

ナノテク・部材イノベーションプログラム  
エネルギーイノベーションプログラム

「マルチセラミックス新断熱材料の開発」  
プロジェクト

事業原簿  
(公開版)

担当部室	新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノテクノロジー・材料技術開発部
------	---------------------------------------

## -目次-

### 概要

#### プロジェクト用語集

I.	事業の位置付け・必要性について	
1.	NEDO の関与の必要性・制度への適合性	I - 1
1. 1	NEDO が関与することの意義	
1. 2	実施の効果（費用対効果）	
2.	事業の背景・目的・位置づけ	I - 3
II.	研究開発マネジメントについて	
1.	事業の目標	II - 1
2.	事業の計画内容	II - 3
2. 1	研究開発の内容	
2. 2	研究開発の実施体制	
2. 3	研究の運営管理	
3.	情勢変化への対応	II - 16
III.	研究開発成果について	
1.	事業全体の成果	III - 1
1. 1	プロジェクトの概要	
1. 2	各研究項目の主な研究内容	
1. 3	成果の概要	
1. 4	基本計画に対する達成度	
1. 5	研究成果の集計	
IV.	実用化、事業化の見通しについて	IV - 1

#### (添付資料)

- ・ イノベーションプログラム基本計画
- ・ プロジェクト基本計画
- ・ 事前評価関連資料(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)
- ・ 特許論文リスト

## 事業原簿概要

		作成日	平成 21 年 7 月 24 日
プログラム（又は施策）名	エネルギーイノベーションプログラム／ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	マルチセラミックス膜新断熱材料の開発	プロジェクト番号	P07006
担当推進部/担当者	ナノテクノロジー・材料技術開発部 勝又 哲		
0. 事業の概要	住宅・ビル、輸送機器などの断熱壁・窓などに広く適用できる画期的な断熱材料技術を開発するため、ナノ多孔体構造を有する複数のセラミックス膜・素材を用いて、熱移動を支配する3要素「伝導」、「対流」、「輻射」の全てを抑制するマルチセラミックス膜新断熱材料の基盤技術を開発することを目的とする。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>【NEDO が関与することの意義】</p> <p>本プロジェクトでは、ナノオーダーの多孔構造と真空断熱技術との融合により、熱伝導の3つの機構（伝導、対流、輻射）を抑える超断熱材料を開発し、日本の総エネルギー消費の約 7.5% を占める住宅・ビル等の冷暖房エネルギーを、超断熱壁・窓材料によって大幅に削減する事を目的としている。さらに将来的には、ロケット・航空機・タンカー・輸送車等の断熱材への応用など、広範な産業技術分野に革新的発展をもたらし得るキーテクノロジーであり、きわめて基盤性が高く、産業界全体での成果の共有化に繋がると期待される反面、研究開発の困難度が高く、リスクが大きい。さらに、プログラム中の他のプロジェクトとの連携により、得られた成果等の知識の体系化を図り、より効率的な研究の進捗と成果の普及を図ることも必要である。</p> <p>以上の背景、理由により、個別的・専門的分野に特化した民間企業だけの技術では困難であるため、NEDO による国家的、集中的実施が必要である。</p> <p>【事業の背景・目的・位置づけ】</p> <p>エネルギー資源の約 8 割を海外に依存する我が国にとって、これを効率的に利用すること、即ち、「省エネルギー」を図ることは、エネルギー政策上の重要な課題である。このため、更なる省エネルギー技術の開発・導入を進め、もって我が国におけるエネルギーの安定供給の確保を図ることを目的とした、「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。</p> <p>また、多様な連携（川上・川下産業の垂直連携、材料創製・加工の水平連携）による研究開発の推進により、当該市場のニーズに応える機能を実現する上で不可欠な高品質・高性能の部品・部材をタイムリーに提供し、又は提案することができる部材の基盤技術を確立することを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを実施する。</p>		

