

令和 2 年 5 月 11 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12849

研究課題名(和文)木質バイオマス発電プラントにおける安定的な原料調達計画の立案

研究課題名(英文) Optimization/simulation modeling for raw material procurement in woody biomass power plants

研究代表者

白澤 紘明 (Shirasawa, Hiroaki)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究員

研究者番号：50629186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：平成24年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入されて以来、木質バイオマス発電の事業化が国策として推進されており、発電プラント数は増加の一途をたどっている。しかしながら、発電プラントに原料を安定的に調達できるかについて、具体性を持った長期的計画は皆無に等しく、森林資源の持続可能性をも揺るがしかねない状況にある。そこで本研究では、発電プラントの長期的原料調達計画を立案することを通じて、発電プラントの安定性と森林資源の持続可能性を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

長期的な木質バイオマスの調達計画の立案手法は未確立であり、原料の安定的な調達が可能であるか、ひいては森林資源の持続可能性が保たれているのかについて、地理条件を考慮した検証はほとんどなされていない。本研究では、近年ますます整備の進んでいる森林域における地理情報を最大限活用し、原料調達についての詳細なシミュレーションを行った。これにより具体性を持った計画の立案が可能となった。提案手法は現実世界での意思決定(事業決定、政策決定等)の支援における活用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In recent decades, supply chain management has been becoming increasingly significant in most industries. Also in forest products industry, supply chain management has been implemented using simulation methods and techniques. This study creates long-term timber supply chain plans of a saw mill and woody biomass power plant in Nagano Prefecture, including harvesting and transportation of timber and woody biomass. The plans are determined using a mixed integer programming model, which enables a faithful reproduction of multi-commodity timber flow, stand-level forest growth model and transportation cost model.

研究分野：森林利用学

キーワード：バイオマス発電 シミュレーション サプライチェーン 持続可能性 森林資源管理

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

再生可能資源である森林資源を生産する林業が、持続可能な社会を形成するうえで重要な産業であることは論を俟たない。特に我が国では、東日本大震災に伴う原発事故によって、原子力を中心としたエネルギー政策の抜本的な見直しに迫られており、エネルギー産業としての林業に大きな関心が寄せられている。それに伴い、「森林・林業再生プラン」に代表される林業振興政策や森林資源のエネルギー活用を目指した各種政策が実施されるに至っている。

特筆すべき点は、平成 24 年 7 月に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が施行されたことである。これにより、木質バイオマスを含む再生可能資源によって発電された電気を、一定期間(20 年) 国の定める固定価格で電気事業者が買取することが義務付けられた(Feed-in Tariff: FIT)。FIT 導入以前より、全国で約 100 か所の木質バイオマス発電プラントが存在していたが、そのほとんどは製材残材や建設資材廃棄物を原料としていた。ところが FIT が導入され、その中で未利用木材由来の電気の買取価格が製材残材など、他の原料由来のものに比べて高値に設定されたことにより、未利用木材を主な原料とした発電プラントの計画・新設が相次いでいる。

発電プラントの需要を優先した森林管理が行われぬようにするためには、適切な長期的原料調達計画に基づき、発電プラントの安定性と森林資源の持続可能性を確保することが急務である。しかしながら計画を立案するための確固たる手法は存在せず、長期的原料調達計画が存在しないまま、近視眼的にプラントが稼働するという憂慮すべき事態に陥っている。

### 2. 研究の目的

本研究では、1 つの木質バイオマス発電プラントにおける原料調達計画の立案を目指す。まず集荷範囲に存在する森林資源の賦存量および収穫コストを推定する。さらに計画は長期的なものであるから資源成長量も推定する。次に上記推定値を入力データとするシミュレーションモデルを作成する。このモデルによって、原料調達計画を立案する。最後に作成したモデルに様々なシナリオ(例えば、買取価格が変化するなど)を適用し、安定的な原料調達体制を構築する上で必要となる方策を明らかにする。また、本研究では、近年ますます整備の進んでいる森林域における地理情報を最大限活用し、再現性の高いシミュレーションを行うことも本研究の大きな特色である。(例えば DEM(数値標高モデル)や道路網データを使用し、資源収穫の難易を判定する。森林 GIS データに付随する林齢、地位を入力データとして、森林資源の成長を成長モデルで予測する。)

### 3. 研究の方法

長野県においては、2015 年に竣工した大規模製材工場に併設するかたちで、木質バイオマス発電施設が 2020 年に稼働する予定である。本研究では、上記の製材工場と木質バイオマス発電施設において安定的な原料調達が可能であるかを検討するためのシミュレーションモデルを構築することを目的とした。本研究では近年整備の進んでいる森林域における地理情報を最大限活用し、再現性の高いシミュレーションを行った。

