

北海道大学 大学院工学研究院 環境システム工学研究室

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学 大学院工学研究院 環境工学部門
環境システム工学研究室
准教授 葛 隆生 (Takao KATSURA)
Email: katsura@eng.hokudai.ac.jp

1. はじめに

北海道大学大学院工学研究院環境システム工学研究室は、1963年（昭和38年）に北海道大学工学部衛生工学科の第5講座、産業工学講座として設立された。設立当時の北海道は石炭暖房による大気汚染が深刻な問題となっており、本講座はこの解決策となる地域暖房の実現に貢献した。その後平成6～9年の大学院重点化による改組を経て現在の環境システム工学研究室となった。

現在（2024年6月）の当研究室は、3名の教員（長野克則教授、筆者、劉洪芝助教）、1名の客員教員、2名の研究員、2名の補助員、学生20名（博士後期課程5名、修士課程9名、学部生4名、研究生・交換留学生2名）の構成となっている。

2. 研究紹介

当研究室は健康で持続可能な生活環境の創造を目的として、エネルギー・CO₂排出量の削減と生活環境問題の解決に向けた研究に取り組んでいる。以下に主な研究内容の詳細について紹介する。

地中熱利用システムに関する研究

地中熱は再生可能エネルギー熱の一つとして定義されており、その代表的な応用技術である地中熱ヒートポンプ（GSHP）システムは高効率な熱源システムとして認知されてきている。当研究室では地中熱利用システムに関する研究に40年以上にわたって取り組んでおり、長年の研究成果がGSHPシステムの普及に貢献している。その結果として、GSHPシステムは寒冷地を中心として、現時点で12kW換算で約15,000台導入されている実績がある¹⁾。

当研究室で実施しているGSHPシステムの研究

は、①設計・性能予測手法およびシミュレーションツールの開発、②地盤物性値の推定手法の開発や地盤情報データベースの構築、③地中熱交換器、GSHP熱源機の低コスト化と高効率化、④実建物への導入支援および導入後の性能検証などが挙げられる。このうち代表的なものとして、設計・性能予測シミュレーションツールの開発については、GSHPシステム設計・性能予測ツール（通称Ground Club）や、図1に示されるような地中熱、空調、建築物の熱環境の連成計算が可能なGSHPシステム統合型設計ツールの開発等を行っている。建築物の導入支援や導入後の性能検証については、近年ではGSHPシステムを暖冷房システムとして採用して、ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）を目指す建築物について、GSHPシステムの導入に

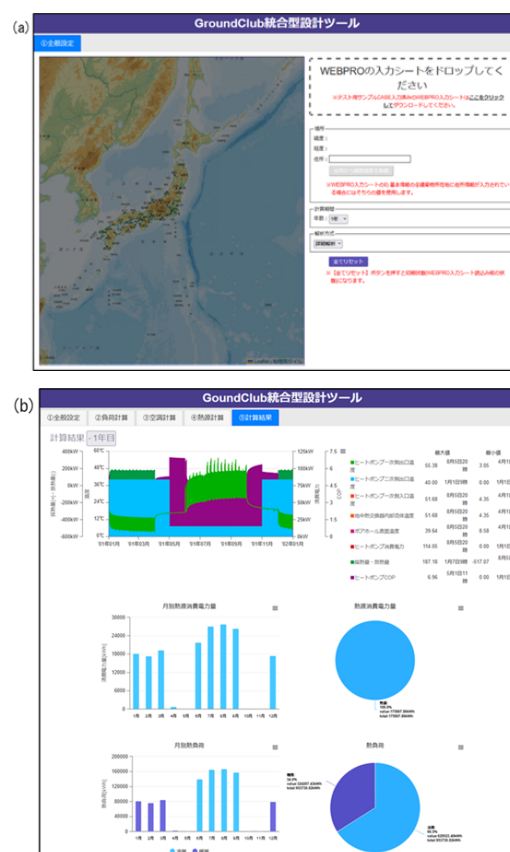


図1 地中熱ヒートポンプシステム統合型設計ツール
(a) 入力画面の一例、(b) 出力画面の一例

よるエネルギー消費量削減効果の予測を行うなどしている。また、実測による性能検証、さらには GSHP システムの ZEB 化の寄与についての評価などを実施している。

