究成果

令和3年度から5年度の各年度において以下のような成果を得た。

令和3年度:

シミュレータ開発: 過去に自身が構築していた木質バイオマスによる小規模熱電併給のシミュレータについて、これまでは自身または関係者や専門家による利用を前提とした構造であり、また特定の条件や地域を前提としていたが、より幅広く利用可能とするためにモデル構造やデータセットを見直した。また、Excel上で実装していたが、一部をPythonに移植した。

データベース開発: 近年公開が進みつつあるオープンデータのうち、再生可能エネルギー(再エネ)導入ポテンシャルおよび固定価格買取制度下での申請・導入実績のデータについて、ウェブアプリケーションへの実装を想定したデータ形式に変換してデータベース化を行った。また、上記に含まれない木質バイオマスの資源ポテンシャルについて、既往研究による都道府県別の

持続可能な伐採量の推算データと市区町村別森林面積データを用いて、市区町村別の木質バイオマス資源ポテンシャルデータとして整備を進めた。また、導入候補となる技術を収録したデータベースの開発に向けた検討を開始した。

(詳細は に記載)

情報基盤としての統合： で収集と整理を進めた再エネ導入ポテンシャルと導入実績について、簡易な操作でグラフを描画し比較を行うことができるウェブインターフェイスを設計し、その実装と公開を行った。(図1)特殊なコンピュータ環境を必要としないよう、標準的なウェブブラウザさえあれば利用できる形式とした。

共創的仕組みの検証：エネルギー技術や環境技術の開発や導入を担う企業群が所属する民間の協会メンバーへのヒアリングを行い、技術データベースの要件を検討した。また、自治体職員や地域産業の構成員との対話から、この情報基盤によって技術導入の障壁を最小化するためには、特に両者の間の情報ギャップを埋めるための機能の必要性が高いことが明確化された。

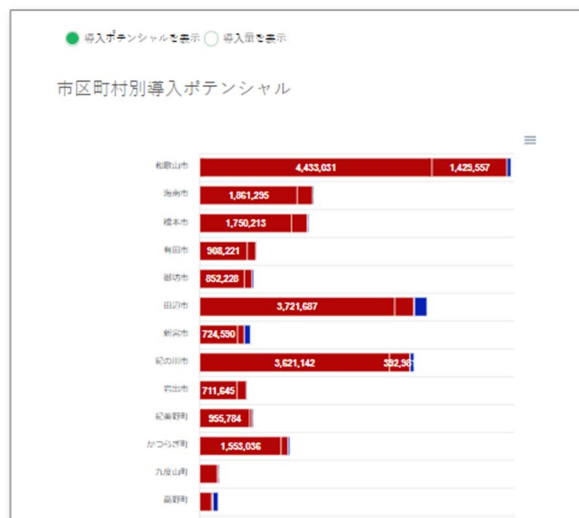


図 1 公開した資源情報のウェブインターフェイス (再エネ導入ポテンシャルの例)

令和 4 年度：

シミュレータ開発：過去に自身が構築していた木質バイオマスによる小規模熱電供給のシミュレータについて、これまではひとつのプログラムに全ての要素技術のモデルを含む構成としていたが、新たな要素技術との組合せや組換えが容易となるよう技術別のモジュール化を検討し、一部実装した。また、分析対象として森林資源活用全般に拡張し、時系列で CO2 収支を計算できるシミュレータを開発した。下水処理からのアンモニア回収技術も追加した。

データベース開発：前年までは資源の供給側のみを対象としていたが、需要側についてエネルギーや産業に関する各種統計に基づく市区町村別需要データを整備した。また、候補技術の登録と検索を可能とする技術データベース(DB)のプロトタイプを構築した。

情報基盤としての統合： のエネルギー需要情報をサンキー線図として表現するためのウェブアプリケーションのプロトタイプを構築した。技術 DB のプロトタイプについても、検索用 GUI を試作し、公開前の検証としてウェブサーバーを用いた稼働テストを実施した。

