

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23760841

研究課題名(和文)国際供給を考慮したバイオマス利活用システムの最適設計

研究課題名(英文)Optimized design of biomass utilization system considering international transportation

研究代表者

古林 敬顕 (Furubayashi, Takaaki)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：40551528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、地域特性を考慮した多国間の国際供給によるバイオマス利活用システムを設計した。複数のバイオマス資源とエネルギー変換技術を同時に扱い、安価で豊富なバイオマス資源の賦存量を持つ開発途上国から、需要量が多い日本に国際供給を行うことを想定し、温室効果ガス削減効果、エネルギー収支、コスト、マテリアルフローを定量的に評価した。得られた結果を用いて、最適な供給国と資源、技術の組み合わせ、導入促進に求められる技術発展や環境整備を明らかにした。これにより、低炭素社会への貢献、開発途上国の経済発展、廃棄物の削減などの効果が期待される。

研究成果の概要(英文)：Developed countries such as Japan have the problems of high cost and a lack of resources, while developing countries have substantial biomass production and export potential. In this research, the biomass utilization system considering local characteristics and international transportation from the developing countries to the developed countries has been designed. The energy consumption and output, economic values, and environmental impacts are evaluated quantitatively in each processes: cultivation, preprocessing, energy conversion, and domestic and international transportation. The combination of resource production countries, biomass species, and conversion technology is optimized. From these results, expected technological development and policies for biomass utilization are obtained.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：バイオマス エネルギーシステム 国際供給 最適設計

1. 研究開始当初の背景

バイオマスのエネルギー利活用システムの研究は、対象地域に賦存する資源を扱うのが一般的である。国や地域を定めてバイオマス利用の解析を行った先行研究としては、Rozakisら[Energy Policy, 1996]による研究が挙げられる。クレタ島南部を対象とし、バイオマス、風力、小水力、系統電力を組み合わせたエネルギーシステムを解析している。国内を対象とした研究事例としては、久保ら[日本エネルギー学会誌, 2004]が木質系と畜産系のバイオマスを対象とし、エネルギー経済モデルを用いて東北地方の山間地域におけるバイオマス導入量を解析している。また、国際供給を考慮した少ない事例の一つとして、van Damら[Biomass and Bioenergy, 2009]の研究が挙げられる。中央ヨーロッパ及び東ヨーロッパから西ヨーロッパへのバイオ燃料の輸送について、インベントリ分析によって輸送方法ごとの経済性を評価した。しかし、多国間の国際供給を考慮したバイオマス利活用システムの最適設計に関する研究事例は世界的に例がなく、本研究が重大な意義を持つ。

2. 研究の目的

本研究では、地域特性を考慮した多国間の国際供給によるバイオマス利活用システムを設計することを目的とする。複数のバイオマス資源とエネルギー変換技術を同時に扱い、安価で豊富なバイオマス資源の賦存量を持つ開発途上国から、需要量が多い日本に国際供給を行うことを想定し、温室効果ガス削減効果、エネルギー収支、コスト、マテリアルフローを定量的に評価する。得られた結果を用いて、最適な供給国と資源、技術の組み合わせ、導入促進に求められる技術発展や環境整備を明らかにする。これにより、低炭素社会への貢献、開発途上国の経済発展、廃棄物の削減などの効果が期待される。

3. 研究の方法

対象国におけるバイオマス資源や地理情報のデータベース化、国際供給を考慮したエネルギーシステムの設計、最適化手法による解析、エネルギー経済モデルによる長期予測を以下のように段階的に行う。

- (1) 対象国のバイオマス資源の賦存量をデータベース化する。
- (2) 対象国の道路状況や農地等に関する地理情報をデータベース化する。
- (3) 加工工場の立地条件を考慮し、対象国における収集・運搬を最適化する。
- (4) 複数の国、資源を対象としたバイオマス利活用システムの数理モデルを設計する。
- (5) 線形計画法により、最適な供給国、資源、技術の組合せを明らかにする。
- (6) エネルギー経済モデルを用いたシナリオ解析により、長期的な需要と供給の動向を示す。

4. 研究成果

本研究では、(1)対象地域の資源賦存量の調査、(2)地理情報の調査、(3)輸送及び施設配置の最適化手法の構築、(4)熱、電力、輸送用燃料の需要を考慮したバイオマス利活用システムの設計手法の構築、(5)対象地域のバイオマス利活用システムの最適設計を行い、バイオマス利活用によるエネルギー供給及び化石燃料代替の可能性を明らかにした。具体的な成果を以下に示す。