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	低熱伝導率・高圧縮強度の多孔質セラミックス粒子、高反射率・高圧縮強度・透明性のナノ構造セラミックス膜、低熱伝導率・高圧縮強度の膜状の透明多孔質セラミックスを開発し、これらを複合化・真空化・セグメント化することにより、超断熱壁材料・超断熱窓材料を開発する。							
事業の計画内容	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy		
	多孔質セラミックス合成技術	→						
	セラミックス膜コーティング技術	→						
	複合化・真空セグメント化技術	→						
	超断熱壁材料・超断熱窓材料開発	→						
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額	
	一般会計							
	特別会計 (需給)	320	520	200	(600)	(550)	(2190)	
	総予算額	320	520	200	(600)	(550)	(2190)	
開発体制	経産省担当原課	製造産業局ファインセラミックス室						
	プロジェクトリーダー	長岡技術科学大学副学長 高田雅介						
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	集中研：(財)ファインセラミックスセンター 再委託先：(株)ルネッサンス・エナジー・インベストメント 長岡技術科学大学、京都大学、名古屋工業大学 助成先：鈴木油脂工業(株)、積水化成工業(株)、(株)INAX、旭硝子(株)						
情勢変化への対応	NEDO 技術開発機構、実施者とも、研究開発の実施に関し、情報交換に努めるとともに、その取り組み方等を討議して、円滑な推進に協力する。							
評価に関する事項	事前評価	H18年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部						
	中間評価以降	H21年度 中間評価実施予定 H24年度 事後評価実施予定						

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>研究開発項目①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発</p> <p>【研究開発目標】  10Pa 以上の雰囲気での熱伝導率(輻射伝熱の寄与を除く)が 0.001W/mK 以下、輻射伝熱低減率が 70%以上(対真空比、厚み 10mm の時)の多孔質セラミックス粒子複合粉末を開発する。また、低コスト化を実現するため、多孔質セラミックス粒子の連続生産プロセスの実現可能性を実証する。</p> <p>【成果】  ナノ多孔構造や気孔率等を変化させた種々の多孔質セラミックス粒子について、熱伝導精密測定装置を用いて熱伝導率—真空度依存性の関係曲線を詳しく調べ、約 10Paの低真空下において約 0.002W/mKという極めて小さな熱伝導率を有するなどの成果を得た。また、熱伝導精密測定装置を用いた熱伝導率—真空度曲線測定における諸要因(粉末充填、真空排気、フレーム、熱反射膜等)の影響を系統的に調べ、より高精度の測定技術開発を実現させた。ナノ多孔体構造観察・解析装置によって、シリカからなる多孔質セラミックス粒子の明瞭なナノオーダー多孔構造像を得ることができた。</p>
	<p>研究開発項目②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発</p> <p>【研究開発目標】  (1)壁材料用として、赤外線反射率が 70%以上、面積が 10000mm<sup>2</sup> 以上のセラミックス膜を開発する。  (2)窓用材料として、赤外線反射率が 70%以上、光(可視光)透過率が 65%以上、ヘイズ率が 1%以下、面積が 10000mm<sup>2</sup> 以上のセラミックス膜を開発する。</p> <p>【成果】  酸化亜鉛、チタニア等の酸化物セラミックス膜について、電子ビーム物理蒸着法やスパッタリング法などのコーティング法によって多孔質膜あるいは積層膜を合成する条件(出力、圧力、温度等)の制御技術を確立した。酸化亜鉛系の積層膜において可視光を 80%以上透過させつつ近赤外線を 60%以上反射させ、ヘイズ率を 2%以下まで低減できるなどの成果を得ることができた。電気的特性をもとに、光学特性をさらに向上するための指針について検討し、赤外反射率の向上にはキャリア濃度の増大、赤外吸収の低減にはホール移動度の向上が必要であると知見を得た。</p>
	<p>研究開発項目③透明多孔質セラミックス合成技術の開発</p> <p>【研究開発目標】  10Pa 以上の雰囲気での熱伝導率が 0.002W/mK 以下(輻射の寄与を除く)、光(可視光)透過率が 65%以上、ヘイズ率が 1%以下、面積が 90000mm<sup>2</sup> の透明多孔質セラミックス(膜状)を開発する。</p> <p>【成果】  超臨界乾燥(エアロゲル)法によって透明多孔質セラミックスの試料を合成する際に、温度および圧力の精密制御を行い、クラック等が生じないように安定に透明体を合成する条件を明らかにし、10000mm<sup>2</sup> 程度の大きなサイズのサンプル作製を実現させた。エアロゲル法およびキセロゲル法によって合成した透明多孔質セラミックスの熱伝導率と真空度の関係曲線、光(可視光)透過率、ヘイズ率、圧縮特性を測定し、約 10Paの低真空下において約 0.005W/mKの低熱伝導率、約 90%という極めて優れた光透過率のデータを得た。ナノ多孔体構造観察・解析装置を導入し、透明多孔質セラミックスの明瞭なナノオーダー多孔構造像(30nm程度)を得ることができ、優れた光透過率と多孔構造との関係等が明らかとなった。</p>
	<p>研究開発項目④複合化技術および真空セグメント化技術の開発</p> <p>【研究開発目標】  (1)熱伝導率 0.002W/mK、熱貫流率 0.3W/m<sup>2</sup>K で、真空部分が面積 90000mm<sup>2</sup>、セグメント構造を有する壁用断熱材料の技術開発を行い、壁用の超断熱材料開発のための複合化・真空化・セグメント化技術を確立する。  (2)熱伝導率 0.003W/mK、熱貫流率 0.4W/m<sup>2</sup>K、ヘイズ率が 1%以下で、面積 90000mm<sup>2</sup> の窓用断熱材料の技術開発を行い、窓用の超断熱材料開発のための複合化・真空化技術を確立する。</p> <p>【成果】  真空封止装置によって多孔質セラミックス粒子をポリマー膜(シート)によって真空封止したサンプルを試作すると共に、真空封入・セグメント化における真空排気効率、ポリマー材質、排気前後の表面凹凸等の技術課題を明らかにした。透明多孔質セラミックス等をガラス板で複層化・真空化し超断熱窓材料の試料を試作し、真空封止後の透明多孔質セラミックスに生じるひずみあるいはクラックなどの技術課題を明らかにした。</p>

	<p>研究開発項目⑤「超断熱壁材料の開発」</p> <p>【研究開発目標】</p> <p>ポリマー膜に開発素材を真空封止し、熱貫流率が<math>0.3W/m^2K</math>以下、壁厚さ10mm程度、面積が<math>1m^2</math>程度、かつ構造補強部材なしに10MPa程度の圧縮強度を有する超断熱壁材料を開発する。多孔質セラミックス粒子複合粉体の連続生産プロセスを確立する。</p> <p>【成果】</p> <p>連続式エマルジョン化装置の実溶液を用いた試験を行い、槽容量数10Lの切り替え連続式エマルジョン化装置を用いることより、目標の数千トン/年の生産を行なえることを確認した。また連続遠心式の固液分離装置の想定性能をバッチ式の遠心分離機を用いて再現して、実溶液でテストを行い、連続遠心式の固液分離器が十分な性能を持つとともに廃エマルジョンの分解も同時に行なえることを確認した。</p>	
	投稿論文	33件
	特許	3件（出願済）
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>多孔質セラミックス粒子の断熱特性が極めて優れるという成果が得られ、かつその量産技術については具体的な実用化を進める段階に入ったこと、さらには複合化技術および真空セグメント化技術についても順調に研究を進められていることから、超断熱壁材料の実用化は大いに期待できる状況になっている。超断熱窓材料については、透明多孔質セラミックス合成および複合化技・真空化技術を、さらに加速的に促進することにより、実用化の可能性が増大する。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成19年3月、制定。
	変更履歴	<p>平成19年6月 研究開発責任者（PL）決定に伴う改訂</p> <p>平成20年7月 イノベーションプログラム基本計画の制定により、「（1）研究開発の目的」の記載を改訂</p>