R6-606

# 木質バイオマスの熱利用普及に関する技術的課題と政策的展望

富士大学経済学部
教授　海邉　健二

## 1.　本調査研究の背景と課題

地球温暖化への対応が喫緊の課題となる中で木質バイオマスはカーボンニュートラルなエネルギー資源としてその利用拡大に向けて注目を集めている。日本は国土の約 67%が森林であり、木質バイオマスは全国各地で利用可能かつ豊富に賦存する資源である。木質バイオマスのエネルギー利用に関し、再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)を主とする政策的支援によって電気利用は、2,000kW 以下の発電所も同制度の支援対象となった 2015 年度末の導入容量が 230 万 kW であったのに対し、2023 年度末には 637 万 kW まで急増した[1]。その一方で、FIT の支援対象外となった熱利用に関し、2015 年のボイラー数が 1,945 基に対し、2023 年のそれは 1,849 基と減少しており[2]、普及の余地が大きい。FIT 後に建設されたバイオマス発電の多くが支援期間(20 年間)の折り返しを間もなく迎え、最近では採算が合わず、操業を停止した発電施設があるほか、海外産バイオマスを利用する発電所も増えている。政策的観点として、電気利用のみを支援対象とする現行制度の課題を踏まえ、FIT 終了後の木質バイオマスの利活用の在り方を早急に検討していく必要がある。また技術的観点では、バイオマス発電のエネルギー変換効率は 25%前後に留まるのに対し、熱利用のそれは 80%前後と優れ、限られた資源を効率的に利用する上で重要性は高い。しかしながら、日本では一部の地域・行政機関等の施設に留まっている場合が多い。

木質バイオマスの熱利用に関し、これまでの多くの「研究開発・技術開発」や「調査」が行われてきた。しかし、研究開発・技術開発が熱利用コスト低減や温室効果ガス排出削減等に具体的にどの程度、効果があるのかは定量的に不明瞭である場合が多い。また特定地域や特定の熱利用方法・条件における経済性評価に留まっている。今後、木質バイオマスの熱利用を拡大していくためには、経済性や環境影響等の観点から定量的に技術的課題や改善すべき条件等を抽出し、それらが解決した場合の効果を定量化することでより効果的・効率的な研究開発を実施し、熱利用コストの低減に貢献することが求められている。しかし、現状において技術的課題等が解決した場合に最終的な熱利用コストに及ぼす影響等を予め評価することができず、その結果、政策的にみても、予め当該研究開発の実施による直接的なコスト低減効果等や社会的な波及効果も含めた研究開発予算の費用対効果が十分に示されていない。

## 2.　本調査の目的

本調査研究では、①木質バイオマスの熱利用にかかるプロセスモデルを構築して、②技術経済性評価と環境影響評価を実施することで、熱利用のコスト構造とコスト低減の可能性を評価することを目的とする。将来的にはそれらの研究成果をもとに、③地域特性に応じた熱利用コストを簡易に試算できるようにすることで木質バイオマスの熱利用システム(以下、「熱利用システム」という)の導入を促進するとともに、④主にコスト低減の観点から技術的課題を抽出し、木質バイオマスの熱利用拡大に求められる研究開発の方向性や条件等を取り纏める。

## 3.　調査研究の方法

本調査研究では利用拡大余地が大きい木質バイオマスの熱利用に焦点を当て、以下の内容を実施する。

[1] 経済産業省　再生可能エネルギー電子申請を元にバイオマス発電設備(バイオマス比率考慮あり)の未利用木質、一般木質・農作業残さ・建築廃材の数値を算出　https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary
[2] 農林水産省　木質バイオマスエネルギー利用動向調査　https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokusitu_biomass/index.html

①熱利用システムに関するプロセスモデルの構築【目的①に対応】

プロセスモデルとは、各プロセスを作業工程/機器構成/操作条件等の要素毎に階層化し、各要素をデータベース化・モデル化して研究開発・改善の方向性予測とそれらが最終的な数値に及ぼす影響を評価できるモデルである。木質バイオマス熱利用システムについて、文献調査と現地調査を行い、システムや稼働条件等(システム構成・出力規模・構成機器・エネルギー効率等)に関する情報を収集・整理してデータベース化した上で、熱利用プロセスを階層化することで、熱利用に係るプロセスモデルを構築する。

②熱利用コストの構造化【目的②に対応】

上記①で構築した木質バイオマス熱利用プロセスモデルを用いて、技術経済性分析を実施する。(ⅰ)50kW$_{th}$・130kW$_{th}$・500kW$_{th}$の木質バイオマスボイラーの熱利用コストを構成する要素毎の数値を積み上げて算出する。(ⅱ)本調査研究にて構築するプロセスモデルによる理論値と実際値における乖離度を検証し、プロセスモデルの改良を行うことで精度を高める。

③熱利用システム構成要素間の関係性の定量化【目的②に対応】

(ⅰ)上記②(ⅱ)の結果を踏まえ、経済性や環境影響の観点から熱利用コスト低減に効果があるプロセスとそれらに係る技術的課題や改善すべき条件等を抽出する。(ⅱ)上記(ⅰ)で抽出したプロセスを構成する各要素について感度解析を行い、技術的課題等が改善した場合に最終的なコスト(熱利用コスト)に与える影響を定量的に把握し、熱利用プロセスの構成要素間の連関性を明らかにする