共創的仕組みの検証：エネルギー技術や環境技術の開発や導入を担う企業やコンサルタントとのワークショップにて、構築済みの部分のデモを通じて、技術 DB に必要な機能やデータ項目を明確化するための議論を行った。実際の企業データの登録にはデータセキュリティの改善の必要性が明らかになり、R4 年度は模擬的なサンプルデータを用いた実装を進め、DB 構造の設計やインターフェイスの実装を進めた。

令和 5 年度：

シミュレータ開発：木質バイオマスによる小規模熱電供給のシミュレータについて、昨年度実施した要素技術単位への計算モジュール分割に基づき、これらを Python プログラムとして統合した。さらに、ユーザーによる計算環境の違いに影響されないよう、クラウドシステム上に構築し、ウェブアプリケーションとしての稼働を試験的に成功させた。バイオマス資源量やプラント規模、システム構成などを変更した計算が可能となった。

データベース開発：資源供給ポテンシャルに関して、これまでは棒グラフや円グラフで一覧表示をさせるにとどまっていたが、地理特性も考慮した資源と技術のマッチングに向けて、位置情報を付加して地理情報システム(GIS)上で可視化できるよう、データベース構造を見直し、実装を行った。(図2)

情報基盤としての統合：稼働環境として、複数の大学や研究機関の情報システム部門が開発に携わり、近年運用を開始した学術情報基盤「mdx」(<https://mdx.jp/>)の活用を開始した。これまではレンタルサーバー上で稼働させていたテスト環境を全面的に mdx に移行し、一部は公開を行った。高速演算環境を活用した広域自動データ収集やフォーマ

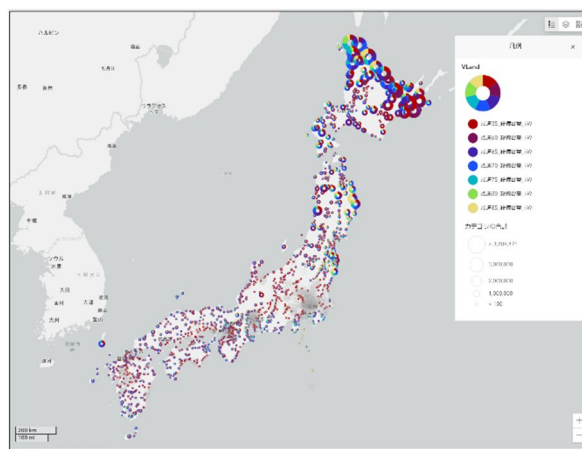


図 2 GIS を用いた資源情報の可視化

ット整形なども試行できるようになった。

共創的仕組みの検証：上述のシミュレータによって、木質バイオマスによる地域熱電併給については、需要と供給の条件を変更した場合の物質収支とエネルギー収支を計算できるようになった。この計算結果はライフサイクル評価のインベントリデータとして利用できる。自治体職員やその地域の研究者とのワークショップを実施し、情報基盤に必要となる機能について議論した。その結果、現状のオープンデータで対応できる一般的な再エネ資源のみならず、今後はローカルな農林業由来資源に関して、データを省力的に収集・蓄積できる仕組みの必要性を特定し、実現方法を議論した。

