


修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/21/2022

専攻名 (専門分野) Department	総合機械工学専攻	氏名 Name	宮川 大河	指導 教員 Advisor	中垣 隆雄 
研究指導名 Research guidance	エクセルギー工学	学籍番号 Student ID number	5220B087-1 ^{CD}		
研究題目 Title	未利用熱蓄熱輸送システム導入による熱回収ポテンシャルの定量化				

1. 緒言

2050年のカーボンニュートラルの達成には、電力だけではなく、熱の脱炭素も重要である。熱の脱炭素の方策は電化、燃料転換などが考えられるが、排熱回収によるエネルギー効率向上も重要である。日本は大規模な地域熱供給システムが普及していないことに加え、未利用熱や熱需要も偏在しているため、未利用熱と需要の間に時空間的なギャップが発生しており、それを解消することができる熱融通技術が重要視されている^[1]。熱融通技術を含めた技術成熟度が低い新興技術は、システムの実現可能性が高い地域から導入していき、成熟度をあげて面的に展開していくべきだが、熱は電力と異なり広域で融通しにくい。そのため全国や都道府県をバウンダリとした熱融通では現実的ではなく、各地域における熱融通可能なポテンシャルも明らかになっていない。そこで本研究では、基礎自治体レベルのエネルギーフローに温度情報を追加したフローを作成し、昨年度までに基本設計が完了したゼオライトを用いた蓄熱輸送システムの効率の情報を組み合わせ、基礎自治体レベルで熱回収ポテンシャルを定量化し、熱回収ポテンシャルが高い地域を検討、さらにそれらを合計することで全国の熱回収ポテンシャルを定量化することを目的とした。

2. 基礎自治体のエネルギーフローの作成

これまでの研究^[2]で、熱融通可能な距離は約 30 km 程度とわかっており、基礎自治体の 93%がこの距離を等価半径とする面積に収まっていることから、検討の境界を 1741 の基礎自治体とした。

熱回収ポテンシャル定量化に向けて、まずは基礎自治体レベルのエネルギーフローを作成した。都道府県別エネルギー消費統計^[3]を基に、産業分類・燃料種ごとに従業員数^[4]もしくは事業所数^[4]で最終需要を按分して算出した。また、各自自治体の再生可能エネルギー電源や熱の導入量は固定価格買取制度の公開情報^[5]や総合エネルギー統計補足調査、総合エネルギー統計の全国平均熱電比^[6]などに基づいて算出し、エネルギーフローに反映した。さらに熱需要および排熱の温度帯は産業分野ごとの温度帯別の熱需要量データ^[7,8]から温度帯の割合を算出し、基礎自治体の熱需要に対して乗ずることで推定した。

作成した基礎自治体別の温度情報を組み込んだエネルギーフローの例(中種子町)を図1に示す。

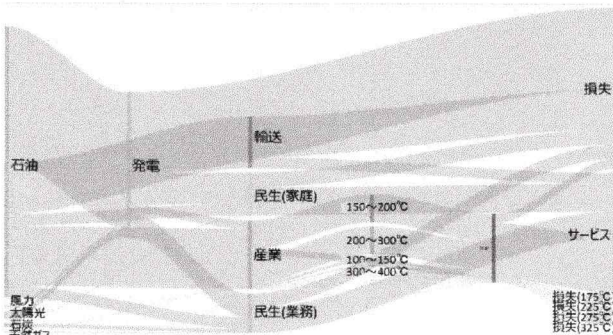


図1 エネルギーフローの例(中種子町)

3. 熱回収ポテンシャルの定量化

3.1. 蓄熱輸送システムの効率

熱回収ポテンシャルを定量化するために、蓄熱輸送システムにおいて蓄熱と出熱それぞれの効率を定量化する必要がある。これまでに蓄熱輸送システムを構成する装置として、移動床間接熱交換方式を採用した出熱装置「ゼオライトボイラ」、移動床向流接触方式を採用した蓄熱装置「ヒートチャージャー」を考案している。ゼオライトボイラはこれまで円筒筐体に多管式熱交換器の設置を想定したが、効率向上のために矩形筐体に比表面積が大きいプレートフィンチューブ型熱交換器を設置することとし、プレートフィンチューブ型熱交換器を設置した矩形ボイラによる 0.2 MPa の過熱蒸気生成の実証試験を実施した。また、昨年度までに開発した一次元数値解析モデルを修正し、定常状態における温度分布が実験結果と概ね一致することを確認した。妥当性が確認された数値解析モデルを用いて、フルスケールのゼオライトボイラの性能予測を実施し、図2に示すように投入時吸着量、需要蒸気圧力(需要温度)ごとの出熱効率を定量化した。また、ヒートチャージャーは今年度実証試験に成功した^[9]これまでの向流接触型移動床を採用し、これまでに開発し、妥当性を確認した一次元数値解析により設計パラメータで感度解析を実施し、図3に示すように熱源温度ごとの蓄熱効率を定量化した。

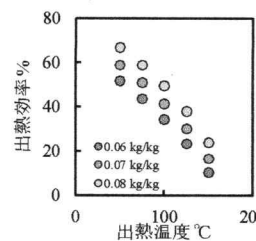


図2 出熱効率

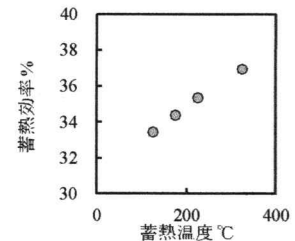


図3 蓄熱効率

3.2. 基礎自治体レベルにおける熱回収ポテンシャルの定量化

基礎自治体レベルで推定した排熱に対し、それぞれの温度帯において 3.1 で定量化したヒートチャージャーの熱源温度に対応する蓄熱効率を乗じてそれぞれの自治体における蓄熱ポテンシャルを算出した。出熱については蓄熱した温度帯から、カスケード利用を想定し、1つ低温の温度帯の需要に充当することを想定し、3.1 で定量化したそれぞれの温度帯におけるゼオライトボイラの出熱効率を蓄熱ポテンシャルに乗じて出熱量を算出、全ての温度帯の総計を求めて自治体における熱回収ポテンシャルとした。1741の基礎自治体における熱回収ポテンシャルを算出し、熱回収ポテンシャルが大きい地域を検討、さらにこれらの合計値として全国の熱回収ポテンシャルを算出、総合エネルギー統計から同様に算出した熱回収ポテンシャルと比較して熱の可搬距離による熱回収量の変化を検証した。

[1]経済産業省, 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 2020

[2]Shoma Fuji, et al, Energy Procedia, 2018

[3]資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 2018

[4]総務省, 事業所に関する集計, 2018

[5]資源エネルギー庁, 事業計画認定情報公表用ウェブサイト, 2018

[6]資源エネルギー庁, 総合エネルギー統計調査, 2019

[7]三菱総合研究所, 平成29年度新エネルギー等の導入推進のための基礎調査, 2018

[8]三菱UFJリサーチ&コンサルティング, 熱供給の実態等に関する包括調査報告書, 2016

[9]藤井洋万ら, 化学工学論文集, 2021