

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）

研究期間：2019～2021

課題番号：19KT0008

研究課題名（和文）SDGsに資する木質バイオマス利活用に向けたシナリオシミュレーション手法の開発

研究課題名（英文）Developing a Scenario Simulation Method for Woody Biomass Utilization Contributing to SDGs

研究代表者

木下 裕介（KISHITA, YUSUKE）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授

研究者番号：60617158

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、持続可能な木質バイオマスエネルギー事業のプランニングに注目し、その支援手法を提案することを目的とした。本研究では、木質バイオマスエネルギー事業のプランニングに必要な知識やノウハウを体系化するために、文献調査と事業者インタビューを通じた事例調査を実施し、その結果に基づいて合計32項目からなるプランニング項目リストを作成した。プランニング項目リストの入力結果を用いて、複数の事業シナリオを作成・評価するプロセスを開発した。徳島県神山町の熱供給事業を題材とした事例分析の結果、提案手法の有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的な特色のひとつは、文献調査および事例調査に基づいて、木質バイオマスエネルギー事業のプランニングに必要な知識・ノウハウをプランニング項目リストとして体系化した点にある。さらに、プランニング項目リストの入力結果に基づく事業シナリオの作成・評価を通して、様々な事業案の検討を可能とした。この研究成果は、従来は熟練プランナーのみが有していたプランニングのスキルを社会に広く普及させるために役立つものであり、結果として、持続可能な木質バイオマスエネルギー事業の普及に役立つものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to develop a method for supporting the planning of sustainable woody biomass energy businesses. In order to systematize knowledge and know-hows required to execute the planning process, we developed a planning item list, consisting of 32 items, based on a literature review and interviews with stakeholders. We developed the planning process to describe and evaluate multiple business scenarios, which are detailed from the input data of the planning item list. The proposed method was demonstrated using a case study of the heat supply business in Kamiyama Town, Tokushima Prefecture, Japan.

研究分野：シナリオ設計、ライフサイクル工学、設計工学

キーワード：バイオマス シナリオ分析 エネルギー事業 プランニング シミュレーション

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、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本は国土面積の3分の2が森林で占められており、森林資源に恵まれた国である。2016年に閣議決定された「バイオマス活用推進基本計画」では、エネルギーの地産地消を含む木質バイオマスの利活用を推進することが明記されている[1]。しかし、木材自給率は30%にとどまり、残り70%は海外からの輸入に依存しているのが現状である。これに対して、2015年に国連で持続可能な開発目標(SDGs)が採択されたことにもない、自治体レベルでも持続可能な将来社会ビジョンの作成が強く求められるようになってきた(参考:2018年度・内閣府SDGs未来都市事業)。とりわけ、都市部よりも人口減少・高齢化の影響が深刻な日本の中山間地域において、2012年に施行された再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)を活用した木質バイオマスのエネルギー利用は、地方創生の有力な方策と見なされている。上記の問題認識のもと、本研究の問いを「日本の中山間地域における木質バイオマス利活用を対象としたとき、SDGsに資する中長期的な将来ビジョンはどのようなものか?」と設定した。

2. 研究の目的

1節で設定した問いに答えるため、本研究では、持続可能な木質バイオマスエネルギー事業のプランニングに注目し、その支援手法を提案することを目的とした。本研究における「持続可能」の意味として、少なくとも中長期的(10~20年程度)に事業が継続でき、かつ、環境負荷がなるべく少なく済むことを想定した。

3. 研究の方法

本研究では、木質バイオマスエネルギー事業のプランニングに必要な知識やノウハウを体系化するために、文献調査、現地視察、事業者インタビューを通じた事例調査を実施した。得られた結果を分析することで、木質バイオマスエネルギー事業プランニングのプロセスを定義し、さらにその支援のための課題を抽出した。日本の中山間地域を対象とした複数の事例調査の結果より、現状では事業プランニングの方法は事業者の経験や知識に大きく依存していることが分かった。また、調査した事例を一般化することで、本研究では図1のような4ステップからなる事業プランニングプロセスを定義した。