④地域の条件に応じた熱利用コストの試算【目的③に対応】

(ⅰ)化石燃料価格やチップ価格・含水率等で感度解析を行い、木質バイオマス熱利用システムが化石燃料由来のそれよりも優位となる条件範囲を抽出する。

⑤木質バイオマスの熱利用拡大に求められる研究開発の方向性や条件【目的④に対応】

上記結果を踏まえ、ポスト FIT も念頭に木質バイオマスの熱利用の研究開発の方向性等を取り纏める。

4. 調査研究の結果(又は調査研究の実施内容、ほか)

(1)小規模木質バイオマス熱供給システムのプロセスモデルの構築

50kW-th 及び 130kW-th の木質バイオマス熱供給システムをもとにプロセスモデルを構築した。調査地(50kW-th)の実際のコストは 18.3 円/kWh に対し、構築したプロセスモデルでは、16.6 円/kWh でその相関性は 91%であった。また熱量換算で灯油の単位熱量を 10.2kWh/ℓ、2025 年の店頭灯油平均価格 124.2 円/ℓ(経済産業省資源エネルギー庁)で計算すると、50kW-th では灯油よりも 4.8 円/kWh 高くなる一方で、130kW-th では灯油よりも 2.4 円/kWh 安くなる結果となった。これは 50-100 人程度の熱需要を賄うことができる 100kW-th 程度以上の規模であれば化石燃料よりも経済合理性が高いことが定量的に明らかになった。店頭灯油よりも高い配達灯油が主である中山間村地域では、100-th 以下の規模でも化石燃料より経済合理性が高まる場合があることがわかった。

(2)小規模木質バイオマス熱供給システムのコスト構造

木質バイオマス熱供給システム 50kW におけるコスト構造は kW あたり約 9.5 万円、同 130kW では 7.1 万円であった。50kW では人件費が約 33%を占め、130kW でも約 16%を占めた。また機器コストが 40-60%を占める一方で燃料コストは 10%以下に留まる。この結果は同じ出力規模でもエネルギー変換効率の差で広範囲から燃料を集める必要があるバイオマス発電のコスト構造と異なる点である。

(3)木質バイオマス熱供給システムの普及に向けた課題

一般的に木質バイオマス発電では燃料費が5割以上を占めると言われている。一方で熱利用の場合は、エネルギー変換効率が高いことと、木質バイオマス熱供給システムは500 kW-thまでの小規模利用が多いため、燃料費の割合は2割以下となる。前述の出力規模による感度解析の結果、バイオマス熱利用コストはバイオマス収集コスト増大よりも出力規模拡大によるコスト低減効果の方が大きいため、燃料費の費用は大きな課題とならないことが分かった。その一方でバイオマス熱利用システムでは配管等の付帯コストの割合がコストアップ要因であることが明らかになった。当該費用は設置環境により異なるため、技術開発等による一律的なコスト低減が困難であるものの、合理的かつ簡素なシステム設計とすることが不可欠である。また熱は電気とは異なり、長距離を移送することや長期間に渡って貯熱することが困難であるため、出力規模が大きくするほど、その供給を満たす需要の創出が課題である。

## 5. 本調査研究のまとめ

木質バイオマスの熱利用にかかるプロセスモデルを構築し、コスト構造を明らかにした。出力規模が小さいほど人件費の割合が高く、配管等の付帯コストが大きなウェイトを占めることを定量的に明らかにした。省力化による人件費の低減、エネルギー変換効率を上げる技術的改善によって、さらに経済性が高まる可能性がある。また出力規模が大きくなるほど、単位出力当たりのコストは下がるが、その一方で熱は長距離の移動や長期間の蓄熱をすることが困難であるという特性を考慮すると、出力される熱の需要を近隣地域で創出することが普及の課題である。これらの課題解決の一例として、市街地から離れ、配達が主であるために灯油価格が高い一方で木質バイオマスの供給地に近い中山間村地域において、数十人程度の集落単位毎に木質バイオマスの小規模熱利用システムを配置するための財政支援政策をあげることができる。これによって、集落における化石燃料の消費量や化石燃料の運送に伴う温室効果ガス排出削減だけでなく、地域住民による燃料費用負担の軽減や、地域の未利用木質バイオマスを燃料として活用することによる森林・里山保全、耕作放棄地に早生樹等の燃料作物を栽培することによる未利用地の活用と環境改善等の公共経済性の高い取り組みとなる。

熱の需要と供給に見合った木質バイオマス熱供給システムを構築することで経済合理性のある熱利用を実現できる可能性があることを定量的に明らかにした。

## 6. 主な研究成果

(学会発表)

- 海邉健二，遠藤元治，“木質バイオマスの小規模熱利用における技術経済性評価と普及に向けた課題-岩手県を事例として-“,第34回日本エネルギー学会大会（宮城県仙台市)、No.34，2025年8月
- 海邉健二，遠藤元治，“木質バイオマス熱利用システムのプロセスモデル構築と技術経済性評価”，第２１回バイオマス科学会議(青森県弘前市)，P-23，2025年11月
- 海邉健二，遠藤元治，“岩手県花巻市における木質バイオマスを用いた地域内エコシステムの構築と実証”,第20回バイオマス科学会議(京都府京都市)，P26，2024年12月

(投稿論文)

- 海邉健二，遠藤元治，“木質バイオマスの小規模熱利用に関する研究-岩手県を事例として-”，富士大学紀要，第58巻，31-38，2026年3月（査読有）