今後の展望として、シミュレータのプロトタイプを外部ユーザーも使えるよう品質を高め、一般公開を目指す。既にこの作業には着手しているが、セキュリティや計算負荷のコントロールなど課題は多い。外部の情報システムの専門家とも効果的に連携しながら品質改善と公開基盤の整備を進めていく。技術 DB に関しては、技術開発者からの情報提供におけるセキュリティの懸念が大きいことが顕在化されたため、個社技術としてではなく、公開情報を用いて各要素技術の汎用データとしての DB を充実化させていく方針とした。シミュレータとの整合性も重要であることが再認識され、再度設計を見直して実装を進める方針である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 兼松 祐一郎、藤井 祥万、尾下 優子、五十嵐 悠、菊池 康紀	4. 巻 18
2. 論文標題 [特集2 脱炭素政策検討支援ツールの開発と地域将来ビジョンの共創に関する研究] 地域のカーボンニュートラルに向けた技術オプションの導入を支援する情報基盤の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 公共研究	6. 最初と最後の頁 38～47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20776/S18814859-18-1-P38	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 兼松祐一郎	4. 巻 9
2. 論文標題 地域と技術を繋ぎ、社会実装を加速する情報基盤の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 化学工学	6. 最初と最後の頁 387～390
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 鈴木 綾、兼松 祐一郎、兵法 彩、喜多 智、関 色葉、中村 健太郎、菊池 康紀
2. 発表標題 長期的な炭素収支を考慮した森林資源利用のライフサイクルマネジメント
3. 学会等名 化学工学会 第53回秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中野 堯斗、兼松 祐一郎、下野 僚子、兵法 彩、伊與木 健太、脇原 徹、菊池 康紀
2. 発表標題 下水処理システムにおけるNH4+回収技術のライフサイクル評価
3. 学会等名 化学工学会 第53回秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichiro Kanematsu, Shoma Fujii, Yasunori Kikuchi
2. 発表標題 Design and development of data platform to accelerate regional system planning based on prospective LCA
3. 学会等名 The 15th Biennial International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Aya Suzuki, Yuichiro Kanematsu, Ryoko Shimono, Satoshi Kita, Iroha Seki, Kentaro Nakamura, Yasunori Kikuchi
2. 発表標題 Life cycle assessment on forest resource utilization considering long-term carbon balance
3. 学会等名 The 15th Biennial International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木 綾、兼松 祐一郎、兵法 彩、喜多 智、中村 健太郎、菊池 康紀
2. 発表標題 長期的な炭素収支と社会シナリオを考慮した森林資源利用のライフサイクルアセスメント
3. 学会等名 第18回 日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中野 堯斗、兼松 祐一郎、下野 僚子、兵法 彩、伊與木 健太、脇原 徹、菊池 康紀
2. 発表標題 下水処理への吸着剤によるNH4+回収技術の導入効果分析
3. 学会等名 第18回 日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木 綾、兼松 祐一郎、兵法 彩、菊池 康紀
2. 発表標題 持続可能な森林資源のライフサイクル思考
3. 学会等名 化学工学会 第88年会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木 綾、兼松 祐一郎、兵法 彩、喜多 智、中村 健太郎、菊池 康紀
2. 発表標題 森林資源のライフサイクル管理のための長期的炭素収支モデリング
3. 学会等名 化学工学会 第88年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中野 堯斗、兼松 祐一郎、下野 僚子、兵法 彩、伊與木 健太、脇原 徹、菊池 康紀
2. 発表標題 下水処理に関する窒素フローにおけるアルミノケイ酸塩材料の将来性ライフサイクル評価
3. 学会等名 化学工学会 第88年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兼松祐一郎、藤井祥万、菊池康紀
2. 発表標題 技術の地域へのマッチングと実装を加速するデータ活用基盤の開発
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichiro Kanematsu, Shoma Fujii, Yuko Oshita, Satoshi Ohara, Atsushi Komori, Daisuke Shimotoku, Katsura Iizuka, Junya Kawase, Hiroki Kobayashi, Yasunori Kikuchi
2. 発表標題 Prototyping cloud application for regional green transformation supported by prospective life cycle assessment
3. 学会等名 ESCAPE34-PSE24 (The 34th European Symposium on Computer Aided Process Engineering /The 24th International Symposium on Process Systems Engineering (国際学会))
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

地域と技術を繋ぎ、実装を加速する情報基盤 RE-CODE https://re-code.app/

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------