

Title	薄型エアロゲル不織布複合断熱材の設計と特性評価手法に関する研究
Author(s)	岡崎, 亨
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61786
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (岡 崎 亨)

論文題名

薄型エアロゲル不織布複合断熱材の設計と特性評価手法に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、薄型エアロゲル不織布複合断熱材の剛性向上のための長繊維不織布配向設計手法の提案、熱伝導率測定手法の構築、ならびに高温時の断熱性向上のための粒子配合設計手法の提案に関する論文であり、全6章で構成した。第1章は序論であり、研究背景および本研究の目的について記述した。

第2章では、断熱材を構成する長繊維不織布を観察して繊維の配向分布の特徴を掴み、モデル化することによって、シミュレーションを用いた剛性評価が可能となる手法を提案した。種々の配向分布をもつ不織布にて構成される断熱材のモデルを構築し、構造解析を用いた自重による最大たわみの評価を行うことにより、断熱材の剛性を向上できる配向分布を明らかにした。また、同様のモデルを用いた熱伝導率評価（熱伝導解析）により、不織布の配向分布が、断熱材の熱伝導率に大きく影響しないことを明らかにした。

第3章では、既知の熱伝導率をもつ材料（ベースプレート）と薄型断熱材を組み合わせ、複合則を用いて薄型断熱材の熱伝導率を測定する手法を構築した。変形が生じにくいベースプレート材（押出法ポリスチレンボード）を選択することで、熱伝導率が $0.02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 程度の本断熱材に関し、測定ばらつき目標 $0.002 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以内の高精度な測定が可能となる手法を確立した。

第4章では、 150°C 環境における断熱材内部のふく射伝熱による有効熱伝導率の上昇を抑制するため、断熱材中へ配合するふく射伝熱低減粒子の材質と配合量の評価を可能とする設計手法を提案した。数 10 nm オーダーのエアロゲル粒子群と、数 μm オーダーのふく射伝熱低減粒子の熱的特性を両者同時に表現するモデル化手法を構築し、 150°C 環境において断熱材の有効熱伝導率を低減させるために有効となるエアロゲル内部に複合するふく射伝熱低減粒子の材質と配合率を明確にした。

第5章では、本断熱材を配管パイプ用、車載機器用、住宅用の各々の用途に適用する場合を想定し、第2章、第4章における提案手法と第3章における測定手法を適用した断熱材の効果の検証を行った。骨格材である不織布の配向は配管パイプ用断熱材としての初期性能に大きく影響し、断熱材の性能向上は車載電子機器やエンジンユニットの設計自由度を高め、住宅の断熱性能ならびに二酸化炭素削減量を高めることを示した。

第6章では、各章で得られた研究成果と今後の展望をまとめ、結論とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (岡 崎 亨)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	准教授	倉敷 哲生
	副 査	教授	大村 悦二
	副 査	教授	上西 啓介
	副 査	准教授	岩田 剛治

論文審査の結果の要旨

地球環境保護・省エネの観点から、建造物や熱機関・自動車等にて発生する熱エネルギーを室外や機器の外部に逃がすのを防ぐため、様々な断熱材の開発が進められている。薄型シリカエアロゲル不織布複合断熱材は、こうした背景の下に開発された断熱材であり、断熱性の高いシリカエアロゲルを主材とし薄型で断熱性があり、かつ耐熱性を有する。しかし、シリカエアロゲルが主材であることに起因する脆弱性の克服と、高温時のふく射伝熱低減による断熱性の確保、薄型形状で断熱性の高い材料の熱伝導率の測定が問題点とされ、これらの評価を可能とする手法の構築が必要とされている。これらの点に対し本論文では、薄型シリカエアロゲル不織布複合断熱材の剛性向上のための不織布配向設計手法、熱伝導率測定手法、高温時の断熱性向上のための粒子配合設計手法を提案し、その有効性を検証している。以下にその成果を要約する。

- (1) 断熱材を構成する長繊維不織布の観察結果を基に、繊維の配向分布の特徴を把握したモデル化を行い、シミュレーションを用いた剛性評価が可能となる手法を提案している。種々の配向分布を有する不織布にて構成される断熱材のモデルにより自重による最大たわみの評価を行い、断熱材の剛性を向上できる配向分布を明らかにしている。また、同様のモデルを用いた熱伝導率評価（熱伝導解析）により、不織布の配向分布が断熱材の熱伝導率に大きく影響しないことを明らかにしている。
- (2) 既知の熱伝導率をもつ材料（ベースプレート）と薄型断熱材を組み合わせて熱伝導率を測定し、複合則を用いて薄型断熱材の熱伝導率を算出する手法を構築している。熱伝導率が $0.02\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の本断熱材に対し、ベースプレートの材質と厚みや設置方法を検討した結果、目標とする測定ばらつき $0.002\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以内の高精度の測定ならびに厚さ 0.5mm 以上の薄型断熱材の熱伝導率の測定を可能としている。
- (3) 150 環境における断熱材内部のふく射伝熱による有効熱伝導率の上昇を抑制するため、断熱材中へ配合するふく射伝熱低減粒子の材質と配合量の評価が可能となる設計手法を提案している。数 10nm のエアロゲル粒子群と数 μm のふく射熱低減粒子の熱的特性を同時に表現するモデル化手法を構築し、各種ふく射伝熱低減粒子による断熱材の有効熱伝導率低減が可能な配合率を明らかにしている。また、550 環境での解析も行い、高温時のふく射伝熱低減効果を示している。

以上のように、本論文は、従来手法では困難であった薄型エアロゲル不織布複合断熱材の繊維配向設計や熱伝導率の測定、粒子配合設計を構造解析と熱伝導解析により可能とする成果を示したものである。配管パイプ用途における断熱材施工時の初期特性の向上や、車載機器用途におけるエンジンルームの小型化、住宅用途における断熱性能の向上ならびに二酸化炭素排出量の削減など、多岐の用途における適用の展開が期待できる。よって本論文は博士論文として価値があるものと認める。