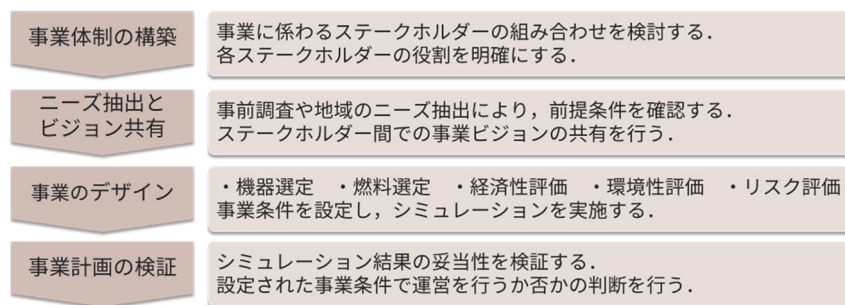


図1 事業プランニングのプロセス

図1に示した手順を支援するために、本研究では図2のシミュレーションシステムを開発した。中長期的な事業の持続可能性を評価するために、10~20年程度にわたる年単位の事業シミュレーションを実施する。ここでは、サプライチェーン、ステークホルダー、機器構成、リスクを構成要素とする事業シナリオを一単位としたシミュレーションを実行する。

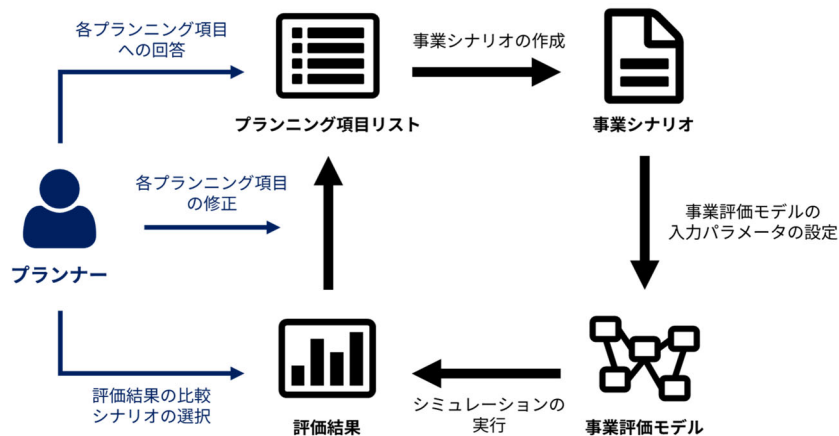


図2 木質バイオマスエネルギー事業のプランニング支援手法

本研究では、図2のフローに沿って事業シナリオを詳細化・定量化するプロセスを想定する。すなわち、プランニング項目リストに沿って必要項目を入力することで複数の事業シナリオを作成し、それぞれ

の事業シナリオに対するシミュレーション結果を比較する。図 2 のプランニング項目リストは文献調査[2] および事例調査[3]の結果に基づいて作成したものであり、プランニングに必要な 32 項目(例えば、対象地域および導入対象は何か?、望ましい熱出力の範囲はどのくらいか?、どのような燃料を用いるのか、など)を抽出・リスト化した。各シナリオでは熱需給バランスを考慮するために、分～時間単位の熱シミュレーションを実施し、さらに熱需要データに応じて機器システムの条件設定を行う。このように、単位の異なる 2 種類の時間軸のシミュレーションを組み合わせることで、機器システムの構成と中長期的な事業に対する条件の設定を支援する。

4. 研究成果

図 2 のプランニング支援手法の有効性を検証するため、徳島県神山町大埜地の集合住宅を題材とした事業プランニングのプロセスを記述した。事業期間を 2019～2039 年(20 年間)とし、新設する集合住宅を対象として環境に配慮した熱供給(熱、給湯、床暖房)の事業を行うものと想定した。事業の目標は、経済収支を黒字とし、かつ、バイオマス依存率を 90%以上とすることと設定した。

現地調査および関係者へのインタビュー調査によって得られた情報をもとに、プランニング項目リストを入力した結果、機器の望ましい熱出力は 6.94kW 以上であることがわかった。その結果から、燃料および機器構成を変化させた 5 つの事業シナリオを表 1 のように作成した。さらに、プランニング項目の入力結果に基づいて事業シナリオを定量化した。

表 1 作成した事業シナリオ

シナリオ	燃料(価格)	機器構成(出力)
灯油のみシナリオ	灯油(98.3円/L)	灯油ボイラ(105kW)
ペレットのみシナリオ	木質ペレット(60.0円/kg)	ペレットボイラ(130kW)
チップのみシナリオ	木質チップ(15.0円/kg)	チップボイラ(99kW)
ペレット+灯油シナリオ	木質ペレット(60.0円/kg) 灯油(98.3円/L)	ペレットボイラ(65kW) 灯油ボイラ(69.8kW)
チップ+灯油シナリオ	木質チップ(15.0円/kg) 灯油(98.3円/L)	チップボイラ(65kW) 灯油ボイラ(69.8kW)

