



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Vacuum Insulation Panels with Slim-thickness and Light-weight and Their Application Method for Retrofitting Insulation to Existing Buildings [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	楊, 樟
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13218号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69425
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yang_Zhang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 楊 樟

審査担当者 主 査 准教授 葛 隆生
副 査 教 授 長野 克則
副 査 教 授 濱田 靖弘
副 査 准教授 森 太郎

学位論文題名

Study on Vacuum Insulation Panels with Slim-thickness and Light-weight and Their Application Method for Retrofitting Insulation to Existing Buildings

(既存建築の断熱改修に寄与する薄型・軽量の真空断熱材とその適用方法に関する研究)

民生部門のエネルギー消費量削減および二酸化炭素排出量削減は重要な課題であり、その中で既存建築の省エネルギー化は必要不可欠である。既存建築の断熱性能は新築よりも劣るため省エネルギー化の方法の一つとして高断熱化が挙げられるが、改修工事を要することとなる。

本研究は既存建築の断熱改修の簡易化を目的とした、薄型・軽量の真空断熱材とその適用方法に関する研究である。まず、建築物において最も断熱性能の劣る窓面に着目し、簡易設置が可能な光透過性を有する軽量・薄型の真空断熱材の開発を行っている。光透過性を有する真空断熱材は、透明な2枚のプラスチック板の間にスペーサにより空間を設け、それを光透過性を有するガスバリアフィルムに封入し、1 Pa 以下に減圧した後、封止することで作製するが、大気圧化で内部の真空層を保持できるスペーサを設計することが重要となる。その一方で、断熱性能と光透過性の向上にはスペーサの設置を最小限に抑える必要がある。本論文では真空層を保持できる構造設計の方法と、内部伝熱量の計算方法を示し、真空層を保持しつつ、十分な断熱性能と光透過性を得ることができる設計手法を確立している。更には、光透過性を有する真空断熱材をより薄型化・軽量化できるフレーム状の芯材を提案し、その設計方法も示している。建築物への適用については、適用の一つの課題である断熱改修に要する作業量低減のため、真空断熱材の薄型・軽量である点に着目して壁面や天井面に直接貼り付けて適用する方法を提案し、更には適用時の課題である隙間に生じる熱橋に対して、複層化を行うことにより低減可能であることを示している。以下に各章の内容を記載する。

第1章は序論であり、民生部門のエネルギー消費と既存建築の断熱性能について紹介し、真空断熱材の適用による断熱改修の簡易化の重要性について述べ、本研究の目的を示している。

第2章は既存の真空断熱の研究開発についてレビューを行い、従来のグラスウール等の芯材を用いた真空断熱材や真空断熱ガラスの建築への適用にあたっての課題を整理している。そして、本研究で開発した真空断熱材と、建築への適用方法の優位性を明らかとし、本論文の位置付けを行っている。

第3章は真空断熱材の芯材の設計手法の開発である。本章では透明な2枚の板の間にスペーサで空間を設ける芯材を対象として、真空層を保持するための構造設計の方法と、内部伝熱量の計算方法を紹介している。この中で、スペーサに10 mmの間隔を設けることで、真空層を保持できるこ

とを示している。また、設定圧力下での伝熱量や熱伝導率の測定が可能な真空保護熱板法を用いた実験を実施し、伝熱量の計算の検証を行うとともに、1 Pa 以下の減圧化において $0.007 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下の熱伝導率が得られることを確認している。

第4章は第3章の設計方法を応用し、新たに提案したフレーム状の芯材を対象とした構造設計、内部の伝熱量計算を行っている。そしてフレーム状の芯材についても真空保護熱板法を用いた実験により、1 Pa 以下の減圧化において $0.005 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下の熱伝導率が得られることを確認している。

第5章は光透過性を有する軽量・薄型の真空断熱材の試作と、断熱性能・光透過性の評価である。光透過性を設けることが可能と考えられる5種類の芯材を作成し、ガスバリアフィルムに封入し、真空封止機を用いてチャンバー内の圧力を 0.1 Pa に減圧した後に、封止を行う試作を実施している。また、試作を行った真空断熱材について、熱流計法による熱伝導率の測定を実施するとともに、人工光を一定の強度で照射した際の照度を分光放射計により測定し、光透過性の評価を行っている。

第6章は真空断熱材の建築物への適用方法として、薄型の真空断熱材を複層化して直接貼り付ける方法を提案し、適用時における性能評価を行っている。複層化した真空断熱材について校正熱箱法を用いた実験と数値計算を実施し、真空断熱材を3層とした条件については元の真空断熱材の熱伝導率と比較して、見かけ上の熱伝導率が 0.4~10% の増加に抑えられることを示している。そして無断熱住宅に真空断熱材を適用した場合のエネルギー消費量削減効果を計算し、約 50% の削減効果となることを示している。

第7章は総括であり、本論文のまとめと将来の展望について述べている。

これを要するに、著者は窓面などの開口部に簡易設置可能な光透過性を有する薄型・軽量の真空断熱材の芯材の設計方法を構築するとともに、減圧化の条件において断熱性能を得ることに成功した。更には、建築物への真空断熱材の適用方法について提案し、エネルギー消費量を低減できる可能性を示した。これは既存建築の断熱性能の向上に貢献し、エネルギー環境工学および建築環境工学の発展に寄与するところが大いと考えられる。よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。