



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地理空間モデルを用いた地域バイオマスエネルギー利用システムの評価 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	福田, 陽一朗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第13739号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/75853
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoichiro_FUKUDA_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 福田 陽一朗

学 位 論 文 題 名

地理空間モデルを用いた地域バイオマスエネルギー利用システムの評価
(Evaluation of local bioenergy utilization system by using geospatial model)

バイオマスエネルギーは、バイオマス資源に由来するエネルギーである。バイオマス資源は、我が国においては「動植物に由来する有機物である資源（原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭を除く）」と定義されている。バイオマスエネルギーは、その利用過程が作物生産を含む生物の生産活動を介した炭素循環に内在し、かつ社会、環境、経済に対し持続可能な形で利用されることによって、大気中の二酸化炭素を増加させない再生可能エネルギーとしての価値を発揮し、気候変動対策やエネルギーセキュリティ向上の観点から国際的にも国内的にも役割が期待されている。特に近年、我が国においては再生可能エネルギー電力の固定価格買取制度（FIT）のもと、大規模なバイオマス発電施設の普及が急速に進み、資源利用量が増大している。一方で、バイオマスは一般に広く薄く存在する資源であり、そのエネルギー密度の低さに起因する輸送コストの課題が指摘されている。またバイオマス発電施設において多量に発生する余熱回収や、エネルギー変換効率の高い熱利用が十分に進んでいないといった課題も存在している。こうした課題を踏まえた上で、バイオマス資源の輸送コストやエネルギー利用における空間依存性を正しく見積ることが、その利用システムの実装可能性を評価する上で重要であると考えられる。そのため本研究では、地理空間モデルによる資源ポテンシャル評価およびバイオマスエネルギーの利用システム評価を行った。

本研究ではまず、バイオマスエネルギー利用の事業化検討において頻繁に課題として指摘される輸送コストに着目し、市町村における資源の優位性について検討した。これまで、様々なバイオマス資源のポテンシャルを総合的に推定、比較を行った事例は存在するが、推計スケールが市町村や都道府県などの空間スケールにとどまり、地域内における小規模なエネルギー利用を検討するために必要と考えられる解像度で資源ポテンシャルを比較した事例は存在しない。そこで本研究では、統計資料を元に11種のバイオマス資源の利用可能量を把握し、さらに地理情報システム（GIS）を用いて、約1kmメッシュの空間スケールで一様かつ高解像度な資源の空間分布を推計した。これをもとに、実際の道路網データにもとづくネットワーク解析を行い、地域内の資源へのアクセス時間、および単位輸送コストと各資源の資源ポテンシャルとの関係性を把握した。富良野市におけるケーススタディの結果では、ポテンシャル総量では未利用間伐材および伐採残材が最も豊富であることが示されたが、穀物系農業廃棄物がより需要地近隣に分布していることから資源へのアクセス性に優れ、輸送コストの観点からは、穀物系農業廃棄物が比較優位であることが明らかになった。

次に、地域の木質バイオマスを活用し、大規模な地域熱供給を実施するシナリオについて、地理

空間モデルによる評価を行った。暖房や給湯熱の広域供給技術である地域熱供給は、欧州を中心として実装が進んでおり、現在我が国における最終エネルギー消費の過半を占める熱セクターの脱炭素化への貢献が期待される。木質バイオマスによる広域地域熱供給のサプライチェーンは、木質バイオマスの収穫から加工までのプロセスの見積り、加工施設やエネルギー供給プラントの立地条件、さらに適切な熱導管ネットワークの配置の検討など、上流工程から下流工程までの全体で空間的な要因が事業性を大きく左右すると考えられるが、こうしたサプライチェーン全体を空間的にモデル化して評価した先行研究は存在しない。そこで本研究では、森林資源の分布やこれを利用する際の伐採シナリオ、道路ネットワークに基づく輸送コストや熱導管配置の推定、施設立地といった空間的要因を地理空間モデルとしてモデル化し、熱のみを利用した場合あるいは発電余熱を回収した場合のエネルギー利用のコスト構造やCO₂排出削減効果を定量化して比較評価した。旭川市中心部への熱供給を想定したケーススタディを実施した結果、伐採時に未利用となる土場残材のみを利用する抑制的な資源利用シナリオ、ならびにより積極的に伐採木の全木をエネルギー利用する積極的なシナリオのいずれにおいても、熱供給のみを実施する条件では採算性が得られないことが示唆された。一方、発電を実施する条件では、多くの場合余熱を回収せず発電のみを行った場合にのみ事業採算性が成立することが示唆された。余熱を回収する場合、土場残材を利用する場合に一部の条件（プラントの立地や設備容量および集荷範囲）においてのみ事業採算性が期待される結果が得られたが、全体を通して余熱回収はコストであり、採算性を低下させることが示唆された。この結果は、現在我が国でバイオマス発電事業がFIT制度によって有利な価格条件での売電が保証されており、電力事業の採算性が成立しやすい状況にあることに起因している。熱のみを供給するシステムや発電余熱を有効に利用するシステムの事業性の向上には、資本費の直接補助以外に、熱供給に関する政策誘導が必要になると考えられた。一方、CO₂排出削減効果の観点からは、サプライチェーンの各工程のうち、熱供給に要するポンプの電力消費由来の排出量がいずれの条件においても全体の8割以上となり、排出源として多くを占めることが明らかになった。熱のみを供給するモデルでは一定の排出削減効果が期待されたが、発電余熱を回収するモデルでは、熱導管の総延長の増大によってポンプ動力由来の排出量が増大し、プラントの立地条件および熱供給条件によっては実質的な排出削減効果が得られない結果となった。この結果から、熱供給による排出削減効果を得るためには適切な施設立地の選定と熱供給範囲の設定が重要となることが示唆された。

本研究を通じて、地理空間情報に基づくバイオマスエネルギー利用システムの検討の効果や重要性が具体化されるとともに、資源ポテンシャルや輸送コスト、サプライチェーン全体を通じたコスト構造ならびにCO₂排出削減効果についての知見が得られた。これらは、バイオマスエネルギーの効率的な活用による脱炭素化の実現に向け今後必要となる措置の検討において重要な知見である。また、本研究の手法、モデルおよびソフトウェアは広く他地域に低コストで適用することが可能であり、本研究で提示したアプローチが環境、社会、経済に対して持続可能なバイオマスエネルギー利用の実現に貢献するものとする。