

J4 環境指標を複合化した再生可能エネルギーミックスの地域別最適化及び評価ツールの開発

Development of a tool to optimize and evaluate renewable energy mix in municipalities including multiple environmental criteria
地球循環共生工学領域 08E10059 堀 啓子 (Keiko HORI)

Abstract: To introduce the renewable energy in regional communities, it is necessary to select a sustainable energy mix with low environmental impact from the complex viewpoints. The purpose of this study is to develop a tool to optimize and evaluate renewable energy composition in municipalities considering multiple environmental criteria. This tool was developed by creating a database of energy demand and renewable energy supply potential of all municipalities in Japan and designing functions as evaluators. The developed tool successfully calculated optimal solutions in scenarios with different constraints and objective functions, and demonstrated a trade-off between ecosystem conservation and economic benefit.

Keywords: renewable energy, optimization, regional management, energy mix, ecological impact

1. はじめに

エネルギーミックスを決定する際の環境影響はこれまで CO₂ 排出の観点を中心に評価されてきた¹⁾。しかし、より地域適合型の未利用エネルギーの活用を進めるためには、地域が持つ再生可能エネルギー（以下 RE）の情報を統合し、バイオマスの循環率や地域の生態系との競合などの環境指標も加えた、RE ミックス導出ツールを作成する必要がある。よって本研究では、複合的な環境指標を加えた、RE ミックスの地域別最適化計算及び評価ツールの開発を目的とする。

2. 分析方法

2. 1 市区町村別 RE 供給ポテンシャルおよびエネルギー需要のデータベース構築

市区町村を基礎単位とした RE ミックスの最適化ツールを開発するため、全国の市区町村別の RE 供給ポテンシャルおよびエネルギー需要のデータベースを構築した。供給ポテンシャルについては環境省再生可能エネルギーポテンシャル調査報告書と NEDO のバイオマス賦存量・有効利用可能量の推計からデータを得た。需要については、資源エネルギー庁の都道府県別エネルギー消費統計からデータを引用し、倉阪ら²⁾ の報告書を参考に民生および農林水産部門の電力・熱需要を推計した。

2. 2 最適化ツール構築と評価指標の設計

本ツールは、各エネルギー導入量に応答するエネルギー需給評価、RE 利用率、経済収支、風力発電導入率、CO₂ 削減率、バイオマス資源循環率、生態系影響面積の関数からなる。そのどれかを任意に目的関数に設定可能であり、その他の関数を制約式として最適化することで、RE の組み合わせ最適解を導出するものである。経済収支は、RE の売電収入等の収益から初期費用や運転費用を差し引いた収支を指標とした。風力発電導入率は地域の総電力需要における風力発電導入割合とし、地域の風力発電連系可能容量を制約条件とした。CO₂ 削減効果は、化石燃料由来のエネルギー利用を RE で代替したことによる現状からの CO₂ 削減率を用いた。バイオマス資源循環率は、廃棄されていたバイオマス量のうちエネルギー利用した割合とした。生態系影響面積については、森林や海浜等にポテンシャルを有する RE の導入に起因する生態系との競合を評価するため、各エネルギーの導入により影響を受ける生態系面積の原単位を作成し、導出した解における影響面積の総和を評価指標とした。

2. 3 最適化ツールの適用と評価

滋賀県東近江市を対象にツールを適用し、以下に示す 3 シナリオについて組み合わせ最適解を導出

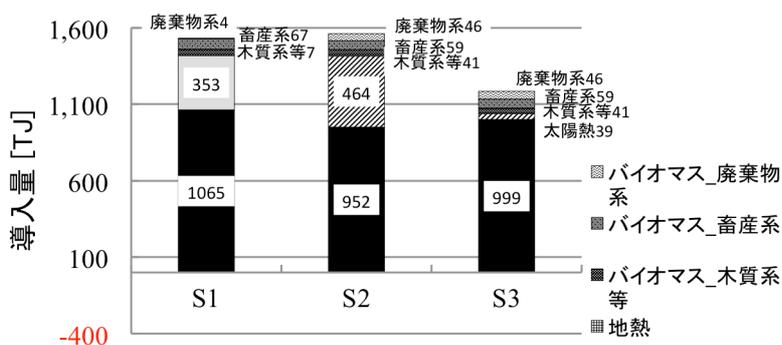


図 1 シナリオ別 RE 最適解

表 1 シナリオ別 RE ミックス評価結果

指標	S1	S2	S3
RE 利用率 [%]	48.9	49.9	37.8
RE 利用率：電力 [%]	88.2	60.2	63.1
RE 利用率：熱 [%]	4.7	38.2	9.4
経済収支 [百万円/年]	3496.7	-4459.7	0.0
CO ₂ 排出削減率 [%]	-56.1	-42.3	-40.9
風力発電の割合 [%]	2.2	0.0	0.0
資源循環率 [%]	66.0	98.2	98.2
生態系影響面積 [ha]	1361.7	0.0	0.0

(S1：低炭素経済シナリオ
S2：環境的持続可能シナリオ
S3：環境経済持続可能シナリオ)

し、トレードオフの再現性などのツールの挙動を評価した。S1：低炭素経済シナリオでは経済収支の最大化を目的とし、滋賀県が目標とする現状比の CO₂ 排出削減率 - 42 %³⁾ 以上を制約条件とした。S2：環境的持続可能シナリオでは CO₂ 排出削減率の最大化を目的とし、生態系影響面積を 0 [ha]、資源循環率を最大値にすることを制約条件とした。S3：環境経済持続可能シナリオでも CO₂ 排出削減率の最大化を目的とし、制約条件は S2 の条件に加え経済収支が 0 [百万円] 以上とする制約を追加した。

3. 結果と考察

シナリオ別の RE 組み合わせ最適解を図 1、解における指標の評価値を表 1 に示す。東近江市は水力発電と地熱発電のポテンシャルが極めて小さいため、全シナリオにおいて太陽エネルギー利用と風力発電およびバイオマス利用によって RE が構成される結果となった。S1 シナリオでは、売電収入が得られ経済的に優位な風力発電が太陽光発電に次いで導入されている一方、S2 シナリオでは経済性は低いが生態系への影響が少ない太陽熱利用が第 2 のエネルギー利用として導入されている。その結果、S1 シナリオでは年間 35 億円の収益をあげられるが、東近江市の山林等の 6 % にあたる 1361.7 [ha] の生態系に影響を与える RE 構成となり、S2 シナリオでは生態系影響面積は 0 [ha] だが年間 45 億円の赤字を生む結果となった。この結果から、本ツールでは生態系の保全と経済性のトレードオフを再現できたと考えられる。S2 シナリオに経済収支を 0 [百万円/年] 以上とする制約を追加した S3 シナリオでは、経済性の低い太陽熱利用を減らし、その分の面積を太陽光発電で利用した解が得られた。そのため、熱利用の RE 利用率は S2 のものと比較して小さく、全体の RE 利用率は S1 および S2 シナリオより 10 % 以上小さい。しかし、S3 シナリオでは全ての制約条件を満たしながら CO₂ 排出量も目標まで 1 % を残すのみとなるまで削減できた。よって、低炭素・循環・自然共生の各分野を統合的に達成した社会を目指すべき持続可能社会とし、環境・経済・社会、環境政策分野間の連携を重視する環境基本計画⁴⁾に従った場合、S3 シナリオの解がパレート最適解であると言える。

4. 今後の課題

指標の精緻化や使用する原単位の精度向上などにより、評価の信頼性を高める必要がある。また本ツールは市区町村単体での最適解のみを導出するものであるため、市区町村間で連携したケースを想定した最適化を可能とする機能を追加する必要がある。またポテンシャルの空間分布情報も加味した最適化が可能となるよう、ツールの機能を拡張していくことも課題である。

参考文献

- 1) 総合資源エネルギー調査会：第 10 回基本問題委員会配布資料 9，エネルギーミックスの選択肢提示に向けた今後の作業の進め方について(1)，2012。
- 2) 環境エネルギー政策研究所：永続地帯 2012 年版報告書，2012。
- 3) 滋賀県商工観光労働部商工政策課地域エネルギー振興室：滋賀県再生可能エネルギー振興戦略プラン，2013。
- 4) 環境省：第 4 次環境基本計画，2012。