太陽熱等再生可能エネルギー熱を活用した吸着式ヒートポンプ・吸着式淡水化に関する研究

80℃ 以下の低温排熱や太陽集熱器による温水を利用して、7～15℃ 程度の冷水を取り出すことができる吸着式ヒートポンプ (AHP) が再生可能エネルギー熱の活用技術として注目されているが、一方で、AHP 機器、特に吸着材のコストダウンが課題となっている。当研究室ではこの課題を解消するために、低価格で水蒸気の吸放湿に対して安定性の高い天然メソポーラス材料である稚内層珪質頁岩 (WSS) に、塩化リチウム担持を施した材料を吸着材として用いた AHP の開発に関する研究を行っている²⁾。具体的な研究内容としては WSS 複合吸着剤が AHP に応用できることを実証した上で、AHP の更なる性能向上を目指し、熱・物質回収による熱効率向上効果を図 2 に示されるラボスケール AHP 試験機²⁾ から実験的に明らかにするとともに、吸着材内 3 次元熱・物質移動数値解析プログラムを開発し、計算から最適運転条件を見出している。また、吸着式ヒートポンプの技術を応用した、再生可能エネルギー熱を活用する吸着式淡水化に関しての研究も行っている。

光透過型真空断熱材および真空断熱材の建築物への適用に関する研究

当研究室では光透過型真空断熱材 (TVIP) および真空断熱材 (VIP) の建築物への適用に関する研究も行っている。図 3 に示される TVIP は真空層 (中

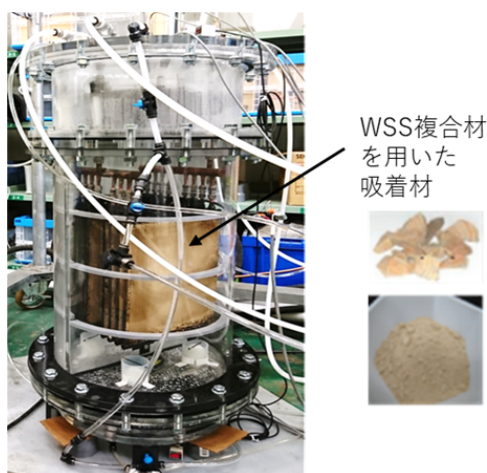


図 2 WSS 複合材を吸着材として用いた AHP 試験機

空層) を形成することが出来る芯材と、放射伝熱を抑制する低放射フィルム、水蒸気や空気などのガスを吸着するゲッター材を、ガスバリア性を有する外袋に封入し、真空包装機を用いて真空引きを行った後に封止して作成する。TVIP は高断熱 (熱貫流率 1.5 W/(m²・K))、軽量・薄型、安価であるという特長があり、既存建築物の窓面の断熱改修を効果的に行える可能性を有している。TVIP を実現するために当研究室では、①芯材が大気圧に耐えうる強度を持たせるための構造設計の手法を確立する、②高断熱で軽量、薄型を実現できる芯材を選定する、数値解析手法と実験による TVIP の断熱性能評価手法を開発する、③ TVIP 内側の圧力を低圧 (2 Pa 以下) に維持できる製造方法を確立する、等といった研究を実施してきた。長期的な耐久性や大型化の課題は残っているものの、これらの研究内容により TVIP の実用化が近づいていると考えられる。

また、VIP については通常の VIP をさらに外袋に入れて真空引きを行う二重型 VIP を作成することで、建築物へ適用の大きな課題となっていた長期的な断熱性能を維持できる可能性を示してきた。

3. おわりに

当研究室では本学会の他に、空気調和・衛生工学会、日本冷凍空調学会、日本建築学会などにおいても研究成果を発表している。学外の研究室や企業との連携・協力も積極的に行いたいと考えている次第であるため、学会等で見かけた場合にはお声かけいただけると幸いです。

参考文献

- 1) 北海道大学 環境システム工学研究室 編：地中熱ヒートポンプシステム (改訂 2 版)、オーム社 (2020)
- 2) 長野克則、外川純也ほか：天然メソポーラス材料を用いた吸着式ヒートポンプの開発 その 1～その 2、日本太陽エネルギー学会 2017 年研究発表会講演論文集 (2017)

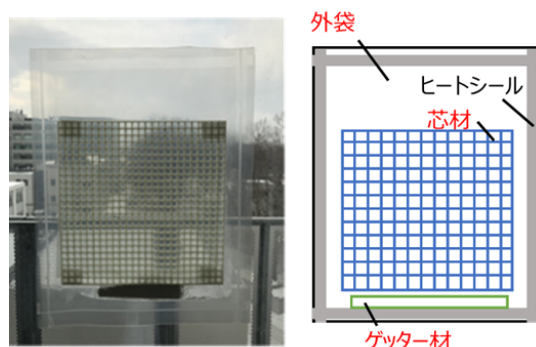


図 3 TVIP の外観 (左) と構成 (右)