対象とする製材工場とそれに併設する木質バイオマス発電施設は長野県塩尻市に位置する。初期構想での年間原料消費量は 20 万 5 千  $m^3$  と想定されている。その内訳は、製材工場で消費される製材用の原木 10 万  $m^3$  と未利用木材(製材工場で消費されない原木や林地残材等) 10 万 5 千  $m^3$  である。製材時に発生する端材は発電施設に回され、その量は 7 万 5 千  $m^3$  を想定している。これらの値をシミュレーションにおける基本値として用いた。

シミュレーションモデルの流れを図 1 に示す。まず、シミュレーション期間を適当な期間に分割する。続いて、その分割された期間ごとに、各林分の収穫コストの推定、短期計画の策定、森林資源成長の成長予測を行う。上記手順はシミュレーション期間が終了するまで繰り返される。なお、計画における集荷範囲は長野県全域とし、集荷範囲にあるすべての森林から原料は調達されるものとした。

収穫コストの推定においては、各林分に適した収穫作業システムや輸送車両、輸送経路の選択がなされるようにした。使用した道路網データ(数値地図 25000)には幅員情報が付されている。この情報から車両の通行可能性を判定し、輸送経路は車両間の積み替え作業を再現したうえで輸送コストが最小化する経路を選択した。輸送車両はフォワーダ、2t トラック、8t トラック、24t トレーラーを想定した。また、DEM(数値地形モデル)を用いて架線集材の可否判定を行うなど、資源収穫の難易を判定した。森林資源の賦存量推定には森林 GIS データ中の材積を使用した。また、森林 GIS データに付随する林齢、地位を入力データとして、森林総合研究所が公開しているシステム収穫表 LYCS3)を用いて森林の成長を予測した。

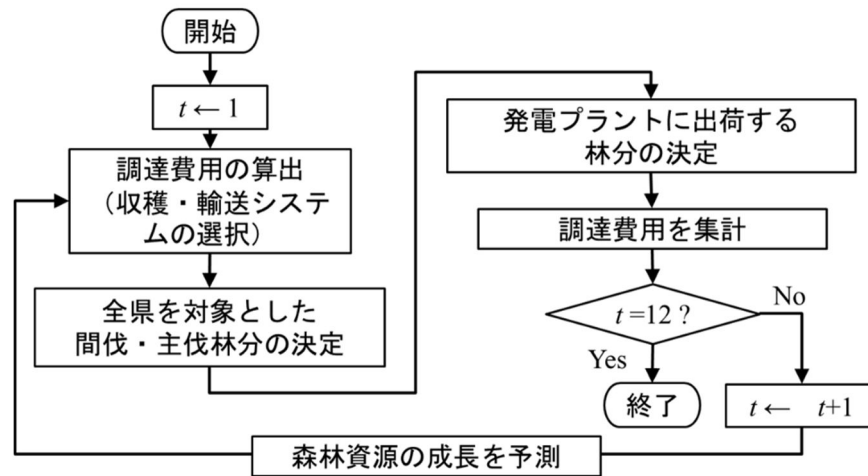


図-1 シミュレーションのフローチャート

#### 4. 研究成果

シミュレーション結果の一例として、シミュレーション期間を60年、1期間の長さを5年、期間数を12期間とし、県全体の年間総需要量を開始年で50万 $\text{m}^3$ /年、60年後に150万 $\text{m}^3$ /年まで直線的に増加する条件での、調達費用の変動を図2に示す。期間1では5,243円/ $\text{m}^3$ であった調達費用は期間12では7,511円/ $\text{m}^3$ となり、2,268円/ $\text{m}^3$ (43.2%)増加した。これは調達費用の安価な林分が期を経るにつれ顕著に減少し、期の後半では初期に比べ悪条件の林分しか残らなかったためである(図3)。調達費用の高騰は経営を揺るがす大きな問題であり、木質バイオマス発電施設の安定性が危惧される結果となった。

本研究では構築したシミュレーションモデルに様々なシナリオ(需要の変動、技術革新など)を適用し、原料調達コストがどのように変動するか、長期にわたって一定水準以下のコストで原料を供給できるのかを明らかにした。さらに原料調達の安定化と森林資源の持続のための方策を探った。構築したシミュレーションモデルでは具体性を持った計画の立案が可能であり、提案手法は現実世界での意思決定(事業決定、政策決定等)の支援における活用が期待される。