Design of EFB utilization system considering international transportation

海外資源を日本で利用することを考慮して、エネルギー利用システムを設計した。資源の発生から、輸送、前処理を経てエネルギー利用されるまでをシステム境界とする(Fig. 1)。世界最大級のパームオイル生産量を誇るマレーシアを対象地域として、多量に賦存するオイルパーム残渣(EFB)を対象資源とするケーススタディを行った。前処理技術を複数考慮して、異なる条件下において各技術を用いた場合のシステムを比較した。マレーシア国内の道路網データを用いたネットワーク分析を行うことによって、パームオイル工場、前処理プラント等の各ノード間の最短経路を求めた。得られたデータを用いて、システムによる総費用、CO₂排出量、エネルギー収支を算出し、それぞれの最小化を目的としたシステム全体の最適化を行う。この結果により、プラントの建設地およびその規模、利用する資源量等を決定した(Fig. 2)。さらに、得られた結果から、海外資源の利用に伴う環境影響、経済性およびエネルギー収支を明らかにし、各側面から評価することで、システムの導入可能性を示した。

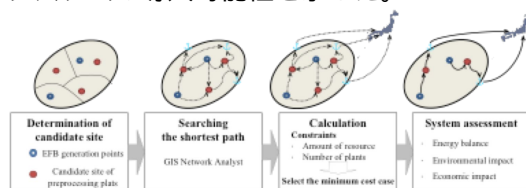


Fig. 1 解析手順

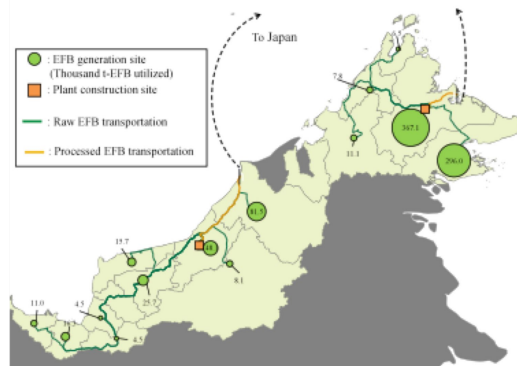


Fig. 2 前処理施設の配置及び輸送経路

混合整数計画法を用いた自動車用バイオエタノールのサプライチェーンの設計

日本における自動車用バイオエタノールのサプライチェーンを設計した。原料の栽培、収集及び輸送、バイオエタノール製造、バイオエタノールの需要地への輸送をシステムの構成要素とした。原料およびバイオエタノールの輸送は、地理情報システムを用いて、輸送時間最小化を目的関数として最適化した。栽培するバイオマス資源の種類、バイオエタノール製造プラントの規模と配置、原料およびバイオエタノールを含めたシステム全体のマテリアルフローを、コスト最小化を目的関数とした混合整数計画法を用いて明らかにした。得られた結果から、サプライチェーン全体のエネルギー収支、温室効果ガス排出量、経済性を定量的に評価して、システム全体のエネルギーフローを明らかにした (Fig. 3)

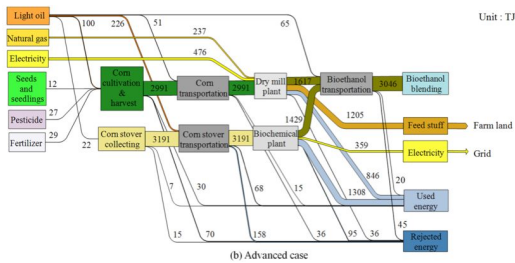


Fig. 3 バイオエタノール製造のエネルギーフロー

Integrated design of biomass energy system considering various biomass resources and technologies

複数の資源及び技術を対象としたバイオマス活用システムの設計手法を構築した。システムのコンセプトを Fig. 4 に示す。バイオマスをエネルギー利用するシステムは、資源、前処理、エネルギー変換、消費、廃棄物処理の5つのプロセスから構成されると定義して、各プロセスでのエネルギー消費量及びマテリアル損失に伴うエネルギー損失を

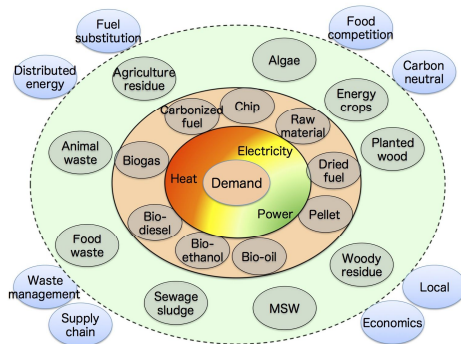


Fig. 4 バイオマス活用システムのコンセプト

定式化した。また、エネルギーシステムを定量評価する際、従来の相対的指標であるエネルギー収支比に加えて、システム効率を定義した。エネルギー収支比は、化石燃料消費量とバイオ燃料のエネルギー量との比を表す指標であるのに対して、システム効率は、化石燃料消費量とバイオマス資源の利用量の和と、最終的に得られる二次エネルギーとの比を表している。システム効率はシステム全体のエネルギー変換効率と定義することができ、この指標を用いることで、システムの効率改善に向けた課題を示すことができる。