表 1 のシナリオに対して実施した定量評価を図 3、4 に示す。5 つのシナリオのうち、チップのみシナリオおよびチップ+灯油シナリオの 2 本が黒字となった。また、不確実性が経済収支に及ぼす影響を感度分析により評価した結果、ペレットを用いる場合はチップを用いる場合と比較して収支の変動が大きくなった。一方、図 4 の結果からは、灯油のみシナリオ以外ではバイオマス依存率 90%を達成できることが明らかとなった。以上の結果より、設定した事業目標に照らして、本例題ではチップ+灯油シナリオを選択することとした。

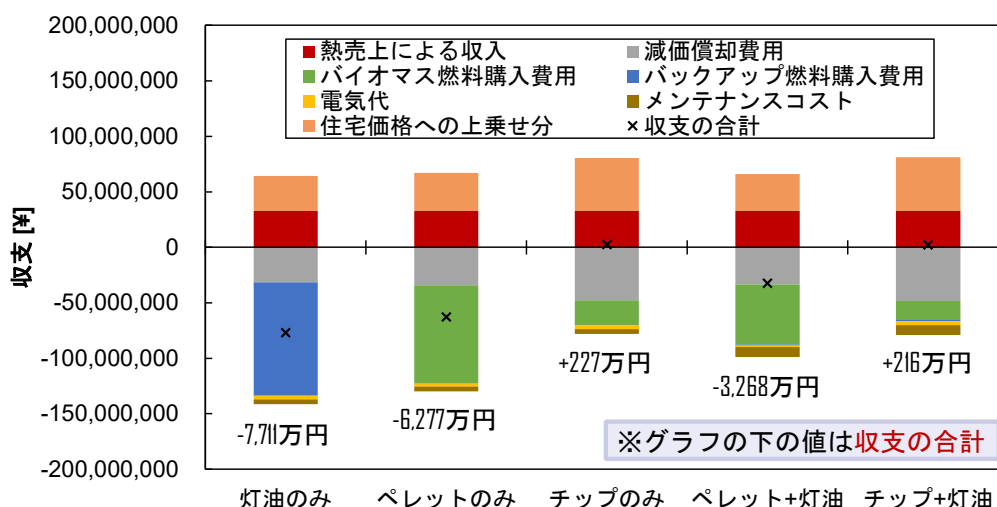


図 3 経済収支の評価結果

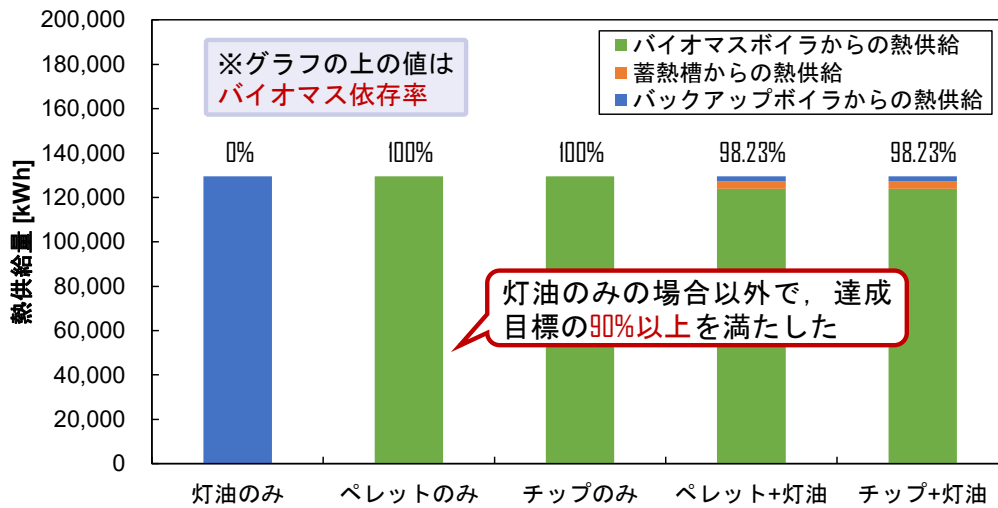


図4 バイオマス依存率の評価結果

以上のように、提案手法を用いることで持続可能な木質バイオマスエネルギー事業をプランニングできた。加えて、木質バイオマスエネルギー事業の熟練プランナーに提案手法を試用してもらった結果からも、その有効性を確認することができた。特に、プランニング項目リストの作成によりプランニング手順を進めるためのタスク知識の形式知化を試みた点は、本提案手法の特色である。また、プランニング項目リストの入力結果に基づいて複数の事業シナリオを作成することにより、事業案の評価・比較・改善を支援することができた。このとき、各事業シナリオで設定した入力パラメータを事業評価モデルで用いることで、事業案の定量評価を容易に行えた。ただし、事業シナリオに応じた定量評価モデルはプランニングごとに作成する必要がある、その作成支援は提案手法の範囲外である。

今後の課題として、提案手法を実装した支援システムを開発すること、熟練プランナーおよび非熟練プランナーの比較実験を通じた提案手法のさらなる有効性検証が挙げられる。

参考文献

- [1] 農林水産省, バイオマス活用推進基本計画, 2016, <http://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/bioi/160916.html>
- [2] 特定非営利活動法人農都会議: 実務で使うバイオマス熱利用の理論と実践, 2020.
- [3] Nishida, T. et al., "Scenario-based planning support for sustainable woody biomass energy business: A case study of a Japanese rural community," Proceedings of EcoDesign 2021: The 12th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 2021, pp. 391-398.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Kishita Yusuke, Kusaka Toshiki, Mizuno Yuji, Umeda Yasushi	4. 巻 -
2. 論文標題 Toward theory development in futures and foresight by drawing on design theory: A commentary on Fernani and Chermack 2021	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 FUTURES & FORESIGHT SCIENCE	6. 最初と最後の頁 e91
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ffo2.91	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kishita Yusuke, Mizuno Yuji, Fukushige Shinichi, Umeda Yasushi	4. 巻 160
2. 論文標題 Scenario structuring methodology for computer-aided scenario design: An application to envisioning sustainable futures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Technological Forecasting and Social Change	6. 最初と最後の頁 120207 ~ 120207
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.techfore.2020.120207	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Okada Yuki, Kishita Yusuke, Nomaguchi Yutaka, Yano Tomoaki, Ohtomi Koichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Backcasting-Based Method for Designing Roadmaps to Achieve a Sustainable Future	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Engineering Management	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TEM.2020.3008444	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Uwasu Michinori, Kishita Yusuke, Hara Keishiro, Nomaguchi Yutaka	4. 巻 12
2. 論文標題 Citizen-Participatory Scenario Design Methodology with Future Design Approach: A Case Study of Visioning of a Low-Carbon Society in Suita City, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 4746 ~ 4746
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/su12114746	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nakatsuka Noriaki, Kishita Yusuke, Kurafuchi Tatsuya, Akamatsu Fumiteru	4. 巻 243
2. 論文標題 Integrating wastewater treatment and incineration plants for energy-efficient urban biomass utilization: A life cycle analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 118448 ~ 118448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jclepro.2019.118448	査読の有無 有
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 Nakatsuka Noriaki, Kishita Yusuke, Kurafuchi Tatsuya, Akamatsu Fumiteru	4. 巻 243
2. 論文標題 Integrating wastewater treatment and incineration plants for energy-efficient urban biomass utilization: A life cycle analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 118448 ~ 118448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jclepro.2019.118448	査読の有無 有
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5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Sota Onozuka, Yusuke Kishita, Michikazu Kojima, Mitsutaka Matsumoto, Yasushi Umeda
2. 発表標題 Quantitative Assessment Method for Supporting Scenario Worksohps toward Sustainable Consumption and Production
3. 学会等名 The 28th CIRP Conference on Life Cycle Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西田拓未, 木下裕介, 中塚記章, 赤松史光
2. 発表標題 木質バイオマスエネルギーを対象とした事業プランニング支援: 事例調査に基づく概念整理
3. 学会等名 第16回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sota Onozuka, Yusuke Kishita, Yasushi Ueda
2. 発表標題 Development of Product Circulation Model to Evaluate Scenarios of Sustainable Consumption and Production for Southeast Asia
3. 学会等名 Electronics Goes Green 2020+ (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noriaki Nakatsuka, Yusuke Kishita, Fumiteru Akamatsu
2. 発表標題 Dynamic Simulation of Woody Biomass Co-generation System Considering Time-varying Heat Demand: A Japanese Community Bathhouse Case Study
3. 学会等名 EcoDesign 2019: The 11th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中塚記章, 赤松史光, 木下裕介
2. 発表標題 熱需要変動に応じた木質バイオマス熱電併給システムの動的シミュレーション: 温浴施設の事例分析
3. 学会等名 日本機械学会第24回動力・エネルギー技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Noriaki Nakatsuka, Yusuke Kishita, Fumiteru Akamatsu	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 14
3. 書名 Dynamic Simulation of Woody Biomass Co-generation System Considering Time-varying Heat Demand: A Japanese Community Bathhouse Case Study	

〔産業財産権〕

〔その他〕

木下研究室ホームページ
http://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp/kishitalab/
http://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp/kishitalab/

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
研究分担者	赤松 史光 (Akamatsu Fumiteru) (10231812)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	
研究分担者	梅田 靖 (Umeda Yasushi) (40242086)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	

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
---------	---------