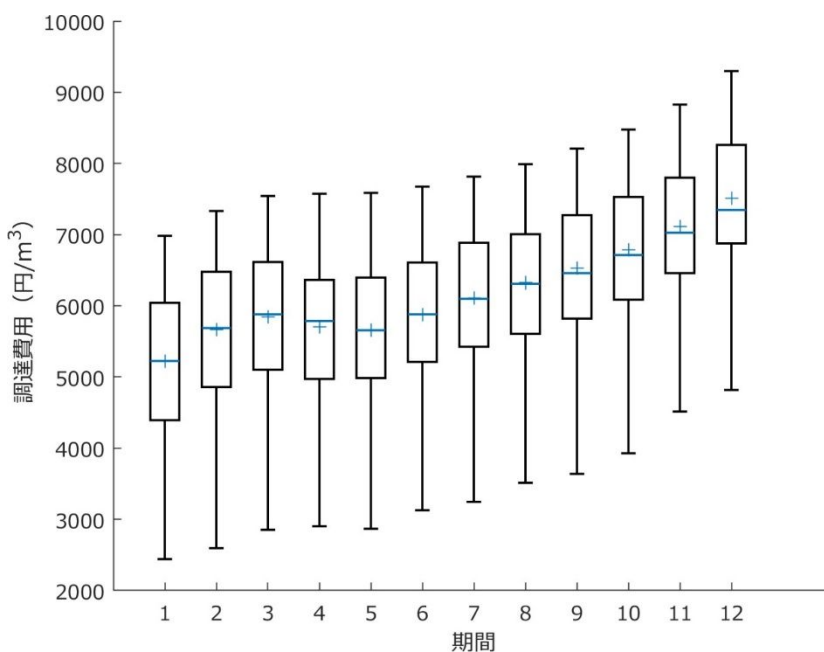


図-2 調達費用の変動

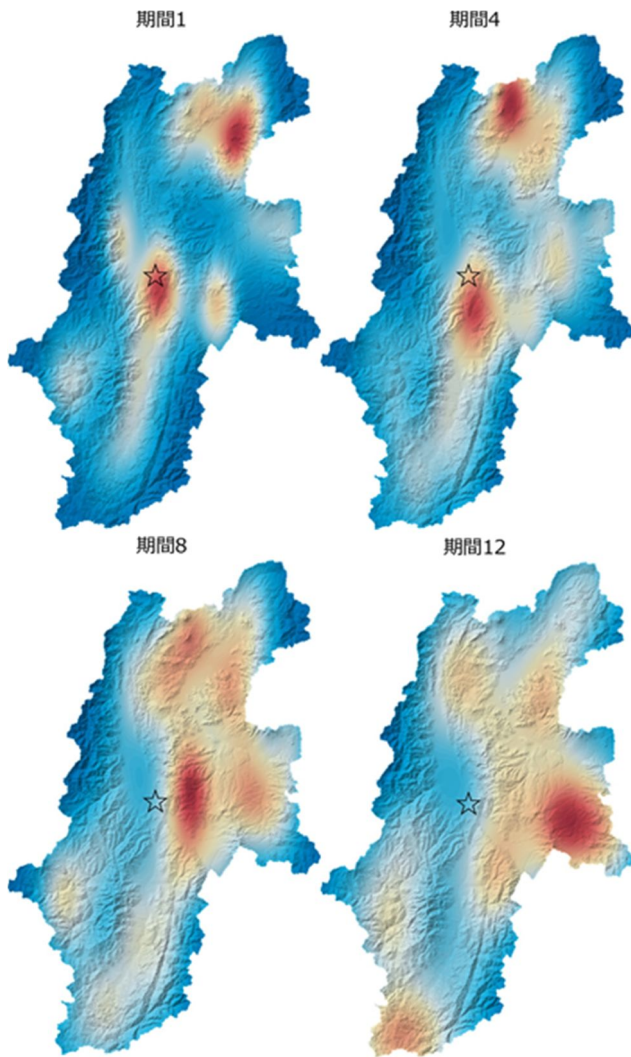


図-3 期間 1、4、8、12 における発電プラントへの出荷林分の分布（赤いほど出荷林分が多く、青いほど少ないことを表す。）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takahisa Yamamoto, Kazuhiro Aruga, Hiroaki Shirasawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Availability for small-scale woody biomass power generation from the view of forest resources in Tochigi Prefecture, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Forest Engineering	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/14942119.2018.1514178	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 該当する

1. 著者名 有賀一広, 山本高久, 白澤紘明	4. 巻 83
2. 論文標題 地理情報を用いた供給コストと資源量把握の取組	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 森林科学	6. 最初と最後の頁 8-11
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6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 白澤紘明, 山本高久, 有賀一広
2. 発表標題 地理情報を用いた原木供給コストならびに供給量の推計
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Biligt Battuvshin, Yamamoto Takahisa, Aruga Kazuhiro, Shirasawa Hiroaki
2. 発表標題 Estimating availability of unused woody materials for energy in Northern Kanto region
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤仁志、佐々江希望、白澤紘明、松澤義明
2. 発表標題 造材歩留まりを考慮した木質資源利用可能量の検討
3. 学会等名 第14回バイオマス科学会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有賀一広、山本嵩久、林宇一、加藤弘二、児玉剛史、白澤紘明
2. 発表標題 北関東地域の木質バイオマス発電における未利用木材利用可能量推計
3. 学会等名 第14回バイオマス科学会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白澤紘明・山本嵩久・有賀一広
2. 発表標題 人工林資源の全国的な収穫コスト評価
3. 学会等名 第13回バイオマス科学会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白澤紘明・山本嵩久・有賀一広・當山啓介・広嶋卓也
2. 発表標題 地形・道路情報を用いた 木質バイオマス資源の全国的な 利用可能量推定
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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