東アジア地域におけるバイオエタノールの国際供給の最適化

資源が豊富な東南アジアの開発途上国と、需要量が多い日本、韓国等を含めた東アジアを対象地域として、国際輸送を考慮したバイオエタノール供給システムを設計した。各国の農作物の生産量から草本系バイオマスの賦存量を推計して、バイオエタノールの製造可能量を示した。このとき、作物種、機械化係数等を考慮して、バイオエタノールの単位製造量に要するエネルギー消費量及びコスト (Fig. 5) を明らかにした。また、製造コスト最小化を目的関数として、東アジア全体でE10となるバイオエタノールを供給した場合の最適な製造量及び作物種を示した (Fig. 6)

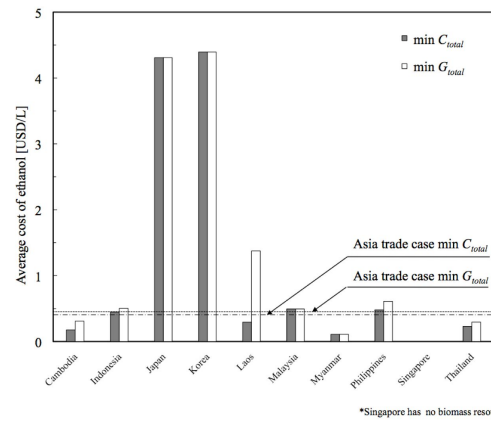


Fig. 5 対象国のバイオエタノール製造コスト

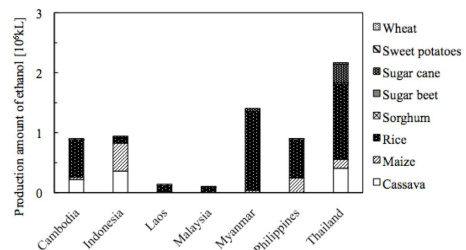


Fig. 6 各国のバイオエタノールの製造量及び作物種

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計22件)

T. Furubayashi, T. Nakata, Design of EFB utilization system considering international transportation, Proceedings of the 1st Asian Conference on Biomass Science, 査読有, 1, 2014, 94-97

依田和夫, 古林敬顕, 中田俊彦, 混合整数計画法を用いた自動車用バイオエタノールのサプライチェーンの設計, 日本エネルギー学会誌, 査読有, 92, 2013, 1173-1186
DOI: 10.3775/jie.92.1173

T. Furubayashi, T. Nakata, Integrated design of biomass energy system considering various biomass resources and technologies, 20th European Biomass Conference, 査読有, 1, 2012, 1-4
DOI: 10.5071/20thEUBCE2012-5B0.9.1

高橋溪, 古林敬顕, 中田俊彦, 國光洋二
東アジア地域におけるバイオエタノールの国際供給の最適化, 日本エネルギー学会誌, 査読有, 90, 2011, 247-257
DOI: 10.3775/jie.90.963

[学会発表](計23件)

古林敬顕, 中田俊彦, 家庭部門の熱及び電力需要を考慮したバイオマス利活用システムの設計, 第9回バイオマス科学会議, 2014年1月15-16日, 高知

森上慶太, 古林敬顕, 中田俊彦, 空間情報に基づく持続可能な木質バイオマスのエネルギー利用システムの設計, 第9回バイオマス科学会議, 2014年1月15-16日, 高知

T. Furubayashi, T. Nakata, Inventory analysis of woody biomass utilization system considering different types of pre-processing and energy conversion technologies, 21th European Biomass Conference & Exhibition, 2013年6月3-7日, Copenhagen, Denmark

古林敬顕, 中田俊彦, 廃水処理に対するCDMを考慮したバイオガス利活用システムの導入影響評価, 第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 2012年1月31日, 東京

T. Furubayashi, T. Nakata, Design integration of biomass energy system for on-site utilization, The 8th Biomass-Asia Workshop, 2011年11月29日, Hanoi, Vietnam

[その他]
ホームページ等

<http://db.tohoku.ac.jp/whois/detail/b1d129302b834c5ed97b539bf84a921b.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古林 敬顕 (FURUBAYASHI, Takaaki)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 40551528

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: