

「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」
中間評価報告書

平成21年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成21年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり
評価結果について報告します。

目次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-14
2. 1 多孔質セラミックス粒子合成技術の開発	
2. 2 ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発	
2. 3 透明多孔質セラミックス合成技術の開発	
2. 4 複合化技術および真空セグメント化技術の開発	
2. 5 超断熱壁材料の開発	
3. 評点結果	1-30
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」の中間評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）に諮り、確定されたものである。

平成21年10月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」

中間評価分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	おかだ きよし 岡田 清	東京工業大学 応用セラミックス研究所 所長
分科会長 代理	くろだ かずゆき 黒田 一幸	早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科 応用化学専攻 教授
委員	いげざわ なおき 池澤 直樹	株式会社野村総合研究所 コンサルティング事業推進 本部 チーフ・インダストリー・スペシャリスト
	いしだ あつむ 石田 積	電気化学工業株式会社 青海工場 無機材料研究部 部長
	いまい ひろあき 今井 宏明	慶應義塾大学 理工学部 応用化学科 教授
	いわまえ あつし 岩前 篤	近畿大学 理工学部 建築学科 建築環境工学専攻 教授
	うちこし てつお 打越 哲郎	独立行政法人物質・材料研究機構 ナノセラミックスセンター 主席研究員

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成21年8月6日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

● 第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

事業の位置づけと目標は、省エネルギー技術の一環として極めて重要であり、目標達成のための組織およびプロジェクトテーマは十分に妥当である。これまでに達成されたことのないレベルの超高断熱（超低熱伝導性）特性を目標として材料開発を目指している。そのため計測面でも新規なアイデア・コンセプトに基づいて基礎科学的な面からも検討を行っており、この分野のレベル向上にも寄与することが期待される。また、個別の要素技術については概ね数値目標をクリアしており、基礎研究の視点で見た場合には十分に当初の目標を達していると評価できる。

一方、要素材の性能を維持させた上で、強度、耐久性を確保し、さらに大型化および低コスト化する必要がある、越えるべき課題は多い。

2) 今後に対する提言

あくまでも高い目標に向かってプロジェクトを進める必要があるが、コスト的に見て実現が困難な課題については、実現の可能性が高い課題に注力する必要がある。本断熱材の特性を活かした建築での使用法の観点で、断熱建材としての必要属性を整理し、これに沿った技術開発を考えるべきである。また、大型試作品の作製と製品評価に取り組み、得られたデータを要素技術研究にフィードバックする必要がある。

なお、長期的視点で建材市場への展開を考えると共に、本技術をほかの分野（例えば自動車や電子材料など）へ展開する可能性も合わせて検討していただきたい。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

エネルギーイノベーションとナノテク・部材イノベーションの重なるの中心に位置づけられるプロジェクトの一つと考える。暖冷房に関するエネルギーの抑制は今後の建築計画の基本であり、その点で非常に意義の大きいテーマである。

民間企業が、従来にまして短期的・応用的な傾向を強める中で、基盤的・挑戦的なテーマであり、NEDO が関与する意義は強い。

一方、市場創出効果を 2030 年で試算しているのは長期的過ぎる。市場規模に

対して本技術をどの程度置き換えて展開しようとするか、その規模をある程度、目標値として提示できないだろうかと考える。

2) 研究開発マネジメントについて

ここまでのところでは、集中研究としてのマネジメントは行われている。目標を達成するための高い技術的背景を持つ組織構成は妥当であり、産学間の連携も十分に行なわれていると判断できる。また、高度な評価法の確立を基盤技術にすえていることも評価することができる。

一方、研究開発目標の具体的な設定数値は適切であるが、目標設定している時期が遠い先で現実味が薄い。到達された技術レベル（数値目標）と波及効果には相関があるが、その見積もりが不明確である。全体の組織構成とそれぞれの役割、フィードバックを含めた情報の流れが少し見えにくい。今後は、実現性の高い用途とその実用化がまだ相当先になるものと分けて市場動向や技術動向に対する戦略を立てるべきである。

3) 研究開発成果について

個々の技術的な課題に対しては、ほぼ中間段階の目標をクリアできている。日本の高度なセラミックス技術を内外に示す成果になる可能性があり、評価できる。ヘイズ率については目標設定値が相当高いこともあり中間目標に達していないが、用途に応じ実用化出来るレベルにあると判断できる。

実用化において重要な耐久性、信頼性、コスト的な観点については、クリアしなくてはならない課題が山積みしており、これからの進展が必要である。また、学問的基礎研究の発表件数に比べ特許出願数が少ないので、更に力をいれて特許出願をしていただきたい。

マスコミや展示会を通じた成果の普及も積極的に行なわれているが、一般社会への成果普及には、マスメディアへの露出が必要であり、そのような観点に対する努力が必要である。

4) 実用化、事業化の見通しについて

実用化に対する対象に対して、ある程度絞り込みの方向性は明確化されている。素材メーカーおよび建材メーカーが要素技術の立ち上げから関与しており、技術内容と到達レベルを十分に把握していることから、産業技術として適用可能な方向での開発が認められ、技術的波及効果も期待できる。

目標数値の達成だけで事業化への到達が可能か、技術的ハードルだけでなく、市場動向や需要の見込み、ライバル材料の今後の発展状況の想定などについて、少し辛口な見方からも検討する必要がある。今後は既存技術との競合を意識し

たコストパフォーマンスの把握と、それに立脚した実用化の計画が重要と考えられる。

研究評価委員会におけるコメント

第23回研究評価委員会（平成21年10月29日開催）に諮り、了承された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授	

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

1. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1 総論

1) 総合評価

事業の位置づけと目標は、省エネルギー技術の一環として極めて重要であり、目標達成のための組織およびプロジェクトテーマは十分に妥当である。これまでに達成されたことのないレベルの超高断熱（超低熱伝導性）特性を目標として材料開発を目指している。そのため計測面でも新規なアイデア・コンセプトに基づいて基礎科学的な面からも検討を行っており、この分野のレベル向上にも寄与することが期待される。また、個別の要素技術については概ね数値目標をクリアしており、基礎研究の視点で見た場合には十分に当初の目標を達していると評価できる。

一方、要素材の性能を維持させた上で、強度、耐久性を確保し、さらに大型化および低コスト化する必要がある、越えるべき課題は多い。

〈肯定的意見〉

○上流から下流までの垂直連携がうまく機能している。

ターゲットは挑戦的でかつ分かり易い。

○これまでに達成されたことのないレベルの超高断熱（超低熱伝導性）特性を目標として材料開発を目指している。

そのため計測面でも新規なアイデア・コンセプトに基づいて基礎科学的な面からも検討を行っており、この分野の今後のレベル向上にも寄与することが期待される。

○難易度が高く、個々の研究機関や企業では取り組みにくい技術開発と実用化・事業化に取り組んでおり、評価できる。

技術開発において高い技術レベルに到達しており、評価できる。

集中研究体制を取り、研究の推進に良い機能を果たしており、評価できる。

○事業の位置づけと目標は、省エネルギー技術の一環として極めて重要であり、目標達成のための組織およびプロジェクトテーマは十分に妥当である。要素材として位置づけられる多孔質シリカ粒子、ZnO コーティング、エアロゲル等の研究開発における数値目標の達成度も高く、今後 2 年間の進展も大いに期待できる。

○研究開発計画に従って順調に成果集積がみられ、おおむね中間目標も達成しており、高く評価できる。

○計画に準拠し、技術の開発が確実に進んでいるように思います。低真空での断熱性能の確保は、実用化への重要な技術であり、これが解決されようとしている点は大いに評価されるべきと思います。

○個別の要素技術については概ね数値目標をクリアしており、基礎研究の視点で見た場合には十分に当初の目標を達していると高く評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

●市場性の検討は、甘いと考える。

日本国内の建築業界の状況、材料代替の困難さ、等々についてはより現実的な視点を持つべきと考える。

連携が効果を挙げている一方で、柔軟性に欠けている感がある。特に、アプリケーションについては、もっと柔軟であっても良いと考える。

現在目標とされているアプリケーションは、分かり易いが現実性という点で問題があると考ええる。

特許・論文についてはもっと積極的であるべきと考える

海外については、競合性と市場性の視点から、もっと情報収集するべきと考える。

エネルギー問題の国際的な広がり、ナノテク・部材技術の汎用性を踏まえると、日本国内での競合性は市場性だけを踏まえるのは視点が狭すぎると考える。

●材料特性を維持しつつ既存の製品に対して差別化した特性の製品を開発するには、周辺技術の面でハードルが高すぎる。

いずれの製品開発においても共通する課題であるが、本プロジェクトで対象としている分野では特に製品コストの厚い壁があり、そこまで考慮すると実用化に対しては実現が相当困難な課題といえる。

●実用化・事業化の難易度が高く、波及効果（建材以外への展開）をもう少し具体化すべきと感じた。

●断熱技術を実用化するために必要な各要素材を複合化およびセグメントする技術に関しては、目標達成に向けて十分な進捗状況であるか疑問である。特に、要素材の性能を維持させた上で、強度、耐久性を確保し、さらに、大型化および低コスト化する必要がある、越えるべき課題は多いと思われる。

●理論的・学術的な面でのより深い考察と、それに基づく研究開発計画の精密化と更なる進展を期待したい。知財面でも一層の蓄積を期待した。

●波及効果、市場化の観点では、既に実用・商用化されている真空断熱材との置き換えだけでは、大幅な展開は期待が少なく、建築での活用には取り付けに伴う熱橋と長期耐久性の問題に対する解答がまだ十分ではないと思います。

●実用化までの道のりにはまだ高いハードルがあり、本当に実用化が可能かの判断は現時点では難しい。

〈その他の意見〉

- 世界をリードするような広報活動が必要と考える。サンプルの積極的な提供なども工夫できないかと考える。
- 大いに期待します。
- 企業側の本気度があまり伝わってこず、各社まだルビコン川を渡るかに慎重な印象を受けた。

2) 今後に対する提言

あくまでも高い目標に向かってプロジェクトを進める必要があるが、コスト的に見て実現が困難な課題については、実現の可能性が高い課題に注力する必要がある。本断熱材の特性を活かした建築での使用法の観点で、断熱建材としての必要属性を整理し、これに沿った技術開発を考えるべきである。また、大型試作品の作製と製品評価に取り組み、得られたデータを要素技術研究にフィードバックする必要がある。

なお、長期的視点で建材市場への展開を考えると共に、本技術をほかの分野（例えば自動車や電子材料など）へ展開する可能性も合わせて検討していただきたい。

〈今後に対する提言〉

- ・材料、プロセス、計測といった基盤的技術に関連して成果を挙げているので、現時点で掲げられている目標に至らなくても実用化が可能なアプリケーションを探索すべきと考える。
- ・コスト的に見て実現が困難な課題については、この段階で見切りを付け、実現の可能性が高い課題に注力する必要がある。
- ・現在の建材市場はかなり厳しい状況にあると思われるが、新しい技術で市場に展開していく価値は充分あると考えるし、その可能性を追求するべきと感じた。

長期的視点で建材市場への展開を考えると共に、本技術をほかの分野（例えば自動車や電子材料など）へ展開する可能性も合わせて検討していただきたい。論文などの成果発表は十分と思われるが、実用化・事業化を考えると知的財産の整備が重要であり、海外も含めた積極的な特許出願を期待したい。

- ・上記の問題点を明確にし、それらの克服に向けた具体的な研究開発計画の策定が必要である。また、あくまでも高い目標に向かってプロジェクトを進める必要があるが、副次的に得られる多様な技術についても広く提示し、それらの波及効果を明確にすることが、本プロジェクトの成果を有効に発展させる上で重要であると思われる。
- ・研究開発項目間の情報交換があまりみられないように思われる。異なる組織間が刺激しあうことによる相乗効果、深い議論に基づく着想や計画の精密化により、全体計画がより大きく発展することを望みたい。
- ・材料開発の段階は順調に推移しているので、本断熱材の特性を活かした建築での使用法の観点で、断熱建材としての必要属性を整理し、これに沿った技術開発を考えるべきかと思えます。
- ・プロジェクト全体の進め方については概ね計画通りでよい。

〈その他の意見〉

- 現在発生している、地球規模での問題解決に貢献できる可能性があることは、種々の媒体を利用してもっと広報すべきと考える。
- 大型試作品の作製と製品評価に早急に取り組み、得られたデータを要素技術研究にフィードバックする必要がある。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

エネルギーイノベーションとナノテク・部材イノベーションの重なるの中心に位置づけられるプロジェクトの一つと考える。暖冷房に関するエネルギーの抑制は今後の建築計画の基本であり、その点で非常に意義の大きいテーマである。

民間企業が、従来にまして短期的・応用的な傾向を強める中で、基盤的・挑戦的なテーマであり、NEDO が関与する意義は強い。

一方、市場創出効果を2030年で試算しているのは長期的過ぎる。市場規模に対して本技術をどの程度置き換えて展開しようとするか、その規模をある程度、目標値として提示できないだろうかと考える。

<肯定的意見>

○エネルギーイノベーションとナノテク・部材イノベーションの重なるの中心に位置づけられるプロジェクトの一つと考える。

また、基盤的であることから、潜在する波及効果は大きいと考えられ、公共性は高いと考える。

民間企業が、従来にまして短期的・応用的な傾向を強める中で、基盤的・挑戦的なテーマであり、NEDO が関与する意義は強い。

○エネルギーイノベーションの観点から本分野の必要性は否定しないし、課題自身が高い公共性を有している。

○エネルギーの7.5%を占める分野への対策・展開として適切な事業であり、妥当である。

公共性の高さも充分あり、実用化・事業化においてもこの点は有利に働くと考えられ、評価できる。

○省エネルギー、CO₂ 排出量削減技術に取り組む国として取り組むべきテーマであり、高い目標設定からリスクも大きく、NEDO の関与も重要である。

○省エネルギーに大きく貢献する事業であり、当該施策・制度の目標達成に大きく寄与するものであり、開発目的は極めて妥当である。

○建築分野でのCO₂ 発生量は国全体の4割近くになり、これを抑制する方策はいずれも影響が小さくありませんが、暖冷房に関するエネルギーの抑制は今後の建築計画の基本であり、その点で非常に意義の大きいテーマだと思えます。国際的にも競争力の基本となる技術開発だと思えます。

NEDO の事業としては極めて妥当、より積極的な展開を期待します。

○施策ロードマップ上の位置づけと目標の設定は明確であり、産学の連携も適切に行なわれている。NEDO プロジェクトとしての実施は妥当である。

<問題点・改善すべき点>

- 市場創出効果を2030年で試算しているのは長期的に過ぎると考える。
小規模であっても、せめて10年先くらいを対象とすべきであり、そのために目標値の水準を下げても良いのではないかと考える。
- 実用化を目指した現実的な目標ともっと遠い先、基礎科学的な側面を切り分けてプロジェクトを推進する必要がある。
中間評価のヒヤリングでは、実用化に直接関係する中心的な企業の側に何としても製品化をするという熱意があまり感じられなかった。
- 市場規模に対して本技術をどの程度置き換えて展開しようとするか、その規模をある程度、目標値として提示できないだろうか。
- 市場規模の試算がややあいまいであり、コストパフォーマンスを意識した波及効果の再検討が必要と思われる。また、セラミックス材料の必然性の表現も若干あいまいであると感じられる。
- 建材としての展開のイメージがまだ練り固まっていない印象を受けました。
市場化時点でのコストとも大きく関係するので、事業の目的の中での位置づけについて、多少の修正が必要かもしれません。
- 特段の問題点は見あたらない。

<その他の意見>

- ・国際貢献に寄与する可能性も高いと考えられる。この点についてはもっと強く意識されるべきではないかと感じる。
- ・多孔質セラミックスに関する研究開発は国際的にも日本が是非強化すべき事業と判断する。
- ・既存技術・市場の調査は十分に行われていると思います。

2) 研究開発マネジメントについて

ここまでのところでは、集中研究としてのマネジメントは行われている。目標を達成するための高い技術的背景を持つ組織構成は妥当であり、産学間の連携も十分に行なわれていると判断できる。また、高度な評価法の確立を基盤技術にすえていることも評価することができる。

一方、研究開発目標の具体的な設定数値は適切であるが、目標設定している時期が遠い先で現実味が薄い。到達された技術レベル（数値目標）と波及効果には相関があるが、その見積もりが不明確である。全体の組織構成とそれぞれの役割、フィードバックを含めた情報の流れが少し見えにくい。今後は、実現性の高い用途とその実用化がまだ相当先になるものと分けて市場動向や技術動向に対する戦略を立てるべきである。

<肯定的意見>

- 目標は定量的で分かり易く、達成程度の判断もやり易いく設定されている。
事業の上流と下流の連携が意識され、課題も効果的に設定され、活動内容も良く整理されていると考える。
- ここまでのところでは、集中研究としてのマネージメントはそれなりに行われている。
- ハードルの高い明確な技術目標を設定しており、戦略的で、妥当である。
研究体制は、集中研究の形を取り、良く機能していると感じ、評価できる。
- 高い目標設定は、世界をリードする技術開発を目指す意味で重要である。目標を達成するための高い技術的背景を持つ組織構成は妥当であり、それらの連携も十分確保されている。また、高度な評価法の確立を基盤技術にすえていることも評価することができる。
- 妥当なスケジュールで開発が進んでいると判断される。
- 複雑で多岐にわたる分野を、良くマネージメントされ、個々のサブテーマがうまく機能していると思います。
- 研究開発目標の具体的な設定数値は適切である。研究体制に問題はなく、産学間の連携も十分に行なわれていると判断できる。

<問題点・改善すべき点>

- 企業側の意思や主張が弱いように感じた。
集中方式をより徹底させ、企業側の意見がより反映できるようにするのも一法と考える。

- 目標設定している時期があまりにも遠い先で現実味が薄い。
実現性の高い用途とその実用化がまだ相当先になると思われるものと分けて市場動向や技術動向に対する戦略を立てるべきである。
- 到達された技術レベル（数値目標）と波及効果には相関があるが、その見積もりが不明確である。また、要素材の技術を複合化に活用するにあたり、強い連携性の確保が今後においてはより重要になると思われる。
- 適切なPLが選定されており、PLの問題ではないが、各項目間の連携が必ずしも外部からはよく見えていない。最終評価では連携による展開が外に見える形で示されることが望ましいと思われる。
- マネージメント、という点では、全体の組織構成とそれぞれの役割、フィードバックを含めた情報の流れが少し見えにくいように思います。プロジェクトの開始時点で、それぞれのプレイヤーの役割と予算を明確にする意味でも、多少、改善が必要かと思えます。
委託と再委託の位置づけも本来は説明が必要かと思えます。
- どこの改善にあと何が必要で、そのために何にいくらかかるかの説得力にやや乏しい。プロジェクトの最終目標値を概ね達成しているサブテーマについては、今後の予算支出は削減可能ではないか。

<その他の意見>

- ・エネルギー・環境についての国民意識の高まりに踏まえ、広報より活発化すべきと考える。
- ・対象が国内市場に限定されているようであるが、そのように限定する必然性は特に感じられない。我が国のような資源に乏しい国が目指さなくてはならない国際的な産業・市場構造から考えると、海外まで目を向けた、海外を中心とした戦略の方がより重要なのではないか。
- ・本プロジェクトは将来性のある高度な技術開発であり、長い目で見て取り組めば良いと感じた。それゆえに社会情勢の変化への対応は難しいと感じた。
- ・ここで確立された断熱性に関する高い評価技術（含む装置）は、プロジェクト終了後も広く一般に活用できる体制を構築すべきではないかと思われる。
- ・評価委員会の場合としてのコメントですが、このプレゼンは少し分かりにくい印象を受けました。研究開発マネージメントの説明とは多少異なる内容が説明されていたように思います。
- ・企業間の本気度に若干の温度差を感じた。

3) 研究開発成果について

個々の技術的な課題に対しては、ほぼ中間段階の目標をクリアできている。日本の高度なセラミックス技術を内外に示す成果になる可能性があり、評価できる。ヘイズ率については目標設定値が相当高いこともあり中間目標に達していないが、用途に応じ実用化出来るレベルにあると判断できる。

実用化において重要な耐久性、信頼性、コスト的な観点については、クリアしなくてはならない課題が山積みしており、これからの進展が必要である。また、学問的基礎研究の発表件数に比べ特許出願数が少ないので、更に力をいれて特許出願をしていただきたい。

マスコミや展示会を通じた成果の普及も積極的に行なわれているが、一般社会への成果普及には、マスメディアへの露出が必要であり、そのような観点に対する努力が必要である。

<肯定的意見>

○目標は概ね達成している。

目標の高さを踏まえると十分な達成度であると考える。

○個々の技術的な課題に対しては、ほぼ中間段階の目標をクリアできている。

最終目標がおおむねクリアできれば、大きな市場の開拓（国内外において）に結びつく可能性はある。

○現時点の目標への達成度は70%程度と判断し、現時点で妥当である。

日本の高度なセラミックス技術を内外に示す成果になる可能性があり、評価できる。

論文発表など適切に取り組んでおり、妥当である。

○要素材の技術における中間目標はほぼクリアされており、達成度は高い。

○目標値をクリアしており、ほぼ順調に進展しているものと判断される。

○当初計画に基づく中間目標は十分に達成されていると思います。成果の意義は、計画当初の審議に依存しますが、結果的には十分なレベルにあると思います。

○数値目標は概ね目標を達成しており高く評価できる。ヘイズ率については目標設定値が相当高いこともあり中間目標に達していないが、用途に応じ実用化出来るレベルにあると判断できる。

マスコミや展示会を通じた成果の普及も積極的に行なわれている。

<問題点・改善すべき点>

- 特許・論文の発表は不十分と考える。
幾つかの最終目標の達成は非常に困難と考える。
これまでの開発経緯を反映した、目標の見直しも必要と考える。
- 製品化において重要な耐久性、信頼性、コスト的な観点については、クリアしなくてはいけない課題が山積しており、これからの進展が必要である。
最終目標値をクリアすることをその目的としても良いものと、実用化の面まで含めて考えなくてはいけないものと明確に区別して対処する必要がある。
- 論文発表に比べて知的財産の取得が遅れている印象を受けた。
- 今後の 2 年間にプロジェクトの中心となる複合化技術・セグメント化技術の目標設定は極めて高いので、これまでの成果を活用した十分な連携と計画性が必要である。
- 知的財産権については、更に力をいれて特許出願を増強していただきたい。
- 圧縮強度の意味など、個々の技術目標の位置づけが若干曖昧な印象を受けました。全体のマネジメントと関連していますが、建材としての利用の観点での必要属性の整理に基づいて、個々の技術目標を修正する必要があると思います。
- 学問的基礎研究の発表件数に比べ特許出願数が少ない。知的財産権の取得にもっと貪欲な姿勢があってよい。

<その他の意見>

- ・プロジェクト内での成果の共有は十分なされているが、プロジェクト外への広報やそれによる成果の共有については、工夫が必要と感じる。
- ・成果の公表及び普及に関しては、まだ不十分である。早急に関連特許を押さえ、論文などの成果公表を可能とするべきである。
- ・一般社会への成果普及には、マスメディアへの露出が必要であり、そのような観点に対する努力が必要である。
- ・断熱材の平均 0.002W/mK という目標設定は極めて高く、市場化コストの観点でも、多少、下方修正することをお勧めします。既存の真空断熱材の実性能と照らし合わせると、目標としては、せいぜい 0.01 あたりではないでしょうか。
- ・紙上および口頭発表リストの中には、本プロジェクトとの関わりが不明なものが見受けられた。

4) 実用化、事業化の見通しについて

実用化に対する対象に対して、ある程度絞り込みの方向性は明確化されている。素材メーカーおよび建材メーカーが要素技術の立ち上げから関与しており、技術内容と到達レベルを十分に把握していることから、産業技術として適用可能な方向での開発が認められ、技術的波及効果も期待できる。

目標数値の達成だけで事業化への到達が可能か、技術的ハードルだけでなく、市場動向や需要の見込み、ライバル材料の今後の発展状況の想定などについて、少し辛口な見方からも検討する必要がある。今後は既存技術との競合を意識したコストパフォーマンスの把握と、それに立脚した実用化の計画が重要と考えられる。

<肯定的意見>

- 基盤的技術について得られている成果は、産業技術分野で広範囲に活用可能と考える。
- 実用化に対する対象に対して、ある程度絞り込みの方向性は明確化されている。
- セラミックスやエネルギーに関わる人材と知識の蓄積に寄与すると考えられ、妥当である。
実用化へのハードルは高いが、確度のあるシナリオは出来ており、妥当である。非常に高い技術レベルを目指しており、波及効果は期待でき、評価できる。
- 素材メーカーおよび建材メーカーが要素技術の立ち上げから関与しており、技術内容と到達レベルを十分に把握していることから、実用化へのロードマップを作成しやすい環境である。
- コスト面での評価も含め、産業技術として適用可能な方向での開発が認められる。技術的波及効果も期待できる。
- 材料開発は十分に達成し、かつ、長期耐久性という課題は明確になっていません。
- 実用化に向けた課題は明確であり、課題解決の方針も適切である。
用途に応じては、近い将来の実用化が期待できるものもある。むしろ関連分野への波及効果の中には、主目的である住宅用の窓、壁材よりも実用化に近いものが多いように感じた。

<問題点・改善すべき点>

- 実用化には多くの課題が残されている。課題の優先順位付けが必要と考える。

- 実用化に向けたシナリオには様々な社会的な動静が大きな影響を与えることから、計画を立てにくいことはよく理解できるが、本計画にはあまり現実味が感じられない。
- 今後は既存技術との競合を意識したコストパフォーマンスの把握と、それに立脚した実用化の計画が重要と思われる。
- 人材育成面での波及効果は見られないが、本事業においては、それほどこの点を重視する必要はないかもしれない。
- 現在、建築そのものの寿命を現状の30年から100年以上に大幅に伸ばそうと様々な取り組みがなされています。これを踏まえた耐久性の検証をお願いしたいと思います。
競合技術との比較の点では、既存VIPの断熱性能を過大評価されていると思います。
- 目標数値の達成だけで事業化への到達が可能か、技術的ハードルだけでなく、市場動向や需要の見込み、ライバル材料の今後の発展状況の想定などについて、少し辛口な見方からも検討する必要がある。

<その他の意見>

- ・ ナノサイエンスではなく、ナノテクノロジーで成果をあげていることは、人材育成の点でも貴重な成果が得られていることと考える。
- ・ 本プロジェクトで導入した高性能な熱伝導率測定装置のようにある程度汎用性もあるものについては、プロジェクト後も依頼測定などに公開利用すれば、その効果的な活用が期待できる。しかし、製造技術に関係した装置は、あまり汎用性がないため、次につながる投資となることは考えにくい。
- ・ 建材市場での実用化・事業化は長い目で取り組むべきと感じる。
- ・ 熱橋評価は2次元・3次元の固体熱伝導・放射連成問題としてこれまでも多く取り組まれています。参考まで。

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

1) 成果に関する評価

中間目標は概ね達成している。シンプルなプロセスによって断熱性能に優れた多孔質シリカ粒子の合成を可能にしており、その熱的・機械的物性の評価も進められており、要素材としての有効性が確認されている。また、微細組織を制御したセラミックスの合成方法としてはコスト競争力のある技術になり得ると考えられ、評価できる。

なお、粒径、粒径分布、内部細孔構造などが熱的物性に与える基礎的な知見が不十分であり、今後により高い断熱性能を目指す場合に、具体的な研究の方針が見えにくい。さらに特性改善するために必要となる問題解決指針をもう少し明確化する必要がある。充填方法なども重要技術であり今後の開発が期待される。また、微量水分をどこまで低減できるかが実用化に向けた大きなポイントである。

<肯定的意見>

○目標は概ね達成している。

目標は大変に挑戦的であることを踏まえると、十分な達成度と考える。

高度な計測技術の開発など、民間ではできないような基盤技術についても良い成果が得られおり、国家プロジェクトとして大きな成果が得られていると考える。

○中間目標に対しては目標値をクリアできている。

○目標とする物性・技術レベルの到達度は現時点で妥当であり、評価できる。

微細組織を制御したセラミックスの合成方法としてはコスト競争力のある技術になり得ると考えられ、評価できる。

○シンプルなプロセスによって断熱性能に優れた多孔質シリカ粒子の合成を可能にしており、その熱的・機械的物性の評価も進められており、要素材としての有効性が確認されている。

○豊富なデータを基に、十分な成果を挙げていると判断できる。目標達成面でも評価できるレベルに達している項目もあり、おおむね順調な進展といえる。

○中間目標を十分に達成している。

○全体的な達成度は高い。製造プロセスやコストにおいても工業化できるレベルにあると思われる。

<問題点・改善すべき点>

- 最終目標はもっと現実的にすべきと考える。
目標とするアプリケーションは、(既存の目標を重視するにしても、) その他のアプリケーションについての探索努力が必要と考える。
特許・論文の取得と発表は不十分と考える。
- さらに特性改善するために必要となる問題解決指針をもう少し明確化する必要がある。
- 伝熱・対流・輻射の各要素の整理が分かりにくかった。強度および気孔率(充填率)との相関性を各要素で整理して示せるとわかりやすいと感じた。
- 粒径、粒径分布、内部細孔構造などが熱的物性に与える基礎的な知見が不十分であり、今後により高い断熱性能を目指す場合に、具体的な研究の方針が見えにくい印象がある。さらに、充填方法なども重要技術であり今後の開発が期待される。
- 粒子合成技術の基礎的検討や学理面での深化が今後の課題である。またより強力な情報発信も望みたい。
- 圧縮強度の目標を、実用状態の考慮から多少下げることにより実用化に近づくとおもいます。
- 微量水分をどこまで低減できるかが実用化に向けた大きなポイントである。

<その他の意見>

- ・周囲ガス成分・圧力制御下での熱伝導測定装置は貴重な機器であり、より多くの利用ができるような体制作りがあれば良いと思います。(外部からの測定依頼への対応など)
- ・他用途への波及効果も期待できると思われる。

2. 2 ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

1) 成果に関する評価

中間目標はほぼクリアできている。成膜速度が高い電子ビーム蒸着を活用し、導電性が高く赤外域の反射率が高い薄膜を得られた技術、および周期ドーピングによる特定波長の反射技術は高く評価できる。学術的な検討がよく進んでおり、論文・発表数も多い。

なお、近赤外域の反射に関しては用途との相関もあり、そのターゲットが多少あいまいである。また、既存の成膜技術および low-E コーティングとの競合におけるコストパフォーマンスの意識が重要である。さらには、製造原価と市場価格とのギャップなど明確に提示できると課題もはっきりし、対策の検討に繋がる。

<肯定的意見>

○目標は達成されている。

基礎的なプロセス開発とそれによる新材料の開発が効果的に行われていると考える。

○中間目標に対しては目標をほぼクリアできている。

○技術開発の目標値に達成しており、評価できる。

○成膜速度が高い電子ビーム蒸着を活用し、導電性が高く赤外域の反射率が高い薄膜を得られた技術、および周期ドーピングによる特定波長の反射技術は高く評価できる。

○論文・発表数も多く、目標達成度も高い。

○学術的な検討がよく進んでいると思います。

○目標は明確であり、前検討項目で数値目標を達成している点は高く評価できる。

学問的基礎研究の進捗度は特に高いと思われる。

<問題点・改善すべき点>

●現時点の目標を踏まえると、EBの量産性には問題があると考えます。また、作成された膜の耐久性の検討は不十分と考える。

●EB-PVD法の産業化時における優位性が不明確。

●コスト解析が不十分と感じた。製造原価と市場価格とのギャップなど明確に提示できると課題もはっきりし、対策の検討に繋がると感じた。

●近赤外域の反射に関しては用途との相関もあり、そのターゲットが多少あいまいである。また、既存の成膜技術および low-E コーティングとの競合におけるコストパフォーマンスの意識が重要である。また、壁材用コーティングへ

の応用展開については、もう少し明確な方向性が必要であろう。

- 特許取得をさらに積極的に進めていただきたい。また、実生産プロセスへの見通しについても、さらなる検討を望みたい。
- 日射を抑制することと、断熱性とは意味が異なるので、近赤外での反射特性については、実用状況の想定に基づく必要属性の整理が必要です。
- 研究内容が多岐にわたり過ぎており、本来の目的と関連が薄いものもある。

<その他の意見>

- ・例えば、ナノファイバーのような成果についても、これまでに考慮されていない新しいアプリケーションを探索、検討することも行うべきと考える。
- ・LCE/LCCO₂の観点、ナノファイバーの人体健康安全性も考慮願いたい。

2. 3 透明多孔質セラミックス合成技術の開発

1) 研究開発成果についての評価

中間目標はほぼクリアできている。流通式超臨界 CO₂ 乾燥法によって大型で均一なエアロゲルを作製する技術の基礎が確立している。また、細孔径制御による透明性の向上や低コストなキセロゲルの合成手法を見出している。

しかしながら、大型化に対するハードルは高く、大きなヘイズ値から透明なガラス部材としてはクリアすべき課題は依然として大きい。また、他の競合分野との比較はもちろんであるが、エアロゲルとキセロゲルのどちらがより実用化レベルのスケールアップに適し、コスト的にも工業化に見合う材料となり得るかも比較検討の必要がある。

<肯定的意見>

○目標は達成されている。

ナノ構造の制御を可能とする汎用性のあるプロセス技術が開発されていると考える。

代替関係にあるテーマが良くマネジメントされていると考える。

○中間目標に対してはほぼ目標をクリアできている。

○技術開発の目標値に達成しており、評価できる。

○流通式超臨界 CO₂ 乾燥法によって大型で均一なエアロゲルを作製する技術の基礎が確立している。また、細孔径制御による透明性の向上や低コストなキセロゲルの合成手法を見出していることは、今後の発展に期待ができる。

○基礎データの集積をふまえ、確実な展開が高く評価できる。また本項目は学術面での検討も他項目と比して深くなされており、バランスよく研究開発が進んでいる。

○妥当な目標を十分に達成していると思います。

○数値目標を概ね達成している点は評価できる。

成果内容、普及の点でも高く評価出来る。

<問題点・改善すべき点>

●現在の目標に対しては、今後に残された課題が大きいと考える。残された時間も踏まえての目標の見直しが必要と考える。

●実用化時に要求されるコスト面を考えると、超臨界法はかなり困難な技術といえる。

●大型化に対するハードルは高く、大きなヘイズ値から透明なガラス部材としてはクリアすべき課題は依然として大きい。多様な到達レベルとそれに対応した応用分野を視野に検討を進める必要性を感じる。

- 計画上も今後の課題ではあるが、実プロセス拡張への見通しについて十分検討を重ねられたい。
- いくつかの方法を平行に取り組んでいます。それぞれの利点をより明確にしていきたい。今後はどう進むのでしょうか。
- 他の競合分野との比較はもちろんであるが、エアロゲルとキセロゲルのどちらがより実用化レベルのスケールアップに適し、コスト的にも工業化に見合う材料となり得るかも比較検討すべきである。

<その他の意見>

- ・現在得られている成果を広報し、アプリケーションを募るような活動も意味があるのではないかと考える。
- ・透明断熱材で、断熱性に関して放射成分と伝導成分に分ける意味は余り無いと思います。

2. 4 複合化技術および真空セグメント化技術の開発

1) 研究開発成果についての評価

壁材料は中間目標をほぼ達成している。また、課題に適した担当機関が選択されている結果、壁材では目標も概ね現実的で、下流側の課題についても効果的な成果が得られている。

なお、プロセスパラメータと物性との相関性が検討されていないので、実用化に向けて今後の検討は必須である。特に、粒子の充填構造と断熱性能や高度とは密接に相関があるので、配慮が必要である。未達成のヘイズ率の改善については、原理的・基礎的検討に戻って深い考察の上に、研究計画を再構築していただきたい。

また、窓材では耐久性についての検討が不十分と考える。材料の信頼性評価に関する項目を設けた方がよい。

<肯定的意見>

○目標は達成されている。

課題に適した担当機関が選択されている結果、特に壁材では目標も概ね現実的で、下流側の課題についても効果的な成果が得られている。

○ある程度現在までの成果でも実用になりそうな素材面での技術はクリアできているので、その実用化を念頭におけば、既存のものよりも優れた製品の実現は可能と思われる。

○壁材料は中間目標をほぼ達成しており、評価できる。

○上流・下流の二段階で効率的に開発が進められている。プロセスとしては実用化に向けた到達度は高いと思われる。

○細かい条件には、まだ検討の余地があるように思われるが、ほぼ順調に展開できていると評価される。

○アイデアを駆使して、積極的に進められているように思います。

○数値的には一部で中間目標を達成していないが、当初の目標設定値の高さから考えると、概ね合格点のレベルにある。

成果の普及も適切に行なわれている。

波及効果も期待できる。

<問題点・改善すべき点>

●開発期間的に困難があったためとも考えられるが、特に、窓材では耐久性についての検討が不十分と考える。

●現在よりも格段に優れた特性を目指す上では、技術的にはもっとも難しいと思われる課題である。

- プロセスパラメータと物性との相関性が検討されていないので、実用化に向けて今後の検討は必須である。特に、粒子の充填構造と断熱性能や高度とは密接に相関があるので、配慮が必要である。
- 未達成のヘイズ率の改善については、原理的・基礎的検討に戻って深い考察の上に、研究計画を再構築していただきたい。
- フィルムの熱橋影響を軽視している印象を受けました。課題解決に向けたアクションをより積極的に行うべきと思います。
- 材料としてのインパクトはあるが、市場の拡大にまで発展できるかは現時点では判断できない。
材料の信頼性評価に関する項目を設けた方がよい。

<その他の意見>

- ・真空の必要性については再考しても良いかも知れないと感じる。
- ・窓材料への展開は難易度が高いが、ぜひ良い成果を期待している。

2) 実用化、事業化の見通しについての評価

現時点で到達している技術でも既存の製品をリプレースできる可能性のあるものがある。小型ではあるが、実用化を意識したサンプルが試作されている点も評価できる。

なお、コスト、耐久性、信頼性などをすべてクリアするのは、技術面でのブレークスルーが必要である。長期にわたり本当に真空が維持できるかが実用化における疑問であり、経時変化のデータ取得が必要である。

また、建材としての実用の観点での必要属性の整理・見直しを行い、これに基づく展開についても要望する。

<肯定的意見>

- 製造の上流に関連しては課題解決に向けて成果が得られている。
- 現時点で到達している技術でも既存の製品をリプレースできる可能性のあるものがある。
- 産業技術としての見極めはできていると感じ、妥当である。
- 製造技術としての到達レベルは高く、製造は可能であると思われる。
- 不確定要素が多いものの、実用化に向けて妥当な方向性で進展していると理解される。コスト面での検討も妥当であると判断される。
- 素材としての技術開発の中間目標は十分に達成しており、実用化の課題も明確になっています。
- 小型ではあるが、実用化を意識したサンプルが試作されている点は評価できる。
窓材では、高いヘイズ率が理想であるが、用途によっては十分実用可能なレベルに到達しているともいえる。

<問題点・改善すべき点>

- 製造の下流に関連する残されている課題は多い。
- コスト、耐久性、信頼性などをすべてクリアするのは、技術面での相当なブレークスルーが必要であり、そう簡単には乗り越えられそうにないだろう。今後、この面への注力が必要。
- 実用化に向けてコストパフォーマンスもさらに意識した検討が必要と思われる。
- 繰り返しになりますが、建材としての実用の観点での必要属性の整理・見直しを行い、これに基づく展開を要望します。
- 長期にわたり本当に真空が維持できるかが実用化における最大の疑問であり、経時変化のデータ取得が必要である。

壁材では、現在実用化されているフェノールフォームが将来も競合材料でありつづけているかの検討も必要である。

<その他の意見>

- ・真空を用いた製品の耐久性に関しては、やはり難しいであろうという感じが強い。
- ・実用化に向けて装置の大きさなど投資と絡むため、進め方の難しさを感じた。
- ・壁材、窓材のいずれも、住宅用途ほど長期間の利用を考えなくて良い分野からの実用化が現実的ではないか。

3) 今後に対する提言

コストパフォーマンスに応じた用途開発と波及効果を明確にする必要がある。素材面での技術的な課題というよりも実用化におけるコストとの関わりが難しくなることは明らかであり、真の意味での産学連携や企業間連携が成否の鍵を握っている。お互いに駆け引き無しに課題などを検討していくことが重要であろう。

また、知的財産の充実を期待する。

<今後に対する提言>

- 現在までに得られている成果と今後の時間を踏まえた目標の再検討が必要と考える。
- 素材面での技術的な課題というよりも実用化におけるコストとの関わりが難しくなることは明らかであり、真の意味での産学連携や企業間連携が成否の鍵を握っていると思われる。お互いに駆け引き無しに課題などを検討していくことが重要であろう。
- 知的財産の充実を期待する。
- コストパフォーマンスに応じた用途開発と波及効果を明確にする必要がある。
- 大いに期待いたします。

2. 5 超断熱壁材料の開発

1) 研究開発成果についての評価

中間目標はほぼ達成できている。技術的に重要な課題に挑戦しており、実用化の見通しは予断を許さないが、獲得した技術の波及効果も考慮すると、価値ある成果が得られていると判断される。

なお、コストパフォーマンスに応じた市場規模と生産規模の見積もりが必要である。建材としての利用の観点をより積極的に検討していただきたい。

<肯定的意見>

- 目標は達成されている。
- 中間目標に対してはほぼ達成できている。
- 目標値と課題が明確であり、その対策案も整理して提示しており、評価できる。
- 既存技術が十分に活用されており、効率的に実用化に向けた準備が進められている。
- 技術的に重要な課題に挑戦しており、実用化の見通しは予断を許さないが、獲得した技術の波及効果も考慮すると、価値ある成果が得られていると判断される。
- 全体に、材料開発の状況を踏まえて進められていると思います。
- 多孔質セラミックス粒子の量産化技術の確立は評価できる。

<問題点・改善すべき点>

- 成果の国内外に対する公表については充分ではない。
- コストパフォーマンスに応じた市場規模と生産規模の見積もりが必要と思われる。
- 建材としての利用の観点をより積極的に検討していただきたい。若干、表面的な検討に思います。
- 現時点では特段の問題点は見あたらない。

2) 実用化、事業化の見通しについての評価

メーカー各社によって、問題点が意識され、実用化へのロードマップが作成されており、課題に対し、適切な企業が担当し、事業化に向けた課題認識も十分であると考ええる。

一方、既存の真空断熱技術や低コストな断熱技術との競合が予想されるが、現時点での検討は充分ではない。

また、海外事業の経験のある企業も含まれている割に、海外市場についての意識が弱い。

<肯定的意見>

○課題に対し、適切な企業が担当し、叩き台として十分に機能するシナリオが作成されている。

事業化に向けた課題認識も十分であると考ええる。

○実用化の可能性は高いと思われるが、事業規模に不透明感がある。ほかの分野への波及効果も検討しながら長い目で取り組むテーマと感じる。

本技術の高さから、関連分野への波及効果は極めて高いと感じる。

○メーカー各社によって、問題点が意識され、実用化へのロードマップが作成されている。

○実用化についての見通しを現段階で判断するのは、早計であろう。

○各社、それぞれによく検討していると思います。

○多孔質粒子合成技術の事業化は可能と思われる。

<問題点・改善すべき点>

●事業化に向けた課題に対応した代替案については不十分であると考ええる。

(現時点では無理も無いといえるが) 各企業の事業化に向けたコミットメントは、まだ、不十分であると考ええる。(代替案の不足の背景であると考える)

●実用化、事業化に対しては、現時点での検討は充分ではない。

●既存の真空断熱技術や低コストな断熱技術との競合が予想されるが、その対応についての見通しは若干甘いように思われる。

●既に利用が始まっているVIP (Vacuum Insulation Panel) との差別化がコストだけでは、飛躍的な利用は難しいように思います。

●断熱材としての厚さだけでなく、断熱材を組み込んだ壁全体としてどれだけ省スペース性に寄与する優位性があるかやや疑問。

<その他の意見>

・海外事業の経験のある企業も含まれている割に、海外市場についての意識が

弱いと感じられる。

・コストを検討・説明するのであれば、もう少しそのプロセスが分かる資料をお願いします。

3) 今後に対する提言

応用面から考えて実用化段階や要求される特性レベルが異なるそれぞれの対象物を明確化し、実現の難易度を定め、取り組む必要がある。また、コストパフォーマンスを意識しながら広い視野での応用展開を検討する必要がある。今後の国内事情を踏まえると、新たな建築を減らす時代になるといわれ、同時に高度成長期に建築されたインフラの更新需要が拡大することも予想されている。窓と壁以外にも種々の事業機会を探索することが可能であると考え。

また、広報する場面では、例えばマルチセラミックスをグリーンセラミックスと称する（環境に優しいグリーンという意味）などして、断熱や熱のマネジメント技術を強調するようなことも意味があると考え。

<今後に対する提言>

○中間時点での成果は十分に得られていると考える。しかし、今後もこれまでと同じ目標を持ち続けるか否かについては再考の余地がある。

これまでに得られた成果を評価し、成果の一層の効果的な活用を検討すべきと考える。

上流側、下流側をより広く取り込んでワークショップ的な活動を行う、海外の状況についての現状を調査し参考にするなどの活動があっても良いと考える。材料、プロセス、計測等の基盤技術は現時点でも価値化（お金にする）できる可能性があると考え。

今後の国内事情を踏まえると、建築から減建の時代になるといわれ、同時に高度成長期に建築されてインフラの更新需要が拡大することも予想されている。窓と壁以外にも種々の事業機会を探索することが可能であり、探索の努力も意味があると考え。

○応用面から考えて実用化段階や要求される特性レベルが異なるそれぞれの対象物を明確化し、実現の難易度を定め、取り組む必要がある。

○知的財産の充実を期待する。

○コストパフォーマンスを意識しながら広い視野での応用展開を検討する必要がある。また、要素材に関しては基礎技術および基礎科学として、さらなる検討を期待する。

○透光性壁体は、魅力的なモチーフですが、一般の壁に比べるとコストが高くなる割に、窓ほどの開放性が見込めない、という点で、一般的な建築計画の観点では利用が難しいアイデアです。建築デザインとしてのアイデンティティなど、他のアピール要素が必要かと思えます。

外断熱で室内が単純に広くなることは見込めないなので、収納容量を増やす、などの表現に変える方が良いと思えます。

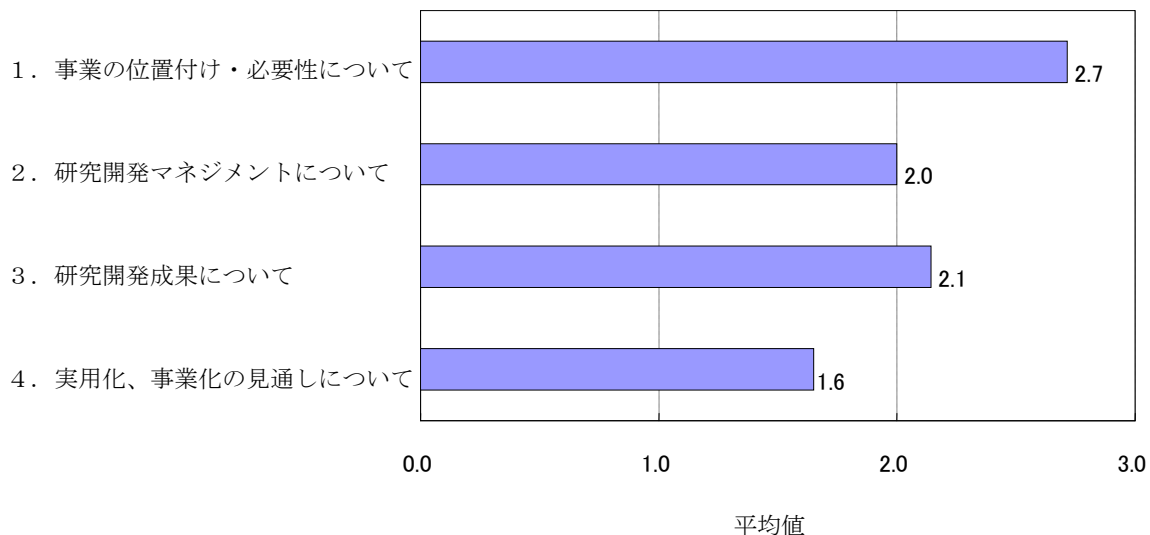
○住宅用壁材以外への適用も検討してはどうか。

<その他の意見>

- ・ 広報する場面では、例えばマルチセラミックスをグリーンセラミックスと称する（環境に優しいグリーンという意味）などして、断熱や熱のマネジメント技術を強調するようなことも意味があると考え。専門家からは「すごい技術」との評価を得られても、一般国民からは理解され難い可能性がある。一般国民から「ありがたい技術」と思われるような工夫が必要と考える。

3. 評点結果

3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	B	A	A	A	A	B	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	B	A	A	A	A	B	
2. 研究開発マネジメントについて	2.0	A	A	B	B	B	C	C	
3. 研究開発成果について	2.1	B	A	B	B	B	B	B	
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.6	B	B	B	B	C	C	C	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

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)、積水化成成品工業(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 10000mm² 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 10000mm² 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 90000mm² 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、10000mm² 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との関係曲線、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/m²K で、真空部分が面積 90000mm²、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/m²K、ヘイズ率が 1%以下で、面積 90000mm² 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】 ポリマー膜に開発素材を真空封止し、熱貫流率が 0.3W/m²K 以下、壁厚さ 10mm 程度、面積が 1m²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】 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	平成 19 年 6 月 研究開発責任者（PL）決定に伴う改訂 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

「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」関連用語集

エアロゲル

Aerogel

湿潤ゲル中に含まれる溶媒を超臨界乾燥により気体に置換することにより得られる、数 nm 程度の粒子からなるナノフラクタル網目構造を有する気孔率 90% 程度以上の低密度の物質。非常に低い熱伝導率 (およそ $0.017 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) のため著しい断熱性を持つ。

可視光透過率

Visible Transmittance

媒質に入射する光束について、透過光束と入射光束の比を求めた値。可視光波長 (380～780nm) における透過率スペクトルに対して、昼光スペクトルと比視感度の波長分布から得られる重係数を乗じ、加重平均することで求められる。JIS R3106 (ISO 9050) に準拠。

逆ミセル法

Reverse-Micelle Method

界面活性剤の分子は、水になじみにくい部分 (疎水基) と水になじみやすい部分 (親水基) があり、疎水基を内側にして包み込んだ状態をミセルとよび、親水基を内側に包み込んだものを逆ミセルと呼ぶ。有機溶媒にわずかな水を分散させ、逆ミセルでこの水を包み込み、化学反応を行って微粒子を作る方法が逆ミセル法である。逆ミセルがナノサイズの反応場となるため、ナノ粒子の合成に適している。

格子振動

Lattice Vibration

原子・イオン・分子などの、結晶格子の格子点を中心とした微小な振動。絶縁体における熱伝導の主要因である。

真空断熱材

Vacuum Insulator

多孔質構造の芯材をラミネートフィルムなどで被覆した後、内部を真空排気して封止した断熱材。

赤外反射率

Infrared Reflectance

媒質に入射する光束について、赤外波長領域において入射光束に対する反射光束の比を求めた値。可視光透過率の算出とは異なり、ある波長範囲での加重平均などの算出方法は特になく、反射率の波長依存性 (スペクトル) として表記する。本研究では、波長 2500nm の反射率

を代表値として選定(中間目標の赤外反射率を、現行の標準 Low-E 膜の反射率 60%に設定しているため)。

セグメント化

Segmentalization

ナノ多孔質粒子を充填した壁用断熱材において、固定のための釘打ちなどによって真空が破られる領域を小さく制限するために、一枚の壁用断熱材内を空間的に分割すること。

対流

Convection

流体粒子の運動によって固体表面と流体との間で熱が伝えられる現象。

断熱ガラス

Thermal Insulation Glass

複層ガラスの間に低熱伝導性のガスを充填もしくは真空環境として固体・気体の伝導を抑え、さらに低放射率膜(Low-E 膜)によって輻射による熱の移動も抑制した断熱用のガラス窓。

超臨界乾燥

Super Critical Drying

高温・高圧下で液体と気体の区別がつかなくなった超臨界状態の二酸化炭素などの流体を用いて、湿潤ゲル中の溶媒を置換し、乾燥させる手法。超臨界状態では表面張力が働かないため、収縮・構造破壊を伴うことなく乾燥させることが可能である。

通電加熱法

Electric Current Heating Method

酸化物や金属などの線状の固体に直流もしくは交流の電流を印加し、ジュール熱によってその固体を蒸発・昇華させることで、その固体表面に結晶成長させる、もしくはその固体表面近傍に設置した基板表面上に結晶成長させる材料合成方法。

電子ビーム PVD

Electron Beam Physical Vapor Deposition

真空中で電子ビームを照射することにより原料を加熱して蒸発させ、部材にコーティングする方法。数十 kW 以上の強力な電子ビームを用いることにより数千°Cに加熱できるため、高融点セラミックスのコーティングが可能である。

ナノ構造制御技術

Nano-structure control technique

ナノメートル(10^{-9}m)の材料構造、たとえばナノポア(気孔)、ナノ粒子、ナノギャップ(隙間)等を精密に制御する技術。

熱伝導率

Thermal Conductivity

熱伝導において、熱流束密度(単位時間に単位面積を通過する熱エネルギー)を温度勾配で割った物理量。断熱材用のセラミックスには、熱伝導率を極めて低く抑えることが要求される。

保護熱板法

Guarded Heat Plate Method

平板状の試験体の厚さ方向における熱伝導率を測定する方法である。試験体の表面を加熱して高温度とし、裏面を冷却して低温度として高温度面(加熱側)から低温度面(冷却側)に向かって熱を流し、その際、試験体の加熱手段として、主熱板と温度制御が可能な保護熱板とを設けることにより、主熱板から試験体に加えた熱が試験体の側面方向へ流れずに試験体面に対して垂直に流れる状態(一次元熱流)を実現させて、熱伝導率を算出するものである。

反応性スパッタリング法

Reactive Sputtering Method

プラズマを利用してターゲット物質を基板表面に堆積させるスパッタリング法において、そのターゲットを金属材料としてプラズマ環境に酸素や窒素などを導入し、その金属の酸化・窒化反応を利用して酸化物・窒化物薄膜などを合成する成膜プロセス。

輻射

Radiation

すべての物体は温度に応じて電磁波によるエネルギーを放射または吸収している。そのエネルギーによる熱交換現象。

ヘイズ率

Haze Ratio

サンプルを通過する透過光のうち、前方散乱によって入射光から角度 2.5° 以上それた透過光の百分率。ASTM 1003-92 に準拠。

放射率

Emissivity

ある温度の物体が発する輻射には上限があり、そのもっとも効率よく輻射する仮想的な物体を黒体である。その黒体と同じ温度にある現実の物体が発する放射エネルギーと黒体のそれとの比を、その物体の輻射率もしくは放射率という。

水ガラス

Liquid Glass

ケイ酸ナトリウムの高濃度水溶液。

I. 事業の位置づけ・必要性について

I. 事業の目的・政策的位置付けについて

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDO が関与することの意義

物質をナノレベルで制御することにより、物質の機能・特性を飛躍的に向上させ、また、大幅な省エネルギー化、大幅な環境負荷低減を実現し得るなど、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るナノテクノロジーは、従来の経験則に基づく試行錯誤的な材料技術を根本から変革するものであり、次世代の社会経済の発展を先導するIT、環境、バイオ等の広範な産業分野における技術革新をリードする基盤技術である。

しかし、その技術の革新性ゆえに体系化された技術基盤が存在せず、民間投資により研究開発を進めることが困難な状況にある。また、このような研究開発は必然的に長期間を要し、投資規模が大きくなるためリスクも大きく、市場原理に基づく民間投資では将来の発展に必要な技術基盤の整備が困難である。このため、産学官の連携の下で効率的な研究開発を推進するとともに、その研究開発成果を広範な産業で利用可能な技術として体系化する必要がある。

さらに、我が国の材料技術研究開発は世界的に質の高いものであるが、ナノテクノロジー・材料は次世代の産業技術の競争力を決定的に制する技術であり、欧米に対する我が国の材料技術の優位性をさらに拡大するため、国による資源の集中的投入により基盤的研究開発を行うことが必要である。

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8%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。

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。

1.2 実施の効果（費用対効果）

<費用>

平成19年度～平成23年度の5年間で約30億円（提案時）

→平成21年4月現在 約22億円

表 I-1 開発予算

単位：百万円

年度	H19	H20	H21	H22	H23	合計
予算（特別会計）（提案時）	320	700	700	600	600	2,920
予算（平成21年4月現在）	320	520	200	600	550	2,190

<効果>

住宅・ビル等に用いられる壁や窓の熱貫流率（壁や窓の熱の伝わりやすさを示す値、単位はW/m²K）は、現状の壁で0.5～5、窓で1.2～6であるが、プロジェクトの成果を用いて作製した壁は0.3、窓は0.4という熱貫流率の低減が可能であり、従来の壁や窓の熱貫流率よりも約75～80%低減できる。これにより建物全体での熱損失を考えると換気等他の要因を考慮しても、冷暖

房によるエネルギー消費の削減効果は、3分の2程度となるため、約50%の省エネとなる。

民生部門（住宅及び業務用ビル）における冷暖房の消費エネルギーは我が国全体のエネルギー消費の約7.5%と見積もられる（図I.1-1参照）。全エネルギー消費のうち民生部門が27%であり、そのうち冷暖房エネルギーは約28%である。

我が国の住宅及びビルにおいて1年間で新築される物件は、建築数全体の約2.5%、改築が約1%であり、合計約3.5%の物件において、超断熱材料の適用の可能性がある。市場導入が本プロジェクト終了後の2015年頃から始まると仮定する。また、住宅やビルなどの壁や窓の従来材料が、超断熱材料に置き換わる代替率（導入率）は、2015年で0.3%、2020年で4%、2030年で20%と仮定する。

我が国の総エネルギー消費量を、原油換算4億KLで一定と仮定すると、各年毎の省エネ効果は、

省エネ効果＝総エネルギー消費量（4億KL）×冷暖房の消費エネルギーの割合（7.5%）

×冷暖房の消費エネルギーの節約率（50%）×各年時点の代替率

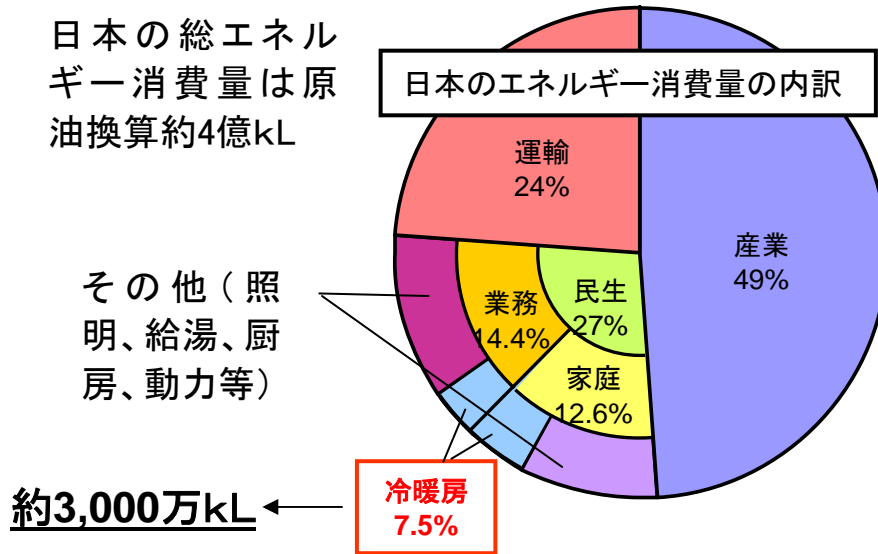
で計算される。したがって、省エネルギー量は以下のようなになる。

2015年での省エネ効果＝4億KL×7.5%×50%×0.3%＝4.5万KL

2020年での省エネ効果＝4億KL×7.5%×50%×4%＝60万KL

2030年での省エネ効果＝4億KL×7.5%×50%×20%＝300万KL

さらに、このような超断熱材料は、建築材料のみならず、家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵等への適用が期待でき、我が国の省エネルギー、CO2削減に極めて大きく寄与する。2030年での市場創出効果として、触媒担体、フィルター、生活用品用のナノ多孔質粒子や膜の分野で約500億円、住宅・ビル、航空機、タンカー、輸送車、加熱炉、ロケット用の超断熱壁材料の分野で約4000億円、住宅・ビル、輸送機器用の超断熱窓材料の分野で約1500億円が見込まれる



出典：(財)日本エネルギー経済研究所計量分析部(編)

図I.1-1 日本のエネルギー消費量の内訳

2. 事業の背景・目的・位置付け

2.1 事業の背景

平成 18 年 5 月に将来のエネルギー需給を見通した上で我が国のエネルギーに関する行動指針を示した「新・国家エネルギー戦略」が公開された。本戦略では、省エネルギー・フロントランナー計画が謳われ、2030 年までに 30%以上のエネルギー消費効率の改善目標が設定された。この目標達成のための一つの柱として、5 つの技術分野の省エネルギー技術戦略の策定が提案されている。

そのうちのひとつである「省エネ型情報生活空間創生技術」の課題の中に「建物・生活環境の省エネ」があり、その施策の方向として、住宅・ビル躯体の省エネ技術開発が挙げられている。

住宅・ビル等の冷暖房によるエネルギー消費は、日本の総エネルギー消費の 7.5%を占め、当該分野の省エネ化は重要な課題のひとつである。

エネルギー需要の推移は、産業部門が 70 年代以来ほぼ横ばいなのに対し、民生・運輸部門では着実に増加傾向を示している。（図 I.2-1 参照）

特に住宅における熱損失は、高断熱気密住宅においても壁や窓からによるものが 6 割を占めており、このような状況の住宅・ビル等の断熱性を高めることは、冷暖房エネルギーの削減にもっとも効果のある方法である。

住宅・ビルの断熱材（壁・床等）には、断熱性が高いことはもとより、圧縮強度が優れ、軽量で、薄く、不燃性の特性が求められる。また、窓材は壁材よりも熱損失が大きいいため、高性能な断熱ガラスの開発が臨まれている。

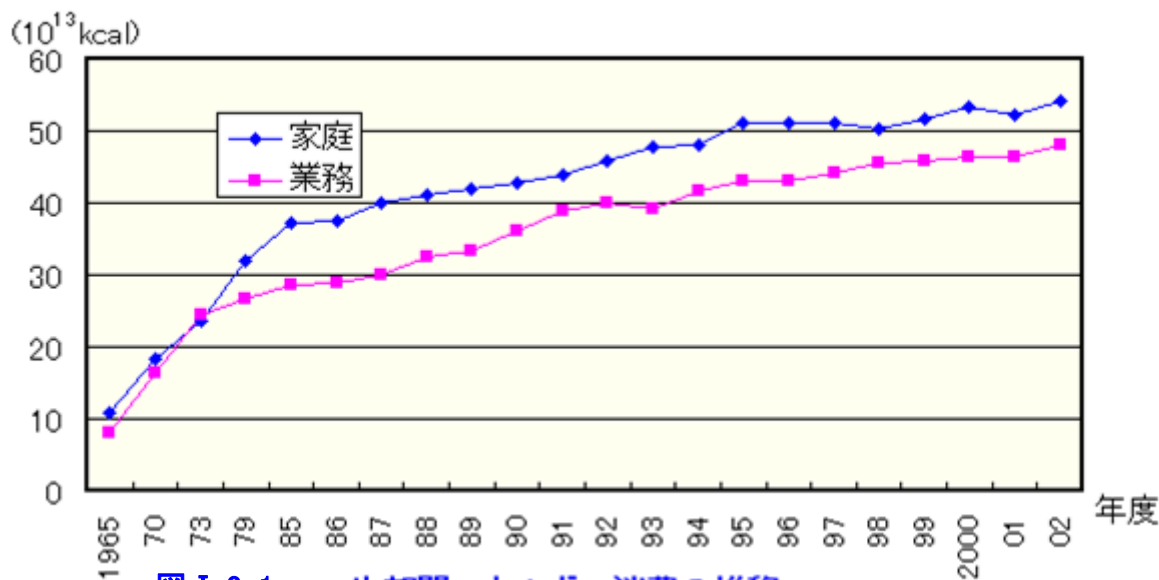


図 I.2-1 生部門エネルギー消費の推移

出典) (財) 日本エネルギー経済研究所計量分析部 (編) : EDMC/エネルギー・経済統計要覧 2004 年版、(財) 省エネルギーセンター (2004 年 2 月) P34-35

2.2 事業の目的・意義

現在の断熱壁材料の主な材料は、グラスウール、ロックウール、硬質ウレタンフォーム、押出し発泡ポリスチレンなどであるが、それら材料での断熱性能には限界がきている。

また、現在の断熱窓材料の主力製品は、複層ガラス（空気層を含む）であり、断熱性能には限

界がある。

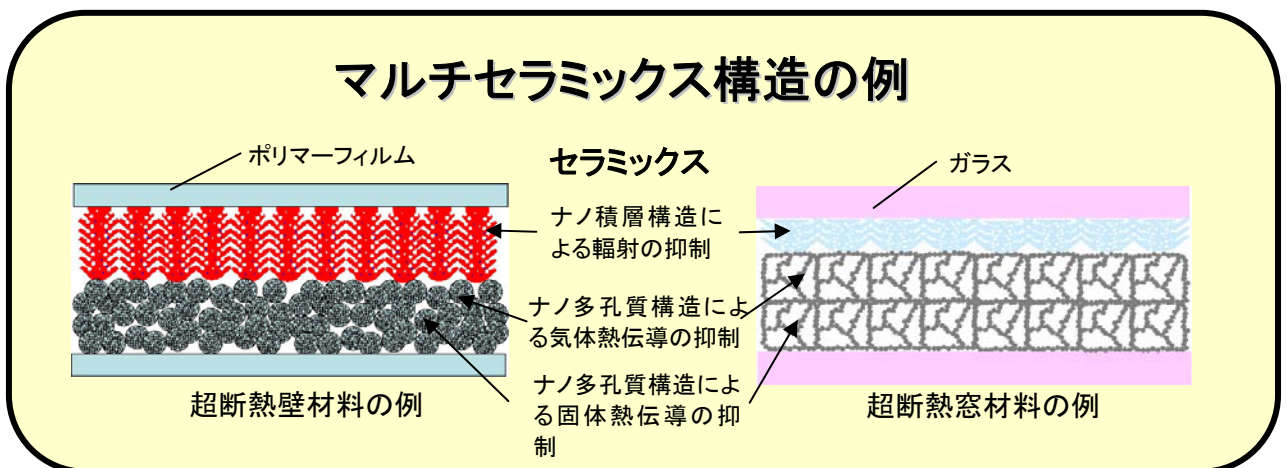
そのため、新たな素材、特にセラミックス多孔体による真空断熱材料の開発が期待されている。壁材料としては多孔質セラミックス粒子、窓材料としては多孔質セラミックス透明体が望まれている。

本プロジェクトでは、住宅やビルなどの冷暖房および家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵などにおける大幅な省エネ・CO₂削減効果をもたらす新断熱材料を開発するために、セラミック、ポリマー、ガラス分野でのナノテクノロジー・材料技術を駆使し、

- ① 多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ② ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③ 透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④ 複合化技術及び真空セグメント化技術の開発
- ⑤ 超断熱壁材料の開発
- ⑥ 超断熱窓材料の開発

を実施し、格子振動・対流・輻射のいずれの伝熱機構も抑える超断熱壁材料および超断熱窓材料を実現し、我が国のCO₂排出削減と省エネルギー化に大きく貢献する事を目的とする。

図 I.2-2 に、本プロジェクトによるマルチセラミックスの構造（例）と効果を示す。



2.3 事業の位置付け

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。(図 I.2.3-1 参照)

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認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。(図 I.2.3-2 参照)

また、平成19年5月、総理のイニシアティブにより「美しい星50(クールアース50)」が発表され、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標が提案された。この目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠であるため、経済産業大臣の下に有識者会議を設置し、「Cool-Earth-エネルギー確信技術計画」が策定され、平成20年3月に公表された。この中での重点的に取り組むべきエネルギー革新技術の中の、民生部門の省エネ住宅・ビルに向けた革新技術として、本プロジェクトを実施する。(図 I.2.3-3 参照)

図 I.2.3-4 に、平成20年実施の洞爺湖サミットにて展示された「ゼロエミッションハウス」の概念図を示す。このように、真空断熱材と断熱ガラスは、省エネ・環境技術のひとつとして重要な位置をしめている。

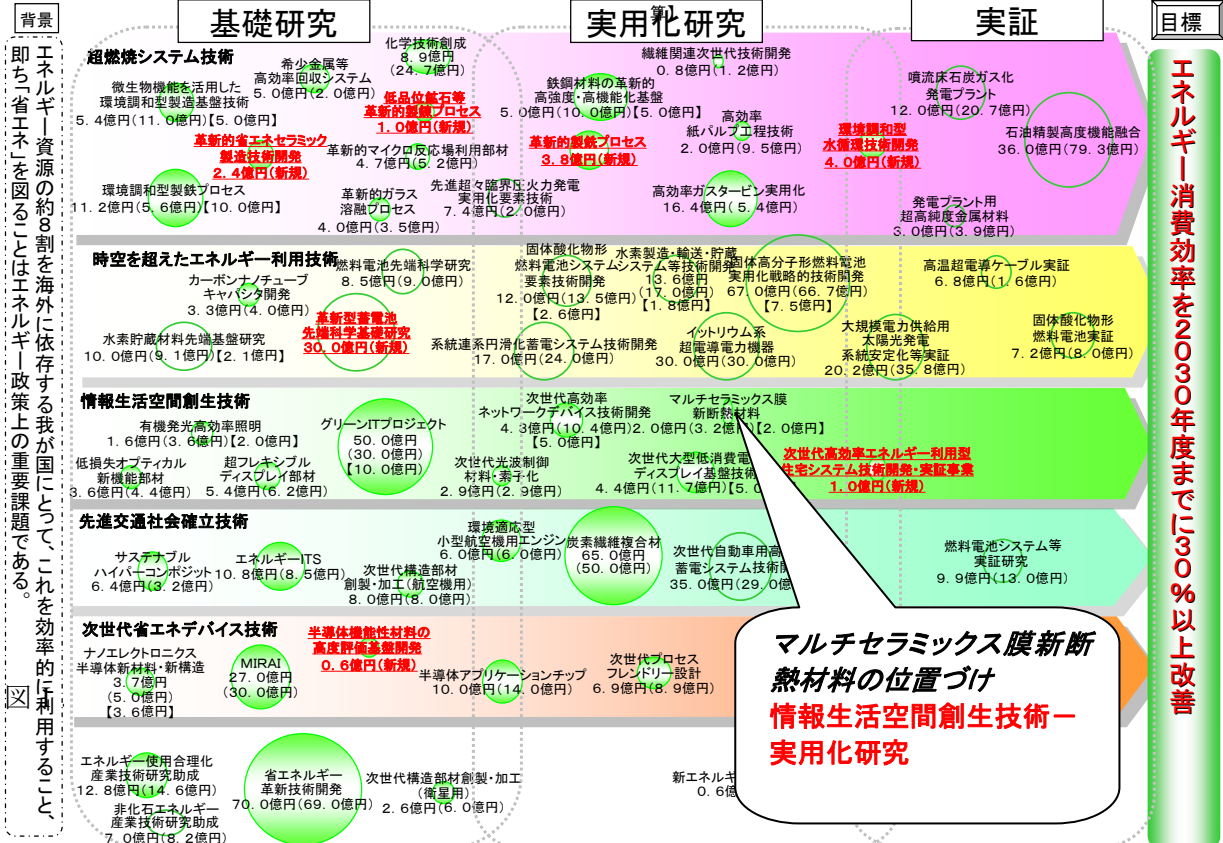
4. エネルギーイノベーションプログラム

①総合エネルギー効率の向上

【平成21年度予算案：707億円】

※基礎、実用、実証の区分内は、任意に配置。

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)【20年度補正予算】

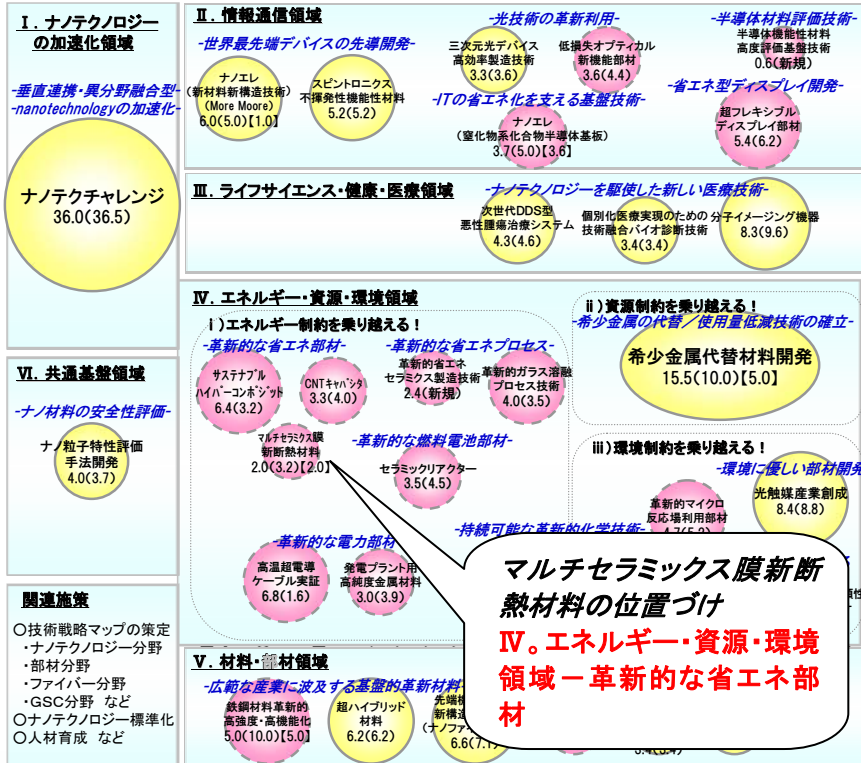


2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算（20年度予算）【20年度補正予算】

○あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立する。
 ○我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。



IPGの目標

-ナノテクによる非連続技術革新-

世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

世界最強部材産業による価値創出-

我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。

-広範な産業分野での付加価値増大-

ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。

-エネルギー制約・資源制約などの課題解決-

希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

3

一重点的に取り組むべきエネルギー革新技術一

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO2大幅削減を可能とする「21」技術を選定。



※EMS: Energy Management System, HEMS: House Energy Management System, BEMS: Building Energy Management System

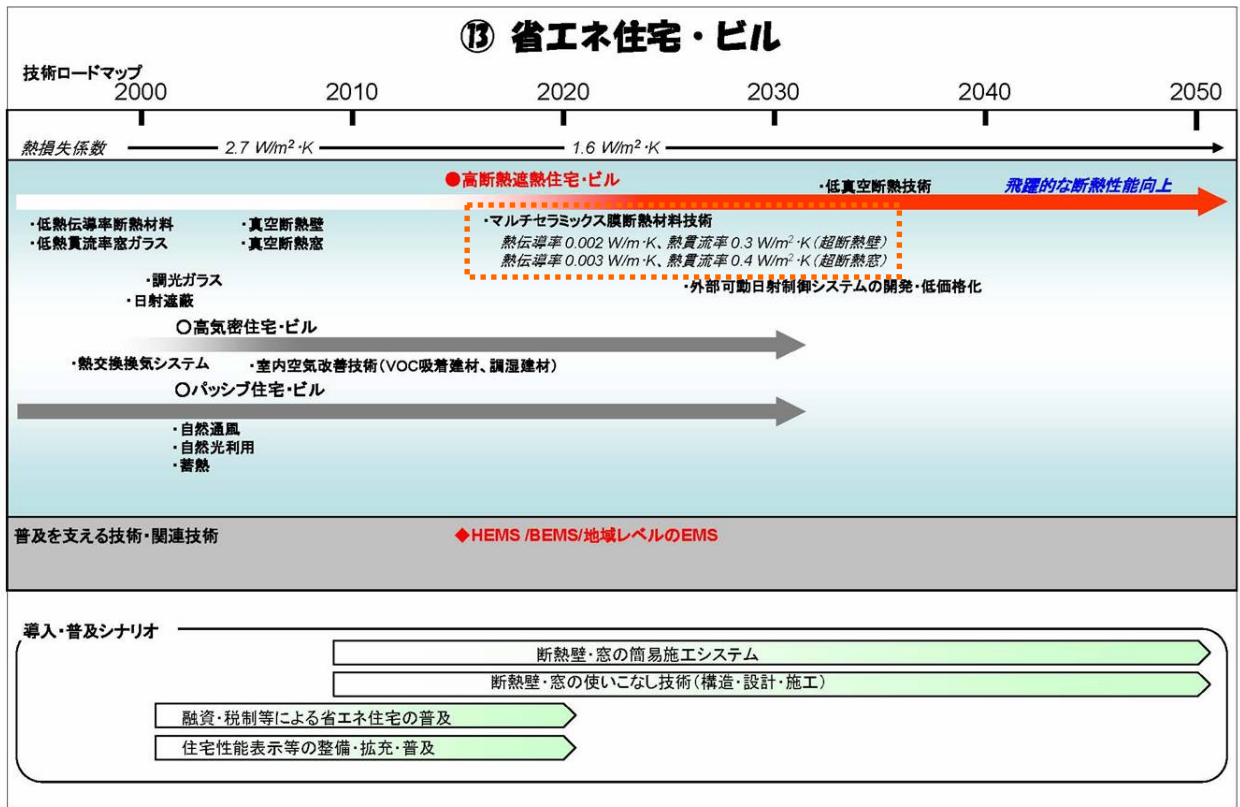


図 I. 2. 3-3 Cool-Earth-エネルギー革新技术計画ロードマップ

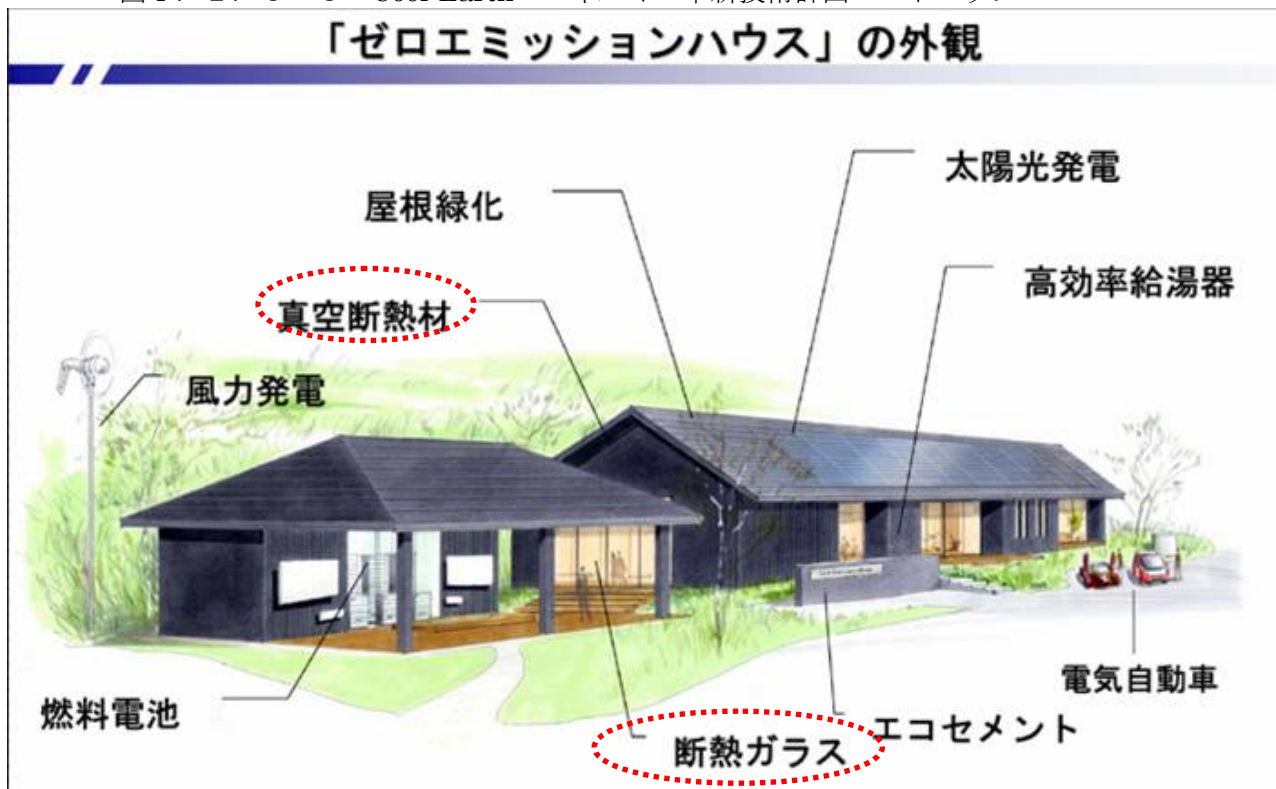


図 I. 2. 3-4 洞爺湖サミット出展ゼロエミッションハウス外観図

(出典：経済産業省HP <http://www.meti.go.jp/topic/data/e80617aj.html>)

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

住宅やビルなどの冷暖房および家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵などにおける大幅な省エネ効果をもたらす画期的な断熱性能を示す（格子振動・対流・輻射のいずれの伝熱も抑える）壁材料および窓材料を実現するために、セラミックス、ポリマー、ガラスのナノテクノロジー・材料技術を駆使し、①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発、②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発、③透明多孔質セラミックス合成技術の開発、④複合化技術および真空セグメント化技術の開発、⑤超断熱壁材料の開発、⑥超断熱窓材料の開発を実施し、我が国の二酸化炭素削減と省エネルギーに大きく貢献することを目的とし、以下の目標を設定する。

【共通基盤技術】

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

中間目標：気孔率が制御され、圧縮強度に優れ、低熱伝導率の多孔質セラミックス粒子を開発する。

具体的には、粉末の粒子中の気孔率を85%以上で制御し、粉末としての圧縮強度が20MPa以上、1Pa以上の雰囲気での熱伝導率（輻射伝熱の寄与を除く）が0.002W/mK以下の多孔質セラミックス粒子を開発する。

最終目標：超断熱壁材料の開発に適した低熱伝導率、高圧縮強度の多孔質セラミックス粒子を開発する。

具体的には、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。

目標設定値根拠：真空断熱材の従来最高値（熱伝導率0.003W/mK、0.1Pa）を上回る値を設定。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

中間目標：気孔率、柱状構造、羽毛状構造が制御され、圧縮強度が優れ、高反射率のナノ構造セラミックス膜を開発する。

具体的には、

(1) 壁材料用として、気孔率が1~70%、柱状構造が0.1~10 μ m、羽毛状構造が20~200nmの範囲で制御可能とし、赤外線反射率が60%以上、面積が2500mm²以上のセラミックス膜を開発する。

(2) 窓用材料として、気孔率が1~70%、柱状構造が0.1~10 μ m、羽毛状構造が20~200nmの範囲で制御可能とし、赤外線反射率が60%以上、光（可視光）透過率が50%以上、ヘイズ率が2%以下、面積が2500mm²以上のセラミックス膜を開発する。

最終目標：超断熱壁材料および超断熱窓材料の開発に適した高反射率、高圧縮強度、透明性のナノ構造セラミックス膜を開発する。

具体的には、

(1) 壁材料用として、赤外線反射率が70%以上、面積が10000mm²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、へイズ率が 1%以下、面積が 10000mm²以上のセラミックス膜を開発する。

目標設定値根拠：⑤超断熱壁材料、⑥超断熱窓材料に用いるために必要な特性値を設定。

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発

中間目標：気孔率、気孔径が制御され、圧縮強度が優れ、低熱伝導率の透明多孔質セラミックスを開発する。

具体的には、気孔率が 90～95%、孔径（平均値）が 50nm 以下で制御が可能、圧縮強度が 0.5MPa 以上、1Pa 以上の雰囲気での熱伝導率が 0.004W/mK 以下（輻射の寄与を除く）、光（可視光）透過率が 50%以上、へイズ率が 2%以下、面積が 2500mm²の透明多孔質セラミックス（膜状）を開発する。

最終目標：超断熱窓材料の開発に適した低熱伝導率、高圧縮強度の膜状の透明多孔質セラミックスを開発する。

具体的には、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、へイズ率が 1%以下、面積が 90000mm²の透明多孔質セラミックス（膜状）を開発する。

目標設定値根拠：⑥超断熱窓材料に用いるために必要な特性値を設定。

④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

中間目標：多孔質セラミックス粒子、ナノ構造セラミックス膜、透明多孔質セラミックスを、ポリマーまたはガラスによって複合・真空化する技術を開発する。

具体的には、

(1) 真空下で効率的にナノ粒子粉体を取り扱う技術を確立して、内部が 10 Pa にて真空化された面積 10000mm²、セグメント構造を有する壁用断熱材料を開発する。

(2) 各々の材料の複合化（組立て）、封止化技術および真空化技術を確立し、内部が 10 Pa にて真空化された、熱貫流率 1.0W/m²K、へイズ率が 2%以下で、面積 2500mm²の窓用断熱材料を開発する。

最終目標：壁用および窓用の超断熱材料を開発するための複合化・真空化・セグメント化技術を確立する。

具体的には、

(1) 熱伝導率 0.002W/mK、熱貫流率 0.3W/m²Kで、真空部分が面積 90000mm²、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/m²K、へイズ率が 1%以下で、面積 90000mm²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。

目標設定値根拠：⑤超断熱壁材料、⑥超断熱窓材料に用いるために必要な特性値を設定。

【実用化技術】

⑤超断熱壁材料の開発

中間目標：超断熱壁材料に用いる粒子の連続生産プロセス技術を確立する。

最終目標：熱貫流率、圧縮強度などが優れた超断熱壁材料を開発する。

具体的には、ポリマー膜に開発素材を真空封止し、熱貫流率が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ 10m 程度、面積が 1m^2 程度、構造補強部材なしに 1MPa 程度の圧縮強度を有する超断熱壁材料を開発する。また、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。

目標設定値根拠：

超断熱壁材料が市場に受け入れられるためには、以下の項目を満たす必要がある。

①既存の壁用断熱材に比べ、優れた断熱性能を有すること

②建材としての施工性に優れること

①に関しては最も高い断熱性が要求される地域 I（主に北海道）の外張断熱に必要な熱抵抗値（熱貫流率の逆数）が $2.9\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ であることから、必要な熱貫流率は $0.34\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ となる。従って、目標値の熱貫流率が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下は目標値として十分な熱貫流率であると言える。また、 $2.9\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ の熱抵抗値を得るために必要な各種断熱材の一般的な厚みはグラスウールが $145\sim 155\text{mm}$ 、押出法発泡ポリスチレン（3種品）が 85mm とされており、壁厚さが 10mm 程度は、既存の断熱材に比べ十分に薄い厚みである。壁厚さ 10mm 程度で熱貫流率が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下を達成するならば、既存の断熱材に比べ優れた断熱性能を有していると考えられる。

②建材としての施工性に優れるための前提として、建材サイズ（ $910\times 1820\text{mm}$ ）の断熱材が得られる可能性のあるサイズ及び強度が必要である。目標とする面積である 1m^2 は建材サイズの約半分のサイズであり、 $910\times 1820\text{mm}$ へのスケールアップが可能な面積であると考えられる。また、高強度といわれている押出法発泡ポリスチレンの圧縮強度が $0.3\sim 0.4\text{MPa}$ から見て、圧縮強度 1MPa は十分な値であると言える。従って、目標の面積（サイズ）及び圧縮強度が得られたならば、基本的には十分な施工性が得られると考えられる。

⑥超断熱窓材料の開発

最終目標：熱貫流率、光（可視光）透過率などが優れた超断熱窓材料を開発する。

具体的には、面積が 3m^2 程度、熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光（可視光）透過率が 65% 以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が 1% 以下の超断熱窓材料を開発する。

目標設定値根拠：

断熱を目的とした様々なタイプの複層ガラスが市販されているが、現状でもっとも断熱性の高いものとしては、真空断熱ガラスと Low-E ガラスをアルゴン層を挟んでハイブリッド複合化したタイプのものがあり、熱貫流率として $0.8\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ という値が報告されている。従って、本開発においては、少なくとも本製品の 2 倍の性能を実現することを目標とした。なお、本開発においてコストは具体的な目標としては掲げていないが、上記のように次世代省エネルギー基準は熱貫流率が $3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ の既存の複層ガラスで基準をクリアできる地域が多いことから、本開発品の普及にはコスト削減が不可欠となる。少なくとも現状の真空断熱複層ガラス（熱貫流率 $1.2\sim 1.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ）以下の価格を見込めることが実用化検討に移行する際の必要条件と考えられる。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1 事業全体の計画内容

熱の伝導は、①格子振動②対流③輻射 の3つのメカニズムで発生する。断熱の方法論としては、

①伝導の抑制

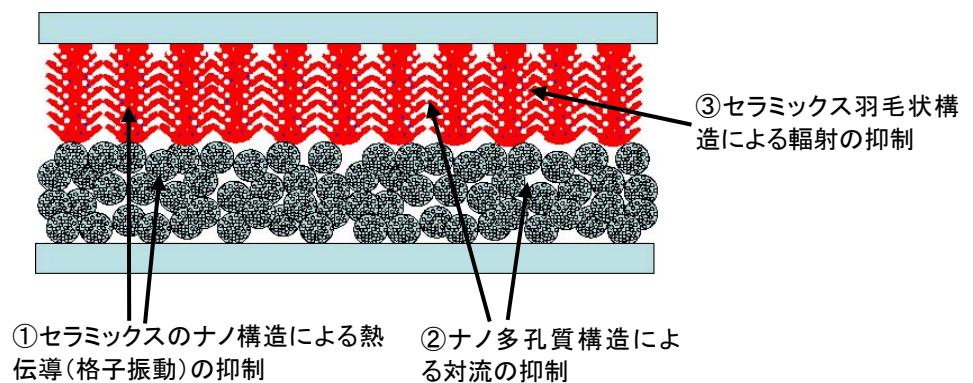
マクロ的には固体の密度が小さいほど伝導は低下する。また、ミクロ的には固体の多孔構造（孔径）が小さいほど伝導は低下する。（ナノ多孔質構造が有利）

②対流の抑制

圧力が低いほど、また固体（多孔体）の空間径（孔径）が小さいほど対流が低下する。（真空およびナノ多孔質構造が有利）

③輻射の抑制

固体と空間が層状となり、層状構造が細くなるほど輻射が散乱され、熱移動が抑えられる（羽毛構造あるいは層状構造が有利）



図Ⅱ.2.1-1 マルチセラミックス構造の例

上記目的を達成するために、以下の研究開発項目について、研究開発を実施する。

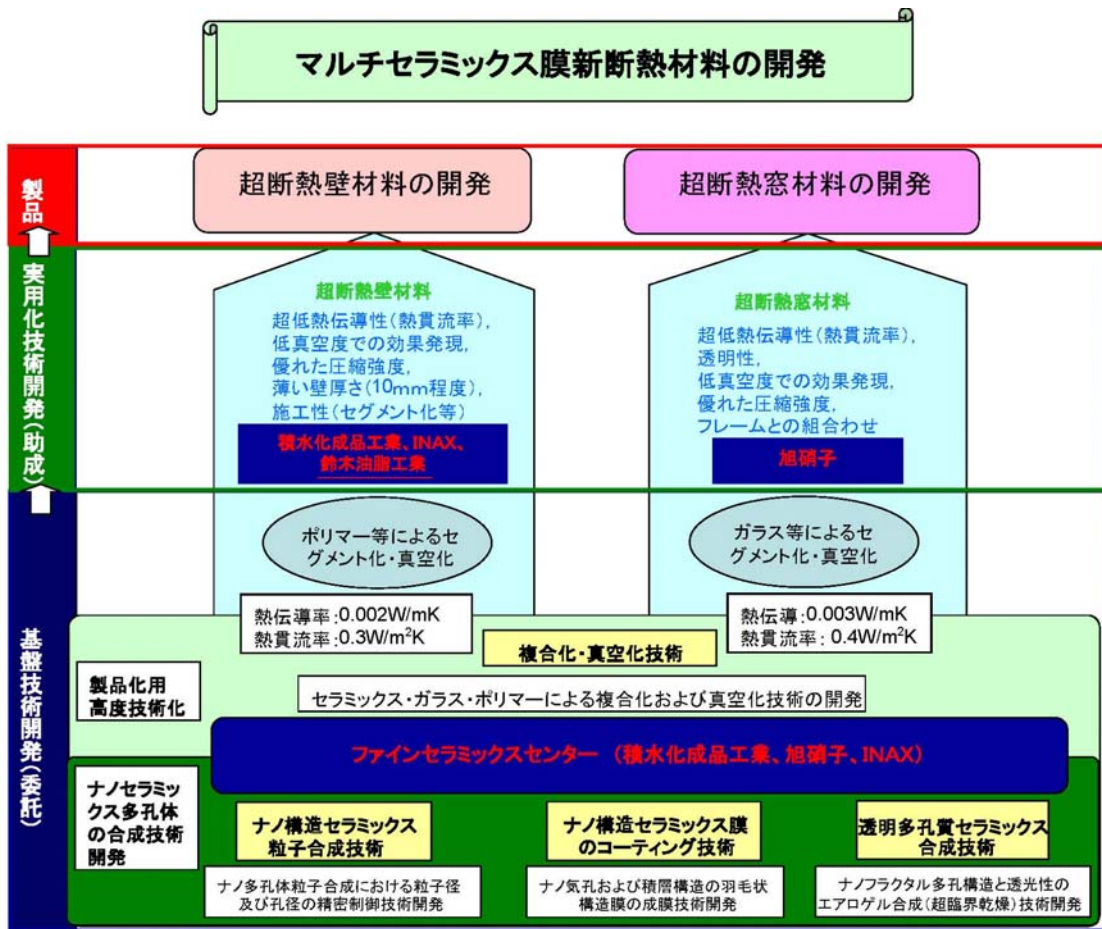
【共通基盤技術】（委託事業）

- ① 多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ② ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③ 透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④ 複合化技術および真空セグメント化技術の開発

【実用化技術】（助成事業）

- ⑤ 超断熱壁材料の開発
- ⑥ 超断熱窓材料の開発

図Ⅱ.2.1-2 に、事業の全体構造と研究テーマの相互関係を示す。

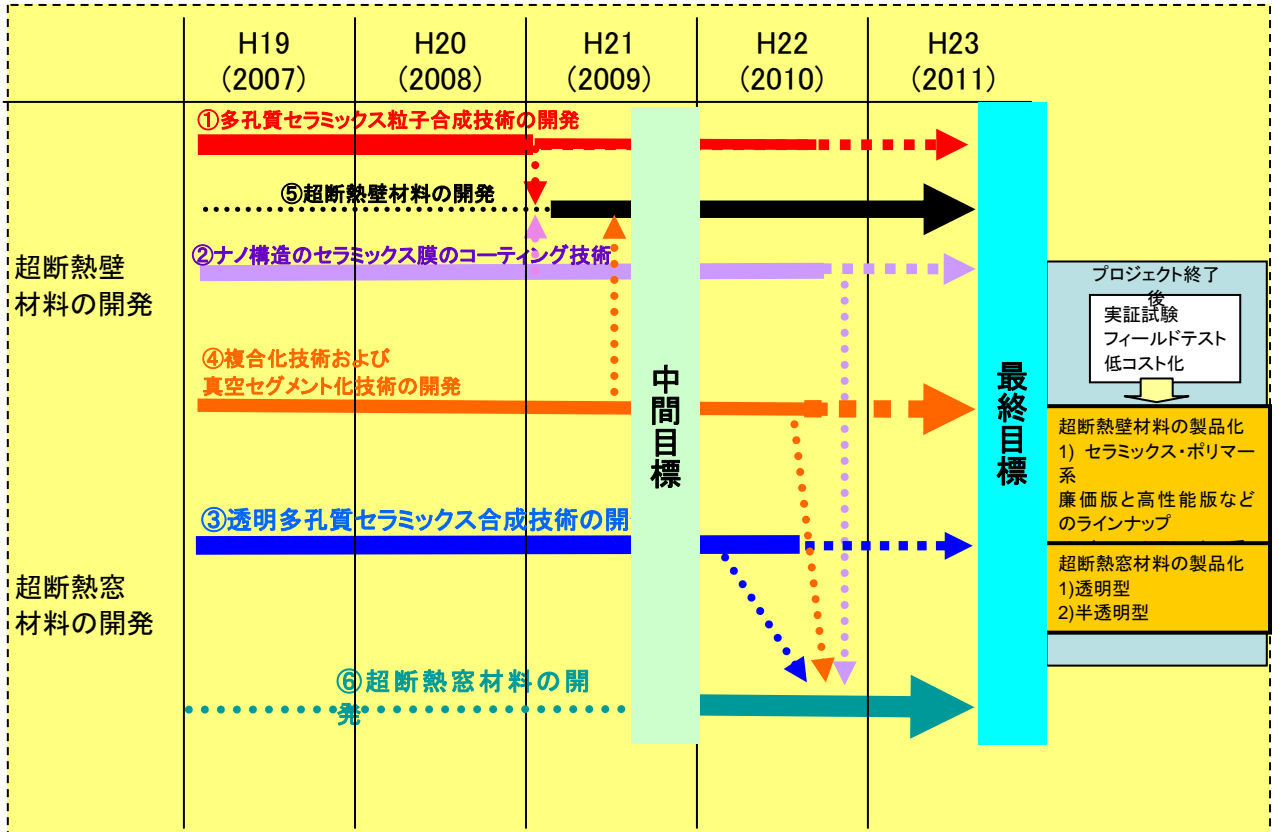


図Ⅱ.2.1-2 事業の全体構造

2.1.2 全体スケジュールおよび予算推移

本研究開発の期間は、平成19年度から平成23年度までの5年間とする。

図Ⅱ.2.1-3に、研究開発スケジュールを、図Ⅱ.2.1-4に研究計画と予算配分推移を記載する。



図Ⅱ.2.1-3 研究開発スケジュール

加速 補正

単位 百万円

研究開発項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	合計
①多孔質セラミックス粒子合成技術	120	140	40	100	60	460
	重点化					
	ナノ多孔粒子合成装置、熱伝導測定装置を導入。	多孔質特性評価装置を導入。	断熱特性評価装置を導入。	微量水分除去装置を導入。		
②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術	41	70	40	100	150	401
	重点化					
	コーティング装置、光学特性装置の導入、セラミックス膜合成。	微小領域分析装置、雰囲気制御熱処理装置を導入。	導入済装置の改造。		ナノ複層膜評価装置を導入。	
③透明多孔質セラミックス合成技術	91	130	47	200	120	588
	重点化					
	透明多孔体合成装置を導入、透明体合成。	多孔質構造解析装置	透明化乾燥装置を導入。	透明体大型化装置を導入。	ナノ積層構造解析装置を導入。	
④複合化技術および真空セグメント化技術	65	177	70	140	169	621
	重点化					
		真空封入装置を導入。	ガラス真空複合化装置を導入。	導入済装置の改	複合断熱材特性評価装置を導入。	
⑤超断熱壁材料の開発	3	3	3	40	21	70
	重点化					
				超断熱壁材料作製装置等の導入。	超断熱窓材料の作製と評価。 モデル住宅による評価	
⑥超断熱窓材料の開発	0	0	0	20	30	50
	重点化					
				超断熱窓材料の作製と評価。		
予算合計(百万円)	320	520	200	600予	550予	2,190

図Ⅱ.2.1-4 研究計画と予算配分

2.1.3 研究テーマ毎の事業内位置づけ

【基礎技術開発】(委託事業)

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

1. 研究開発の必要性

熱伝導の三要素（格子振動、対流、輻射）のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発には、まずナノ多孔体構造を有するセラミックス粒子合成技術の開発が必要である。ここで開発するナノ多孔体粒子は、その多孔性と粒子間接触点における熱抵抗により格子振動による熱伝導を抑えるだけでなく、対流空間を気体分子の平均自由行程以下にすることにより対流による熱伝導を抑える効果（より低真空下での断熱効果）が期待できる。また、ナノ多孔質粒子は断熱層として機能する他に壁材料としての応力を担う機能を有し、このことは真空断熱における熱橋（構造材を経路とする熱伝導）を低減できるという意味で応用面において極めて重要な利点を有する。さらに、ナノ多孔体粒子は原料や製造プロセスの観点から低コストであるという利点も有していると考えられる。

2. 研究開発の具体的内容

水ガラスを油性溶媒および界面活性剤と共に攪拌混合してコロイド状態にした後に、沈殿、乾燥の処理によって水成分が抜けたナノ多孔体粒子を合成させる。得られた粉末の構造解析、熱伝

導率と真空度の関係曲線、圧縮特性（応力-歪み曲線）等の測定を行う。それらの粉体性状および特性評価との関係で、上記の合成条件（組成、混合、沈殿等）の精密制御と最適化を行う。ナノ多孔体による断熱（格子振動と対流）のメカニズム（ナノ多孔構造との関係など）も解明する。上記の検討は、主にシリカ粒子（石英ガラス）の組成で行うが、さらには輻射を抑える機能のためのシリカに添加物を加えた新たな組成のセラミックス粒子あるいは、ナノ多孔質粒子粉体に微量の遠赤外線高吸収ナノ粒子を添加した複合粉体でも同様の検討を行う。

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

1. 研究開発の必要性

熱伝導の三要素のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第二の材料開発は、ナノ構造を有するセラミックス膜のコーティング技術の開発である。ナノ構造セラミックス膜は、柱状かつ羽毛状といった特異なナノ多孔構造を有することから、熱伝導の三要素をすべて抑えることが期待できる。とくに羽毛状構造は、セラミックス結晶の反射板がナノオーダーで多層化された構造となっているため、輻射による伝熱を抑えるのに最も効果的な構造であることが期待できる。したがって、ナノ構造セラミックス膜は、超断熱壁および超断熱窓における輻射を抑えるために必要な材料であるといえることができる。

2. 研究開発の具体的内容

電子ビーム物理蒸着（PVD）法によるセラミックスコーティングは、強力な電子ビームによってセラミックスの原料（インゴット）を溶解させ、そこから蒸発した原子・分子状のセラミックスクラスターが基板の上に堆積する際に、ナノオーダーの気孔（ポア）や隙間（ギャップ）を有する構造（柱状・羽毛状）を呈するといったメカニズムによって合成される。シリカ等の酸化物系セラミックスの原料を用いて、そのようなナノ構造膜が形成される合成条件（電子ビーム出力、基材の温度や回転等）を詳細に調べる。得られたセラミックス膜の構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性等の測定を行う。また、赤外線反射率や光（可視光）透過性などの光学的特性も検討する。

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

1. 研究開発の必要性

熱伝導の三要素を抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第三の材料開発は、透明（透視性）多孔質セラミックス合成技術の開発である。透明多孔質セラミックスは、ナノオーダーの多孔質フラクタル構造を有し、透明体である（透視性を有すること）ことと、格子振動および対流による熱伝導を抑える効果の両立が期待できる。したがって超断熱窓用の材料として最適であると考えられる。

2. 研究開発の具体的内容

ゾルゲル法で可視光線の波長より十分細孔径の小さいシリカベースのウェットゲルを合成し、超臨界乾燥等の乾燥時の表面張力により構造破壊が発生しない方法で乾燥を行うと、収縮なしの乾燥が可能となり、ナノフラクタル多孔構造が形成される。得られた透明多孔質セラミックスの構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性（応力-歪み曲線）、光（可視光）透過率等

の測定を行う。それらの特性評価との関係で、上記の合成条件（組成、混合等）の精密制御と最適化を行い、透明多孔質セラミックスの合成条件を明らかにする。

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

1. 研究開発の必要性

（1）多孔質セラミックス粒子およびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を発揮させるには、それらセラミックスをポリマー膜にて被覆（包装）し、内部を真空化する技術の開発が必要である。また、真空断熱材料の壁材料としての実用性を高めるためには、施工時に切断、穴明け等の加工が行われても優れた断熱性が維持できるように真空封止する空間をセグメント化する技術を開発する必要がある。

（2）透明多孔質セラミックスおよびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を発揮させるには、それらセラミックスの両面をガラス板にて挟みこみ、透明多孔質セラミックスを封止した後、内部を真空に密閉化する必要がある。そして、高性能な窓用断熱材料を開発する基盤技術として、適正なガラス、透明多孔質セラミックス、ガラス板のスペックを設計するとともに、各々の材料の複合化（組み立て）、真空排気、封止する技術を開発する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

（1）真空を長期間維持できるガスバリア性能および真空セグメント化するための成形性（賦形性）・接着性（融着性）の要求性能を満たす最適な構成材料を、ポリマー単層、ポリマー複層、ポリマー／無機複合層等の中から検討する。また、本研究開発の基盤技術として、多孔質セラミックス粒子をポリマー層等にて効率的に真空封止する技術、あるいは多孔質粒子粉末を柔らかい凝集体とし仮密閉したのち真空封止する技術等のプロセス技術を開発するとともに、長期間の断熱性能を維持するための真空封止材料およびその方法についても検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した壁用断熱材料の断熱性能を評価するとともに機械的物性についても評価を行う。

（2）窓用断熱材料としての透明性、強度、生産性を考慮した設計を行う。また各々の材料の複合化（組立て）においては、生産性、取り扱い性を考慮しガラス板の上で透明多孔質セラミックスを合成した後、もう一枚のガラス板を積層する方法、あるいはガラス板の中にて透明多孔質セラミックスを合成する方法等を検討する。さらに、ガラス板／透明多孔質セラミックス／ガラス板の構成にて組み立てて、封止する際の接着材料、接着方法および内部を真空化する技術を検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した窓用断熱材料の断熱性能を評価するとともに機械的物性についても評価を行う。

【実用化技術】（助成事業）

研究開発項目⑤超断熱壁材料の開発

1. 研究開発の必要性

住宅における省エネルギーが今後ますます求められるが、現在の断熱壁材料の性能では不十分である。また、省資源の観点から、新築からリフォームへと市場転換が進められ、省施工型の住宅材料が重要となっている。そして、壁内空間へ発泡樹脂や繊維状断熱材を充填するといった

従来の内断熱工法では、壁材の他に断熱材施工をしなければならないという問題がある。真空セグメント化された超断熱壁材が開発されれば、大きな省エネルギー効果、リフォームへの普及効果の他、防水透湿膜と同時施工などの大幅な工期短縮が期待できる。本研究開発項目では、①、②、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と機械的強度を兼ね備えた超断熱壁材料を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

多孔質セラミックス粒子、ナノ構造セラミックス膜等の開発材料を、真空状態に保持した状態でポリマー膜からなる表層にて被服（包装）した超断熱壁材料を作製する。その際の主要開発技術は、真空下におけるナノ粉体のハンドリング技術や真空封止セグメント化技術である。また、工業生産のための多孔質セラミックス粒子の連続生産プロセス、真空包装セグメント化プロセスもあわせて開発する。開発試作した超断熱壁材料について熱貫流率の測定等を行い、実用化に向けた課題（断熱効果、施工性等）を抽出する。また、省施工型断熱システム壁とするために、熱橋を避けるための支持材や壁構造についての要素技術開発も行う。

研究開発項目⑥超断熱窓材料の開発

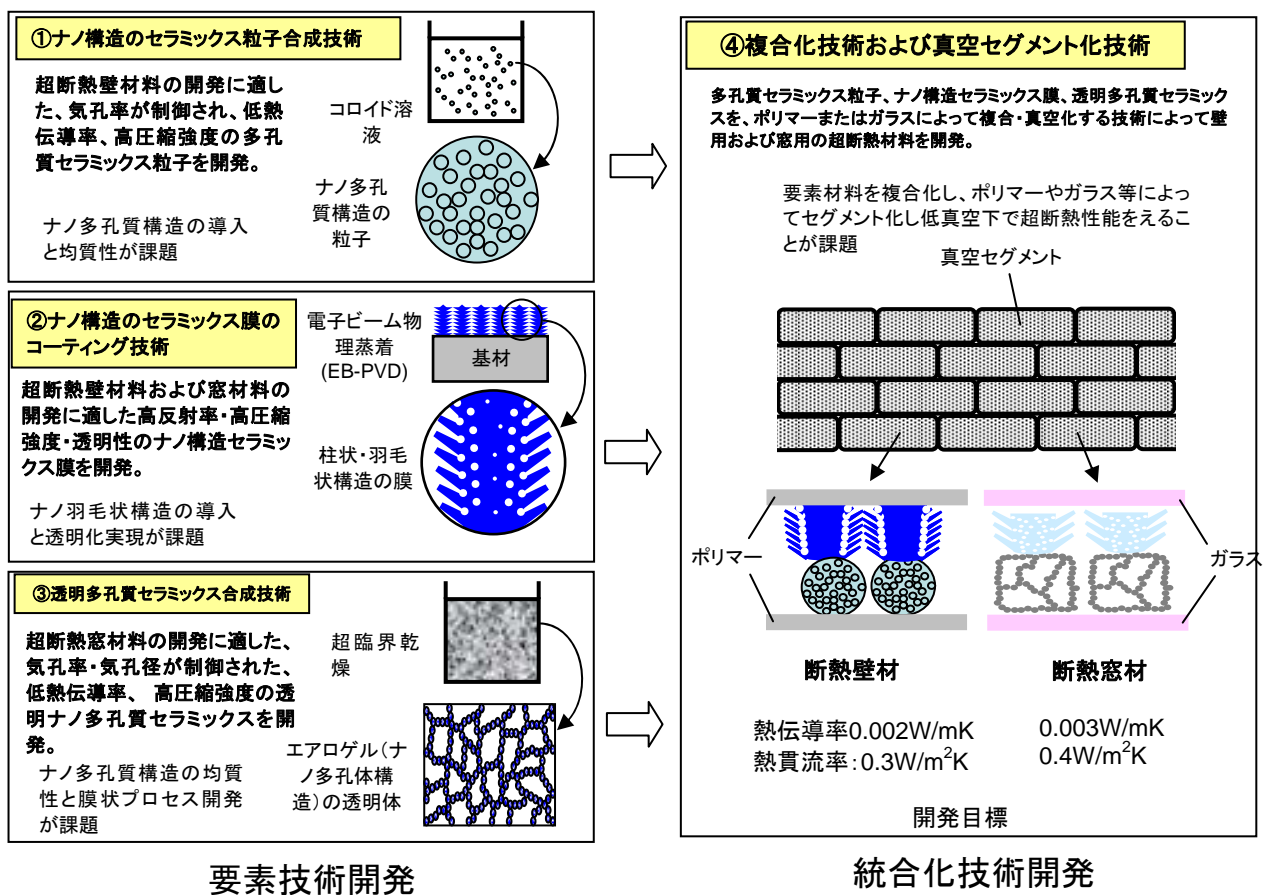
1. 研究開発の必要性

住宅における窓、扉などの開口部は、全面積の30%程度しか占めていないにも関わらず、熱の損失は非常に大きく、例えば冬の暖房時には約50%の熱が開口部から流出する一方で、夏の冷房時には約70%の熱が流入しており、次世代省エネルギー基準でも断熱の強化と日射の遮蔽が必須とされている。また、住宅の快適性の観点から、断熱における副次的な効果として防音効果も期待できる。本研究開発項目では、②、③、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と、窓ガラスの本質的機能である透明性を兼ね備えた断熱窓材料を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

透明多孔質セラミックス、ナノ構造セラミックス膜等の開発材料を中間層として用い、2枚のガラスの間に複層化する技術および真空排気・封止するための技術を開発する。まず初めに樹脂を用いた封着を試み、光学的特性（光（可視光）透過率、ヘイズ率等）や熱貫流率の測定を行い、断熱複層ガラスとしての特性評価を実施する。次に、ガラスフリットによる封着、ガラス寸法の拡大、厚みの低減など、最終実用化に向けた技術課題を抽出するとともに、課題解決に向けた方策の検討を行う。

図Ⅱ.2.1-5 に、研究テーマ毎の内容と位置づけをまとめる。



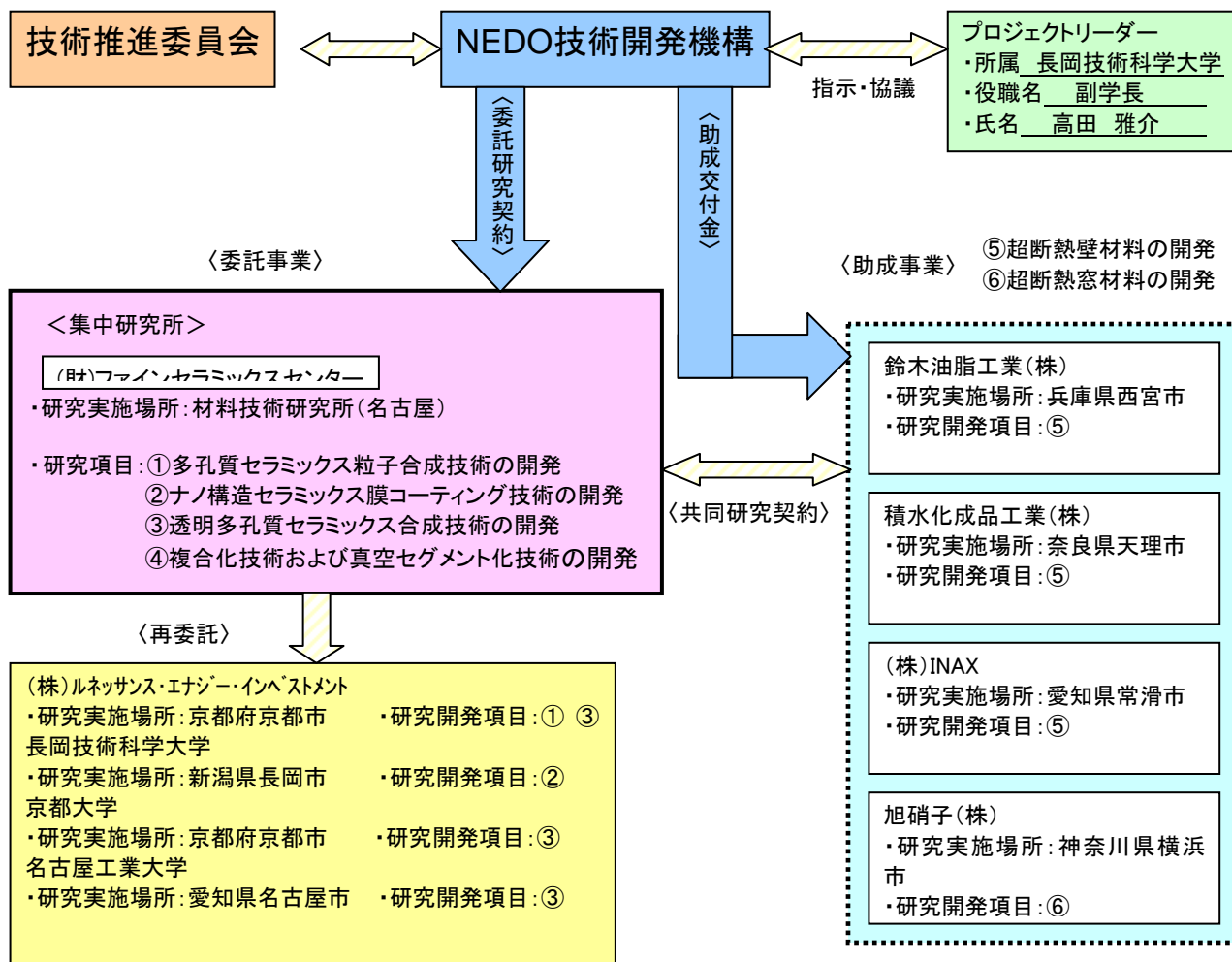
図Ⅱ.2.1-5 事業の内容

2.2 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO技術開発機構」という。）が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定し実施している。

研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）として長岡技術科学大学 副学長 高田 雅介を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発において、NEDO技術開発機構が主体となって行うべき基礎的・基盤的研究開発であると判断される研究開発内容に示した①②③④の事業は委託により実施し、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される研究開発内容に示した⑤⑥の事業は助成（助成率1/2）により実施する。図Ⅱ.2.2-1 に、研究体制組織図を示す。



図Ⅱ.2.2-1 研究体制組織図

2.3 研究の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的および目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

NEDOが実施・管理を行う当該プロジェクトの、より効率的な研究開発の推進を図るため、研究開発の現場において指示・指導・調整の任にあたる研究者であり、実施者の一員として自ら研究開発に携わる他、研究開発計画原案の策定、研究成果のとりまとめ等の役割を担う研究開発責任者（プロジェクトリーダー）として長岡技術科学大学の高田副学長のもと、本プロジェクトを推進している。

本プロジェクトの実施者は、委託事業①～④については財団法人ファインセラミックスセンターであり、プロジェクトリーダーのもとに以下の委託研究機関、再委託先、共同研究先と技術研究体を構成し、有機的に結合し研究を実施している。

委託研究機関：財団法人ファインセラミックスセンター

再委託先：株式会社ルネッサンス・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

共同研究先：鈴木油脂工業株式会社、積水化成品工業株式会社、株式
会社I N A X、

旭硝子株式会社

助成事業については、平成21年度からは、研究開発項目⑤として鈴木油脂工業株式会社及び
再委託先として株式会社ルネッサンス・エナジー・インベストメントが助成事業を開始している。

また、平成22年度からは、研究開発項目⑤として積水化成品工業株式会社と株式会社I N A
Xが、研究開発項目⑥として旭硝子株式会社が助成事業を開始する予定である。

【プロジェクトリーダーの役割】

1. 組織関係

- (1) 研究体の組織構成の決定。
- (2) 研究体のワーキンググループリーダーの選任と解任。

2. 研究体所属研究者関係

(1) 上記の委託研究機関、再委託先、共同研究先が提出する研究者候補リストの中からの研
究体所属研究者の選任。

- (2) 研究体所属研究者の任期の設定および変更に関する調整。
- (3) 研究体所属研究者の担当研究項目の決定。
- (4) その他研究体所属研究者の総合的な統括。

3. 予算、研究場所、研究設備および装置等

- (1) 実施時における予算の配分の調整。
- (2) 研究設備および装置等の使用範囲等の調整。

4. 研究計画および報告

- (1) 年度毎概算要求案の策定。

① 年間研究計画書案の策定。

② 実施計画書案の策定。

- (2) 研究計画の変更

① 実施計画書変更申請案の策定。

- (3) 軽微な研究計画の変更

① 実施計画書変更届出書の策定。

- (4) 研究経過の報告

① 成果報告書案の策定。

② その他必要に応じた研究報告書案の策定。

- (5) 研究終了報告

① 研究終了報告書案の策定。

5. 研究評価

- (1) 研究内容の研究体内での評価。
- (2) 研究者の研究体内での評価。

6. 研究成果

- (1) 別途定める研究体知的財産権取扱規程の施行およびその遵守に関する指導管理。
- (2) 論文発表等による公開を、知的所有権による保護に優先させるか否かの判断。

7. 第三者との共同研究、研究者等の招聘

- (1) 第三者との共同研究の実施と管理。
 - ① 共同研究および共同研究契約に対する要望事項の取り纏め。
 - ② 共同研究契約書案の策定。
 - ③ 各種報告書案の策定。
- (2) 外部からの協力の調整および選任。

8. その他

- (1) 研究体の研究活動推進のための総合調整。
- (2) 経済産業省、NEDO、大学等に置かれた各種関係会議への対応、総括。
- (3) ワークショップ、シンポジウム等の関連事業計画の策定および実施。

また、上述したプロジェクトリーダーのミッションの一部は、以下のように実施されている。

【技術推進委員会】

NEDOは外部の専門家、有識者等によって構成される技術推進委員会等を設置し、1回/年度を目処に委員会を開催する。これによりプロジェクトの目標達成度を把握するとともに、プロジェクトの資源配分の判断に資することを目的とする。

技術推進委員会の開催実績を下記に示す。

第1回技術推進委員会

開催日時：平成20年7月8日（火）

議題：事業概要説明

研究開発項目別進捗報告ならびに質疑応答

外部有識者委員（敬称略・順不同）

氏名	所属・部署	役職
芥川 郁雄	積水ハウス株式会社 総合住宅研究所	課長
柴 慶治	清水建設株式会社 技術戦略室企画部	部長
田中 順三	東京工業大学大学院理工学研究科材料工学専攻	教授
松村 秀一	東京大学大学院工学系研究科建築学専攻	教授

講評

- ・全体的に順調に進んでいる。
- ・今は基礎的な技術開発のところを物質科学的な原理からきちっと詰めていく段階だとは思いますが、一方で、用途開発的な視点を入れていったほうがよい。
- ・耐久性等、本質とは離れたところでクリアしなければいけないことが幾つも出てくるので、使う側の意見が集められるような機会を設けて、いろいろ洗い出しておくほうがいい。
- ・実施者の連携が非常にうまくいって、補完しあい、予定以上のペースで進んでいる印象を受けた。

- ・いい性能が出ているならば、それがなぜ発現したかという理論の解明も今のうちにしっかりやったほうがよい。
- ・ユーザーサイドの意見も取り入れながら、最終的な製品をイメージして開発を進めるとよい。
- ・必要な装置は加速して導入する等、加速すべきところはより加速しながら進めていくことが大切。
- ・4番目が加速すると1、2、3の要素技術と5、6の連携が非常にうまくいくと思うので、ぜひ装置を早くそろえていただきたい。

【その他運営管理】

- ・キックオフミーティング

開催日時：平成19年9月14日

- ・研究進捗報告ミーティング

開催日時：平成20年3月14日（金）

議題：事業概要説明

平成19年度成果報告ならびに計画審議

- ・プロジェクト内研究報告会

開催日時：平成19年7月23日、8月2日

平成20年5月21日、6月30日、10月30日

平成21年1月13日、3月3日、5月12日、5月29日、7月2日

【研究計画の策定】

「技術推進委員会」を設置し、本プロジェクトの年間計画を策定している。委員長をプロジェクトリーダーとし、委員は上記の委託研究機関、再委託先、共同研究先の代表者からなる。各テーマ担当者が年間研究計画の原案を作成し、それにつき技術推進委員会で討議し、策定する。

【研究の評価】

「技術推進委員会」で、各テーマ担当者が担当分野の報告を行い、研究評価を実施している。

【研究管理】

①各テーマ担当者は随時研究報告会を開き、プロジェクトリーダー、各テーマ担当者が研究員と研究成果について議論し、進捗チェックと、研究の方向付けを行う。

②プロジェクトリーダーは、必要に応じ適宜、電話、e-mailにて各テーマ担当者及び研究者から情報を受け、それに対して指示する。

③プロジェクトリーダーを長とする発明審査会を適宜開催し、各テーマ担当者を通して提出されるプロジェクトからの特許の審査を実施する。

④予算作成時、事務局はプロジェクトリーダーと各テーマ担当者と相談し予算を作成する。

【成果報告】

①各テーマ担当者は、「技術推進委員会」で報告し、プロジェクトリーダーがその内容をチェックする。その後、各テーマ担当者と事務局が「研究成果報告書」として纏める。

②論文、新聞発表に際しては、プロジェクトリーダーが承諾の最終判断をする。

3. 情勢変化への対応

3.1 実施計画変更

・平成 20 年度補正予算 200 百万円増額

- ①補正予算によって断熱特性評価装置を導入し、多孔質セラミックス粒子を用いた超断熱材料の断熱特性を明らかにした。
- ②透明化乾燥装置を導入し、サイズの大きな透明体を超臨界乾燥する条件を明らかにした。
- ③ガラス真空複合化装置を導入し、透明多孔質体とコーティング膜をガラス板で複合化・真空化する技術の開発を進めた。

以上により、多孔質セラミックス粒子、透明多孔質セラミックスなどの要素材料の合成・評価技術、および要素材料を用いた複合化技術および真空セグメント化技術の開発が加速された。

3.2 加速財源

プロジェクトの運営管理として、進捗状況や技術推進委員会の結果をふまえ、目覚ましい技術的成果を上げ、年度内に更なる追加配分を行い、加速的に研究を進捗させることにより、当該技術分野における国際競争上の優位性が確立できることが期待されるテーマに関して、研究加速財源の配分を行っている。

本プロジェクトは、目覚ましい成果を上げていたことから、下記表に示したように加速財源を投入した。

3.2.1 1回目

1. 申請日：平成 19 年 9 月
2. 加速金額：98 百万円
3. 主な内訳：コーティング装置
4. 効果

本装置の導入により、当初計画していた、伝導・対流の抑制だけでなく、輻射の抑制効果を実証する実験までを行い、低熱伝導化の成果を加速した。

3.2.2 2回目

1. 申請日：平成 19 年 10 月
2. 加速金額：50 百万円
3. 主な内訳：光学特性評価装置
4. 効果

本装置の導入により、当初計画していた、伝導・対流の抑制だけでなく、輻射の抑制効果を実証する実験までを行い、断熱壁および窓の低熱伝導化という成果の達成に向けて加速した。

3.2.3 3回目

1. 申請日：平成 20 年 11 月
2. 加速金額：90 百万円
3. 主な内訳：ナノ多孔体構造観察・解析装置
4. 効果

これにより、透明性、機械的性質に優れた多孔体を安定して合成できる技術が確立され、超断熱窓材料の開発を著しく加速するとともに、新たなナノ多孔体構造観察技術が開発された。

3.2.4 4回目

1. 申請日：平成 20 年 12 月
2. 加速金額：4 5 百万円
3. 主な内訳： 微小領域組成分析装置、雰囲気制御熱処理装置、温度制御・集光ユニット
4. 効果

これにより、最終目標である赤外反射率 70%以上が 21 年度に前倒しで実現可能となり、伝導・対流だけでなく輻射の抑制効果も付与でき、熱伝導の三要素の全てが抑制された材料開発が促進された。この事により、0.002W/mK という超低熱伝導化が実現され、超断熱壁・壁窓材料の開発を加速した。超断熱壁材や超断熱窓材の開発における早期の実用化国際競争上の優位性を確立できるとともに、早期の実用化が期待できる。

4. 評価に関する事項

NEDO は、国の定める技術評価に係わる指針及び NEDO が定める技術評価実施要領に基づき、技術及び実用化の観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来への波及効果などについて、外部有識者による研究開発の中間評価を平成 21 年度、事後評価を平成 24 年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向、当該研究開発の進捗状況等に応じて、適宜見直すこととする。

Ⅲ. 研究開発成果について

Ⅲ.研究開発成果について

1. 事業全体の成果

1.1 プロジェクトの概要

1.1.1 熱移動のメカニズムと断熱の方法論（図Ⅲ.1.1-1）

本プロジェクトは、住宅・ビル、電気機器、輸送機器、加熱炉などの断熱壁や断熱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、熱移動を支配する三要素である「格子振動」、「対流」、「放射」のすべてを抑制するマルチセラミックス膜新断熱材料の開発基盤技術を開発することを目的とする。

熱の移動は、以下の3つのメカニズムで起こる。

- ①伝導：固体中の格子の振動や電子の移動による。
- ②対流：気体や液体などが流動することによる。
- ③放射：光や電波などの放射エネルギーとして空間移動することによる。

断熱の方法論として、本プロジェクトではナノ構造制御により

①伝導の抑制

マクロ的には固体の密度が小さいほど伝導は低下する。また、ミクロ的には固体の多孔構造（孔径）が小さいほど伝導は低下する。（ナノ多孔質構造が有利）

②対流の抑制

圧力が低いほど、また固体（多孔体）の空間径（孔径）が小さいほど対流が低下する。（真空およびナノ多孔質構造が有利）

③放射の抑制

固体と空間が層状となり、層状構造が細くなるほど放射が散乱され、熱移動が抑えられる（羽毛構造あるいは層状構造が有利）

1.1.2 マルチセラミックス構造の例（図Ⅲ.1.1-2）

断熱性の高いマルチセラミックス構造として、超断熱壁材料としては、ナノ積層構造膜とナノ多孔体粒子の複合構造化シラミネートフィルムで封止した構造、超断熱窓材料としては、ナノ積層構造膜と透明多孔体をガラスで封入した構造などが挙げられる。ナノ積層構造による放射の抑制効果、ナノ多孔質構造による気体熱伝導および固体熱伝導の抑制効果の複合化により、超断熱特性が得られると期待できる。ナノ多孔体材料では、断熱材料として二大利点がある。ナノ多孔

質体を封入した断熱材は、低真空下でも高真空下並の低熱伝導率となるとともに、従来の断熱材と比較して優れた圧縮強度を示す。

1. 1. 3 プロジェクトの概要（図Ⅲ.1.1-3）

本研究開発は、セラミックスのナノ多孔体構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造等からなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって、熱を伝える三要素（格子振動、対流、輻射）の何れも抑えるマルチセラミックス膜新断熱材料技術の開発を行い、住宅やビル等の冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料の実用化を目指すものである。具体的な研究開発項目として、以下の研究開発を実施する。

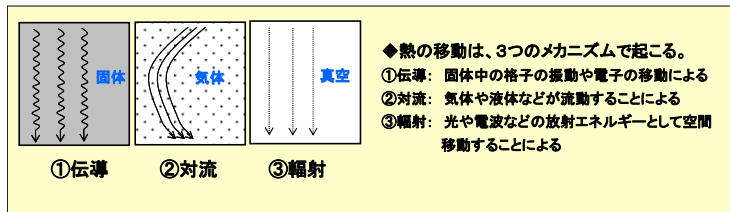
【共通基盤技術】

- ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

【実用化技術】

- ⑤超断熱壁材料の開発
- ⑥超断熱窓材料の開発

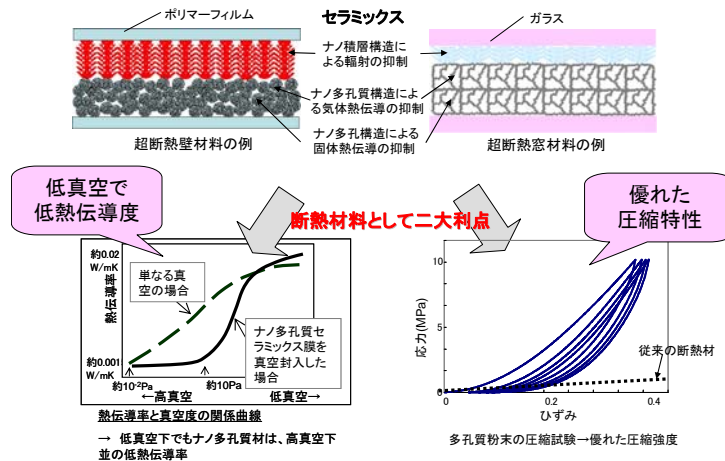
図Ⅲ.1.1-1 熱移動のメカニズムと断熱の方法論



◆断熱の方法論と本プロジェクトの作戦（構造制御の効果・有利性）

- ①伝導の抑制 → マクロ的には固体の密度が小さいほど伝導は低下する。また、ミクロ的には固体の多孔構造（孔径）が小さいほど伝導は低下する。**（ナノ多孔質構造が有利）**
- ②対流の抑制 → 圧力が低いほど、また、固体（多孔体）の空間径（孔径）が小さいほど対流が低下する。**（真空及びナノ多孔質構造が有利）**
- ③輻射の抑制 → 固体と空間が層状となり、層状構造が細くなるほど輻射が散乱され、熱移動が抑えられる。**（羽毛状あるいは層状構造が有利）**

図Ⅲ.1.1-2 マルチセラミックス構造の例



図Ⅲ.1.1-3 プロジェクトの概要

本研究開発は、セラミックスのナノ多孔体構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造等からなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって、熱を伝える三要素（格子振動、対流、輻射）の何れも抑えるマルチセラミックス膜新断熱材料技術の開発を行い、住宅やビル等の冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料の実用化を目指すものである。具体的な研究開発項目として、以下の研究開発を実施する。

【共通基盤技術】

- ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

【実用化技術】

- ⑤超断熱壁材料の開発
- ⑥超断熱窓材料の開発

1.2 各研究項目の主な研究内容

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発（図Ⅲ.1.2-1）

熱移動の三要素のうち「格子振動」による伝導を抑制するためには、温度差をもつ2つの領域の境界に存在する固体の接触面積を低下させ、熱抵抗を向上させることが有効である。また、「対流」を抑制するためには、対流空間を気体分子の平均自由行程以下にすることが効果的である。さらに、「輻射」を抑制するためには、赤外領域の光を反射する、もしくは吸収して再輻射を防ぐために熱に変換する層を高温境界側に設ける必要がある。この3つの要求を同時に満たす素材として、本提案ではナノ多孔体構造を有するセラミックス粒子を合成する。このナノ多孔構造粒子を充填させた構造をもつ断熱セラミックスの基本構造とすることで、その多孔性に起因した粒子内部での高い熱抵抗だけでなく粒子間接触点での熱抵抗により「格子振動」による熱の伝導を抑制する。また、多孔体の孔径制御および充填率向上によって、気体分子の平均自由行程以下のナノ空間を形成することで「対流」を抑制し、より低真空下での断熱性能を向上させる。さらに、微量の遠赤外線高吸収ナノ粒子を添加した複合粉末とすることで「輻射」を抑制させる。

また、このナノ多孔構造を有するセラミックス粒子は、断熱性能を発現させる機能材料としての役割に加えて、壁材料として応力を担う構造材料としても貢献させる。これにより、真空断熱における熱橋（構造材を経路とする熱伝導）を低減できるという効果をもたらし、応用面において極めて重要な利点となる。

水ガラスを油性溶媒および界面活性剤と共に攪拌混合して W/O コロイド状態にした後に、沈殿、乾燥の処理によって水成分が抜けたほぼ球形のナノ多孔体粒子を合成させる。ナノ多孔質粒子の径は小さければ小さいほど理論的な断熱性能は優れているが、粉体の流動の際の粒子の運動エネルギーが粒子間のファンデルワールス力に比べて小さいと粉体は強く凝集して壁材料に加工する際のハンドリングや高耐圧縮性の実現に大きな支障となる。そこで今回の開発では粉体の良好な流動性が得られる最小の粒子径である 5-10 ミクロンの径の粒子を開発する。また粒子の断熱性と耐圧縮性のバランスから、多孔率 85-90%程度の粒子の合成を行う。このナノ多孔体粒子の合成は、主にシリカ粒子（石英ガラス）の組成で行うが、さらには輻射を抑える機能のためのシリカに添加物を加えた新たな組成のセラミックス粒子あるいはシリカ表面に赤外吸収を持つ官能基を表面修飾したシリカ粒子あるいは、ナノ多孔質粒子粉体に微量の遠赤外線高吸収ナノ粒子を添加した複合粉体を開発する。また、ナノ多孔質粒子の生理活性の評価をあわせて行う。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発(図Ⅲ.1.2-2)

熱伝導の三要素のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第二の材料開発は、ナノ構造を有するセラミックス膜のコーティング技術の開発である。ナノ構造セラミックス膜は、柱状かつ羽毛状といった特異なナノ多孔構造を有することから、熱伝導の三要素をすべて抑えることが期待できる。羽毛状構造は、セラミックス結晶の反射板がナノオーダーで多層化された構造となっているため、輻射による伝熱を抑えるのに最も効果的な構造であることが期待できる。したがって、ナノ構造セラミックス膜は、超断熱壁および超断熱窓における輻射を抑えるために必要な材料であるということが出来る。

このセラミックス膜の形態を柱状および羽毛状などからなるナノ多孔構造、積層構造とすることで、熱移動の三要素をすべて抑えることが期待される。すなわち、この多孔構造によって、「格子振動」によって熱が伝えられる断面積を低減でき伝導による熱移動を抑えるとともに、対流空間を気体分子の平均自由行程以下として「対流」による熱移動も低減できる可能性がある。さらに、この羽毛状構造は柱状結晶の表面にナノオーダーの薄板が向きを揃えて密集した構造であり、「輻射」の抑制効果も期待できる。つまり、この多層構造を構成するセラミックス膜に、赤外光に対してのみ高い反射率を示す素材を適用することで、各層での反射が積算され赤外での高い反射率が期待できる。また、この羽毛状構造のサイズを数十から数百 nm のオーダーで精密に制御することができれば、光の干渉現象によって赤外領域を選択的に反射できる可能性も秘めている。

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発(図Ⅲ.1.2-3)

建造物の壁面の多くには外部から光を採り入れるための窓があり、近年のオフィスビルや住環境では快適性の向上や照明電力の削減などのために窓面積を拡大する傾向にある。この窓材における断熱性能が低ければ、例えば研究項目①に示したナノ多孔構造粒子により壁材の断熱性能を向上させても総合的に高い断熱性能を得ることはできない。したがって、可視波長領域における透光性を確保しつつ熱を遮る材料の開発が必須である。

そこで、超断熱マルチセラミックス膜の実現に必要な第三の材料開発として、透明(透視性)多孔質セラミックス合成技術の開発を挙げる。多孔質化と真空技術の組み合わせにより、熱移動の3要素のうち格子振動と対流による熱移動を抑制する、というコンセプトは上記までと同様であり、細孔径の制御によって低真空下での低熱伝導の実現を目指す。ここで、光吸収の小さいシリカなどを母構造とし、光の波長よりも十分小さいナノオーダーの孔径をもつ多孔質フラクタル構造とすることで、フレネル散乱やミー散乱の影響を排除し、透光性を付与する。このナノオー

ダーの多孔構造を形成する手法として、ゾルゲル法、エアロゲル法およびメチル化キシロゲルによる方法の3つの手法について検討する。

④複合化技術及び真空セグメント化技術（図Ⅲ.1.2-4）

多孔質セラミックス粒子およびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を与えるためには、これら多孔質セラミックス粒子などをポリマー膜にて被覆（包装）し、内部を真空化する技術の開発が必要である。また、真空断熱材料の壁材料としての実用性を高めるためには、施工時に切断、穴明け等の加工が行われても優れた断熱性が維持できるように真空封止する空間をセグメント化する技術を開発する必要がある。今回、研究開発を進める多孔質セラミックス粒子は、低真空化においても優れた断熱性能を有することが期待されており、真空封止加工性が良く、セグメント化においても有利な材料であることから壁材料への適用が最適な材料であるといえる。

これら多孔質セラミックス粒子などの真空封止環境下における性能を評価すべく、真空断熱材としての性能評価が可能な真空封止装置のテスト機を設計・検討し、導入する。そして該真空封止装置にて多孔質セラミックス粒子の真空度と断熱性能及び試作したサンプルの機械的強度を評価する。またセグメント構造を検討の上、各種のセグメント形状を有したサンプルを試作し、その加工性・実用性を評価する。その際、真空を長期間維持できるガスバリア性能および真空セグメント化するための成形性（賦形性）・接着性（融着性）の要求性能を満たす最適な構成材料を、ポリマー単層、ポリマー複層、ポリマー／無機複合層等の中から検討する。

上記検討結果を踏まえて、出来る限り低真空でかつ優れた断熱性能を有する条件及びセグメント形状をベースとし、実用化が可能な壁用断熱材の試作プロセスを開発する。本研究開発において、真空度によってセグメント化方法及び真空封止の方法が異なることから、真空度の設定は実用化が可能な試作プロセスを開発する上で非常に大きなポイントとなる。また、断熱材を開発する上で必要な、低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術についてもその開発を行う。

上記検討結果を踏まえて、出来る限り低真空でかつ優れた断熱性能を有する条件及びセグメント形状をベースとし、実用化が可能な壁用断熱材の試作プロセスを開発する。

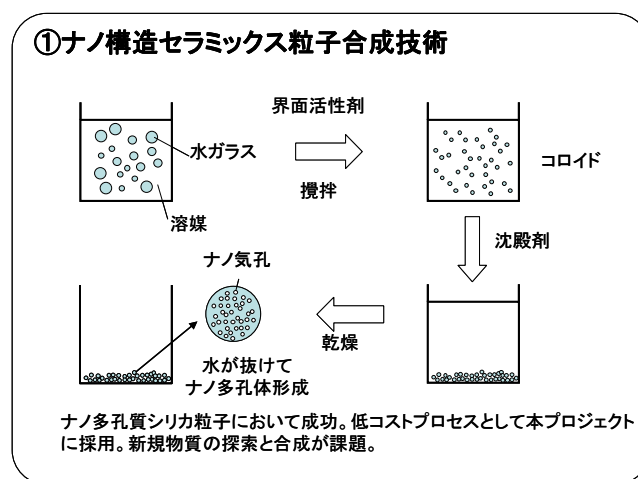
また、超断熱窓材料の開発において、透明多孔質セラミックスおよびナノ構造セラミックス膜からなる材料を窓材料として適用し、極めて優れた断熱性を発揮させるためには、それらセラミックスの両面をガラス板にて挟みこみ、ガラス板と透明多孔質セラミックスを複層化した後、内部を真空に保持しながら密閉化する必要がある。そのための基盤技術として、(1) ガラス窓とし

ての透明性を失わず、さらには透明多孔質セラミックスの破壊や特性劣化を伴うことなく、セラミックス材料をガラス板の間に挟みこんで複層化する組み立て技術、(2) 内部を真空排気した状態で封止する技術、を開発する必要がある。また、形成した窓材料の性能を評価するために、断熱性能（熱伝導率、熱貫流率）に関する熱的特性、光透過率・ヘイズ率などの光学的特性、さらには強度などの機械的特性、といった様々な特性評価が必要になる。

本開発では、大きさとして最大で 90000mm² (300mm×300mm) 程度のガラス板を用い、②、③で開発される透明多孔質セラミックス、あるいは透明多孔質セラミックスとナノ構造セラミックスの複合材料を2枚の板ガラスの間に挟みこむ方法を検討する。さらに、ガラス板/透明多孔質セラミックス/ガラス板の構成にて組み立てた後、封止する際の接着材料、接着方法および内部を真空化する技術を検討する。封止のための接着技術としては、長期間所定の真空状態を維持する必要性を考慮した接着材料、接着方法を検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した窓用断熱材料の断熱性能を評価するとともに、光学的特性、機械的物性についても評価を行う。なお、特性の計測に際しては、必要に応じて樹脂封着などの簡便な接着技術も適用する。これらの開発を通じて、窓材料としての透明性・強度・生産性などを考慮しつつ、超断熱窓材料の実用化に向けた設計・製造指針を明確化する。

以上、各研究項目①から④の全体的な関連性について図Ⅲ.1.2-5 にまとめた。

図Ⅲ.1.2-1 ナノ構造セラミックス粒子合成技術

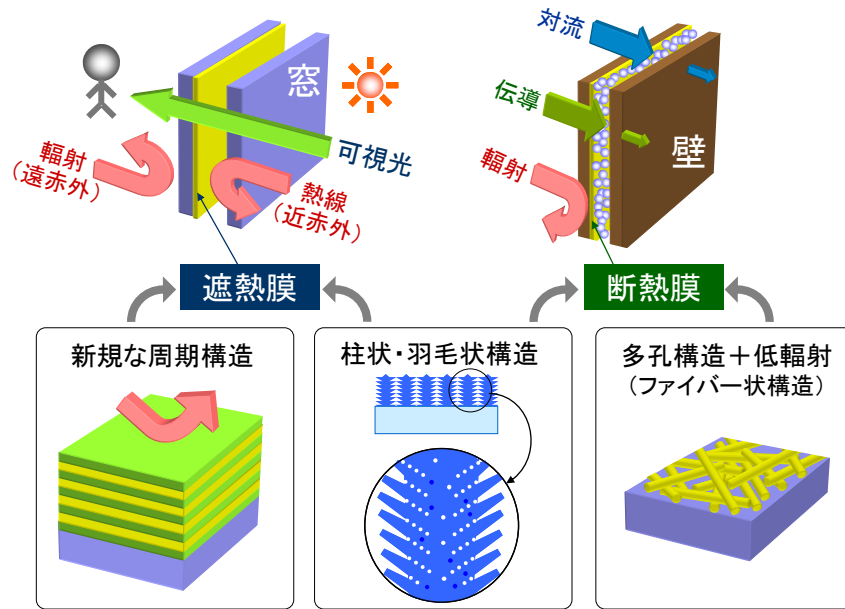


「格子振動」による伝導を抑制 ←ナノ多孔構造により、固体の接触面積を低下させ熱抵抗を増大
「対流」による伝導を抑制 ←ナノ多孔構造により、対流空間を気体分子平均自由行程以下に減少

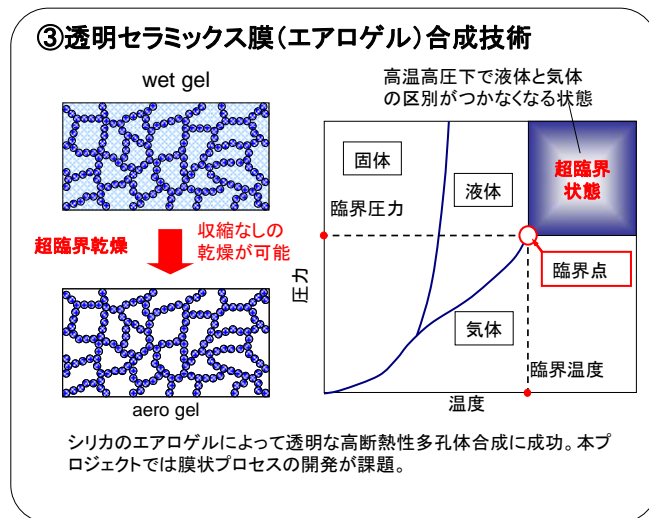
水ガラスを油性溶媒および界面活性剤と共に攪拌混合してコロイド状態にした後に、沈殿、乾燥の処理によって水成分が抜けたほぼ球形のナノ多孔体粒子を合成させる。今回の開発では粉体の良好な流動性が得られる最小の粒子径である5-10ミクロンの径の粒子を開発する。また粒子の断熱性と耐圧縮性のバランスから、多孔率85-90%程度の粒子の合成を行う。

図Ⅲ.1.2-2 ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発



図Ⅲ.1.2-3 透明セラミックス膜(エアロゲル)合成技術



「格子振動」と「対流」による熱移動を抑制 ←ナノ多孔構造の制御による効果
 「透明性」の実現 ←光の波長より小さいナノオーダーの孔径をもつ多孔質フラクタル構造
 光吸収の小さいシリカなどを母構造とする。ナノオーダーの多孔構造を形成する手法として、ゾルゲル法、エアロゲル法およびメチル化キセロゲルによる方法の3つの手法について検討する。

1.3 成果の概要

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

熱伝導精密測定装置（保護熱板法）を導入し、断熱材に用いる要素材料の小さな熱伝導率の値を正確に測る技術、および温度や真空度との関係曲線を精密に測定する技術をほぼ確立した。図Ⅲ.1.3-1 に示すように、水ガラスを原料としてシリカからなる多孔質セラミックス粒子を合成し、同粒子（粉末）の構造解析、熱伝導率等の特性の測定等を行い、約 1Pa 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。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

図Ⅲ.1.3-2 に成果の概要を示す。

EB-PVD 法により、ZnO:Ga インゴットを用いた成膜により、ZnO:Ga 膜の合成に成功し、可視光透過率、赤外反射率、ヘイズ率について中間目標をクリアすることができた。また、ZnO インゴット、Al₂O₃ インゴットを用いた 2 元蒸着により、ZnO:Al 膜の合成に成功した。

通電加熱法により ZnO 焼結体への通電加熱による新規な成膜方法により、輻射を抑えた超断熱壁材料として期待できる ZnO ナノファイバーの合成に成功した。

反応性スパッタリング法をベースとした Zn ターゲットおよび Al ターゲットによる二元同時成膜により、高キャリア濃度の ZnO:Al 膜の合成に成功するとともに、Al 添加割合の調整によって導電性および赤外反射特性の制御が可能となることが分かった。

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発

テトラメトキシシラン(TMOS)またはメチルシリケートをシリカソースとして、溶媒であるエタノール中へ溶解させ、アンモニア水を触媒として加え、加水分解および重縮合させ湿潤ゲルを合成し、続く超臨界乾燥法（流通式超臨界乾燥法）によって、図Ⅲ.1.3-3 に示すような、10cm 角のエアロゲルを安定の合成できる合成法をほぼ確立した。

メチル基を含むアルコキシシランを出発物質とするゾルーゲル反応により、超臨界乾燥を用いなくてもエアロゲル（超臨界乾燥ゲル）と同等な細孔構造を有し、かつ同等な可視光透過性、熱伝導特性、物性を示す、メチル化キセロゲルの作製方法を確立した。

④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

壁材料については、図Ⅲ.1.3-4 に示すように、ガスバリア性と成形性を両立できる Al 箔ラミ

ネットフィルムを選択、また 220×220×t10mm の 1 面取用金型および 4 セグメント用金型の作製、真空チャンバー内は到達真空度 1.3Pa 以下を可能とする仕様とした真空封入装置の納入を経て、セラミックス多孔質粒子（粉末）を要素材とした真空断熱材を作製し、ピロー形状や容器形状両方の真空断熱材を作製できることが確認できた。

また、窓材料については、考案したガラス真空複合化装置の基本構造と製作方法で 220mm 角ガラス複合サンプルを試作し、図Ⅲ. 1. 3-5 に示すように、中間目標値である熱貫流率 1.0 を下回る値を実現した。試作サンプルの熱貫流値の経時変化がないことから作製後の真空度変化は認められない。真空ガラス貼り合わせ装置を導入し、最大 320mm 角のサンプルを目標真空度で、精度の良い試作を可能にした。

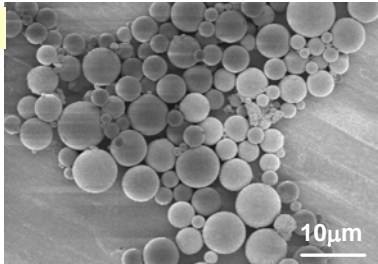
⑤超断熱壁材料の開発

超断熱壁材料に用いる多孔質ナノセラミックス粒子の商業生産可能な価格での量産を行なうために量産設備の設計と製造原価の積算を行なった。図Ⅲ. 1. 3-6 に示すように、設計した量産設備を用いて 1000 トン/年以上の生産規模での粒子製造コスト 750 円/kg という目標は十分達成可能との結論を得た。

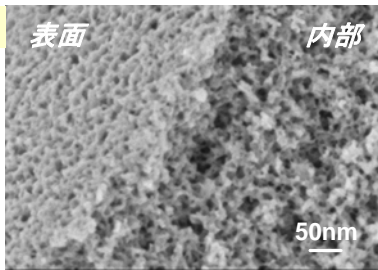
図Ⅲ.1.3-1 ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

格子振動および対流の熱伝導を抑制した
ナノ多孔質シリカ粉末を合成

粒子概観

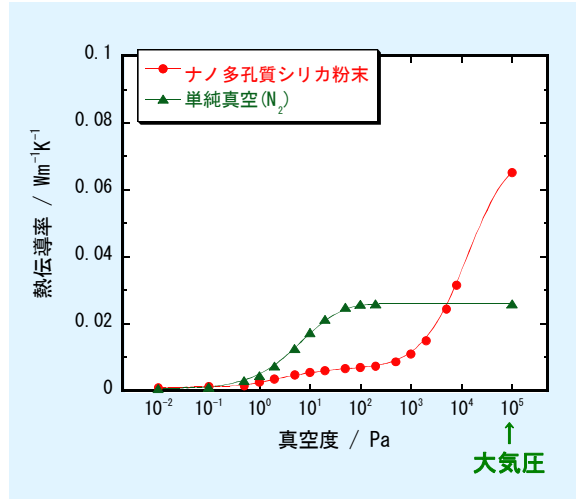


微細構造



真球状で、粒内部にナノ多孔を有する構造

ナノ多孔質シリカ粉末の熱伝導率の真空
度依存性を評価

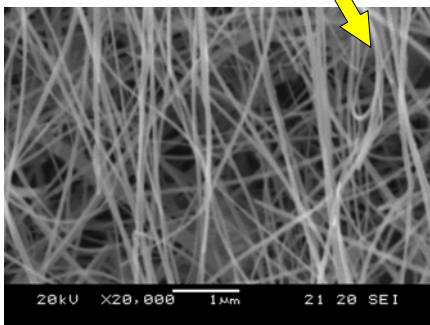


1Paで熱伝導率0.002W/mK以下

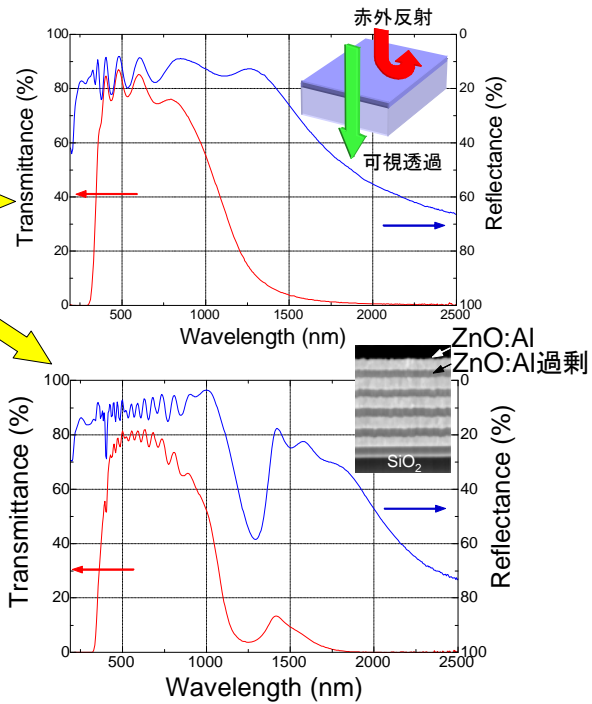
図Ⅲ.1.3-2 ②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

ZnO系 透明導電膜の
ナノ構造制御

- ・EB-PVD法による赤外反射の発現
- ・Al周期ドープによる熱線反射
- ・ZnOナノファイバー合成

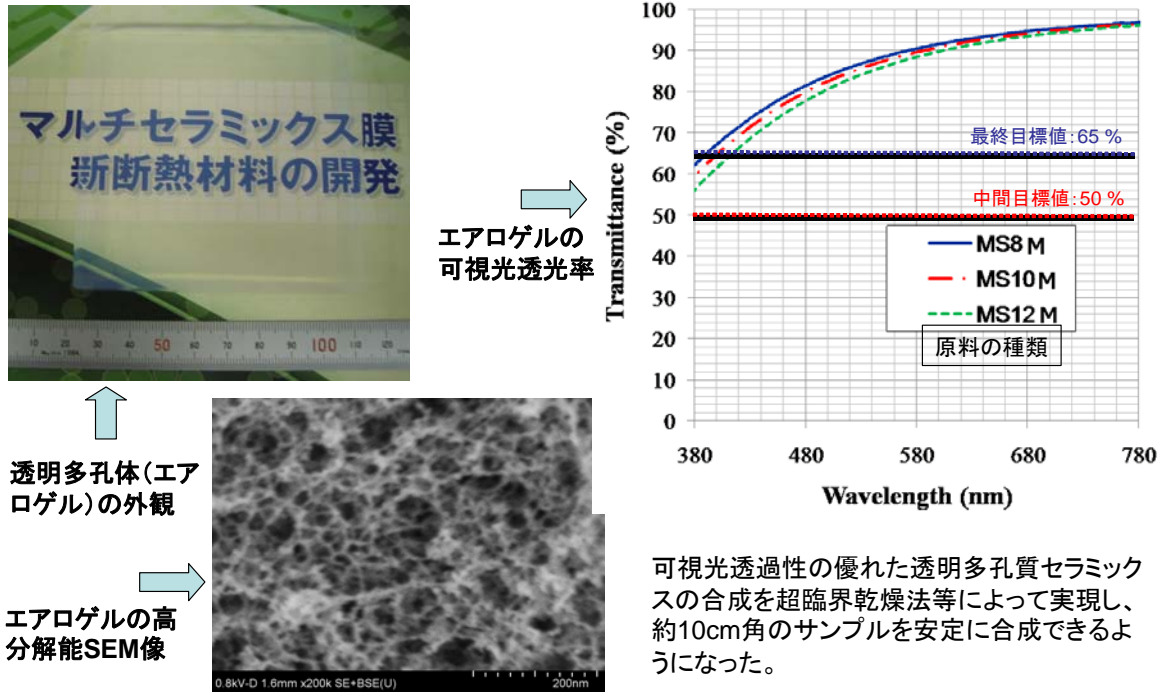


→超断熱「壁」へ



→超断熱「窓」へ

図Ⅲ.1.3-3 ③透明多孔質セラミックス合成技術の開発



図Ⅲ.1.3-4 ④-1 壁材料の複合化技術および真空セグメント化

1) 開発目標及び中間成果

超断熱壁材料開発のため、①および②で開発した要素技術を用いて、複合化・真空化・セグメント化技術を確立する。

検討項目	中間目標	中間成果	最終目標
圧力	10Pa	<0.01Pa (チャンバー内)	—
熱伝導率	—	0.010W/mK	0.002W/mK
熱貫流率	—	今後評価	0.3W/m ² K
面積	10,000mm ² (セグメント化)	40,000mm ² 以上 (セグメント化は検討中)	90,000mm ² (セグメント化)

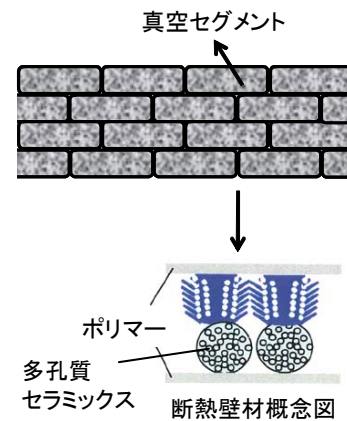
2) 成果の概要

真空封止装置の導入とサンプル試作

- ・チャンバー内圧力10Pa以下可能
- ・面積40,000mm²以上のサンプル試作

技術開発課題

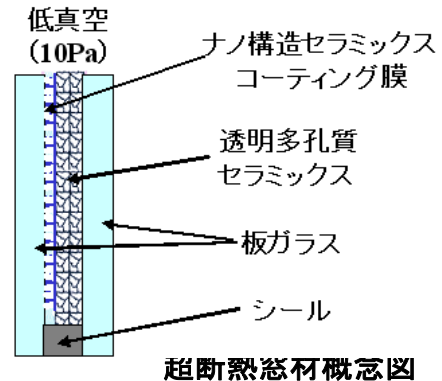
- ・熱伝導率は、最終目標値まで至らず。
→原因を究明して改善を図る。
- ・セグメント化は、今年度中に作製する。



図Ⅲ.1.3-5 ④-2 窓材料の複合化技術及び真空セグメント化技術の開発

1) 開発目標及び中間成果

項目	中間目標	最終目標	中間成果
熱貫流率(W/m ² K)	1.0	0.4	0.71
ヘイズ率(%)	2.0	1.0	4.2
断面積(mm ²)	2500	90000	10000 (90000)



2) 成果の概要

- ・熱貫流率(U値)、光透過率、面積では中間目標を達成した
- ・ヘイズ率は多孔質ゲルの改良によって改善を図る
- ・真空ガラス貼り合わせ装置の導入(21年度補正予算)によって、最大320mm角サンプルの試作が可能になった
- ・試作サンプルでU値の経時変化観察中(封着剤の耐久性確認)
- ・基本構造の問題点も抽出
 - ①予測値と実測値の解離(真空封入時の真空度の悪化?) → 原因の究明と対策
 - ②減圧時の接合材の引き込み → 断面構成の最適化

図Ⅲ.1.3-6 ⑤ 超断熱壁材料の開発

1) 開発目標及び中間成果

①、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と機械的強度を兼ね備えた超断熱壁材料を開発する。

項目	中間目標	中間成果	最終目標
多孔質セラミックス粒子製造プロセス	粒子の連続生産プロセス技術を確立する	量産可能であることを確認した	複合粉体の連続生産プロセスを確立する

2) 成果の概要

- 量産ラインの試設計と技術開発課題の抽出
- ・生産原単価の確認 ⇒ 原料等の問題なしを確認
 - ・表面処理工程が追加されたとしても目標到達可能
- 連続プロセスの基本設計
- ・基本フローの作製
 - ・テスト項目の認識と実験課題の策定
 - ・主要機器の実機による性能確認

1.4 基本計画に対する達成度

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

検討項目	中間目標	最終目標	到達値	達成状況
気孔率	85%以上	—	今後評価	今後検討
圧縮強度	20MPa以上	—	20MPa以上	目標達成
熱伝導率	1Pa以上の 雰囲気 0.002W/mK以下	10Pa以上の 雰囲気 0.001W/mK以下	10Paの 雰囲気 0.002W/mK	目標達成
輻射伝熱 低減率	—	70%以上	今後評価	今後検討
連続生産 プロセス	—	実現可能性を 実証	今後評価	今後検討

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

検討項目	中間目標	最終目標	到達値	達成状況
気孔率	1～70%	—	50%以上	目標達成
柱状構造	0.1～10 μ m	—	約1 μ m径 以下	目標達成
羽毛状構造	20～200nm	—	20～100nm (ファイバー径)	目標達成
赤外反射率	60%以上	70%以上	60.0% ($\lambda=1290$ nm) 81.0% ($\lambda=2500$ nm)	目標達成
可視光透過率	50%以上	65%以上	84.8%	目標達成
ヘイズ率	2%以下	1%以下	0.43%	目標達成
面積	2500mm ² 以上	10000mm ² 以上	10000mm ²	目標達成

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発

検討項目	中間目標	最終目標	到達値	達成状況
気孔率	90～95%	—	90～95%	目標達成
孔径制御	50 nm以下	—	50 nm以下	目標達成
圧縮強度	0.5 MPa以上	—	0.5 MPa以上	目標達成
熱伝導率	1Pa以上の雰囲気で 0.004W/mK以下	10Pa以上の雰囲気で 0.002W/mK以下	1Pa付近で 0.004～0.006 W/mK	(ほぼ達成) 輻射の寄与の解析
可視光透過率	50%以上	65%以上	80%以上	目標達成
ヘイズ率	2%以下	1%以下	5 %	表面の平滑化
面積	2500 mm ² 以上	90000mm ² 以上	10000 mm ²	目標達成

④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

④-1 壁材料の複合化技術および真空セグメント化

検討項目	中間目標	最終目標	到達値	達成状況
複合・封止・ 真空化技術	10Pa	—	< 0.01Pa (チャンバー内)	目標達成
熱伝導率	—	0.002W/mK	0.010W/mK	—
熱貫流率	—	0.3W/m ² K	今後評価	—
面積	10,000mm ² (セグメント化)	90,000mm ² (セグメント化)	40,000mm ² 以上	目標達成

④-2 窓材料の複合化技術及び真空セグメント化技術の開発

検討項目	中間目標	最終目標	到達値	達成状況
熱貫流率(W/m ² K)	1.0	0.4	0.71	目標達成
光透過率(%)	65	65	65	目標達成
ヘイズ率(%)	2.0	1.0	4.2	今後検討
断面積(mm ²)	2500	90000	10000 (90000)	目標達成

1.5 研究成果の集計

	H19	H20	H21	計
特許出願	0	3	(3) 作成中	3件
論文(査読付き)	15	18	0	33件
研究発表・講演	40	74	0	114件
受賞実績	4	3	0	7件
新聞・雑誌等への掲載	5	11	0	16件
展示会への出展	0	2	1	3件

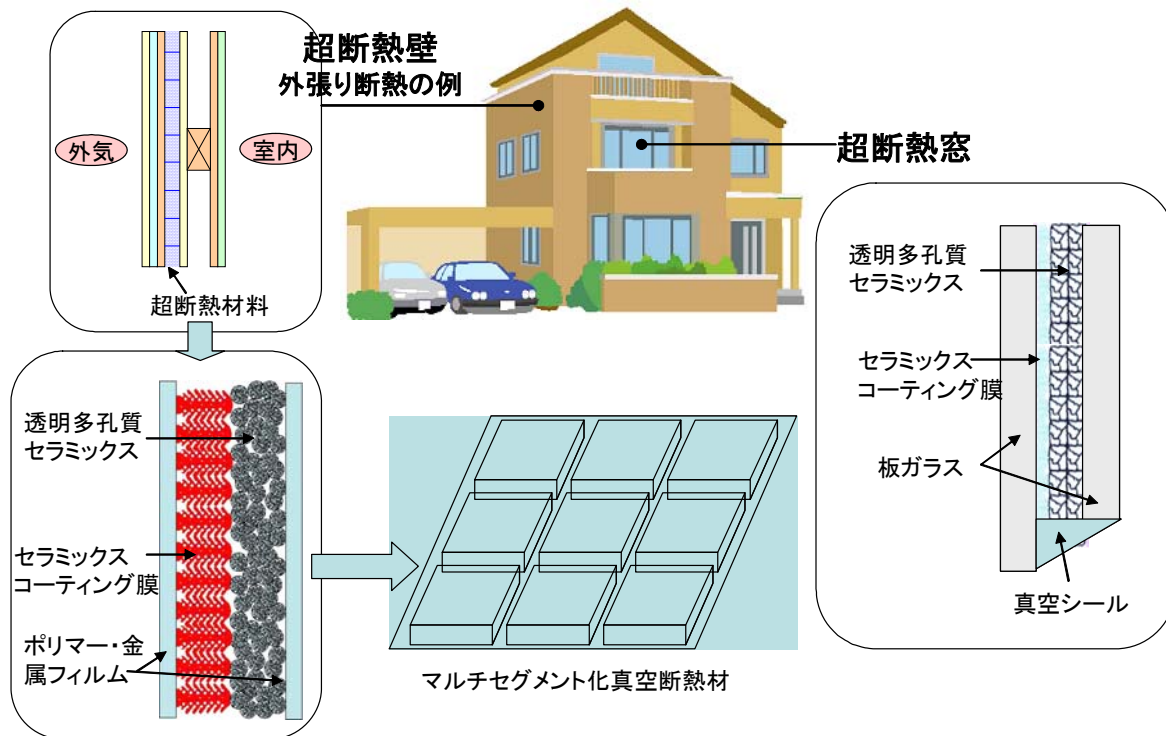
平成21年7月1日現在

IV. 実用化・事業化の見通しについて

IV 実用化、事業化の見通し

超断熱壁と超断熱窓の、住宅向けの実用化のイメージを下図に示す。セグメント化して施工性を高めた外張り断熱用のマルチセグメント化真空断熱材や、高い断熱特性と可視光透過性を両立した超断熱窓などが期待される。

住宅向け超断熱材料の実用化イメージ



ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

1. 目的

このプログラムは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする。

2. 政策的位置付け

○第 3 期科学技術基本計画（2006 年 3 月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進 4 分野）の一つに指定されていて、優先的に資源配分することとされている。
- ・我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

○「イノベーション 25」（2007 年 6 月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1. 生涯健康な社会形成」、「2. 安全・安心な社会形成」、「4. 世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5. 世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
 - ・学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
 - ・社会受容を促すための積極的な取り組み
 - ・知的財産確保のための戦略的な取り組み

○「経済成長戦略大綱」（2006 年 7 月財政・経済一体改革会議）

- ・「我が国の国際競争力の強化」の取り組みとして、高度な部品・材料産業やモノ作り中小企業の強化が掲げられている。
- ・「技術戦略マップ」の活用等により、ユーザー企業との垂直連携による研究開発を推進することを通して、我が国経済発展の基盤である高品質、高性能な部品・材料産業の強化を図ることが今後の取組として記載されている。

○「新産業創造戦略 2005」（2005 年 6 月経済産業省）

- ・部材分野は、新産業群の創出を支える共通基盤技術として位置づけられている。
- ・「高度部材・基盤産業」の集積を形成していることが、「ものづくり」に不可欠な基盤技術のネットワーク化を通じた現場レベルでの迅速かつ高度な摺り合わせを可能としており、我が国「ものづくり」の強みの源泉となっていると記載されている。

3. 達成目標

- ・世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した非連続な技術革新を実現する。
- ・我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに部材産業の付加価値の増大を図る。
- ・ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
- ・希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

4. 研究開発内容

[プロジェクト]

I. ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

(1) 異分野異業種融合ナノテクチャレンジ（運営費交付金）

①概要

革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種異分野の連携で行う部材開発に対して支援を行い、燃料電池、ロボット、情報家電、健康・福祉・機器・サービス、環境・エネルギー・機器・サービスの5分野に資するキーデバイスの実現を目指す。

②技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2011年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確立し、実用化を図る。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) ナノテク・先端部材実用化研究開発（運営費交付金）

①概要

新産業創造戦略の趣旨に則り、革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種・異分野の連携で行うデバイス化開発の支援を行うため、

○ナノテクノロジー活用による材料・部材の高度化を図る先導的研究開発（ステージⅠ）

○ナノテクノロジー研究成果の部材等への課題設定型実用化により目指した開発支援（ステージⅡ）

について提案公募を実施する。

②技術目標及び達成時期

2010年頃に想定される半導体微細加工の限界を克服するため、分子・原子を1つずつ制御し部品部材に組み上げる「ボトムアップ型」のナノテクノロジーなど革新的なナノテクノロジー等の活用により、情報家電・ロボット、燃料電池等新規産業5分野等において、従来の性能・効率を大幅に改善するナノテク・先端部材技術を開発し、我が

国が優位にあるナノテクノロジーを基盤とした国際的な産業競争力を強化することを目標とする。

③研究開発期間

2005年度～2011年度

II. 情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

(1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち新材料・新構造ナノ電子デバイス

①概要

ナノエレクトロニクスは、ナノテクノロジーの最大の応用領域の一つであり、デジタル・デバイスのCMOS構造というアーキテクチャは、優れた工学概念である。また、これまでの半導体技術の微細化に基づく高集積化・高速化・低消費電力化の追求は、シリコン材料をベースとするプレーナ構造を基本とした微細加工プロセスの高度化にあった。

しかし、さらなる微細化によるデバイスのパフォーマンス向上は物理的限界に直面しつつあり、問題は、FETを、シリコン材料をベースとして作製することにより現出していると考えられる。

そのため、次世代の電子デバイスのために「シリコンで培った微細化技術やデバイス原理をこれまで同様に活用しながら、シリコンという材料の物理的限界を突破するための“新材料”や“新(デバイス)構造”を実現すること」、すなわち、「New Nano Materials/Structure on Silicon for “More Moore”」の半導体技術を、ナノテクノロジーを最大限に活用することによって研究開発を行い、将来の産業応用への目を見出していく取りかかりとする。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)(再掲)

①概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術 (GaN、AlNバルク結晶作製技術)

- ・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術 (エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト (運営費交付金)

①概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術 (電子の電荷ではなく、電子の自転=「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術) を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 三次元光デバイス高効率製造技術 (運営費交付金)

①概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発* (運営費交付金) (再掲)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

②技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発* (運営費交付金) (再掲)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを効率よく製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

②技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発* (運営費交付金) (再掲)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

Ⅲ. ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

(1) 次世代DDS型悪性腫瘍治療システムの研究開発事業（運営費交付金）（再掲）

（深部治療に対応した次世代DDS型治療システムの研究開発事業）

①概要

DDSのさらなる裾野の拡大、及び早期実用化を目指し、様々な外部エネルギー（機器技術）と薬剤技術を組み合わせることにより、比較的人体の深部にある臓器（肺、消化器）等のがんを対象としたDDS型治療システムの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

光線力学治療システムの前臨床試験の開始及び治療効果・安全性の検証と、超音波診断・治療システムの前臨床試験を可能とする薬剤及び装置の完成に関する開発を難治性がんの治療に向けて行う。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(2) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC（染色体の断片）を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル（数ナノグラム）から、12時間以内に染色体異常（増幅、欠失、コピー数多型等）を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析システムのプロトタイプを開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 分子イメージング機器研究開発プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

(3-1) 生活習慣病超早期診断眼底イメージング機器研究開発プロジェクト

①概要

細小血管の分子レベルでの代謝機能を非侵襲で可視化する細胞代謝イメージングを実現し、代謝異常を細胞レベルで観察することにより、循環器系疾患等の早期の診断・治

療を図る。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、ナノテクノロジーを活用した光学基盤技術等を確立することにより、細胞やタンパク質レベルの組織診断を可能とする機器を開発する。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

(3-2) 悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

①概要

良性・悪性の区別も含めた腫瘍の超早期診断を実現するため、悪性腫瘍に特異的に反応する標的物質を利用することにより生体細胞の分子レベルの機能変化を抽出・検出できる機器の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、全身で3mm、局所で1mmの分解能を有する分子イメージング機器を開発する。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

IV. エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化する。

(i) エネルギー制約の克服

(1) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料（CFRP）の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融（インフライトメルティング法）し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

①概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率（熱の伝わりやすさ）が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光（可視光）透過率が65%以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

①概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、 $20\text{Wh}/\text{Kg}$ の高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 発電プラント用超高純度金属材料の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) セラミックリアクター開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時（650℃以下）での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証（出力性能2kW/L等）を行う。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

(8) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト（再掲）

①概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法（クロール法）を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年

までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

③研究開発期間

2005年度～2008年度

(ii) 資源制約の克服

(1) 希少金属代替材料開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

希少金属は、特殊用途において希少な機能を発揮する一方で、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが必ずしもうまく機能せず、その供給停止は川下の経済成長の制約要因となり得るリスクを伴っている。近年、「コンピュータによる材料設計」、「ナノテクによる微細構造制御」等が飛躍的に向上した結果、従来出来なかった、「コンピュータによる最適制御設計による候補元素系の探索」、「結晶粒界、界面の制御等マイクロ構造の制御」等が可能となりつつあることから、こうした最先端技術を用いることで、希少金属の新たな代替／使用量低減技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、以下希少金属元素の使用原単位について現状と比較して以下の低減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能評価のためにラボレベルで提供できる（試料提供）水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等を少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕	〔使用原単位の低減目標値〕
・透明電極向けインジウム（In）	：現状から50%以上低減
・希土類磁石向けディスプロシウム（Dy）	：現状から30%以上低減
・超硬工具向けタングステン（W）	：現状から30%以上低減

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(iii) 環境制約の克服

(1) グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発

①概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要な新規なGSC（グリーン・サステイナブルケミストリー）プロセスを開発する。

②技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を大幅に削減、使わない革新的なプロセス及び化学品の開発や廃棄物、副生成物の大幅に削減できる革新的なプロセス及び化学品の開発を行う。

③研究開発期間

2008年度～2015年度

(2) 次世代高信頼性ガスセンサ技術開発 (運営費交付金) (再掲)

①概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー (COセンサー・メタンセンサー) を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性 (数百ppm以下の故障率)、低コストなCOとメタンのセンサーを開発する。

③研究開発期間

2008年度～2011年度

(3) 革新的膜分離技術の開発 (再掲)

①概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率 (省エネ) な分離技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、ナノテクノロジー等新技術を用いて新素材を開発し、高度な水質制御と高速処理を兼ねた膜ろ過システムを開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(4) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト (運営費交付金)

①概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や土壌処理、PFC処理/フッ素回収などの環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発* (運営費交付金) (再掲)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 高感度環境センサ部材開発*

①概要

ダイオキシンをはじめとする微量有害有機物質を高感度・高選択・安価・迅速に計測するため、分子認識部位として生体分子を用い、有害有機物質の結合の有無・量を直接電気信号に変換するセラミックスセンシング材料（電極材料）を用いたセンサ部材を開発する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、0.001ng・mlの濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

V. 材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

(1) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発（運営費交付金）

①概要

複合化金属ガラス（金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの）を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この

複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) 超ハイブリッド部材技術開発（運営費交付金）

①概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能（トレードオフ機能）を両立できる材料を、異種素材の組合せ（ハイブリッド化）により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場（ユーザー）から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト* (運営費交付金)

①概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ビレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発* (運営費交付金)

①概要

電界紡糸や熔融紡糸等により創製される極微細な繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化した革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ熔融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 次世代光波制御材料・素子化技術* (運営費交付金) (再掲)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

VI. ナノテクノロジー・部材分野推進共通基盤領域

ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析技術等の共通基盤の確

立とともに、信頼性、普遍性、安全性等のリスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援を相互的に推進する。

(1) ナノ粒子の特性評価手法開発（運営費交付金）

①概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション及び計測技術を確立するとともに、2010年までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ材料のリスク評価指針及びナノ粒子の管理指針の提言を行う。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(2) 高度分析機器開発実用化プロジェクト*（再掲）

①概要

燃料電池・情報家電・ナノテクといった先端新産業において、材料解析・性能評価・品質管理等で必要とされる超微量・超低濃度試料の分析技術の開発を行う。これら産業化の各フェーズに適した分析技術を開発することにより、先端新産業の事業化や製品の高付加価値化を図る。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに希ガスイオン源を搭載した集束イオンビームの開発、低加速・高分解能・高感度の元素分析用顕微鏡の開発、超微量試料用分離・分析技術の開発を行う。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

注：*印のある研究開発プロジェクトは2006年度より開始された新産業創造高度部材基盤技術開発の一環として実施しているもの。

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

〔技術戦略マップ〕

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテク・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進しているところ。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進する。

〔サンプル提供・実用化促進〕

- ・NEDOでは、実施するナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施しているところ。

〔基準・標準化〕

- ・ナノテクノロジーの標準化については、研究開発プロジェクトを推進する上で、適切な活動（国際規格ISO/IEC、日本工業規格JIS、その他）を実施し、我が国のナノテクノロジー分野の研究開発、産業活動の効率向上を図り、研究開発の成果が社会で普及する環境を整備する意味でも重要である。これまでの主な取組みについては、下記のとおり。
- ・2005年5月にナノテクノロジーの標準化に向けてISO/TC229の設立がされ、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「健康・安全・環境」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始された。
- ・また、2007年6月にシンガポールで開催された第5回総会以降、「材料規格」の分科会の設立に向けて対応しているところ。
- ・さらに、2006年9月にはナノテクノロジーに関する電気電子技術の標準化に向けてIEC/TC113が設立され、「用語と命名法※」、「計測とキャラクタリゼーション※」、「性能評価」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始されている。（なお、※はISO/TC229とのジョイントWGとなっている。）

〔広報〕

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。2002年に開催された第1回以降、出展者来場者ともに増加傾向にあり、近年は海外、とくにヨーロッパ・アジア等の出展が目立つようになってきている。

〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの社会受容に対する取組みは、ナノテクノロジーの産業化を推進するため、例えば工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響など、潜在的な課題に関する知見を蓄積する取組みが重要である。

- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」を開始し、工業ナノ粒子の有害性評価手法、また、そのリスク評価手法の確立を目標としたプロジェクトを開始しているところ。

〔人材育成〕

- ・経済産業省では、「製造中核人材育成事業」を実施しており、産学連携による波及効果の高い人材育成プログラムを開発、実践している。ナノテクノロジー関連の人材育成プログラムも複数実施しているところ。

（例）ナノテク製造中核人材の養成プログラム

概要：情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できず人材」を育成するもの。

- ・NEDOでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取り組みを実施している（NEDO特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施しているところ。

〔他省庁との連携〕

- ・総合科学技術会議／連携施策群において、「ナノバイオテクノロジー」「ナノテク研究推進と社会受容」が設置され、関係省庁と連携して実施しているところ。
- ・経済産業省が実施する研究開発プロジェクトにおいては、文部科学省など他省庁との連携の可能性について検討を行い、研究開発プロジェクトの立案、推進しているところ。

（例）ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発ーうち新材料・新構造ナノ電子デバイスプロジェクト、希少金属代替材料開発プロジェクト など

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

エネルギーイノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に5つの政策の柱毎に目的を示す。

1-I. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

1-II. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

1-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

1-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

1-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

2. 政策的位置付け

○ エネルギー基本計画（２００７年３月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

○ 新・国家エネルギー戦略（２００６年５月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

○ 第３期科学技術基本計画（２００６年３月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進４分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（２００６年３月総合科学技術会議）における「推進４分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

○ 経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

○ 京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

3. 達成目標

3-I. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

3-II. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

3-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

3-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30～40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

3-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

4. 研究開発内容

4-I. 総合エネルギー効率の向上

4-I-i. 共通

(1) エネルギー使用合理化技術戦略的開発（運営費交付金）

①概要

省エネルギー技術開発の実効性を高めるために、シーズ技術の発掘から実用化に至るまで、民間団体等から幅広く公募を行い、需要側の課題を克服し得る省エネルギー技術開発を戦略的に行う。

②技術目標及び達成時期

中長期的視点に立った省エネルギー技術戦略を構築し、技術開発の相互連携によりシナジー効果が発揮され技術開発が促進されるよう、超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の技術群に重点化して、省エネルギー技術戦略に沿った技術開発を戦略的に推進する。

③研究開発時期

2003年度～2010年度

(2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業（運営費交付金）

①概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

②技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

③研究開発期間

2000年度～

(3) 研究開発型中小企業挑戦支援事業（スタートアップ支援事業）

①概要

省エネルギー対策に資する中小企業の優れた技術シーズ、ビジネスアイデアの事業化による創業・新事業展開を促進するため、実用化研究開発に要する経費（原材料費、直接人件費、機械装置費、知的財産取得費等）の一部を補助するとともに、補助事業を行う中小・ベンチャー企業等に対して中小企業基盤整備機構によるビジネスプランの具体化・実用化に向けたコンサルティング等を一体的に実施

する。

②技術的目標及び達成時期

中小企業の技術開発を推進し、産業におけるエネルギー使用合理化技術の利用を図り、もって、中小企業の振興と経営の安定を促進する。

補助事業期間終了後2年後の採択企業の研究開発成果の事業化率50%を目標とするとともに、省エネルギー技術開発の高度化を戦略的に推進する。

③研究開発期間

2004年度～

(4) 地域イノベーション創出エネルギー研究開発

①概要

地域において新産業の創出に貢献し得るような最先端の技術シーズを基に、企業、公設試、大学等の研究開発資源を最適に組み合わせて形成された共同研究体が行うエネルギー使用の合理化並びに非化石エネルギーの開発及び利用に寄与する実用化研究開発の実施。

②技術的目標及び達成時期

研究開発終了後3年後における成果の事業化達成率30%以上を目標とする。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(5) イノベーション実用化補助事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

(6) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

4-I-ii. 超燃焼システム技術

(1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素（コークス）の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO₂排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

③研究開発期間

2008年度～2017年度

(2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発（運営費交付金）

①概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融（インフライトメルティング法）し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

②技術的目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、

カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(3) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発

i) 植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進する。具体的には、工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

③研究開発期間

2002年度～2009年度

(5) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）

①概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる（1）高級鋼厚板（高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼）溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術（高密度・清浄熱源溶接技術）、及びクリープ破壊、金属組織制御技術を基本とする溶接材料技術（クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた）の開発、（2）部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術（駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた）の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板（高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼）の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト

①概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法（クロール法）を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

③研究開発期間

2005年度～2008年度

(7) 革新的分離膜技術の開発

①概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率（省エネ）な分離技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2013年度末までに、現行の分離膜に比較して単位処理水量当たり50%のエネルギー削減を図る技術を確立する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(8) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発

i) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス (モノ作り) の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する (バイオリファイナリー) ための基盤技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

ii) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御 (デザイン化) することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水、廃棄物処理の基盤技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(9) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

①概要

化学産業はそれ自身が裾野の広い産業というだけでなく、自動車、IT機器等の川下製品の部材として産業界・国民生活の様々な分野に深く関連している。従って化学業界において、省エネポテンシャルの大きい有望な技術シーズがありながら民間だけでは十分な研究開発投資が行われていない技術について、戦略的な研究開発支援を実施することにより、化学産業のみならず、各種最終製品、他産業においてエネルギー効率の改善を促進する。

②技術的目標及び達成時期

2007年度までに、化学分野の生産プロセスや、製品等に関する環境に配慮した省エネルギー技術の革新に向けて、国内・国際市場の創出・拡大も見据えつつ、将来の発展が有望な技術に関する研究開発を行うことにより、化学産業のみならず、我が国の省エネルギー対策に一層寄与する。

③研究開発期間

2004年度～2010年度

(10) 高効率酸化触媒を用いた環境調和型化学プロセス技術開発プロジェクト

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、N-オキシ系触媒等の炭素ラジカル創生触媒を化学反応プロセスに適用し、製造工程の短縮や製造効率の向上を図ることで、温暖化効果ガスの排出抑制や省エネルギー効果など総合的なプロセスコストを低減させるため要素技術の開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2008年度までにカルボン酸、アルコール、ケトンなどの含酸素化合物製造プロセスに対し、N-オキシ系触媒を適用していくため、現状の触媒活性・選択性の向上、触媒の安定性・寿命の改善、触媒分離プロセスの効率化等を開発する。

③研究開発期間

2005年度～2008年度

(11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発

①概要

製造エネルギーの低減を図ることができる革新的な繊維製品製造技術の開発や、使用することでエネルギー消費の低減が可能となる新たな繊維製品を開発。

②技術的目標及び達成時期

2009年度までに、以下の開発を行う。

- ①炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発
- ②廃棄衣料のリサイクル技術及び高付加価値商品の開発
- ③排水処理における余剰汚泥の減容化技術開発
- ④次世代資材用繊維の開発
- ⑤ポリエチレンテレフタレート製造エネルギー低減技術の開発
- ⑥VOC含有廃棄物の溶剤回収及び再利用処理技術の開発

③研究開発期間

2005年度～2009年度

(12) 無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発（運営費交付金）

①概要

所用動力が少なく、汚泥発生も少ない嫌気性処理の利点と、良好な水質が得られる好気性処理の利点の双方の特長を生かし、かつ双方の欠点を克服した、省エネルギー性に優れた廃水処理技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、既存技術で廃水処理を行った際に発生する汚泥量の70%削減を実現し、廃水処理に要するエネルギーの70%削減を実現する廃水処理システムを開発する。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(13) 高効率ガスタービン実用化技術開発

①概要

省エネルギー及びCO₂削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンの実用化を目指し、大容量機(25万kW程度(コンバインド出力40万kW))の高効率化(52%→56%)のために1700℃級ガスタービンの実用化に必要な先端要素技術を適用した各要素モジュールの検証等を実施する。また、小中容量機(10万kW程度)の高効率化(45%→51%)のために有望とされている高湿分空気利用ガスタービンの実用化に必要な多段軸流圧縮機、多缶燃焼器等の開発を行うとともにシステムの信頼性等の検証を行う。

②技術的目標及び達成時期

1700℃級ガスタービン実用化技術開発：先端要素技術を活用した燃焼器、タービン、圧縮機等各モジュールの検証等を行い、送電端熱効率56%以上の達成が可能なことを確認する。

高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発：2011年までに軸流圧縮機の3.5%(空気重量比)吸気噴霧冷却技術、低NO_x燃焼技術(運用負荷帯で10ppm以下)等を開発すると共に、実機に近い条件での要素機器の信頼性・耐久性を確認する。

③研究開発期間

2008年度～2011年度

(14) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技術開発(運営費交付金)

①概要

紙パルプ産業では、環境に関する自主行動計画に基づき、2010年度までに製品当たり化石エネルギー原単位を1990年度比13%削減し、CO₂排出原単位を10%削減することを目指し、紙パルプ工程における省エネルギー対策を着実に進めているものの、より一層の省エネルギー対策を進めるためには、技術開発によるブレークスルーが必要となっている。紙パルプ産業は、エネルギー多消費型産業のひとつであり、紙パルプ工程での省エネルギー対策は波及効果が大いことから、紙パルプ工程におけるエネルギー使用合理化に資する技術開発を提案公募により実施する。

②技術的目標及び達成時期

京都議定書の第1約束期間中、又は、第2約束期間中を目途として実用化に至るような技術開発を行うことで、京都議定書の第1約束期間の目標を着実に達成するとともに、現在、検討が行われている第2約束期間に向けた省エネルギー対策の更なる深化を進めていく。

③研究開発期間

2005年度～2010年度

- (15) 発電プラント用超高純度金属材料開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発（4-V-iv 参照）
- (17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発（4-V-iv 参照）
- (18) 石油精製高度機能融合技術開発（4-V-ii 参照）

4-I-iii. 時空を超えたエネルギー利用技術

- (1) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh/Kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

- (2) イットリウム系超電導電力機器技術開発（運営費交付金）（4-IV-iv 参照）
- (3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト（運営費交付金）（4-IV-iv 参照）
- (4) 固体酸化物形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (5) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (6) 新利用形態燃料電池技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (7) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (9) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (10) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (11) 風力発電電力系統安定化等技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (12) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (13) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）

4-I-iv. 省エネ型情報生活空間創生技術

- (1) グリーンITプロジェクト（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展により、ネットワークを流れるデータ量が大幅に増加する中で、IT機器による消費電力量の大幅な増大に対応し、環境調和型IT社会の構築を図るため、個別のデバイスや機器に加え、ネットワーク全体での革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2012年度までに、IT機器・システムのエネルギー消費効率を2倍に向上させる基盤技術を開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費エネルギーが増大している中で、ネットワーク全体の消費電力量を抑制することが喫緊の課題であり、消費エネルギーの低減に大きく貢献するルータ・スイッチの高速化のための研究開発を実施するとともに、機器そのものの消費エネルギーを低減するための研究開発を実施する。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、1チャンネルあたり40Gbps超の通信速度に対応するトラフィック計測・分析・管理技術や40Gbpsのインターフェース、さらなる通信速度向上（100Gbps超）を実現するハードウェア技術、SFQ（単一磁束量子）スイッチに関する実現を可能とするための基盤技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 有機発光機構を用いた高効率照明の開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、蛍光灯に代わる高効率照明として有機EL発光機構を用いるための技術開発課題（発光効率、演色性、面均一性、生産コスト）等を明らかにし、それをブレークスルーしうる技術シーズを抽出する。

②技術目標及び達成時期

2009年までに現在一般に普及している蛍光灯照明に代わる高効率照明としての必要スペックを達成するとともに、次世代照明として同じく期待されているLEDとの差別化要素を技術的に達成し、大面積／高スループット／低コストで量産するプロセス技術を開発する。また、現在蛍光灯の間接・拡散照明が用いられている照明機器を代替する有機EL照明を実用的なコストで製造できる技術を確認する。

③研究開発期間

2007年度～2009年度

(5) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発（運営費交付金）

①概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率（熱の伝わりやすさ）が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光（可視光）透過率が65%以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを効率よく製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

②技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確認する。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原

理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(8) 高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、住宅における換気負荷を最小化することによって省エネルギーを達成するため、VOCセンサ及びモニタリング併用型換気システム等を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、VOCに対して高選択性・高感度性・即応性を有するVOCセンサ及びVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等を開発する。

③研究開発期間

2005年度～2008年度

(9) 革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、我が国鉄鋼業の約50%を占める建設市場において、建築物のメインフレームに高強度鋼を用いることで、①鉄鋼部材の軽量化（リデュース）とそれに伴う輸送効率の向上、②高強度化、非溶接化に伴う部材のリユース促進、③製造・施工の省エネ・省力化等を図る。

同時に、柔剛混合構造（高強度鋼とダンパーの組み合わせ）技術の確立、関連法規への対応等により、震度7にも耐えうる新構造システム建築物の建設が可能となり、我が国で大きなリスクである大規模地震災害から国民を守り、安心安全社会の実現に寄与する。

②技術目標及び達成時期

2013年度までに、最大規模の地震（震度7）に対しても倒壊・損壊しない建築物を高強度鋼（800N/mm²級鋼材）とダンパーの組み合わせによる柔剛混合構造により実現を図るものであり、国土交通省や民間企業と連携してこの建築物のメインフレームに必要な高強度鋼部材、接合法等の開発を行う。主な研究開発目標は以下の通りである。

・震度7弾性新構造システム開発

- ・ 高強度部材の製造技術開発
- ・ 超高強度接合部品開発
- ・ 高強度部材の接合技術開発

③研究開発期間

２００６年度～２００８年度

(１０) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

②技術目標及び達成時期

２０１０年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

③研究開発期間

２００６年度～２０１０年度

４－Ⅰ－Ⅴ. 先進交通社会確立技術

(１) エネルギーITS（運営費交付金）

①概要

平成１９年５月の「次世代自動車・燃料イニシアティブ」に基づき、運輸部門のエネルギー消費効率改善のため、自動運転・隊列走行技術、高度交通流制御技術等の省エネルギーに資するITS技術の開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

２０１２年度までにプローブ情報を利用した信号制御機能の実用化を図るとともに、２０２０年代に実用化が見通せる運転制御、隊列走行の基盤技術の確立を目指す。

③研究開発期間

２００８年度～２０１２年度

(２) 革新的次世代低公害車総合技術開発（運営費交付金）

①概要

大気環境・地球温暖化・エネルギー問題の同時解決に向けて、次世代の低公害車の技術開発を実施する。

特に、都市間の輸送に用いられる「都市間トラック・バス」を中心とした分野における要素技術の開発を自動車技術・燃料技術の両面から実施していく。

②技術目標及び達成時期

平成２０年度において、都市間の輸送に用いられる「都市間バス・トラック」を中心とした分野における次世代低公害車の要素技術を確立する。具体的には、以下のとおり。

- ・ 燃費向上率

貨物車 現行基準値に対して10%

乗用車 2015年基準値に対して20%

・排出ガス

貨物車 NO_x : ディーゼル重量車のポスト新長期(挑戦目標)規制値

PM : ディーゼル重量車のポスト新長期規制値

乗用車 NO_x : ガソリン車のポスト新長期規制値

PM : ガソリン車のポスト新長期規制値

③研究開発時期

2004年度～2008年度

(3) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発(運営費交付金)

①概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料(CFRP)の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

③研究開発時期

2008年度～2012年度

(4) 次世代構造部材創製・加工技術開発(次世代航空機用)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させるため、先進複合材料及び先進金属材料について部材開発、設計試作及び評価を実施することで、軽量化によりエネルギー使用効率を大幅に向上させる革新的な構造部材の創製・加工技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、複合材の構造健全性診断技術、チタン合金の創製・加工技術を確立するとともに、航空機用エンジンへの適用を目指し、耐熱・耐衝撃性に優れた複合材料を開発する。

③研究開発期間

2003年度～2012年度

(5) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発(運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー使用効率を大幅に向上し、環境対策にも優れた次世代の小型航空機用エンジンの開発にとって重要な要素技術の研究開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術、騒音、NO_x等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、インテグレーション技術、高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術の研究開発・実証を行う。

③研究開発期間

2003年度～2010年度

(6) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

①概要

航空機、自動車、鉄道、船舶等の輸送機械等における炭素繊維複合材の適用範囲を拡大し、省エネルギーの促進を図るため、先進的な炭素繊維複合材成形技術や、耐雷対策の低コスト化技術等の研究開発・実証を行う。

②技術目標及び達成時期

2013年度までに、従来の方法に比べ低コストであり、曲率の大きな部位の成形も行うことができるVaRTM（バータム）法等の炭素繊維複合材成形技術や、炭素繊維複合材を用いた製品の耐雷性能を低コストで確保する技術の研究開発・実証を行う。

③研究開発期間

2008年度～2013年度

(7) 燃料電池システム等実証研究（4-III-v参照）

4-I-vi. 次世代省エネデバイス技術

(1) パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーを進めるために、シリコンよりも材料特性に優れたワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス機器システムの基盤技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、ワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス技術を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 ーうち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発（運営費交付金）

①概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

- ・ 基板技術（GaN、AlNバルク結晶作製技術）
 - 口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。
- ・ エピ技術（エピタキシャル成膜及び計測評価技術）
 - 低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
 - 高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
 - 高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発（MIRAI）（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード（微細化レベル）45nm以細の次世代低消費電力半導体を実現するため、微細加工の基盤技術やマスク（半導体素子製造過程で用いる原板）の低コスト化・製造時間短縮に必要な基盤技術の開発等を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、マスク設計・描画・検査の各工程に共通的なマスクデータ処理技術、繰り返しパターンやパターン重要度を利用した描画・検査高速化技術等の基本的な開発及びEUVLマスク基盤技術として、許容欠陥の指標明確化、ブランクスの位相欠陥検査技術の確立等を完了する。

③研究開発期間

2001年度～2010年度

(4) 半導体アプリケーションチッププロジェクト（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、情報通信機器、特に、情報家電の低消費電力化を実現できる半導体アプリケーションチップ技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、情報家電の低消費電力化を実現できるアプリケーション

チップ技術を開発する。

③研究開発期間

2003年度～2009年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発 (CASMAT2) (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

②技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード45nm以降の半導体に対応するSoC(System on Chip)設計技術を開発する。具体的には、テクノロジーノード45nm以細の半導体の共通設計基盤技術開発として、DFM(Design For Manufacturing)基盤技術を中核とした設計及び製造の全体最適を確保する全く新しいSoC製造フローを開発する。

②技術目標及び達成時期

テクノロジーノード45nm以細のSoC開発において製造性を考慮した共通設計基盤技術を確立し、システムLSIデバイスの省エネルギーを実現するとともに、設計生産性を従来予想に比べ2倍にすることを目標とする。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

4-I-vii. その他

(1) 希少金属等高効率回収システム開発

①概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されている

ため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

②技術目標及び達成時期

- ・ 従来方法（乾式製錬）で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現（省エネルギー効果：原油換算で約78万kl/年削減）
- ・ 廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上（インジウム0%→90%、ニッケル50%→95%、コバルト0%→95%、タンタル0%→80%、タングステン90%→95%、レアアース0%→80%）

③研究開発期間

2007年度～2010年度

(2) 次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代衛星基盤）

①概要

国際商業市場における我が国衛星メーカーの競争力を強化するべく、次世代の衛星技術として期待されている、準天頂衛星システム※（移動中の利用者等に対し、米国が運用するGPSとの補完による高精度な位置情報等の提供を可能にする新システム）の構築に不可欠な基盤技術（産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等）の開発を行う。本プロジェクトの一部については、他部門と比較して需要増加の割合が高い運輸部門のエネルギー消費を抑制すべく、航空機、自動車、高速車両等の輸送機器の軽量化・効率化にも資する複合材料製造設計のための基盤技術を確立するためのものであり、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

※ 静止軌道と一定の角度をなす傾斜軌道に複数の衛星を配置し、見かけ上、常に天頂付近に最低1つの衛星を位置させるシステム。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、準天頂衛星システムの構築に不可欠な基盤技術（産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等）の開発を行う。

③研究開発期間

2003年度～2010年度

(3) 高効率重金属処理剤研究開発

①概要

重金属等によって汚染された土壌、飛灰、ばいじん、排水・廃液等を安全かつ経済的に処理する技術開発として、少量の使用で重金属等を安定的かつ効率的に捕捉できる複合金属汚染土壌のオンサイト処理に適した高性能の無機系重金属等処理剤及び自然環境への負荷が少ない新規有機系処理剤を開発する。

②技術的目標及び達成時期

2008年度までに、飛灰における金属選択性が高く安価な重金属等処理・回収剤及び排水中における亜鉛や6価セレンなどを処理できる重金属等処理剤を開発する。

③研究開発期間

2003年度～2008年度

4-Ⅱ. 運輸部門の燃料多様化

4-Ⅱ-i. 共通

- (1) イノベーション実用化補助事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-i 参照）
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-i 参照）

4-Ⅱ-ii. バイオマス由来燃料

- (1) 新エネルギー技術研究開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-iv 参照）
- (2) E3地域流通スタンダードモデル（運営費交付金）（4-Ⅲ-iv 参照）
- (3) バイオマス等未活用エネルギー実証事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-iv 参照）
- (4) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-iv 参照）

4-Ⅱ-iii. GTL等の合成液体燃料

- (1) 革新的次世代低公害車総合技術開発（運営費交付金）（4-I-iv 参照）
- (2) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験（運営費交付金）（4-V-ii 参照）
- (3) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）（4-V-ii 参照）

4-Ⅱ-iv. 燃料電池自動車および水素関連技術

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (2) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (3) 新利用形態燃料電池技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ参照）
- (4) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (5) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (6) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (7) 燃料電池システム等実証研究（4-Ⅲ-v 参照）

4-Ⅱ-v. 電気自動車

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）

4-Ⅲ. 新エネルギー等の開発・導入促進

4-Ⅲ-i. 共通

- (1) 新エネルギー技術研究開発（運営費交付金）

① 概要

新エネルギーの自立的普及に向けて、太陽光、風力、バイオマスなど新エネルギー分野でのイノベーションを促進すべく、高効率かつ低コストを目指した先進的技術開発を実施する。具体的には以下の研究開発を実施する。

- A. 革新的な太陽電池の開発を実施する研究拠点を形成し、海外との研究協力等を行いながら、超長期の視野に立って、飛躍的な性能向上を目指した太陽光発電技術の開発を推進する。（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）
- B. 中長期的に、より一層の高効率化と低コスト化を目指して、革新的な材料、構造等を採用した太陽光発電技術の開発を推進する。（太陽光発電システム未来技術研究開発）

- C. 2020年の目標発電コスト14円/kWhおよび太陽光発電システムの大幅な効率向上を実現すべく、未来技術研究開発などで得られた要素技術開発の成果の内、実用化が期待できる太陽電池作製に係る技術について課題を設定し早期実用化を助成する。(太陽光発電システム実用化促進技術開発)
- D. 電力供給源としての太陽光発電の信頼性を確立し、今後の太陽光発電システムの円滑な普及促進を図るため、太陽光発電システムの大量普及時に不可欠な性能評価技術やリサイクル・リユース技術等システムの共通基盤技術に係る研究等を実施する。(太陽光発電システム共通基盤技術研究開発)
- E. PVシステムの普及拡大のため、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の設備を有効利用しながら、認証制度にも資する複数台連系に係わる試験方法を確立する。(単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究)
- F. 風力発電技術の国際的な動向を把握しつつ、我が国の複雑地形における風力発電利用上の各種課題を克服するための基礎から応用までの技術について研究開発を行う。具体的には我が国の厳しい風特性を反映した風特性モデルの確立及び高々度風況観測を簡便に行うためのリモートセンシング技術の精度検証・評価を行う。

また、全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測による雷特性の把握、落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相関把握、上記を踏まえた効果的な落雷保護対策の検討及び実機規模での実雷による保護対策検証等を実施し、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。(次世代風力発電技術研究開発事業)
- G. 我が国特有の海上特性や気象・海象条件を把握し、これらの自然条件に適した洋上風況観測法や風力発電システムに関する技術開発とその実証を行なうと共に、環境影響評価システム手法を確立する。(洋上風力発電技術研究開発)
- H. バイオマスのエネルギー利用の促進を図るためには、発生地域が分散し、形状・性状が多種多様にわたるバイオマス資源を利用しやすい形態の有用エネルギーへ効率的に転換できる技術を開発する。(バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発)
- I. 世界的にもベンチャー企業による太陽光発電、新型風力発電、燃料電池、バイオ燃料分野におけるイノベーション活動が活発化していることを踏まえ、詳細目標設定・多段階選抜形の米国SBIR制度を参考に特定のキーテクノロジーに対するベンチャーのチャレンジを強力に支援する。(新エネルギーベンチャー技術革新事業)

② 技術目標及び達成時期

- A. 2050年までに「変換効率が40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み(7円/kWh)」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、変換効率40%超の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。
- B. 2020年頃に業務用電力料金並の発電コスト(14円/kWh、モジュール製造原価として75円/W程度)、2030年頃に火力発電の発電コスト(7円/kWh、モジュール製造原価として50円/W程度)の実現に向けた中・長期的な技術開発を行う。

- C. 2015年に向けて市場競争力を備えた本格生産・商用化を目指す。
- D. 2020年度の技術開発目標である発電コスト14円/kWhを目指し、中期的な視点での太陽光発電の普及拡大に資する。
- E. 2009年度末までに、電力系統側が受け入れ可能な、導入台数の制限のない能動型単独運転検出装置の試験方法を確立する。
- F. 2012年度までに、風力発電の基礎から応用までの技術について、国際的な動向を把握しつつ、我が国特有の気象・地形に起因する各種問題（風車耐久性等）を克服するための研究開発を行って、我が国の風車産業の振興に資するとともに、IEA RD&D WINDなどの最先端の国際的風力発電共同研究に研究成果を反映させる。
また、2012年度までに、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。
- G. 2013年度までに、我が国の海象・気象条件に適した、洋上風況観測システム、洋上風力発電システム及び環境影響評価の手法等の技術を確立する。
- H. 2004年度より、バイオマスエネルギー転換プロセスにおける各工程のボトルネックを抽出し、2008年度までに開発が完了するよう、それぞれのボトルネックをブレークスルーする要素技術開発を提案公募方式により実施する。更に、2005年度より2009年度まで、バイオマスのエネルギー転換・利用技術等の分野において2030年の普及を目指した新規な革新的技術を開発するための先導技術研究開発を提案公募方式により実施する。
- I. 潜在的なオプションの顕在化や関連産業分野の技術開発による技術革新により、新エネルギー導入促進技術オプションの多様化と経済性の向上に寄与する。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) 新エネルギー技術フィールドテスト事業（運営費交付金）

① 概要

2010年度の新エネルギー導入目標達成に向け、新技術を活用した太陽光発電及び太陽熱利用システムの有効性の検証、バイオマス熱利用システムの性能・経済性等の検証、風車立地に必要な高所の風況データの収集・解析など総合的な新エネルギーフィールドテストを実施する。具体的には以下のフィールドテストを実施する。

- A. 新技術を活用した太陽光発電システム等を設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。（太陽光発電新技術等フィールドテスト事業）
- B. 新利用形態の太陽熱利用システムや未利用分野においてシステムを設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。（太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業）
- C. 広く薄く賦存するバイオマスを、民間企業や研究機関等において研究開発が終了段階をむかえた高効率に熱利用できるシステムを設置し、設置場所の熱需要に合わせたフィールドテストを実施することにより、実運転におけるバイオマス熱

利用転換システムとしての課題抽出、解決を行い、早期実用化を図り、バイオマスエネルギーの導入促進を行う。(地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業)

D. 風力発電の導入目標(2010年度300万kW)を達成するため、共同研究事業者と大型風車の導入普及に必要な高所の風況データの収集・解析・評価を行い、公開する。(風力発電フィールドテスト事業)

② 技術目標及び達成時期

A. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。

B. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度に改訂する。また、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。

C. 一定レベルまで確立されたバイオマス熱利用技術について、性能や経済性等の状況・データを収集・分析し、熱利用システムの有効性を実証するとともに、これらの結果を公表することで汎用性の高い熱利用システムの確立し、2010年度のバイオマス熱利用の導入目標(308万KL)達成を目指す

D. 2010年度までに、高所の風況データの解析・評価を行い、導入普及に有用な資料の取りまとめを行い、これらの結果を風力発電事業者、研究機関や風力発電事業を計画している各種団体等に公開することにより、風力発電導入の素地を形成し、風力発電の導入を拡大する。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) イノベーション実用化補助金(運営費交付金)

① 概要

科学技術基本計画における戦略的技術領域・課題にかかる技術課題等で石油代替エネルギーの製造・生成・利用に資する実用化開発を行う民間企業に対し助成支援する。

② 技術目標及び達成時期

助成事業終了後3年以上を経過した時点で25%の実用化達成率。加えて、知的資産経営の方針に対する審査時の評価を通じて、「技術等の知的資産を活かす経営の下で収益拡大を図る(技術を経営、収益につなげる)」意識を普及させる。

③ 研究開発期間

2000年度～

(4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)

① 概要

産業界や社会のニーズに応える石油代替技術のシーズの発掘とその育成、並びに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の若手研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって石油代替効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

② 技術目標及び達成時期

独創性のある若手研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的石油代替技術の研究開発を促進する。本事業では革新的石油代替技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

③ 研究開発期間

2000年度～

4-III-ii. 太陽・風力

(1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

① 概要

新たな電力供給方式として地上において様々な用途への応用が見込まれ、また、長期的には将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システムの中核的技術として応用可能な太陽光発電無線送受電技術を確立するため、安全性等を確保しつつ、太陽エネルギーを効率良く伝送するための要素技術等について研究開発を行う。

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに高効率半導体増幅回路の開発、複数フェーズドアレイパネルの統合による精密ビーム制御技術の開発、高効率受電整流回路の開発を目指すことにより、無線送受電技術の高効率化を図る。

③ 研究開発期間

2008年度～2010年度

4-III-iii. 電力系統制御・電力貯蔵

(1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）

(2) 風力発電電力系統安定化等技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）

(3) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業（運営費交付金）（4-IV-v 参照）

4-III-iv. バイオマス・廃棄物・地熱等

(1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業（運営費交付金）

① 概要

離島(全域)におけるエタノール3%混合ガソリン(E3)の製造から給油までの大規模なフィールドテストを通じ、E3利用に関する社会システムモデルの構築と一般社会へ適用する際の技術課題の抽出を行う。

② 技術目標及び達成時期

2010年の「京都議定書目標達成計画」の導入目標(50万kl)に資するため、2009年度にE3利用の社会モデルを構築し、2011年度までにその検証を行う。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業（運営費交付金）

① 概要

地域に賦存する未活用の資源であるバイオマスをエネルギーとして有効活用するため、溶融ガス化等熱化学的変換技術による燃料化システムやメタンガス等生物化学的変換技術による燃料化システム等の実証試験事業、事業可能性調査等を実施し、利用ノウハウ等を蓄積、本格的なバイオマス等エネルギーの導入を推進する。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、バイオマス等の種別やエネルギー変換手法、更には地域特性を加味した一連のエネルギー転換システム毎のフィージビリティスタディや試験設備の設置により、バイオマス等の運搬・収集、エネルギー転換及びエネルギー利用に係るデータの収集、分析、評価を実施し、その結果をフィードバックすることによって本格的なバイオマス等エネルギーの導入を目指す。

③ 研究開発期間

2001年度～2009年度

(3) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（運営費交付金）

① 概要

バイオマスエネルギーの資源収集・運搬、転換、残渣処理、利用までの一連の利活用システムについての、各要素の連携の最適化を図るための実証を実施することによって、地域特性に適合した地域主導によるバイオマスの地産地消・地域循環型の先導的モデルシステムを構築することによりバイオマスエネルギーの導入を促進する。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、国内バイオマス資源の安定的かつ経済的な供給システム、最適なエネルギー転換技術、エネルギー転換後に発生する残渣の処理等の一連の地産地消型エネルギー転換システムについて、ノウハウ蓄積、課題抽出及びその対策方法の策定、技術確立を行う。また、ここで確立されたバイオマスエネルギーシステムは他地域への波及を先導する事例となることを目標とする。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

4-III-v. 燃料電池

(1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）

① 概要

自動車用、家庭・業務用等に利用される固体高分子形燃料電池（PEFC）の実用化・普及に向け、要素技術、システム化技術及び次世代技術等の開発を行うとともに、共通的な課題解決に向けた研究開発の体制の構築を図る。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、固体高分子形燃料電池の経済性・耐久性の向上や高性能

化のための技術開発を行い、燃料電池の普及段階へ向けて必要な基本的技術を確立する。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

(2) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）

① 概要

燃料電池の基本的反応メカニズムについての根本的な理解を深めるために、高度な科学的知見を要する現象解析及びそのための研究体制の整備を行い、現状の技術開発における壁を打破するための知見を蓄積する。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、燃料電池内における反応機構を電気化学（電極触媒反応、イオン移動、分子移動等）及び材料化学（溶解・腐食反応、錯形成反応、ラジカル反応、固相内拡散等）の観点から解明する。また、燃料電池新技術の性能を適切に評価・実証するための基本システムを構築する。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

(3) 新利用形態燃料電池技術開発（運営費交付金）

① 概要

ユビキタス社会に対応する燃料電池の実用化・普及拡大を図るため、小型可搬電源となり得る小出力燃料電池等の安全性確保等を目的とする基準・標準化研究開発及び燃料電池の用途開拓のための技術開発を行う。

② 技術目標及び達成時期

2010年までに、燃料電池の新利用形態、使用環境の拡がり等を考慮した高出力特性等の性能特性向上によって必要となる燃料容器等の周辺機器を含めたシステムの安全・環境基準の設定・標準化、規制緩和に資する試験データの取得、試験方法の開発及びこれらの規格・標準化に準じた新利用携帯用燃料電池技術を開発する。

③ 研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発（運営費交付金）

① 概要

高耐久性の水素透過型メンブレン（膜）を開発し、家庭用LPガス供給システムから高純度の水素を供給可能な高効率LPガス改質装置を開発する。

② 技術目標及び達成時期

2008年度までに、家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度の水素を供給する高効率かつ低コストでコンパクトなメンブレン型LPガス改質装置を開発する。

③ 研究開発期間

2006年度～2008年度

(5) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）

① 概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は発電効率が高く、分散型電源として期待されるが、実用化・普及のためには耐久性・信頼性向上、低コスト化等の課題を解決することが必要であり、材料開発や劣化要因解明など基盤的な要素技術の研究を行う。

② 技術目標及び達成時期

2012年度までに、①耐久性・信頼性の向上のための劣化要因解明等の基礎研究、②低コスト化のための材料等や高出力セルスタックの開発、③起動停止対応等の実用性向上のための技術開発を実施する。

③ 研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) セラミックリアクター開発（運営費交付金）

① 概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650℃以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/セル等)を行う。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）

① 概要

水素の製造・輸送・貯蔵等に係る機器やシステムについて、性能・信頼性・耐久性の向上や低コスト化を目指す水素利用技術の研究開発を行い、水素社会の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

② 技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素製造・貯蔵・輸送・充填に関する機器やシステムの信頼性・耐久性向上、低コスト化、性能向上等実用化検証や要素技術開発、及び当該技術を飛躍的に進展させることができる革新的技術開発や調査研究などを行い、その成果を産業界に提供することにより、水素エネルギー初期導入間近の関連機器製造・普及技術として完成させ、水素社会の真の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

③ 研究開発期間

2008年度～2012年度

(8) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業（運営費交付金）

① 概要

世界トップ水準の優れた研究者を中核に、国内外の研究機関・企業のバーチャルな連携の下、高圧水素貯蔵に比べよりコンパクトかつ効率的な水素貯蔵を可能とする水素貯蔵材料の性能向上に必要な条件等を明らかにすることにより、燃料電池自動車の航続距離の飛躍的向上を図る。

② 技術目標及び達成時期

2011年度までに、水素貯蔵材料の基本原則、さらには水素貯蔵能力の革新的向上に必要な条件を明らかにすることにより、水素をより安全・簡便・効率的かつ低コストに輸送・貯蔵するための技術基盤を確立する。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(9) 水素先端科学基礎研究事業（運営費交付金）

① 概要

水素の輸送や貯蔵に必須な材料に関し、水素脆化等の基本原則の解明及び対策の検討を中心とした高度な科学的知見を要する先端的研究を、国内外の研究者を結集し行うことにより、水素をより安全・簡便に利用するための技術基盤を確立する。

② 技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素脆化、水素トライボロジーの基本原則の解明及び対策の検討等を行い、水素をより安全・簡便に利用するための技術指針を産業界に提供する。

③ 研究開発期間

2006年度～2012年度

(10) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）

① 概要

燃料電池の導入・普及に資する基盤整備のため、製品性能の試験・評価手法及び国内外の基準・標準の確立を図る。

② 技術目標及び達成時期

2009年度を目途に、安全性等に係るデータを取得し、そのデータを基に試験・評価手法の確立、国際標準の確立、規制の再点検を三位一体で進める。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

(11) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）

① 概要

発電効率が高く、分散型電源として期待される固体酸化物形燃料電池（SOFC）の研究開発・実用化の促進のため、耐久性を始めとしたデータの取得・課題

抽出等のための実証を実施する。

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに、SOFCシステムの実証試験を数十～数百台規模で実施し、蓄積が不足している耐久性を始めとした実証データの取得・課題抽出等を行い、SOFC技術開発等へのフィードバックを行う。

③ 研究開発期間

2007年度～2010年度

(12) 定置用燃料電池大規模実証事業（運営費交付金）

① 概要

定置用燃料電池コージェネレーションシステムの実用化開発を支援するため、量産技術の確立と実用段階に必要なデータ収集を行う大規模実証を実施する。

② 技術目標及び達成時期

2008年度までに、定置用燃料電池を大規模かつ広域的に設置し、実使用条件下における耐久性等の運転データを取得・分析、コストダウンに向けた課題抽出を行い、製品改良へのフィードバックを行う。

③ 研究開発期間

2005年度～2008年度

(13) 燃料電池システム等実証研究

① 概要

実条件に近い中での燃料電池自動車等の実証走行や、高圧水素貯蔵システム、多角的な燃料供給システムの検証を進め、水素エネルギー社会における水素利用の課題等を抽出するとともに、燃料電池・水素に対する国民的理解の醸成を図る。

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに、実使用条件下における技術的課題を抽出するとともに、環境特性、エネルギー総合効率、安全性、耐久性等に関する基準・標準に資するデータを取得し、燃料電池自動車、水素ステーションの研究開発等へのフィードバックを行う。

③ 研究開発期間

2006年度～2010年度

4-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

4-IV-i. 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル

<新型軽水炉>

(1) 次世代軽水炉等技術開発

① 概要

2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性・経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに、次世代軽水炉の実現に必要な要素技術開発等及びプ

ラント概念の成立性について見通しを得るための概念設計検討を行う。

③研究開発期間

2008年度～2010年度（見直し）

<プルサーマルの推進>

(2) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

①概要

プルサーマルが当面のプルトニウム利用策として期待されていることを踏まえ、既存の軽水炉に比べ約3倍のプルトニウムを装荷することができる全炉心混合酸化物燃料原子炉に必要な技術開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、原子炉の開発に必要な設計、解析、試験等を行い、全炉心混合酸化物燃料原子炉技術を確立する。

③研究開発期間

1996年度～2011年度

<軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行のための技術開発>

(3) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

①概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。そのなかで、次世代再処理工場から発生する高線量回収ウラン等を既存軽水炉燃料製造施設で取扱可能とする、次世代再処理工場と調和可能な回収ウラン等の除染技術について、調査・基礎試験等を行い、商業的に利用可能な除染技術候補の検討等を実施する。選定された技術については、プロセス試験等を実施する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、回収ウラン等の除染プロセスの候補技術の洗い出し及び候補プロセス技術の基礎試験を終了し、次世代再処理技術との適合性の検証を行い、プロセス試験を実施すべき除染プロセス技術を選定する。

また、2015年までに、選定した除染プロセス技術について工学化規模でのプロセス試験を行い、商業的に利用可能な転換前高除染技術としての実効性を検証する。

③研究開発期間

2007年度～2015年度

<ウラン濃縮技術の高度化>

(4) 遠心法ウラン濃縮技術開発

①概要

我が国におけるウラン濃縮技術や生産能力の維持・向上のため、世界最高水準の性能を有するなど国際的に比肩し得る経済性と性能を有する新型遠心分離機を開発する。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、国際役務価格\$100/kg SWU相当を目指して、現在実用化している金属銅遠心分離機の約5倍という高い分離性能や同遠心分離器を上回る寿命など国際的に比肩し得る技術レベルを有する新型遠心分離機の開発を目指すとともに、最終仕様の新型遠心分離機を多数台用いたカスケード試験の実施により商用プラントとしての信頼性を確立し、運転要領の策定を行う。

③研究開発期間

2002年度～2009年度

<回収ウラン>

(5) 回収ウラン利用技術開発

①概要

六ヶ所再処理工場で回収される回収ウランを再濃縮し、再び軽水炉で利用するため、濃縮施設等既存施設への影響等を把握し、転換プロセスを中心とした回収ウラン利用技術を開発する。併せて劣化ウラン酸化固形化についても検討を行う。

②技術目標及び達成時期

2012年頃までに、劣化ウランの取扱・管理の容易さや貯蔵効率を向上させるための劣化ウラン酸化固形化（再転換を含む）技術の研究開発を行い、同技術に係る基礎プロセスを確立する。2015年度頃までに、再処理により回収される回収ウランの濃縮が可能な商用遠心分離機の設計を確定する。

③研究開発期間

2008年度～2015年度

<共通基盤技術開発>

(6) 革新的実用原子力技術開発費

①概要

原子力発電及び核燃料サイクルに関する革新的かつ基盤的技術であって実用化につながる研究開発テーマを競争的環境の下で広く提案公募方式により募集し、将来の原子力技術の発展及び技術の多様化につながる研究開発を行う。

なお、実施に当たっては、研究開発の特性に応じて既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野の3分野を設け事業を実施する。

②技術目標及び達成時期

2012年まで、既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野において個別テーマ毎に研究開発を実施する。

なお、既存技術分野は2008年度で終了となる。

③研究開発期間

2000年～2010年（見直し）

4-IV-ii. 高速増殖炉（FBR）サイクル

(1) 発電用新型炉等技術開発

①概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。具体的には、実証炉に必

要な要素技術のうち、設計・建設段階において必要となる実プラント技術として、格納容器設計技術、耐震性評価技術、高温材料設計技術、保守技術の試験等を実施する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証炉の概念設計へ反映しうる設計基準データ等の技術的根拠を得る。

③研究開発期間

2007年度～2010年度

(2) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発 (4-IV-i 参照)

4-IV-iii. 放射性廃棄物処理処分

(1) 地層処分技術開発

①概要

i) 地層処分共通技術開発

高レベル放射性廃棄物等の地層処分における共通技術として、今後段階的に進められる処分地選定の際に重要となる地質等調査技術の高度化開発を行う。

ii) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

高レベル放射性廃棄物処分に係る基盤技術として、人工バリア等の長期性能評価技術、処分場操業の際のオーバーパック溶接や搬送・定置等の遠隔操作技術の開発を行う。

iii) TRU廃棄物処分関連技術開発

TRU廃棄物の地層処分に係る基盤技術として、高レベル放射性廃棄物との併置処分の可能性も念頭に、TRU廃棄物に固有に含まれる核種の閉じ込め技術や人工バリア等の長期性能評価技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

i) 地層処分共通技術開発

2011年度までに、処分地選定の初期段階で必要となる地上からの調査技術のうち、特に沿岸域の環境や高精度での地下水評価等に係る調査評価技術の高度化・確証を行う。

ii) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

2011年度までに、人工バリア等の長期性能評価技術や遠隔操作等の工学技術について高度化を図り、幅広い地質環境に対応可能な技術選択肢と成立性を提示する。

iii) TRU廃棄物処分関連技術開発

2011年度までに、TRU廃棄物に固有に含まれるヨウ素129や炭素14の閉じ込め、高アルカリ環境下での人工バリアの性能評価等に関し、幅広い地質環境に対応可能なデータ・モデルの整備と技術選択肢の提示を行う。

③研究開発期間

1998年度～2011年度

(2) 管理型処分技術開発

i) 地下空洞型処分施設性能確認試験

①概要

TRU廃棄物や発電所廃棄物等の余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」の成立性確認のため、実規模大の空洞を利用した総合的な確認試験を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、実規模大の空洞内にコンクリートピット等からなる地下空洞型処分施設を構築し、施工性や初期性能の総合的な確認を行う。

③研究開発期間

2006年度～2011年

(3) 放射性廃棄物共通技術開発

①概要

i) 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

放射性廃棄物処分に係る国内外の最新知見の収集・分析、重要かつ基礎的な課題の抽出並びに研究を実施し、長期に及ぶ処分事業等を支える技術基盤の拡充を図る。

ii) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査

放射性廃棄物処分の安全評価に共通的な基盤情報として、生物圏における核種移行プロセスを評価するため、日本の風土を反映した核種移行パラメータ・モデルを整備する。

②技術目標及び達成時期

i) 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

2011年度までに、放射性廃棄物処分に共通的な重要基礎技術として、地質環境の長期安定性評価、人工バリアや岩盤の長期挙動評価等に係る知見を整備する。

ii) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査

2011年度までに、沿岸域の環境も含めたわが国表層環境への適用とTRU廃棄物に固有の核種等を考慮した、生物圏核種移行のモデルとデータベースを構築する。

③研究開発期間

2001年度～2011年度

4-IV-iv. 原子力利用推進に資する電力系統技術

(1) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)

①概要

世界的にも我が国が最先端の技術力を有する次世代高温超電導線材を活用し、経済社会の基盤となる電力の安定的かつ効率的な供給システムを実現するため、系統を適正に制御し、電力供給を安定化させるための技術及び発電電力を無駄なく輸送するための高効率な送電技術の確立を目指す。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、イットリウム系超電導線材を用いたSMES、電力ケー

ブル、変圧器実現のための重要な技術開発を行い、各機器の成立性を実証する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 高温超電導ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)

①概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

4-IV-v. その他電力供給安定化技術

(1) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)

①概要

大規模風力発電所等の普及拡大時において懸念される周波数変動等系統上の問題対策として、蓄電システムの併設による出力安定化技術を開発し、実態に応じたシステム稼働データの抽出や当該システムの有効性の検証を行う。

②技術目標及び達成時期

長期実証運転を強いられた大容量システムの耐久性や信頼性を評価するため解体分析調査を行うことにより、当該技術の有効性を検証するとともに、そのシステムを確立する。

③研究開発期間

2003年度～2008年度

(2) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)

①概要

大規模太陽光発電を電力系統に連系した場合に課題となる系統安定化対策やピーク対策のための技術等を開発するとともに、その有効性を実証する。

また、国内外の先進的な次世代技術の価格性能を比較することを通じて技術開発を加速する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、下記の実証研究を行い、その有効性を確認する。

(イ) 蓄電池等を組み合わせた出力変動抑制システムの有効性。

(ロ) 発電出力のピーク制御(午後のピーク帯へのシフト)の有効性。

(ハ) 大型インバータによる高調波抑制システムの有効性。

(ニ) 国内外メーカーの太陽電池モジュールの特性比較を行い、性能、経済性等を比較・検証。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）

①概要

蓄電池技術は、新エネルギーの出力安定化や燃料電池自動車（FCV）・ハイブリッド自動車（HEV）・電気自動車（EV）等の高効率次世代自動車に共通する重要なコア技術である。そこで、高性能蓄電システムに係る要素技術開発、新材料開発及び基盤技術の開発を行う。

A. 系統連系円滑化蓄電システム技術開発

B. 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

②技術目標及び達成時期

A. 2010年度末において、寿命10年、コスト4万円/kWh、1MW規模のシステムおよび要素技術の確立と2030年において寿命20年、コスト1.5万円/kWh、20～30MW規模の蓄電システムを見通せる技術開発。また、新エネルギー対応の充放電パターン等、基礎データの整備、大型化に伴う安全性や寿命等の評価手法の確立。

B. 2011年度末において、電池開発では、0.3kWhモジュールを作製し、重量エネルギー密度100Wh/kg、出力密度2000W/kg、寿命10年、コスト4万円/kWhを達成すること（条件：3kWhの組電池、100万台生産ベース）。電池構成材料及び電池反応制御技術の開発では重量エネルギー密度200Wh/kg、出力密度2500W/kg、コスト3万円/kWhを小型単電池で達成すること（上記と同条件）。たま、電池周辺機器開発では、格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を達成すること。さらに、重量エネルギー密度500Wh/kgを見通せる新規概念・構造の蓄電池基礎開発の他、劣化・寿命診断法、安全性評価などの各種試験法等の開発およびそれら共通基盤技術の基準・標準化。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 発電プラント用超高純度金属材料の開発（運営費交付金）

①概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。

また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

②技術目標及び達成時

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って

発揮できることを確認する。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

4-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

4-V-i. 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

(1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型／特別研究（運営費交付金）

①概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

③研究開発期間

2001年度～2012年度

(2) 石炭生産技術開発（クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部）

①概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、低品位炭の有効利用、石炭生産性の向上のための研究開発等を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、インドネシアにおいて低品位炭の有効利用を図ることを目標に、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を開発する。

③研究開発期間

2001年度～2009年度

(3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発（運営費交付金）

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセット

を完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発

①概要

我が国が開発・運用する多様な地球観測センサ（ASTER、PALSAR等）の地球観測データを用いて、石油・天然ガス等の安定供給確保のため、資源開発・探査、環境観測等に有効なデータの処理解析手法の研究開発を行う。また、地球観測データのような大容量のデータを容易に扱えるシステムの研究開発を実施することで資源開発・探査、環境観測を含む多様な分野でのリモートセンシングの利用拡大を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、資源開発・探査、環境観測等の分野における地球観測データ処理・解析技術の向上及び地球観測データの利用の拡大を図る。

③研究開発期間

1981年度～2010年度

(5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発（運営費交付金）

①概要

資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析の高次元解析を可能とするハイパースペクトルセンサの開発を行うとともに、軌道上におけるデータ取得の実証を行い、センサ技術の確立を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までにスペクトル分解能200バンド前後のハイパースペクトルセンサを開発し、地表面のスペクトル情報を取得して資源開発に有効なセンサ技術の実証を行う。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した合成開口レーダである次世代合成開口レーダ（PALSAR）の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

PALSARの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、レーダ技術の高度化（アンテナ指向の電子制御化、分解能の向上、多偏波観測等）を図る。

③研究開発期間

1993年度～2010年度

(7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した光学センサである資源探査用将来型センサ（ASTER）の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

ASTERの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、センサ技術の高度化（ポインティング機能の追加、分解能の向上、熱センサの搭載等）を図る。

③研究開発期間

1987年度～2010年度

4-V-ii. 石油・天然ガスの有効利用技術

(1) 石油燃料次世代環境対策技術開発

①概要

バイオマス燃料から製造した石油製品が自動車排出ガスに及ぼす影響、新たな自動車燃焼技術（自着火燃焼（着火までに燃料と空気を十分に混合し、その混合気体を点火プラグの使用なしで圧縮することにより着火させる燃焼法でNO_x排出低減、熱効率が高等の利点がある））に適応した燃料に関する技術開発を実施する。

また、建設機械、発電機等のオフロードエンジンの排ガスによる環境負荷低減や石油燃焼機器の効率的な利用を進めるための技術開発を実施する。

②技術目標及び達成時期

バイオマス燃料の利用時における、燃料と自動車エンジン技術の両面の影響評価を進め、技術的課題を解決し、運輸部門における燃料多様化を目指す。

また、オフロードエンジンの規制は欧米が先行していることから、2012年頃、欧米において規制強化が予定されている排ガス規制に対応した技術を確立し、我が国における規制強化に対応可能な燃焼技術を実現することを目指す。

③研究開発期間

2002年度～2011年度

(2) 石油精製高度機能融合技術開発

①概要

石油精製業を中心とする石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、単独企業のみでは達成困難なコンビナート域内の省資源、省エネルギーの向上を進めるため、異業種異企業間における限りある貴重なエネルギー資源の利用効率の高い生産技術に関し技術の開発・実証を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、我が国における他のコンビナートへの波及効果を含め、CO₂排出量を63万トン／年削減可能とする技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(3) 将来型燃料高度利用技術開発

①概要

省エネ、二酸化炭素削減効果が見込まれる燃料電池自動車の燃料である高純度(99.99%以上)水素を安定的かつ経済的に供給することは重要である。石油は、その長所として豊富な水素供給余力と安価な水素製造技術及び全国に展開した災害に強いガソリンスタンドを保有している。これら石油の長所を活かした水素供給システムの確立により、水素社会の早期実現に貢献するものである。本事業では、製油所からの高純度水素供給技術開発とガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発を行う。

②技術目標及び達成時期

コスト低減のため製油所におけるナフサから高効率(80%以上)な高純度水素製造を可能とする新たな技術を開発する。また、供給地のガソリンスタンドにおいて有機ハイドライドから高純度の水素を高効率(80%)に取り出すための水素発生装置を開発する。また、脱硫後の灯油硫黄分を検出限界以下の10ppb以下とする脱硫剤の開発を行うとともに、貴金属使用量を2-3wt%から0.5wt%以下まで低減しても、従来と同等の高い性能が維持できる改質触媒を開発する。さらに、膜分離型反応器を用いた99.99%高純度水素の製造効率を80%、4万時間の耐久性が期待できる水素製造システムを開発する。

③研究開発期間

2008年度～2010年度

(4) 革新的次世代石油精製等技術開発

①概要

原油価格の高騰・高止まりや原油の重質化と製品需要構造変化等の石油を巡る大きな環境変化のなか、連産品である石油製品を今後とも長期的に安定化かつ効率的に供給するためには、製油所の更なる高度化に向けた技術の開発実用化が必要である。このため、非在来型原油を含めた重質油を原料として、製油所におけるボトムレス化、余剰となる分解留分の高付加価値等のためのプロセスや触媒技術等の開発を行う。また、次世代の技術シーズ創出のため、これまでの技術とは異なる発想により我が国唯一の革新的な新規触媒研究、新規膜分技術研究、新規製造プロセス研究等を産官学の連携等により実施する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに重質油対応型高過酷度接触流動分解技術(HS-FCC)については、3千BD規模(商業レベルの1/10規模)の実証研究を通じ、プロピレン収率20%以上(既存技術4%程度)、将来不足が予想される高オクタン価ガソリン基材(RON98(既存技術92程度))の製造を可能とする技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

①概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサ素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジーおよびMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百PPM以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。

③研究開発期間

2008年度～2011年度

(6) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験（運営費交付金）

①概要

天然ガスの供給手段が存在せず（パイプラインはもとよりサテライト供給でも採算が合わないため）石油等の燃料に依存している地方都市部の中小規模の天然ガス需要に対し、天然ガスハイドレートを利用した、新たな輸送技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

従来 of LNGチェーンによる供給に係る投資コストに対し、そのコストを約1/4に低減する事が可能な天然ガスハイドレート（NGH）供給システムを2008年度までに確立する。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(7) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）

①概要

硫黄等を含まず排出ガスがクリーン、着火性が高いという特徴を有することから石油系燃料代替として期待されるGTLについて、天然ガス中に含まれるCO₂を除去せず、原料として積極的に活用することから、従来利用が困難であったCO₂を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO₂除去装置が不要であることによる生産設備コストの低減が可能、といった強みを有する我が国独自のGTL製造技術の確立を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証プラントによる運転研究（500バレル/日）を行い、商業規模でのGTL製造技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

- (8) 高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (9) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型／特別研究（運営費交付金）（4-V-i 参照）
- (10) 高効率ガスタービン実用化技術開発（4-I-ii 参照）

4-V-iii. オイルサンド等非在来化石資源の利用技術

(1) メタンハイドレート開発促進委託費

①概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2016年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

③研究開発期間

2001年度～2016年度

(2) 革新的次世代石油精製等技術開発（4-V-ii 参照）

4-V-iv. 石炭クリーン利用技術

(1) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

①概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- i. 酸素吹きによる石炭ガス化発電（IGFC）の開発実証
- ii. 化学吸収法によるCO₂の分離・回収技術の実証
- iii. CO₂を輸送するための船舶の設計
- iv. CO₂を貯留するための発生源近傍における貯留ポテンシャルやコストの評価
- v. 石炭ガス化からCCSまで一貫したトータルシステムの設計等を行う。

②技術目標及び達成時期

石炭ガス化については、2009年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスからCO₂の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。また、CCSについては、2016年度頃からCO₂地中貯留の実証試験に着手する。

③研究開発期間

2007年度～2012年度

(2) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

①概要

石炭火力発電から排出されるCO₂の削減技術について諸外国との実証普及事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

②技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、ゼロエミッション型石炭火力発電の実証プロジェクト（FutureGenプロジェクト）への参画を通じた石炭ガス化・発電技術、CO₂分離回収技術、CO₂輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。また、将来のCO₂の地中貯留に際しては、国民の正しい理解が不可欠であり、これを念頭においたゼロエミッション型石炭火力発電に係る普及啓蒙活動を積極的に実施する。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO₂を分離する装置が不要であることから、比較的 low コストで極めて大きなCO₂削減効果が期待できる。

③研究開発期間

2007年度～2016年度

(3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

①概要

従来の超々臨界圧火力発電（USC）は、蒸気温度の最高温度は630℃程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700℃以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術（A-USC）の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700℃級で46%、750℃級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレース需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

②技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700℃以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700℃以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

③研究開発期間

2008年度～2016年度

(4) 石炭利用技術開発（一部、運営費交付金）（クリーン・コール・テクノロジーの

研究開発の一部)

①概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭ガス化、無灰化技術による転換効率向上に資する技術や石炭からの水素製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、

- ・ 石炭から合成ガスや軽質オイルを併産する高効率な石炭部分水素化プロセス技術を20t/日のパイロットプラント規模で確立する(石炭部分水素化熱分解技術の開発)。

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)。

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的の石炭ガス化・燃焼技術開発)。

③研究開発期間

1995年度～2008年度(2008年度見直し)

- ・ 戦略的の石炭ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度
- ・ 石炭部分水素化熱分解技術 2003年度～2008年度

(5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

①概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

③研究開発期間

1999年度～2009年度

(6) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4-I-ii参照)

4-V-v. その他共通

(1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4-III-i参照)

- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-i 参照）
- (3) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (4) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (5) 新利用形態燃料電池技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (6) 高耐久メンブレン型LPガス改質装置の開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (7) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (9) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (10) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (11) 水素先端科学基礎研究事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (12) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (13) 定置用燃料電池大規模実証事業（運営費交付金）（4-Ⅲ-v 参照）
- (14) 燃料電池システム等実証研究（4-Ⅲ-v 参照）

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

5-I. 総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークアプローチの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

5-II. 運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

5-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

- 事業者支援補助金等による初期需要創出
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

5-IV. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

5-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用プログラム基本計画（平成16・02・03産局第6号）は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第8号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第10号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第12号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第11号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第13号）は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第14号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第9号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第17号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第12号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第13号）は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画（平成17・03・29産局第2号）は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・31産局第19号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第15号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第18号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第17号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・26産局第1号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・20産局第4号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成19・03・19産局第7号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・16産局第3号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・23産局第2号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。

(省エネルギー技術開発プログラム・革新的部材産業創出プログラム)

「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」基本計画

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

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、「省エネルギー技術開発プログラム」の一環として本プロジェクトを実施する。

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、または、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「革新的部材産業創出プログラム」の一環としても本プロジェクトを実施する。

住宅・ビル等の冷暖房によるエネルギー消費は日本の総エネルギー消費の約8%を占め、当該分野の省エネは日本全体の省エネにとって最も重要な課題の一つである。そのような状況の中、住宅・ビル等の断熱性を高めることは冷暖房エネルギーの削減に最も効果のある方法である。

住宅・ビル等の断熱材（壁・床等）には、断熱性が高いことはもとより、圧縮強度が優れ、軽量で、薄く、不燃性の断熱材料の開発が求められる。また、窓は壁等よりも熱損失が大きいため、高性能な断熱ガラスの開発も求められている。更に、住宅・ビルの省エネ以外にも、家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵などに用いる超断熱材料の開発が望まれている。

本プロジェクトでは、住宅やビルなどの冷暖房および家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵などにおける大幅な省エネ効果をもたらす画期的な断熱性能を示す（格子振動・対流・輻射のいずれの伝熱も抑える）壁材料および窓材料を実現するために、セラミックス、ポリマー、ガラスのナノテクノロジー・材料技術を駆使し、①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発、②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発、③透明多孔質セラミックス合成技術の開発、④複合化技術および真空セグメント化技術の開発、⑤超断熱壁材料の開発、⑥超断熱窓材料の開発を実施し、我が国の二酸化炭素削減と省エネルギーに大きく貢献することを目的とする。

(2) 研究開発の目標

詳細な数値目標については別紙の研究開発計画を参照のこと。

【共通基盤技術】

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

中間目標：気孔率が制御され、圧縮強度に優れ、低熱伝導率の多孔質セラミックス粒子を開発する。

最終目標：超断熱壁材料の開発に適した低熱伝導率、高圧縮強度の多孔質セラミックス粒子を開発する。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

中間目標：気孔率、柱状構造、羽毛状構造が制御され、圧縮強度が優れ、高反射率のナノ構造セラミックス膜を開発する。

最終目標：超断熱壁材料および超断熱窓材料の開発に適した高反射率、高圧縮強度、透明性のナノ構造セラミックス膜を開発する。

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発

中間目標：気孔率、気孔径が制御され、圧縮強度が優れ、低熱伝導率の透明多孔質セラミックスを開発する。

最終目標：超断熱窓材料の開発に適した低熱伝導率、高圧縮強度の膜状の透明多孔質セラミックスを開発する。

④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

中間目標：多孔質セラミックス粒子、ナノ構造セラミックス膜、透明多孔質セラミックスを、ポリマーまたはガラスによって複合・真空化する技術を開発する。

最終目標：壁用および窓用の超断熱材料を開発するための複合化・真空化・セグメント化技術を確立する。

【実用化技術】

⑤超断熱壁材料の開発

中間目標：超断熱壁材料に用いる粒子の連続生産プロセス技術を確立する。

最終目標：熱貫流率、圧縮強度などが優れた超断熱壁材料を開発する。

⑥超断熱窓材料の開発

最終目標：熱貫流率、光（可視光）透過率などが優れた超断熱窓材料を開発する。

（3）研究開発内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

【共通基盤技術】[委託事業]

- ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

【実用化技術】[助成事業（助成率：1／2以内）]

- ⑤超断熱壁材料の開発
- ⑥超断熱窓材料の開発

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO技術開発機構」という。）が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発において、NEDO技術開発機構が主体となって行うべき基礎的・基盤的研究開発であると判断される研究開発内容に示した①②③④の事業は委託により実施し、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される研究開発内容に示した⑤⑥の事業は助成（助成率1/2）により実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的および目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成19年度から平成23年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的および政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成21年度、事後評価を平成24年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

- ・ 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

- ・ 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

・知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 26 条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 2 号および 3 号に基づき実施する。

(4) その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程または成果に基づき開発したプログラム、サンプルもしくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDO技術開発機構に連絡する。

その際に、NEDO技術開発機構が申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成 19 年 3 月、制定。

(別紙) 研究開発計画

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

1. 研究開発の必要性

熱伝導の三要素（格子振動、対流、輻射）のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発には、まずナノ多孔体構造を有するセラミックス粒子合成技術の開発が必要である。ここで開発するナノ多孔体粒子は、その多孔性と粒子間接触点における熱抵抗により格子振動による熱伝導を抑えるだけでなく、対流空間を気体分子の平均自由行程以下にすることにより対流による熱伝導を抑える効果（より低真空下での断熱効果）が期待できる。また、ナノ多孔質粒子は断熱層として機能する他に壁材料としての応力を担う機能を有し、このことは真空断熱における熱橋（構造材を経路とする熱伝導）を低減できるという意味で応用面において極めて重要な利点を有する。さらに、ナノ多孔体粒子は原料や製造プロセスの観点から低コストであるという利点も有していると考えられる。

2. 研究開発の具体的内容

水ガラスを油性溶媒および界面活性剤と共に攪拌混合してコロイド状態にした後に、沈殿、乾燥の処理によって水成分が抜けたナノ多孔体粒子を合成させる。得られた粉末の構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性（応力-歪み曲線）等の測定を行う。それらの粉体性状および特性評価との関係で、上記の合成条件（組成、混合、沈殿等）の精密制御と最適化を行う。ナノ多孔体による断熱（格子振動と対流）のメカニズム（ナノ多孔構造との関係など）も解明する。上記の検討は、主にシリカ粒子（石英ガラス）の組成で行うが、さらには輻射を抑える機能のためのシリカに添加物を加えた新たな組成のセラミックス粒子あるいは、ナノ多孔質粒子粉体に微量の遠赤外線高吸収ナノ粒子を添加した複合粉体でも同様の検討を行う。

3. 達成目標

中間目標：粉末の粒子中の気孔率を 85%以上で制御し、粉末としての圧縮強度が 20MPa 以上、1Pa 以上の雰囲気での熱伝導率（輻射伝熱の寄与を除く）が 0.002W/mK 以下の多孔質セラミックス粒子を開発する。

最終目標：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。

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

1. 研究開発の必要性

熱伝導の三要素のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第二の材料開発は、ナノ構造を有するセラミックス膜のコーティング技術の開発である。ナノ構造セラミックス膜は、柱状かつ羽毛状といった特異なナノ多孔構造を有することから、熱伝導の三要素をすべて抑えることが期待できる。とくに羽毛状構造は、セラミックス結晶の反射板がナノオーダーで多層化された構造となっているため、輻射による伝熱を抑えるのに最も効果的な構造であることが期待できる。したがって、ナノ構造セラミックス膜は、超断熱壁および超断熱窓における輻射を抑えるために必要な材料であるということが出来る。

2. 研究開発の具体的内容

電子ビーム物理蒸着（PVD）法によるセラミックスコーティングは、強力な電子ビームによってセラミックスの原料（インゴット）を溶解させ、そこから蒸発した原子・分子状のセラミックスクラスターが基板上に堆積する際に、ナノオーダーの気孔（ポア）や隙間（ギャップ）を有する構造（柱状・羽毛状）を呈するといったメカニズムによって合成される。シリカ等の酸化物系セラミックスの原料を用いて、そのようなナノ構造膜が形成される合成条件（電子ビーム出力、基材の温度や回転等）を詳細に調べる。得られたセラミックス膜の構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性等の測定を行う。また、赤外線反射率や光（可視光）透過性などの光学的特性も検討する。

3. 達成目標

中間目標：（1）壁材料用として、気孔率が1～70%、柱状構造が0.1～10 μ m、羽毛状構造が20～200nmの範囲で制御可能とし、赤外線反射率が60%以上、面積が2500mm²以上のセラミックス膜を開発する。

（2）窓用材料として、気孔率が1～70%、柱状構造が0.1～10 μ m、羽毛状構造が20～200nmの範囲で制御可能とし、赤外線反射率が60%以上、光（可視光）透過率が50%以上、ヘイズ率が2%以下、面積が2500mm²以上のセラミックス膜を開発する。

最終目標：（1）壁材料用として、赤外線反射率が70%以上、面積が10000mm²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10000mm²以上のセラミックス膜を開発する。

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

1. 研究開発の必要性

熱伝導の三要素を抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第三の材料開発は、透明（透視性）多孔質セラミックス合成技術の開発である。透明多孔質セラミックスは、ナノオーダーの多孔質フラクタル構造を有し、透明体である（透視性を有すること）ことと、格子振動および対流による熱伝導を抑える効果の両立が期待できる。したがって超断熱窓用の材料として最適であると考えられる。

2. 研究開発の具体的内容

ゾルゲル法で可視光線の波長より十分細孔径の小さいシリカベースのウェットゲルを合成し、超臨界乾燥等の乾燥時の表面張力により構造破壊が発生しない方法で乾燥を行うと、収縮なしの乾燥が可能となり、ナノフラクタル多孔構造が形成される。得られた透明多孔質セラミックスの構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性（応力-歪み曲線）、光（可視光）透過率等の測定を行う。それらの特性評価との関係で、上記の合成条件（組成、混合等）の精密制御と最適化を行い、透明多孔質セラミックスの合成条件を明らかにする。

3. 達成目標

中間目標：気孔率が90～95%、孔径（平均値）が50nm以下で制御が可能、圧縮強度が0.5MPa以上、1Pa以上の雰囲気での熱伝導率が0.004W/mK以下（輻射の寄与を除く）、光（可視光）透過率が50%以上、ヘイズ率が2%以下、面積が2500mm²の透明多孔質セラミックス（膜状）を開発する。

最終目標：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90000mm²の透明多孔質セラミックス（膜状）を開発する。

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

1. 研究開発の必要性

(1) 多孔質セラミックス粒子およびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を発揮させるには、それらセラミックスをポリマー膜にて被覆（包装）し、内部を真空化する技術の開発が必要である。また、真空断熱材料の壁材料としての実用性を高めるためには、施工時に切断、穴明け等の加工が行われても優れた断熱性が維持できるように真空封止する空間をセグメント化する技術を開発する必要がある。

(2) 透明多孔質セラミックスおよびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を発揮させるには、それらセラミックスの両面をガラス板にて挟みこみ、透明多孔質セラミックスを封止した後、内部を真空に密閉化する必要がある。そして、高性能な窓用断熱材料を開発する基盤技術として、適正なガラス、透明多孔質セラミックス、ガラス板のスペックを設計するとともに、各々の材料の複合化（組み立て）、真空排気、封止する技術を開発する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 真空を長期間維持できるガスバリア性能および真空セグメント化するための成形性（賦形性）・接着性（融着性）の要求性能を満たす最適な構成材料を、ポリマー単層、ポリマー複層、ポリマー／無機複合層等の中から検討する。また、本研究開発の基盤技術として、多孔質セラミックス粒子をポリマー層等にて効率的に真空封止する技術、あるいは多孔質粒子粉末を柔らかい凝集体とし仮密閉したのち真空封止する技術等のプロセス技術を開発するとともに、長期間の断熱性能を維持するための真空封止材料およびその方法についても検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した壁用断熱材料の断熱性能を評価するとともに機械的物性についても評価を行う。

(2) 窓用断熱材料としての透明性、強度、生産性を考慮した設計を行う。また各々の材料の複合化（組み立て）においては、生産性、取り扱い性を考慮しガラス板の上で透明多孔質セラミックスを合成した後、もう一枚のガラス板を積層する方法、あるいはガラス板の中にて透明多孔質セラミックスを合成する方法等を検討する。さらに、ガラス板／透明多孔質セラミックス／ガラス板の構成にて組み立てて、封止する際の接着材料、接着方法および内部を真空化する技術を検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した窓用断熱材料の断熱性能を評価するとともに機械的物性についても評価を行う。

3. 達成目標

中間目標：(1) 真空下で効率的にナノ粒子粉体を取り扱う技術を確立して、内部が 10 Pa にて真空化された面積 10000 mm^2 、セグメント構造を有する壁用断熱材料を開発する。(2) 各々の材料の複合化

(組み立て)、封止化技術および真空化技術を確立し、内部が 10 Pa にて真空化された、熱貫流率 $1.0\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 、ヘイズ率が 2% 以下で、面積 2500 mm^2 の窓用断熱材料を開発する。

最終目標：(1) 熱伝導率 $0.002\text{ W}/\text{mK}$ 、熱貫流率 $0.3\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ で、真空部分が面積 90000 mm^2 、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 $0.003\text{ W}/\text{mK}$ 、熱貫流率 $0.4\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 、ヘイズ率が 1% 以下で、面積 90000 mm^2 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。

う。

研究開発項目⑤超断熱壁材料の開発

1. 研究開発の必要性

住宅における省エネルギーが今後ますます求められるが、現在の断熱壁材料の性能では不十分である。また、省資源の観点から、新築からリフォームへと市場転換が進められ、省施工型の住宅材料が重要となっている。そして、壁内空間へ発泡樹脂や繊維状断熱材を充填するといった従来の内断熱工法では、壁材の他に断熱材施工をしなければならないという問題がある。真空セグメント化された超断熱壁材が開発されれば、大きな省エネルギー効果、リフォームへの普及効果の他、防水透湿膜と同時施工などの大幅な工期短縮が期待できる。本研究開発項目では、①、②、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と機械的強度を兼ね備えた超断熱壁材料を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

多孔質セラミックス粒子、ナノ構造セラミックス膜等の開発材料を、真空状態に保持した状態でポリマー膜からなる表層にて被服（包装）した超断熱壁材料を作製する。その際の主要開発技術は、真空下におけるナノ粉体のハンドリング技術や真空封止セグメント化技術である。また、工業生産のための多孔質セラミックス粒子の連続生産プロセス、真空包装セグメント化プロセスもあわせて開発する。開発試作した超断熱壁材料について熱貫流率の測定等を行い、実用化に向けた課題（断熱効果、施工性等）を抽出する。また、省施工型断熱システム壁とするために、熱橋を避けるための支持材や壁構造についての要素技術開発も行う。

3. 達成目標

中間目標：超断熱壁材料に用いる多孔質セラミックス粒子の連続生産プロセス技術を確立する。

最終目標：ポリマー膜に開発素材を真空封止し、熱貫流率が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ 10mm 程度、面積が 1m^2 程度、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。

研究開発項目⑥超断熱窓材料の開発

1. 研究開発の必要性

住宅における窓、扉などの開口部は、全面積の30%程度しか占めていないにもかかわらず、熱の損失は非常に大きく、例えば冬の暖房時には約50%の熱が開口部から流出する一方で、夏の冷房時には約70%の熱が流入しており、次世代省エネルギー基準でも断熱の強化と日射の遮蔽が必須とされている。また、住宅の快適性の観点から、断熱における副次的な効果として防音効果も期待できる。本研究開発項目では、②、③、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と、窓ガラスの本質的機能である透明性を兼ね備えた断熱窓材料を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

透明多孔質セラミックス、ナノ構造セラミックス膜等の開発材料を中間層として用い、2枚のガラスの間に複層化する技術および真空排気・封止するための技術を開発する。まず初めに樹脂を用いた封着を試み、光学的特性（光（可視光）透過率、ヘイズ率等）や熱貫流率の測定を行い、断熱複層ガラスとしての特性評価を実施する。次に、ガラスフリットによる封着、ガラス寸法の拡大、厚みの低減など、最終実用化に向けた技術課題を抽出するとともに、課題解決に向けた方策の検討を行う。

3. 達成目標

最終目標：面積が3m²程度、熱貫流率が0.4W/m²K以下、光（可視光）透過率が65%以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を開発する。

事前評価書（案）

作成日		平成 19 年 2 月 14 日
1. 事業名称 (コード番号)	マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 (省エネルギー技術開発プログラム・革新的部材産業創出プログラム)	
2. 推進部署名	ナノテクノロジー・材料技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要: 本研究開発は、セラミックスのナノ多孔体構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造等からなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって、熱を伝える三要素（格子振動、対流、輻射）の何れも抑えるマルチセラミックス膜新断熱材料技術の開発を行い、住宅やビル等の冷暖房における大幅な省エネルギーを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料の実用化を目指すものである。 具体的な研究開発項目として、①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発、②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発、③透明多孔質セラミックス合成技術の開発、④複合化技術および真空セグメント化技術の開発、⑤超断熱壁材料の開発、⑥超断熱窓材料の開発を実施する。</p> <p>(2) 事業規模:総事業費 約 30 億円 (平成 19 年度事業費 3.2 億円)</p> <p>(3) 事業期間:平成 19 年度～23 年度 (5 年間)</p>	
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>① 事業自体の必要性</p> <p>二酸化炭素の排出量を削減するための省エネルギー技術開発が広く求められており、その中で断熱技術は最も直接的な省エネルギー効果が期待できる技術である。特に、住宅・ビル等の冷暖房によるエネルギー消費は我が国の総エネルギー消費の約 8%を占めるため、当該分野の省エネルギーは我が国全体の省エネルギーにとって最も重要な課題の一つである。このため、住宅・ビル等の断熱性を高めることは冷暖房エネルギーの削減に最も効果のある方法である。さらには、住宅・ビル以外にも、家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵などに用いる超断熱材料の開発が望まれる。</p> <p>② 上位政策との関係からみた位置付け</p> <p>本技術開発は、製造産業分野における部材分野の技術戦略マップにおいて、「環境・エネルギー分野－建築用部材」に位置づけられる。また、分野別推進戦略においては、エネルギー分野における重要な研究開発課題「省エネルギー対策の推進－住宅・建築物関連省エネルギー促進技術、断熱材の高性能化」に位置付けられる。さらに、ナノテクノロジー・材料分野の重要な研究開発課題「材料領域－高効率なエネルギー利用のための革新的材料技術」に位置付けられる。</p>	

(2) 研究開発目標の妥当性

〈目標〉

【共通基盤技術（委託事業）】

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

熱伝導の三要素（格子振動、対流、輻射）のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発には、まずナノ多孔体構造を有するセラミックス粒子合成技術の開発が必要である。ここで開発するナノ多孔体粒子は、その多孔性と粒子間接触点における熱抵抗により格子振動による熱伝導を抑えるだけでなく、対流空間を気体分子の平均自由行程以下にすることにより対流による熱伝導を抑える効果（より低真空下での断熱効果）が期待できる。また、ナノ多孔質粒子は断熱層として機能する他に壁材料としての応力を担う機能を有し、このことは真空断熱における熱橋（構造材を経路とする熱伝導）を低減できるという意味で応用面において極めて重要な利点を有する。さらに、ナノ多孔体粒子は原料や製造プロセスの観点から低コストであるという利点も有していると考えられる。

水ガラスを油性溶媒および界面活性剤と共に攪拌混合してコロイド状態にした後に、沈殿、乾燥の処理によって水成分が抜けたナノ多孔体粒子を合成させる。得られた粉末の構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性（応力-歪み曲線）等の測定を行う。それらの粉末性状および特性評価との関係で、上記の合成条件（組成、混合、沈殿等）の精密制御と最適化を行う。ナノ多孔体による断熱（格子振動と対流）のメカニズム（ナノ多孔構造との関係など）も解明する。上記の検討は、主にシリカ粒子（石英ガラス）の組成で行うが、さらには輻射を抑える機能のためのシリカに添加物を加えた新たな組成のセラミックス粒子あるいは、ナノ多孔質粒子粉末に微量の遠赤外線高吸収ナノ粒子を添加した複合粉末を開発する。

中間目標：平成 21 年度末

粉末の粒子中の気孔率を 85%以上で制御し、粉末としての圧縮強度が 20MPa 以上、1Pa 以上の雰囲気での熱伝導率（輻射伝熱の寄与を除く）が 0.002W/mK 以下の多孔質セラミックス粒子を開発する。

最終目標：平成 23 年度末

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。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

熱伝導の三要素のいずれも抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第二の材料開発は、ナノ構造を有するセラミックス膜のコーティング技術の開発である。ナノ構造セラミックス膜は、柱状かつ羽毛状といった特異なナノ多孔構造を有することから、熱伝導の三要素をすべて抑えることが期待できる。とくに羽毛状構造は、セラミックス結晶の反射板がナノオーダーで多層化された構造となっているため、輻射による伝熱を抑えるのに最も効果的な構造であることが期待で

きる。したがって、ナノ構造セラミックス膜は、超断熱壁および超断熱窓における輻射を抑えるために必要な材料であるといえることができる。

電子ビーム物理蒸着（PVD）法によるセラミックスコーティングは、強力な電子ビームによってセラミックスの原料（インゴット）を溶解させ、そこから蒸発した原子・分子状のセラミックスクラスターが基板の上に堆積する際に、ナノオーダーの気孔（ポア）や隙間（ギャップ）を有する構造（柱状・羽毛状）を呈するといったメカニズムによって合成される。シリカ等の酸化物系セラミックスの原料を用いて、そのようなナノ構造膜が形成される合成条件（電子ビーム出力、基材の温度や回転等）を詳細に調べる。得られたセラミックス膜の構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性等の測定を行う。また、赤外線吸収率や光（可視光）透過率などの光学的特性も検討する。

中間目標：平成 21 年度末

（1）壁材料用として、気孔率が 1～70%、柱状構造が 0.1～10 μm 、羽毛状構造が 20～200nm の範囲で制御可能とし、赤外線反射率が 60%以上、面積が 2,500 mm^2 以上のセラミックス膜を開発する。

（2）窓用材料として、気孔率が 1～70%、柱状構造が 0.1～10 μm 、羽毛状構造が 20～200nm の範囲で制御可能とし、赤外線反射率が 60%以上、光（可視光）透過率が 50%以上、ヘイズ率が 2%以下、面積が 2,500 mm^2 以上のセラミックス膜を開発する。

最終目標：平成 23 年度末

（1）壁材料用として、赤外線反射率が 70%以上、面積が 10,000 mm^2 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 10,000 mm^2 以上のセラミックス膜を開発する。

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発

熱伝導の三要素を抑えるマルチセラミックス膜の開発に必要な第三の材料開発は、透明（透視性）多孔質セラミックス合成技術の開発である。透明多孔質セラミックスは、ナノオーダーの多孔質フラクタル構造を有し、透明体である（透視性を有すること）ことと、格子振動および対流による熱伝導を抑える効果の両立が期待できる。したがって超断熱窓用の材料として最適であると考えられる。

ゾルゲル法で可視光線の波長より十分細孔径の小さいシリカベースのウェットゲルを合成し、超臨界乾燥等の乾燥時の表面張力により構造破壊が発生しない方法で乾燥を行うと、収縮なしの乾燥が可能となり、ナノフラクタル多孔構造が形成される。得られた透明多孔質セラミックスの構造解析、熱伝導率と真空度の関係曲線、圧縮特性（応力-歪み曲線）、光（可視光）透過率の測定を行う。それらの特性評価との関係で、上記の合成条件（組成、混合等）の精密制御と最適化を行い、透明多孔質セラミックス膜の合成条件を明らかにする。

中間目標：平成 21 年度末

気孔率が 90～95%、孔径（平均値）が 50nm 以下で制御が可能、圧縮強度が 0.5MPa 以上、1Pa 以上の雰囲気での熱伝導率が 0.004W/mK 以下（輻射の寄与を除く）、

光（可視光）透過率が 50%以上、ヘイズ率が 2%以下、面積が 2,500mm²の透明多孔質セラミックス（膜状）を開発する。

最終目標:平成 23 年度末

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 90,000mm²の透明多孔質セラミックス（膜状）を開発する。

④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

（1）壁材料への適用

多孔質セラミックス粒子およびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を発揮させるには、それらセラミックスをポリマー膜にて被覆（包装）し、内部を真空化する技術の開発が必要である。また、真空断熱材料の壁材料としての実用性を高めるためには、施工時に切断、穴明け等の加工が行われても優れた断熱性が維持できるように真空封止する空間をセグメント化する技術を開発する必要がある。

真空を長期間維持できるガスバリア性能および真空セグメント化するための成形性（賦形性）・接着性（融着性）の要求性能を満たす最適な構成材料を、ポリマー単層、ポリマー複層、ポリマー／無機複合層等の中から検討する。また、本研究開発の基盤技術として、多孔質セラミックス粒子をポリマー層等にて効率的に真空封止する技術、あるいは多孔質粒子粉末を柔らかい凝集体とし仮密閉したのち真空封止する技術等のプロセス技術を開発するとともに、長期間の断熱性能を維持するための真空封止材料およびその方法についても検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した壁用断熱材料の断熱性能を評価するとともに機械的物性についても評価を行う。

中間目標:平成 21 年度末

真空下で効率的にナノ粒子粉末を取り扱う技術を確立して、内部が 10Pa にて真空化された面積 10,000mm²、セグメント構造を有する壁用断熱材料を開発する。

最終目標:平成 23 年度末

熱伝導率 0.002W/mK、熱貫流率 0.3W/m²K で、真空部分が面積 90,000mm²、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）窓材料への適用

透明多孔質セラミックスおよびナノ構造セラミックス膜からなる材料に極めて優れた断熱性を発揮させるには、それらセラミックスの両面をガラス板にて挟みこみ、透明多孔質セラミックスを封止した後、内部を真空に密閉化する必要がある。そして、高性能な窓用断熱材料を開発する基盤技術として、適正なガラス、透明多孔質セラミックス、ガラス板のスペックを設計するとともに、各々の材料の複合化（組み立て）、真空排気、封止する技術を開発する必要がある。

窓用断熱材料としての透明性、強度、生産性を考慮した設計を行う。また各々の材料の複合化（組立て）においては、生産性、取り扱い性を考慮しガラス板の

上で透明多孔質セラミックスを合成した後、もう一枚のガラス板を積層する方法、あるいはガラス板の中にて透明多孔質セラミックスを合成する方法等を検討する。さらに、ガラス板／透明多孔質セラミックス／ガラス板の構成にて組み立てて、封止する際の接着材料、接着方法および内部を真空化する技術を検討する。さらに得られた低熱伝導率材料の断熱性能の計測技術の開発を行い、試作した窓用断熱材料の断熱性能を評価するとともに機械的物性についても評価を行う。

中間目標：平成 21 年度末

各々の材料の複合化（組立て）、封止化技術および真空化技術を確立し、内部が 10Pa にて真空化された、熱貫流率 $1.0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 、ヘイズ率が 2%以下で、面積 $2,500\text{mm}^2$ の窓用断熱材料を開発する。

最終目標：平成 23 年度末

熱伝導率 $0.003\text{W}/\text{mK}$ 、熱貫流率 $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 、ヘイズ率が 1%以下で、面積 $90,000\text{mm}^2$ 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。

【実用化技術（1/2 助成事業）】

⑤超断熱壁材料の開発

住宅における省エネルギーが今後ますます求められるが、現在の断熱壁材料の性能では不十分である。また、省資源の観点から、新築からリフォームへと市場転換が進められ、省施工型の住宅材料が重要となっている。そして、壁内空間へ発泡樹脂や繊維状断熱材を充填するといった従来の内断熱工法では、壁材の他に断熱材施工をしなければならないという問題がある。真空セグメント化された超断熱壁材が開発されれば、大きな省エネルギー効果、リフォームへの普及効果の他、防水透湿膜と同時施工などの大幅な工期短縮が期待できる。本研究開発項目では、①、②、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と機械的強度を兼ね備えた超断熱壁材料を開発する。

多孔質セラミックス粒子、ナノ構造セラミックス膜等の開発材料を、真空状態に保持した状態でポリマー膜からなる表層にて被服（包装）した超断熱壁材料を作製する。その際の主要開発技術は、真空下におけるナノ粉末のハンドリング技術や真空封止セグメント化技術である。また、工業生産のための多孔質セラミックス粒子の連続生産プロセス、真空包装セグメント化プロセスもあわせて開発する。開発試作した超断熱壁材料について熱貫流率の測定等を行い、実用化に向けた課題（断熱効果、施工性等）を抽出する。また、省施工型断熱システム壁とするために、熱橋を避けるための支持材や壁構造についての要素技術開発も行う。

中間目標：平成 21 年度末

超断熱壁材料に用いる多孔質セラミックス粒子の連続生産プロセス技術を確立する。

最終目標：平成 23 年度末

ポリマー膜に開発素材を真空封止し、熱貫流率が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 、壁厚さ 10mm 程度、面積が 1m^2 程度、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。

⑥超断熱窓材料の開発

住宅における窓、扉などの開口部は、全面積の30%程度しか占めていないにも関わらず、熱の損失は非常に大きく、例えば冬の暖房時には約50%の熱が開口部から流出する一方で、夏の冷房時には約70%の熱が流入しており、次世代省エネルギー基準でも断熱の強化と日射の遮蔽が必須とされている。また、住宅の快適性の観点から、断熱における副次的な効果として防音効果も期待できる。本研究開発項目では、②、③、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と、窓ガラスの本質的機能である透明性を兼ね備えた断熱窓材料を開発する。

透明多孔質セラミックス、ナノ構造セラミックス膜等の開発材料を中間層として用い、2枚のガラスの間に複層化する技術、および真空排気・封止するための技術を開発する。まず初めに樹脂を用いた封着を試み、光学的特性（光（可視光）透過率、ヘイズ率等）や熱貫流率の測定を行い、断熱複層ガラスとしての特性評価を実施する。次に、ガラスフリットによる封着、ガラス寸法の拡大、厚みの低減など、最終実用化に向けた技術課題を抽出するとともに、課題解決に向けた方策の検討を行う。

最終目標：平成23年度末

面積が約3m²程度、熱貫流率が0.4W/m²K以下、光（可視光）透過率が65%以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を開発する。

<妥当性>

目標設定は共通基盤技術の確立および実用化技術の開発において十分なものと判断されるが、本事業では多様な技術の組合せによる複合部材開発の提案が期待されることから、個々の目標設定の妥当性を見据え、今後有識者ヒアリング等を実施し検討の必要がある。

(3) 研究開発マネジメント

公募を行い最適な研究開発体制を構築する。本プロジェクトにおいては、大学と基盤技術開発企業との産学連携による基盤技術確立と、当該基盤技術のユーザーとをプロジェクト開始時より同時立ち上げの垂直連携の形で参加させ、開発目標と評価体制を明確にすることで共同開発の促進と実用化の加速を図る。

プロジェクト開始後3年目に中間評価を予定しており、その評価結果を踏まえて事業全体について見直しを行うことを想定している。

(4) 研究開発成果

本事業において、高強度（圧縮）断熱セラミックス粒子技術、高反射率セラミックスコーティング技術、透明多孔質セラミックス合成技術、セラミックス・ポリマー複合化技術、等のナノテクノロジー・材料技術を駆使することにより、住宅やビル等の冷暖房における大幅な省エネルギーを実現できる、画期的な断熱性能を示す超断熱壁材料および超断熱窓材料の開発が期待できる。

このような超断熱材料は、建築材料をはじめ、家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵等への適用が期待でき、冷暖房エネルギーの削減に顕著な効果をもたらし、我が国の省エネルギー、CO₂削減に極めて大きく寄与することが期待できる。

【共通基盤技術】

多孔質セラミックス粒子合成技術、ナノ構造セラミックス膜コーティング技術、透明多孔質セラミックス合成技術、複合化技術および真空セグメント化技術の開発は、著しく断熱性能に優れるばかりでなく、機械的性質や施工性にも優れた超断熱壁材料および超断熱窓材料の開発を実現させる基盤技術として貢献する。また、本基盤技術はこれまでの断熱材料にない著しく低い熱伝導率の測定評価技術を確立するとともに、広い分野でのナノ多孔体原料（素材）製造プロセスとしての貢献が考えられる。

【実用化技術】

多孔質セラミックス粒子およびナノ構造セラミックス膜材料をポリマー膜にて真空封止した断熱材は、従来の壁用断熱材に比べ著しく優れた断熱性能を発揮することが期待できる。本断熱材料は、従来の真空断熱材に比べ高い圧力下（10Pa程度）で優れた断熱性能を発揮することから、従来の真空断熱材に比べ、ポリマー層の選択幅および真空化プロセスの選択幅が広いこと、およびヒートシール部の面積が小さくて済む、言い換えると熱橋となる部分が小さくなることから、優れた断熱性能を有する超断熱壁材料開発の可能性は高いと考えられる。セグメント化することにより施工時の切断、穴明け（釘うち）等の加工が可能な実用性の高い断熱材料が実現する。そして、熱貫流率が0.3W/m²Kの超断熱壁材料が開発されれば、現在の断熱壁材料に比べて2～4倍の断熱性向上が実現でき、住宅・ビル等の冷暖房消費エネルギーの約10～20%の省エネルギー効果が実現する。

透明多孔質セラミックス膜およびナノ構造セラミックス膜材料を二枚のガラスの間に複層化し真空封止した断熱材は、従来の窓用ガラス材に比べ著しく優れた断熱性能を有する。また従来の真空複層ガラスに比べても、ナノ多孔体効果によって10Pa程度の真空雰囲気下でも優れた断熱性能（低熱伝導率）を示すこと、熱橋による熱伝導が著しく低減されること、断熱材がつまっているために機械的性質（圧縮強度）が優れること、低コスト化も期待できることなどの多くの利点をもった実用性の高い超断熱窓材料が期待できる。そして、熱貫流率が0.4W/m²Kの超断熱壁窓材料が開発されれば、現在の断熱窓材料に比べて2～4倍の断熱性向上が実現でき、住宅・ビル等の冷暖房消費エネルギーの約10～20%の省エネルギー効果が実現する。

以上より、日本の総エネルギー消費量原油換算約4億klのうち、住宅・ビル等

の冷暖房消費エネルギーは約 7.5%を占めることから、

$$4 \text{ 億 k}l \times 0.075 \times 0.1 \sim 0.2 = 300 \sim 600 \text{ 万 k}l$$

年間で原油換算約 300～600 万 kl の省エネルギーを実現できる。

(5) 実用化・事業化の見通し

【共通基盤技術】

多孔質セラミックス粒子合成技術、ナノ構造セラミックス膜コーティング技術、透明多孔質セラミックス合成技術、複合化技術および真空セグメント化技術の経済効果は、下記の実用化技術（超断熱壁材料の開発、超断熱窓材料の開発）のそれに含まれる。ただし、多孔質セラミックス粒子合成技術、ナノ構造セラミックス膜コーティング技術、透明多孔質セラミックス合成技術は、超断熱壁・窓材料以外の材料に用いるナノ多孔体原料（素材）製造プロセスとしての貢献が考えられる。ナノオーダーの多孔質構造の粒子や膜は、触媒の担持体、各種のフィルター、生活用品などへの波及効果として、2030年には約 500 億円ほどの経済効果が考えられる。

【実用化技術】

多孔質セラミックス粒子およびナノ構造セラミックス膜材料をポリマー膜にて真空封止した断熱材は、従来の真空断熱材に比べ、プロセス、設備が大掛かりにならず、プロセス的にも設備的にもコスト的にも優位なものであり、事業化の可能性が高いと考えられる。その用途は、住宅・ビル用の壁用断熱材のみならず、航空機（客室の断熱）、タンカー（燃料、氷の断熱）、輸送車（燃料、食品の断熱）、加熱炉、ロケット（断熱タイル）への展開も可能である。超断熱壁材料は 2030年には年間約 4,000 億円の経済効果が見込まれる。

透明多孔質セラミックス膜およびナノ構造セラミックス膜材料をガラスによって真空封止した断熱材は、従来の窓用ガラス材や真空複層ガラスに比べても、その性能やコストの両面において優位性のあり、事業化の可能性が高いと期待できる。その用途は、住宅・ビルの窓材料が主流となり、その他には輸送機器（飛行機、鉄道、自動車、船）などの窓材としても展開も可能である。超断熱窓材料は 2030年には約 1,500 億円程度の経済効果が見込まれる。

(6) その他特記事項

5. 総合評価

NEDOの実施する事業として適切であると判断する。



<マルチセラミックス膜新断熱材料の開発>

投稿No.5

2006/12/27 (金) 21:51

我国の沖縄県から北海道までの多様な気象条件と天然資源の貧しさを考えれば、太陽光や風力のエネルギーを活用する意義は自明である。このためにNEDOは大きな使命を果たしてきた。本プロジェクトはエネルギーを生み出すことに目的があるのではなく、使用する太陽光エネルギーの効率的な使用法を開発し、より具体的には建築物への展開を目的とする開発研究である。取り入れる太陽光エネルギーを如何に高効率に建築物内へ導入するか、また、取り入れたエネルギーを可視光と熱エネルギーとして持続させるための建材を開発研究するという極めて具体性のある商品開発に近い研究であると理解できる。

しかしながらプロジェクト案にあるように熱伝導の三要素の制御を実現する物質とその組織構造との組合せをして建築構造用建材に仕上げる道程が険しいことは、ナノスケールの物質の組織構造を建材としてのメートルスケールに組上げて強度をも満足させることになるであろうから、多機能マルチスケール建材設計を目指していることになるのであって、容易な開発研究とはいえない。しかし、より本質的な危険性は、多くの要素の組合せであるために結果的に目標を達成でき、工業化にも成功してしまうことにある。即ち、国費で商品開発をして満足することになるからである。

このプロジェクトでは一つ一つの要素が最終的な機能に対する貢献度を定量的に解明して、商品の機能発現を学理面からも説明できるようにしておくことも肝要である。なぜならば、このような多機能マルチスケールの構造材が一つでもある水準で実現できれば、これは単に建材だけの問題ではなく、他の分野へも展開できる筈であるからである。

プロジェクトで対象とする太陽光も熱も全ては波として理解認識されるために、他の問題、例えば、騒音に対しても同様の解決策を本研究成果は瞬時に提供しえる可能性を持っているのであって、新たな問題に対してその解決に向けた新たなプロジェクトさえも不要となる可能性を本プロジェクトは秘めている。この点が本プロジェクトの本質的魅力であると理解できるものの言及は一切ない。国費によるプロジェクトである限りは技術の普遍性あるいは技術の展開性をも考慮しておく必要はないであろうか。高効率の研究の好例を示して欲しいものである。

本プロジェクトについては今夏にもコメントをしたように狭義の目的を達成するだけでも価値のあるプロジェクトである。エネルギーを創出する研究も必要であるが、未利用の太陽光の幅広いエネルギーを活用する事例を工業化することによって我国のおかれた天然資源環境とこれを巡る海外との軋轢から解放されるか、少なくとも軽減されることを考えれば、本プロジェクトは粘り強く推進しなければならない。

投稿No.4

2006/12/27 (金) 21:31

住宅のLCAにおいて一番大きいのは光熱費であるから、それを可能とする断熱材の実現は極めて意義があるものである。地球温暖化の状況が顕かとなる中で、断熱性能については、国土交通省も従

来以上に厳しい姿勢を取っているし、住宅メーカーとしても第一優先で取組んでいる課題である。

今回の開発案件は、従来の真空断熱材と比べて、折り曲げることができるので施工性も良く、耐久性も高いと考えられる。勿論、性能的にも優れていることから、従来の断熱材より、薄く、軽いものとなるであろうから、住宅でも利用範囲が広いものとする。できる限り早く実現をしてもらいたいものである。

実際問題広く普及するには価格の問題も大きいであろうから、実現に向けて技術的な課題の解決に目処がつけば、次はどれだけ安くできるかについても是非開発を進めていただきたい。

投稿No.3

2006/12/27 (水) 16:20

前回のPOST1から本提案のテーマに注目しています。

評者の自宅で約2年前に全ての戸窓ガラスを真空ガラス「スペーシア」に更新した。その効果は絶大で、結露トラブルはほぼ解消し、エアコン電力費も大幅削減となっている。本提案の技術はこの「スペーシア」の更なる先進かと受け止めている。

省エネは我が日本国にとって最重要かつ永遠のテーマである。その一方で京都議定書の目標達成も困難視されている状況にある。また近年のBRIC's諸国等の著しい経済成長から世界的に化石燃料エネルギーの需給の逼迫が予想され、国家安全保障の観点からも省エネの重要性が高まっている。

本提案技術は1枚のセラミック製複合建築部材で熱伝導の3要素の全てを遮断して省エネ断熱性能を発揮しようとするものである。技術的難度は極めて高いと思われるが、このような画期的技術の実現は久しく待望されているところである。

本提案技術の研究開発に成功し、性能的、コスト的に既存部材を凌駕して「工業的大量生産」と「商業的普及」が実現し、戸建て住宅や集合住宅の壁材、床材、その他断熱材に使用されるなら、日本の民生部門の省エネに大きく貢献するであろう。

本提案は建築用断熱材(壁材、床材その他)を主眼としている。本提案の目指す高度の要素技術が確立すれば、当然水平展開も期待出来るであろう。提案書にも一部は述べられているが、家電製品(ルームエアコンや冷蔵庫)、輸送用機器(内装材、外装材、液化水素などの燃料タンク)、エネルギー貯蔵(LNG、液化水素貯槽など)等々への可能性も楽しみである。

その成果は日本国内に止まらない。先進国、開発途上国を問わず諸外国にも技術供与することで地球全体の省エネと温暖化防止にも大いに役立つであろう。省エネ大国日本の面目躍如と言える。

評者の個人的な要望であるが、窓ガラス材としては防犯性能(ハンマーで破損されない)が付加されるなら、もっと時代の要請に応えられるだろう。本提案の研究はNEDOの研究テーマとしてまことにふさわしいと考える。

投稿No.2

2006/12/13 (水) 10:01

建築分野ではユーザー的な素人に近い立場ですが、お許しを頂きたいと思います。

(1) 現在の建築物が断熱性を欠いているのは、最近に至るまでの設計フィロゾフィーに高度の断熱性を与えるというものが無かったからだと感じています。



したがって、「断熱すべし」を条件にすれば、相当の範囲は既存の市場材料を使って対処できると考えます。勿論、低コストに抑えるために、厚い材料配置が必要といったトレードオフの問題は解決しないといけなんでしょうが。

ここで、相当の範囲と書きましたが、素人考えでも、例えば窓ガラスやこれを指示するサッシ(サッシは既に樹脂化の流れもあるようですが)、鉄製の防火扉等々、設計検討だけでは対処できないものもありそうで、提示されている開発のバックグラウンドに、開発が対象とする課題(目標)を明確にするべきスタディなされて具体化されているかが気掛りです。

(2) 内容的には、ハイテク建築材料開発のイメージを強く感じますが、目標値には、断熱性にかかわるものに加えて、使用方法や部位を特定してでも、強度、耐熱温度、対候性等、建築材料として求められる条件値とコスト(製品価格)条件を織込んで、単なる技術開発に終らないよう配慮することが必要と考えます。

特に、コスト面では、著しく高価なものであればそれを許容する根拠説明も必要でしょうし、材料の性格から、願わくばグローバルに後進地域でも流通性が確保できる、廉価なものが求められていると考えます。

投稿No.1

2006/12/12 (火) 9:01

熱に関わる研究をしている者として、マルチセラミックス膜新断熱材料の開発へのコメントを以下のとおり申し上げたく存じます。

断熱技術が極めて重要であることに全く異論はありませんが、冷蔵庫用として数 Pa で 2mW/mK 程度の中真空断熱材が既に市場に普及している状況下での国家プロジェクトとしては、特に断熱壁への目標値の位置づけが明確ではないと思います。例えば熱伝導率あるいはコストを $1/10$ 程度にする、あるいは施工性が格段に向上するといった挑戦的な目標の方が良いのではないのでしょうか。もちろんその達成に向けての技術的な見通しが立たないといけません。断熱は地味ですが、省エネルギー技術の中でも最も優先度の高い技術の一つです。国の重要プロジェクトとして、課題設定には十分な検討をお願いしたく存じます。

論文、プロシーディングス、著書発表リスト

平成19年度

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属	発表方法
1	2007/1/1	粉体および粉末冶金、第55巻、第1号、2007	異方的表面エネルギーをもつ結晶粒子からなる多孔体構造の焼結シミュレーションによる解析	清水正義, 野村 浩, 松原秀彰, Soon-Gi Shin	JFCC	論文
2	2007/7/1	Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol.56, No.7, pp 588-593 2007	EB-PVDによる遮熱コーティングの残留応力のX線評価	鈴木賢治、和田国彦、松原秀彰、菖蒲敬久、川村昌志、田中啓介	JFCC	論文
3	2007/9/30	Trans MRS Jpn. 3 2 巻、815-818	Structural characterization of carbon aerogels and Resorcinol-Formaldehyde aerogels	Y.N. Feng, L. Miao*, S. Tanemura, M. Tanemura, K. Suzuki	JFCC、名工大	論文
4	2008/2/4	Materials Sci. & Enginrg. B148 巻、273-276	Effects of further adding of catalysts on nanostructures of carbon aerogels	Y. F. Feng, L. Miao*, M. Tanemura, S. Tanemura, K. Suzuki	JFCC、名工大	論文
5	2008/3/31	”乾燥事例集”(中村正秋編)、(株)工業調査会	超臨界乾燥によるセラミックス製造	種村栄、苗薺、田尻	JFCC、	著書
6	2007/11/29	Proceedings of Materials Research Society	Examination of Mesopore Structure of Hierarchically Macro/mesoporous Silica by	福井悦二、篠原圭介、金森主祥、中西和樹、花田禎一	京都大	プロシーディング
7	2007/11/129, 11878~11879 (2007)	J. Am. Chem. Soc.	One-Step Synthesis of Highly Ordered Bimodal Mesoporous Phosphosilicate Monoliths	L. Xiong, L. Xiong, J. Shi, L. Zhang, M. Nogami	名工大	論文
8	2007/1/1	ATM Journal, 9 (1) 21-24 (2007)	Characteristics of Al,F Co-Doped ZnO Thin Films Grown by RF Magnetron Sputtering with a Mesh	K.Saitoh, Y.Kuroki, K.Yasui and M.Takata	長岡技科大	論文
9	2007/1/1	ATM Journal, 9 (1) 77-80 (2007)	Deep Ultraviolet Optoelectronic Material Fabricated by Coupling of b-Ga2O3 and a-Al2O3	K.Suzuki, Y.Kuroki, T.Okamoto and M.Takata	長岡技科大	論文
10	2007/2/1	Key Eng. Mater., 350 233-236 (2007)	Cathodoluminescence of single phase ZnAl2O4 and diffusion layer synthesized by coupling of ZnO and a-Al2O3	K.Suzuki, Y.Kuroki, T.Okamoto and M. Takata	長岡技科大	論文
11	2007/2/1	ATM Journal, 9 (2) 149-152 (2007)	Luminescence of ZnO Whiskers Grown on Au Surface by Electric Current Heating: Effect of the Density of ZnO Ceramic Bar	K.Minato, D.Kobayashi, T.Okamoto and M.Takata	長岡技科大	論文
12	2008	Thin Solid Films, 516, 503-505 (2008)	Evaluation of hydrogen atom density generated on a tungsten	H.Miura, Y.Kuroki, K.Yasui, M.Takata and T.Akahane	長岡技科大	論文
13	2008	Thin Solid Films, 516, 644-647, (2008)	SiCOI Structure Fabricated by Catalytic Chemical Vapor	K.Yasui, H.Miura, M.Takata and T.Akahane	長岡技科大	論文
14	2008	Thin Solid Films, 516, 659-662, (2008)	Growth of GaN on SiC/Si substrates using AlN buffer layer by hot-mesh CVD	K.Tamura, Y. Kuroki, K.Yasui, M.Suemitsu, T.Ito, T.Endou, H.Nakazawa, Y.Narita M.Takata and T	長岡技科大	論文
15	2008	Jpn. J. Appl. Phys., 47(1) 569-572 (2008)	Epitaxial Growth of SiC on Silicon on Insulator Substrates with Ultrathin Top Si Layer by Hot-Mesh Chemical Vapor Deposition	H.Mimura, K.Yasui, K.Abe, A.Masuda, Y.Kuroki, H.Nishiyama, M.Takata, Y.Inoue and T.Akahane	長岡技科大	論文
16	2008	Jpn. J. Appl. Phys., 47(1) 573-576 (2008)	Growth of GaN Films by Hot-Mesh Chemical Vapor Deposition Using Ruthenium-Coated Tungsten Mesh	Y.Fukuda, K.Yasui, Y.Kuroki, M.Suemitsu, T.Ito, T.Endo, H.Nakazawa, Y.Narita M.Takata and	長岡技科大	論文

平成20年度

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属	発表方法
----	-------	------	--------	-----	----	------

1	2008/6	Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol. 56, No. 7, pp. 588-	基板回転EB-PVD遮熱コーティングの微構造と残留応力	鈴木賢治、菖蒲敬久、和田国彦、松原秀彰、川村昌志	JFCC	論文
2	2009/3/下	MRS-J	Optical and mechanical properties of silica aerogel	K. Kugimiya, L.Miao, Y.Okuhara, D.Igimi, S.Ogawa, H.Matsubara.	JFCC	論文
3	2009/3/下	MRS-J	Optical properties of transparent conductive oxide layers prepared by electron beam-PVD	N. Yamaguchi, T. Kuroyama, Y. Okuhara, H. Matsubara	JFCC	論文
4	2009/3/下	MRS-J	Porous structure development of ceramics film by electron beam PVD process	H.Matsubara, M.Matsumoto, N.Yamaguchi	JFCC	論文
5	2009/3/下	MRS-J	Thermal conductivity of porous ceramic powders	H.Matsubara, M.Ogawa, K..Kugimiya, T.Kuroyama, Y.Okuhara, M.Innonmatsu	JFCC, REI	論文
6	2009/3/下	IUMRS - ICA 2008	Super insulating glass glazing	Yoshitaka Matsuyama and Nobuhiro Sinohara	旭硝子(株)	論文
7	2008/4/1	JOURNAL OF SOL-GEL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 46, 63-69 2008	Alkoxy-derived multiscale porous TiO ₂ gels probed by ultra-small-angle X-ray scattering and small-angle X-ray scattering	J. Konishi, K. Fujita, K. Nakanishi, S. Nishitsuji, M. Takenaka, K. Miura, K. Hirao	京大	論文
8	2008/5/16	JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY A, 1191, 231-252.	Preparation of monolithic silica columns for high-performance liquid chromatography	O. Nunez, K. Nakanishi, N. Tanaka	京大	論文
9	2008/6/2	THIN SOLID FILMS, 516, 4665-4672, 2008	Preparation and properties of radiofrequency sputtered X-ray amorphous films in the system SiO ₂ -ZrO ₂	A. Sawa, K. Nakanishi, T. Hanada	京大	論文
10	2008/7/21	ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL EDITION, 47, 5740-5745, 2008	Spin-ladder iron oxide: Sr ₃ Fe ₂ O ₅	H. Kageyama, T. Watanabe, Y. Tsujimoto, A. Kitada, Y. Sumida, K. Kanamori, K. Yoshimura, N. Hayashi, S. Muranaka, M. Takano, M. Ceretti, W. Paulus, C. Ritter, G. Andre	京大	論文
11	2008/10/14	MACROMOLECULES, 41, 7186-7193, 2008	Facile synthesis of macroporous cross-linked methacrylate gels by atom transfer radical	K. Kanamori, J. Hasegawa, K. Nakanishi, T. Hanada	京大	論文
12	2008/11/1	JOURNAL OF SOL-GEL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 172-181 2008	Elastic organic-inorganic hybrid aerogels and xerogels	K. Kanamori, M. Aizawa, K. Nakanishi, T. Hanada	京大	論文
13	2009/2/1	MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS	Elastic Aerogels and Xerogels Synthesized from Methyltrimethoxysilane (MTMS)	K. Kanamori, K. Nakanishi, T. Hanada	京大	プロシーディングス(査読付)
14	2009/2/1	MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS	Preparation of Macroporous Carbon Precursor via Living Radical Polymerization	J. Hasegawa, K. Kanamori, K. Nakanishi, T. Hanada, S. Yamago	京大	プロシーディングス(査読付)
15	2009/2/24	MACROMOLECULES, 42, 1270-1277, 2009	Pore formation in poly(divinylbenzene) networks derived from organotellurium-mediated living radical	K. Kanamori, J. Hasegawa, K. Nakanishi, T. Hanada, S. Yamago	京大	論文
16	2008/3/1	Jpn. J. Appl. Phys., 47(3) 1690-1693, (2008)	Transmittance and Cathodoluminescence of AlN Ceramics Sintered with Ca ₃ Al ₂ O ₆ as Sintering Additive	T.Honma, Y.Kuroki, T.Okamoto, M.Takata, Y.Kanechika, M.Azuma and H.Taniguchi	長岡技科大	論文

17	2008/3/1	Jpn. J. Appl. Phys., 47(3) 1690-1693, (2008)	Surface Structure Formed by the Reaction of Monomethylgermane on Si(001) Surface	K.Yasui, T.Kanemaru, T.Ogiwara, H.Nishiyama, Y.Inoue, T.Akahane and M.Takata	長岡技科 大	論文
18	2008/7/1	Jpn. J. Appl. Phys., 47(7) 5636-5638, (2008)	Surface Structure with High- Density Nanodots Formed by Pulse Nucleation Method Using Monomethylgermane	K.Yasui, T.Ogiwara, T.Kanemaru, H.Nishiyama, Y.Inoue, T.Akahane and M.Takata	長岡技科 大	論文
19	2008	J. Electroceram.,21 378-380, (2008)	Excitonic Photoluminescence in CuAlS ₂ Powders	Y.Kuroki, A.Kato, T.Okamoto, and M.Takata	長岡技科 大	論文
20	2009	Key Eng. Mater., 388, 261-264, (2009)	Temperature dependence of cathodoluminescence for AlN ceramics sintered with Ca ₃ Al ₂ O ₆	T.Honma, Y.Kuroki, T.Okamoto, M.Takata, Y.Kanechika, M.Azuma and H.Taniguchi	長岡技科 大	論文
21	2009/2/1	セラミックス44 [2] 107- 112 (2009)	セラミックスにおけるホットスポット 現象を利用した酸素センサ	岡元智一郎、高田雅介	長岡技科 大	総説

口頭発表リスト

平成19年度

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属	発表方法
1	2007/5/24	STAC—JTMC 国際会議	Effect of wavelength tuning by surrounding media on photochromic property of TiO ₂ -Ag films	L. Miao*, S. Tanemura, M. Tanemura, K. Suzuki	JFCC、名工大	口頭発表
2	2007/6/2	平成19年度春期大会(第99回講演大会)	異方性因子を導入した焼結・粒成長の計算機シミュレーション	松原秀彰、野村浩、清水正義 (中電シ)	JFCC	口頭発表
3	2007/9/12	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム	電子ビームPVD法による遮熱コーティングの耐酸化性向上	松本峰明、加藤丈晴、山口哲央、北岡諭、松原秀彰	JFCC	口頭発表
4	2007/9/12	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム	電子ビームPVD法によるジルコニア膜の構造と耐別離性	山口哲央、松本峰明、松原秀彰	JFCC	口頭発表
5	2007/9/12	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム	粒子分散複合材料による歪記憶センサー	奥原芳樹、松原秀彰	JFCC	口頭発表
6	2007/9/12	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム	電子ビームPVDによる多孔質被膜のミクロ・マクロ焼結シミュレーション解析	野村浩、山口哲央、松本峰明、松原秀彰	JFCC	口頭発表
7	2007/9/19	(社)日本鉄鋼協会 第154回秋季講演大会	固相・液相焼結過程のシミュレーション	野村浩、松原秀彰	JFCC	口頭発表
8	2007/10/24	日本機械学会 M&Mカンファレンス	電子ビームPVD法による遮熱コーティングの耐酸化性向上	松本峰明、加藤丈晴、山口哲央、北岡諭、松原秀彰	JFCC	口頭発表
9	2007/10/19	(社)日本セラミックス協会 関西支部第10回若手フォーラム	セラミックスの組織形成および焼結および焼結収縮のコンピュータシミュレーション -MD,MC,FEMの連携	松原秀彰	JFCC	招待講演
10	2007/11/5	第77回設備技術部会大会	セラミックスコーティング技術の新展開-電子ビームPVD法による熱遮蔽コーティング-	松原秀彰	JFCC	招待講演
11	2007/11/19	粉体粉末冶金協会 平成19年度秋季大会(第100回講演大会)	液相を含む系における焼結・粒成長挙動のMCシミュレーション	野村浩、松原秀彰、清水正義	JFCC	口頭発表
12	2007/11/20	第24回日韓国際セラミックスセミナー	Development of ZrO ₂ -HfO ₂ -Y ₂ O ₃ -La ₂ O ₃ thermal barrier coatings	M.Matsumoto, K.Mashino, N.Yamaguchi, H.Matsubara	JFCC	口頭発表
13	2008/3/14	日本材料学会 東海支部第2回学術技術討論会	電子ビームPVD法による遮熱コーティングの耐酸化性向上	松本峰明、加藤丈晴、山口哲央、北岡諭、松原秀彰	JFCC	口頭発表
14	2007/7/24	日本ブルーゲル学会 第5回討論会	サーモポロメトリーによるメソポーラスシリカの細孔特性評価	福井悦二、金森主祥、中西和樹、花田禎一	京都大	ポスター
15	2007/9/14	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム	サーモポロメトリーによるメソポーラスシリカの細孔特性評価	福井悦二、金森主祥、中西和樹、花田禎一	京都大	口頭発表
16	2007/11/29	Materials Research Society 2007 Fall	Examination of Mesopore Structure of Hierarchically Macro/mesoporous Silica by	福井悦二、篠原圭介、金森主祥、中西和樹、花田禎一	京都大	ポスター
17	2008/1/10	セラミックス基礎科学討論会	常圧乾燥による有機-無機ハイブリッドエアロゲルの作製	廣瀬献児、金森主祥、會澤守、中西和樹、花田禎一	京都大	口頭発表
18	2007/9/13	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム p.127	低濃度用ホットスポット酸素センサーの作動原理	岡元智一郎、飯浜和史、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
19	2007/9/13	日本セラミックス協会 第20回秋季シンポジウム p.347	CuAlS ₂ における可視発光過程	黒木雄一郎、長田実、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表

20	2007/9/13	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウムp. 347	亜鉛線の通電加熱法による酸化亜鉛テトラポッドナノ結晶の合成と発光特性	萩沢 巧、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
21	2007/9/13	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウムp. 351	通電加熱法により成長させたZnO結晶に及ぼす外部電界の効果	柏木英人、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
22	2007/9/13	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウムp. 352	透光性AlNセラミックスにおける格子欠陥の評価	本間隆行、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介、金近 幸博、東 正信、谷口 人文	長岡技科大	口頭発表
23	2007/9/13	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウムp. 352	AlN焼結体の光透過率に与える焼成温度、保持時間の影響	松永知佳、本間隆行、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介、金近 幸博、東 正信、谷口 人文	長岡技科大	口頭発表
24	2007/9/13	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウムp. 368	コロイド結晶テンプレート法を用いたマクロポーラスPdO薄膜の作製	濱上寿一、内堀 大輔、高西一正、黒木 雄一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
25	2007/10/18	日本セラミックス協会第27回エレクトロセラミックス研究討論会p. 5	通電加熱法による酸化亜鉛の結晶成長における外部電界の影響	柏木英人、本間隆行、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
26	2007/10/18	日本セラミックス協会第27回エレクトロセラミックス研究討論会	AlN焼結体におけるカソードルミネッセンスの温度依存性	本間隆行、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介、金近 幸博、東 正信、谷口 人文	長岡技科大	口頭発表
27	2007/11/1	日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会	Gd ₂ BaCuO ₅ の芯を有するGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} 線材におけるホットスポット現象	藤原 信吾、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
28	2007/11/1	日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会	めっき法により作製した多孔質Pd薄膜光検知式水素センサの構造、形態及び水素ガス検知特性	内堀 大輔、濱上寿一、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
29	2007/11/1	日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会	タングステン線材の通電加熱による酸化タングステン結晶の合成	萩沢 巧、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
30	2007/11/1	日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会	通電加熱によるナノカーボン材料の生成	諏佐 俊輔、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
31	2007/11/11	9th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and	Development of Cr-doping Particles into ZnO Micro-Nano Crystals on Sapphire (0001) Substrate	K.Shimoda, T.Yasui, Y. Kuroki and M. Takata	長岡技科大	口頭発表
32	2008/1/10	セラミックス基礎科学討論会	CuAlS ₂ における真性欠陥準位の解析	黒木 雄一郎、長田 実、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
33	2008/1/10	セラミックス基礎科学討論会	ディップコート法により作製したGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} 線材におけるホットスポット現象	岡元 智一郎、藤原 信吾、角田 俊輔、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
34	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	Ca ₃ Al ₂ O ₆ を添加したAlN焼結体におけるトラップ準位の評価	本間 隆行、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介、金近 幸博、東 正信、谷口 人文	長岡技科大	口頭発表
35	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	SiC線材の通電加熱によるナノカーボン材料の生成における全圧と酸素分圧の影響	諏佐 俊輔、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介、	長岡技科大	口頭発表
36	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	GdBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} 基ホットスポット酸素センサの低酸素分圧下における特性改善	岡元 智一郎、飯浜 和史、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
37	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	通電加熱と外部電界を組み合わせた新規な結晶成長法による酸化亜鉛の合成	柏木 英人、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表

38	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	CuAlS ₂ における可視発光スペクトルの温度依存性	黒木 雄一郎、長田実、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
39	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	Gd ₂ BaCuO ₅ の芯を有するdBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} 線材におけるダブルホットスポット現象	藤原 信吾、黒木 雄一郎、岡元 智一郎、高田 雅介	長岡技科大	口頭発表
40	2008/3/20	日本セラミックス協会2008年年会	多層カーボンナノチューブ分散高分子薄膜を用いた水素ガスセン	川本昂、村上吉昭、岡元智一郎、高田雅	長岡技科大	口頭発表

平成20年度口頭発表リスト

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属	発表方
1	2008/5/30	環境・エネルギー材料研究展	マルチセラミックス膜新断熱材料の開発	松原秀彰	JFCC	口頭発表
2	2008/12/12	IUMRS-ICA2008	Porous structure development of ceramics film by electron beam PVD process	H.Matsubara, M.Matsumoto, N.Yamaguchi	JFCC	口頭発表
3	2008/12/12	IUMRS-ICA2008	Thermal conductivity of porous ceramic powders	H.Matsubara, M.Ogawa, K.Kugimiya, T.Kuroyama, Y.Okuhara,	JFCC, REI	口頭発表
4	2008/12/12	IUMRS-ICA2008	Optical properties of transparent conductive oxide layers prepared by electron beam-PVD	N. Yamaguchi, T. Kuroyama, Y. Okuhara, H.	JFCC	口頭発表
5	2008/12/12	IUMRS-ICA2008	Optical and mechanical properties of silica aerogel	K. Kugimiya, L.Miao, Y.Okuhara, D.Igimi, S.Ogawa, H.Matsubara,	JFCC	口頭発表
6	2008/12/12	IUMRS - ICA 2008	Super insulating glass glazing	Yoshitaka Matsuyama and Nobuhiro	旭硝子(株)	口頭発表
7	2008/5/27	10th International Conference on Ceramic Processing Science	Inorganic Composite Membranes Incorporating Heteropolyacids	T. Uma and M. Nogami	名工大	口頭発表
8	2008/12/12	UMRS-ICA	Pore-Controlled Properties of Sol-Gel-Derived Materials	L. Xiong, Y. Daiko, and M. Nogami	名工大	口頭発表
9	2008/12/12	UMRS-ICA	Mitigating Effect of Urban Heat Islands by Hydrothermally Solidified Inorganic Waste Tile	K. Hattori, M. Oida, N. Isu, S. Okuda, and M. Nogami	名工大	口頭発表
10	2008/12/12	UMRS-ICA	Thermal Performance in Indoor Space by Using Hydrothermally Solidified Soil Based Material	K. Hattori, N. Isu, and M. Nogami	名工大	口頭発表
11	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会	有機修飾シリカエアロゲルの細孔制御と可視光透過率	堀田翔平、野上正行	名工大	口頭発表
12	2009/3/16	日本セラミックス協会 年会	周期的Al添加によるZnO膜の赤外反射制御と遮熱効果	奥原芳樹・松原秀彰 高田雅介	JFCC、長岡技科大	口頭発表
13	2008/5/15	HPLC2008 (Baltimore, USA), May, 2008	Novel HPLC Separation Media Prepared by Multiscale Templating of Silica by Sol-Gel Process Accompanied by Phase Separation	森里 恵、中西和樹	京大	口頭発表
14	2008/5/28	第57回高分子学会年次大会(神奈川、パシフィコ横浜)	リビングラジカル重合によるマクロ多孔性ポリジビニルベンゼンゲルの作製と炭素化	長谷川丈二、中西和樹	京大	口頭発表
15	2008/7/28	第6回日本ゾルーゲル学会討論会(愛知、名古屋市中小企業振興会館)	ポリオキシエチレンアルキルエーテル共存シリカゾルーゲル系の相分離	出谷隆典、中西和樹	京大	口頭発表
16	2008/7/28	第6回日本ゾルーゲル学会討論会(愛知、名古屋市中小企業振興会館)	階層的な多孔構造を持つ高気孔率シリカモノリスの構造制御とHPLC分離性能評価	小寺保典、中西和樹	京大	口頭発表
17	2008/9/22	日本物理学会2008年秋季大会(岩手、岩手大学)	シリカゲル中液体 ⁴ Heの音響特性におけるゲル構造の効果	松本宏一、中西和樹	京大	口頭発表

18	2008/11/10	粉体粉末冶金協会 平成20年度秋季大 会(第102回講演大 会)(福岡、九州大)	イオン性前駆体からのアルミナキセ ロゲルおよびエアロゲルの微細構造 解析	徳留靖明、中西和樹	京大	口頭発表
19	2008/12/3	MRS 2008 Fall Meeting (Boston, USA)	Preparation and Carbonization of Macroporous Poly(divinylbenzene) Gels via Living Radical	徳留靖明、中西和樹	京大	口頭発表
20	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	Spontaneous Solvent Transport Behavior in Macro/Mesoporous Silica Monoliths	藤田晃司、中西和樹	京大	口頭発表
21	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	High-Porosity Macro/Mesoporous Silica Monoliths Applied to HPLC Separation Medium	太田茂徳、中西和樹	京大	口頭発表
22	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	High Efficient Separation of Proteins Using a Monolithic Wide-Porous Silica Column	太田茂徳、中西和樹	京大	口頭発表
23	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	Semi-Micro Monolithic Columns Using Macroporous Silica Rods with Improved Performance	森里 恵、中西和樹	京大	口頭発表
24	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	Influence of Structural Differences on Digestion Efficiency in Trypsin- Immobilized Monolithic Silica Spin Columns	宮崎将太、中西和樹	京大	口頭発表
25	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	Development of Micro-Volume Spin Column Using Monolithic Silica Modified with Boronic Acid as Purification Tool of Catecholamines	出谷隆典、中西和樹	京大	口頭発表
26	2008/12/4	HPLC2008 Kyoto (Kyoto)	Sol-Gel Synthesis of Macro- Mesoporous Titania Monoliths and Their Applications to HPLC Separation Media for Phosphorus-	中西和樹	京大	口頭発表
27	2008/12/5	MRS 2008 Fall Meeting (Boston, USA)	Facile Synthesis of Elastic Aerogels and Xerogels from Methyltrimethoxysilane (MTMS)	長谷川丈二、中西和 樹	京大	口頭発表
28	2008/12/12	IUMRS- ICA(Nagoya)	Hierarchically Porous Monolithic Silica Optimized for HPLC	金森主祥	京大	口頭発表
29	2008/12/12	IUMRS- ICA(Nagoya)	Facile Synthesis of Elastic Aerogels and Xerogels from Methyltrimethoxysilane (MTMS)	金森主祥	京大	口頭発表
30	2009/1/10	第47回セラミックス 基礎科学討論会 (大阪、大阪国際会)	イオン性前駆体からのマクロ/メソ多 孔性アルミナゲルの作製と微細構造	中西和樹	京大	口頭発表
31	2009/3/16	First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Tours, France)	Hierarchically Porous Monoliths Applied to Separation Science	小寺保典、中西和樹	京大	口頭発表
32	2009/3/16	First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Tours, France)	Preparation of Hierarchically Porous Monoliths of Ethylene-Bridged Polysilsesquioxane	出谷隆典、中西和樹	京大	口頭発表
33	2009/3/16	First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Tours, France)	Fabrication of Porous Silicon Carbide Ceramics from Bridged Polysilsesquioxane	長谷川丈二、中西和 樹	京大	口頭発表
34	2009/3/16	First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Tours, France)	High-Porosity Macro/Mesoporous Silica Monoliths Applied to HPLC Separation Medium	虫明 篤、中西和樹	京大	口頭発表

35	2009/3/16	First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Tours, France)	Phase Separation in Silica Sol-Gel System Containing Polyoxyethylene Alkyl Ether	中西和樹	京大	口頭発表
36	2008/5/14	International Conference on MEMS and	Development of Optically Readable Hydrogen Sensor	M. Takata	長岡技科大	基調講演
37	2008/6/20	第5回Cat-CVD研究会, p.41	Hot-mesh CVD法を用いた原料ガスパルス供給によるGaN成長	小前泰彰、齋藤健、末光真希、遠藤哲郎、伊藤隆、中澤日出樹、成田克、高田雅介、赤羽正志、安	長岡技科大	口頭発表
38	2008/6/20	第5回Cat-CVD研究会, p.51-54	第三電極を有するマグネトロンスパッタ法により作製したZnO薄膜の低抵抗化-水素プラズマアニールの効果	陸鴻、片桐裕則、神保和夫、増田淳、黒木雄一郎、安井寛治、高田雅介、赤羽	長岡技科大	口頭発表
39	2008/6/20	第5回Cat-CVD研究会, p.97-100	Si, SiCでキャップされたGe, SiCナノドットの形成と光学特性の評価	須藤晴紀、黒田朋義、加藤有行、西山洋、井上泰宣、赤羽正志、高田雅介、安	長岡技科大	口頭発表
40	2008/8/20	5th International Conference on Hot-Wire Chemical Vapor Deposition Massachusetts institute of technology, p.77	The Growth of GaN Films by Alternate Source Gas Supply Hot-mesh CVD Method	Y.Komae, T.Saitou, M.Suemitsu, T.Ito, T.Endoh, H.Nakazawa, Y.Narita, M.Takata, T.Akahane and K.Yasui,	長岡技科大	口頭発表
41	2008/9/2	第69回応用物理学学会, 3p-CE-11	Ge・SiCナノドットのSiC層によるキャッピングと光学特性評価	須藤晴紀、黒田朋義、加藤有行、西山洋、赤羽正志、高田雅介、安井寛治	長岡技科大	口頭発表
42	2008/9/19	日本セラミックス協会第21回秋季シンポジウム, p. 239, 3113	熱ルミネッセンスによる透光性AlNセラミックス中のトラップ準位の評価	本間隆行、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介、金近幸博、東正信、谷口人文	長岡技科大	口頭発表
43	2008/9/19	日本セラミックス協会第21回秋季シンポジウム, p. 241,	筆めつき法により作製した光検知式Pd薄膜水素センサの検知特性	小針未由紀、高西一正、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
44	2008/9/27	電子情報通信学会信越支部大会, p.179	間欠ガス供給によるAlNバッファ層とGaN膜のエピタキシャル成長とその特性	小前泰彰、齋藤健、末光真希、遠藤哲郎、伊藤隆、中澤日出樹、成田克、高田雅介、赤羽正志、安	長岡技科大	口頭発表
45	2008/10/22	The 6th Asian Meeting on Electroceramics (AMEC-6), p. 185, P-B-47	Photochromic Characteristics of Tungsten Trioxide Films Prepared by Electric Current Heating Using Tungsten Wire	T. Hagizawa, T. Honma, Y. Kuroki, T. Okamoto and M. Takata	長岡技科大	ポスター発表
46	2008/10/23	The 6th Asian Meeting on Electroceramics (AMEC-6), p. 240, I-2D-01	Optically Readable Hydrogen Sensor Using Pd Thin Film	M. Takata	長岡技科大	招待講演
47	2008/10/23	The 6th Asian Meeting on Electroceramics (AMEC-6), p. 240, O-2D-01 23	Durability Improvement of Optical H2 Gas Sensor Using Pd Thin Film on Sputter-Etched Glass Substrate	Y. Yakushiji, *Y. Kuroki, T. Okamoto and M.Takata	長岡技科大	口頭発表
48	2008/10/27	The 1st International Symposium on Hybrid Materials and Processing	Hot Spot in GdBa2Cu3O7-d Ceramic Rod with Core of Gd2BaCuO5 Fabricated by Dip Coating	S. Fujihara, Y. Kuroki, T. Okamoto and M. Takata	長岡技科大	口頭発表

49	2008/10/27	The 1st International Symposium on Hybrid Materials and Processing (HyMaP 2008), p.15.	Characteristics of Hot Spot oxygen Sensor Using GdBa ₂ Cu ₃ O _{7-d} -CuO Hybrid Ceramics	T. Okamoto, K. Iihama and M. Takata	長岡技科大	招待講演
50	2008/10/30	電子情報通信学会電子部品・材料研究会 (CPM), p.7-12, CPM2008-76	パルスモードホットメッシュCVD法による窒化物半導体のエピタキシャル成長	小前泰彰、齋藤健、末光真希、伊藤隆、遠藤哲郎、中澤日出樹、成田克、高田雅介、安井寛治、赤羽	長岡技科大	口頭発表
51	2008/10/30	電子情報通信学会電子部品・材料研究会 (CPM), p.13-18	ワイドギャップ半導体でキャッピングされたGeナノドットの光学特性	須藤晴紀、黒田朋義、加藤有行、西山洋、井上泰宣、赤羽正志、高田雅介、安	長岡技科大	口頭発表
52	2008/10/30	電子情報通信学会電子部品・材料研究会 (CPM), p.19-22, Vol.108No.269, CPM2008-78	第三電極を有するマグネトロンスパッタ法によるAlドープZnO膜の低抵抗化	大島穰、三浦仁嗣、片桐裕則、神保和夫、黒木雄一郎、安井寛治、高田雅介、赤羽正志	長岡技科大	口頭発表
53	2008/11/6	平成20年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, p. 11, 1A11	CuOの芯を有するGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-d} 線材におけるホットスポット現象	角田俊輔、藤原信吾、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
54	2008/11/7	平成20年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, p. 79, 2P12	SiC線材の通電加熱によるFe-Cr-Ni合金基板上へのナノカーボン材料の作製	諏佐俊輔、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	ポスター
55	2008/11/14	応用物理学会多元系機能材料研究会年末講演会, p. 59, P-20	CuAlS ₂ における可視発光と真性欠陥準位の解析	黒木雄一郎、長田実、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	ポスター
56	2008/11/19	The 25th International Korea-Japan Seminar on Ceramics, p. 91, B13, 19-21	Thermoluminescence of AlN Ceramics Sintered with Ca ₃ Al ₂ O ₆ as Sintering Additive	Takayuki Honma, Yuichiro Kuroki, Tomoichiro Okamoto, Masasuke Takata	長岡技科大	口頭発表
57	2008/12/12	The IUMRS International Conference in Asia 2008, p. 248	Growth of ZnO Nanocrystals on Quartz Glass Substrates by Electric Current Heating Method	Rengasamy Sivakumar, Takehiko Tsunoda, Yuichiro Kuroki, Tomoichiro Okamoto and	長岡技科大	口頭発表
58	2009/1/8	日本セラミックス協会第47回セラミックス基礎科学討論会, p. 190-191, 1E18	通電加熱法により作製した酸化タングステン結晶の成長制御	萩沢巧、本間隆行、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
59	2009/1/8	日本セラミックス協会第47回セラミックス基礎科学討論会, p. 192-193, 1E19	通電加熱法を用いたナノカーボン材料の生成における外部電界の影響	諏佐俊輔、山下貴之、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
60	2009/1/8	日本セラミックス協会第47回セラミックス基礎科学討論会, p. 298-299, 1H12	Gd ₂ BaCuO ₅ の芯を有するGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-d} 線材におけるホットスポット酸素センサの検知特性	藤原信吾、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
61	2009/1/9	日本セラミックス協会第47回セラミックス基礎科学討論会, p. 488-489, 2E3	水熱条件下におけるCu-Al-S系複合硫化物の合成	黒木雄一郎、岩田修幸、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
62	2009/1/11	日本セラミックス協会第46回セラミックス基礎科学討論会, p. 286-287, 2A13	ディップコート法により作製したGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-d} 線材におけるホットスポット現象	岡元智一郎、藤原信吾、角田俊輔、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
63	2009/3/17	2009年電子情報通信学会総合大会	第三電極を有するマグネトロンスパッタリング法によるAZO透明導電膜の水素アニール効果	大島穰、陸鴻、安井寛治、片桐裕則、神保和夫、黒木雄一郎、高田雅介、赤羽	長岡技科大	口頭発表

64	2009/3/16	日本セラミックス協会 2009 年年会, p. 11, 1C29	Effect of catalyst and substrate temperature on the growth of ZnO nanostructures by electric current heating method	R. Sivakumar, T. Tsunoda, Y. Kuroki, T. Okamoto and M. Takata	長岡技科大	口頭発表
65	2009/3/16	日本セラミックス協会 2009 年年会, p. 39, 1F34	周期的Al添加によるZnO膜の赤外放射制御と遮熱効果	奥原芳樹、松原秀彰、高田雅介	JFCC、長岡技科大	口頭発表
66	2009/3/16	日本セラミックス協会 2009 年年会, p. 45, 1H20	Preparation of GDC Electrolyte Thin Films by Citrate Sol-Gel Route and Spin Coating Technique	P.Timakul, Y. Kuroki, T. Okamoto and M. Takata	長岡技科大	口頭発表
67	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p. 91, 2C01	Gd ₂ BaCuO ₅ の芯を有するGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-d} 線材におけるホットスポット酸素センサの酸素分圧依存	藤原信吾、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
68	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p. 91, 2C02	粉碎条件がGdBa ₂ Cu ₃ O _{7-d} 線材におけるホットスポット現象に与える影響	岡元智一郎、清水文弘、藤原信吾、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
69	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p. 92, 2C03	電気めっき法により作製したPd薄膜光検知式水素ガスセンサの検知特性	高西一正、内堀大輔、濱上寿一、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
70	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p.104, 2E02	外部電界を印加したSiC線材の通電加熱におけるナノカーボン材料の生成メカニズム	諏佐俊輔、山下貴之、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
71	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p.135, 2J05	通電加熱法により作製した酸化タングステン粒子の形態に及ぼす印加電圧の影響	萩沢巧、本間隆行、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介	長岡技科大	口頭発表
72	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p.239, 2P161	通電加熱法を用いて作製したZnO:Al薄膜の特性	茨木靖浩、安達直己、本間隆行、萩沢巧、高田雅介	長岡技科大	ポスター発表
73	2009/3/17	日本セラミックス協会 2009 年年会, p.249, 2P181	窒化アルミニウムの焼結過程によって形成される格子欠陥の評価	本間隆行、黒木雄一郎、岡元智一郎、高田雅介、金近幸博、東正信、谷口人文	長岡技科大	ポスター発表
74	2008/12/12	IUMRS アジア国際会議 2008	Insulator application for nano porous spherical particle powder	M. Ippommatsu, F.Toyama, C.Kurusu	ルネッサンス・エナジー・インベストメント	口頭発表

特許出願

番号	出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
1	2008/6/2	特願2008-144300	複層ガラス	(株)ルネッサンス・エナジー・インベストメント、京都大学
2	2009/3/4	特願 2009-050707	断熱ガラスとその製造方法	JFCC、INAX、長岡技科大
3	2008/12/26	特願2008-333603	真空断熱材用芯材および真空断熱材の製造方法	積水化成成品工業(株)

受賞リスト

19年度受賞リスト

番号	発表年月日	媒体	内容	受賞者(所属機関)
1	2007/9/14	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウム(フォトセラミックス:光に関わるセラミックス材料)	若手優秀発表賞	萩沢巧(長岡技科大)
2	2007/9/14	日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウム(フォトセラミックス:光に関わるセラミックス材料)	若手優秀発表賞	本間隆行(長岡技科大)
3	2007/10/19	日本セラミックス協会第27回エレクトロセラミックス研究討論会	研究奨励賞	本間隆行(長岡技科大)
4	2007/11/2	平成19年度 日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会	優秀発表賞	高西一正(長岡技科大)

H20年度受賞リスト

番号	発表年月日	媒体	内容	受賞者(所属機関)
1	2008/6	日本材料学会誌[材料]、Vol.57, No7	論文賞:基板回転EB-PVD遮熱コーティングの微構造と残留応力	松原秀彰(JFCC)
2	2008/10/24	The 6th Asian Meeting on Electroceramics (AMEC-6)	Certificate of AMEC-6 Young Scientist Award	萩沢巧(長岡技科大)
3	2008/10/24	The 6th Asian Meeting on Electroceramics (AMEC-6)	Certificate of AMEC-6 Young Scientist Award	Yuichiro Kuroki(長岡技科大)

プレス発表など

19年度成果の普及リスト（プレス発表、その他）

番号	発表年月日	媒体	内容	発表機関
1	2006/9/19	化学工業日報	開発新プロジェクト「セラミックス利用し新断熱材」多孔質構造など生かす	(JFCC)
2	2007/2/4	朝日新聞	温室ガス、断熱材も排出源、新建材の開発目指す	(JFCC)
3	2007/6/12	化学工業日報	NEDO 高断熱材料開発プロジェクトスタート、セラ技術を活用	JFCC/NEDO
4	2007/7/4, 11	2007年度JFCC研究成果発表会成果集	「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発プロジェクト」紹介	松原秀彰 (JFCC)

20年度成果の普及リスト（プレス発表、その他）

1	2008/8/11	化学工業日報	新断熱材を開発—伝導率大幅に減少—	JFCC
2	2008/9/3	化学工業日報	断熱効果 飛躍的に向上 多孔質セラ新材料開発	JFCC、積水化成成品工業
3	2009/02/12	Techon BPnet	窓に使える透明なナノ多孔質シリカ粒子断熱材を展示	JFCC
4	2009/02/12	Techon 日経 Automotive Technology	窓に使える透明なナノ多孔質シリカ粒子断熱材を展示	JFCC
5	2009/02/13	化学工業日報	ナノテク展に成果多数発表 「環境貢献」コンセプトに多孔構造を活用し断熱性能向上	JFCC
6	2009/3/4	中部経済新聞	効果10倍の断熱材開発 温室効果ガス半減へ、11年度めど実用化	JFCC
7	2008/12/1	セラミックス vol. 43	トピックス:多孔質セラ新材料開発により断熱効果飛躍的に向上	JFCC
8	2009/2/18-20	nano tech 2009 NEDOブース	マルチセラミックス膜新断熱材料の開発	JFCC
9	2008/7/17, 24	2008年度JFCC研究成果発表会成果集	保護熱板法による断熱素材の熱伝導率の評価・解析	小川光恵 (JFCC)
10	2008/7/17, 24	2009年度JFCC研究成果発表会成果集	透明多孔質セラミックス断熱材の作製と評価	苗 蕾 (JFCC)
11	2008/7/17, 24	2010年度JFCC研究成果発表会成果集	セラミックス膜の合成と可視・赤外反射制御	山口哲央 (JFCC)

研究機関 特許出願 論文 著書・総説 口頭発表 プレス・その他発表
表

JFCC INAX SEKISUI AGC	1	4, 5	1	13, 6	4, 11	1
				1		
REI/京大	1	1, 9		4, 23		
長岡技科大	[1]	9, 6	1	23, 38		
名工大		1		5		

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

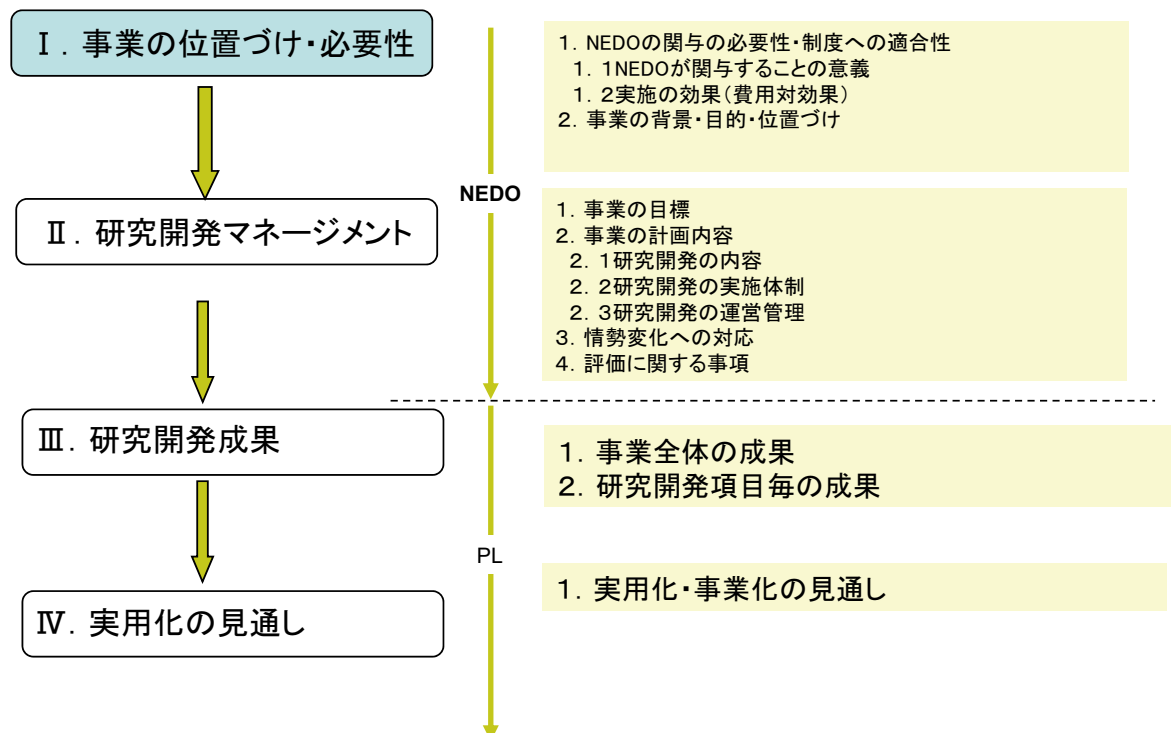
ナノテク・部材イノベーションプログラム
エネルギーイノベーションプログラム

「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」

プロジェクトの概要説明 (公開)

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
平成21年8月6日(木)

概要説明・報告の流れ

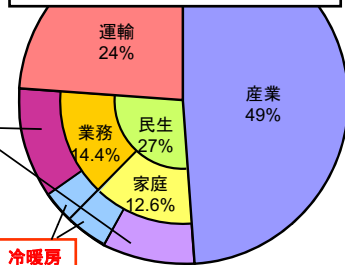


I.2.1 事業の背景

新国家エネルギー戦略(平成18年5月経済産業省)目標:
2030年までに国内エネルギー消費効率30%改善

日本の総エネルギー消費量は原油換算約4億kL

日本のエネルギー消費量の内訳

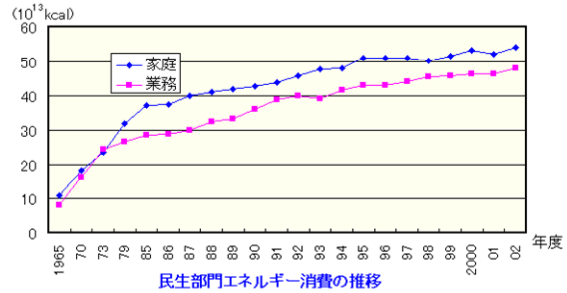


その他(照明、給湯、厨房、動力等)

約3,000万kL ←

冷暖房 7.5%

出典:(財)日本エネルギー経済研究所計量分析部(編)



出典:(財)日本エネルギー経済研究所計量分析部(編):
EDMC/エネルギー・経済統計要覧2004年版 p34-35

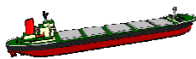
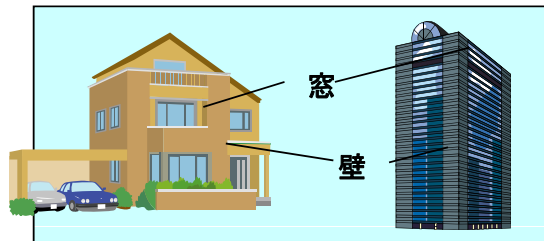
民生部門のうち、住宅・ビル等の冷暖房によるエネルギー消費は総エネルギー消費の約7.5%を占める。

エネルギー需要の推移は、産業部門が70年代以来ほぼ横ばいに対し、民生・運輸部門では着実に増大

画期的な断熱性能を示す壁及び窓が開発されれば、大幅な省エネの実現が可能

I.2.2 事業の目的・意義

超断熱材料のさまざまな適用分野



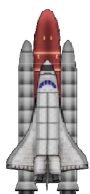
タンカー
燃料・氷の断熱



輸送車
燃料・食品の断熱



加熱炉
高温の断熱材



ロケット
断熱タイル



輸送機
客室の断熱

省エネ

CO2削減

超断熱素材創出

複合化技術

ナノテク技術

- 【共通基盤技術】
- ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④複合化技術および真空セグメント化技術の開発
- 【実用化技術】
- ⑤超断熱壁材料の開発
- ⑥超断熱窓材料の開発

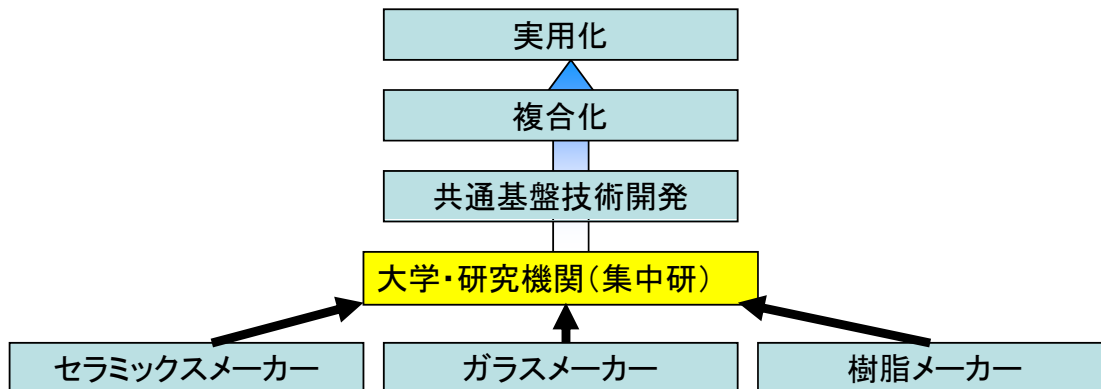
セラミック・樹脂・ガラス材料

I.1.1 NEDOが関与することの意義

革新的なナノテク技術→体系化した技術基盤がなく、民間だけでの研究開発が困難。

NEDOによる産・学・官連携体制による国家的・集中的実施が必要不可欠

ナノテクの基盤技術を確立し、上流から下流までの企業を垂直連携に参加させ実用化までの加速を図るための最適な研究開発体制の構築が必要。



I.1.2 実施の効果(費用対効果)

<開発費用>

5年間で約30億円(平成19年度～平成23年度:提案時)

→平成21年4月現在:約22億円見込。

<効果>

[市場創出効果](2030年(平成42年))

- ・触媒担体、フィルター、生活用品用のナノ多孔質粒子や膜 → 約500億円
- ・住宅・ビル、航空機、タンカー、輸送車、加熱炉、
ロケット用の超断熱壁材料 → 約4,000億円
- ・住宅・ビル、輸送機器用の超断熱窓材料 → 約1,500億円

[省エネ効果](原油換算)

2030年(平成42年)度時点 約300万KL

内外技術開発動向・国際競争力状況(事業の妥当性について)

なぜセラミックスなのか？

現在の断熱壁材料の主な材料は、グラスウール、ロックウール、硬質ウレタンフォーム、押出し発泡ポリスチレンなどであるが、それら材料での断熱性能には限界がきている。

現在の断熱窓材料の主力製品は、複層ガラス(空気層を含む)であり、断熱性能には限界がある。

→新たな素材、特にセラミックス多孔体による真空断熱材料の開発が期待されている。壁材料としては多孔質セラミックス粒子、窓材料としては多孔質セラミックス透明体が、望まれている。

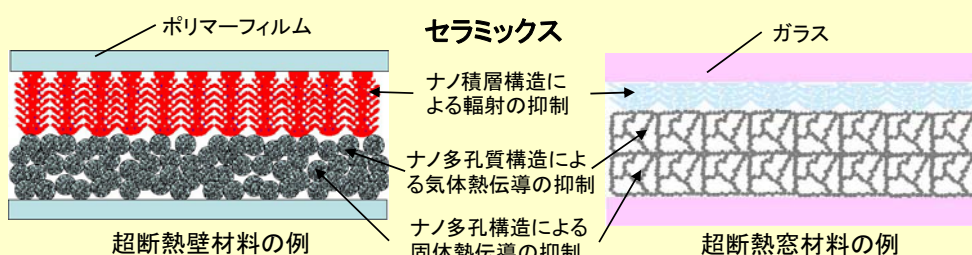
マルチセラミックスとは？

さまざまな構造や組成を有するセラミックス

{ 固体による熱伝導
 気体による熱伝導
 輻射による熱伝導 } のいずれも抑えるセラミックス

それによって、超断熱壁・窓材料を開発する

マルチセラミックス構造の例 →詳しくは後述



「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」

平成20年3月5日
経済産業省

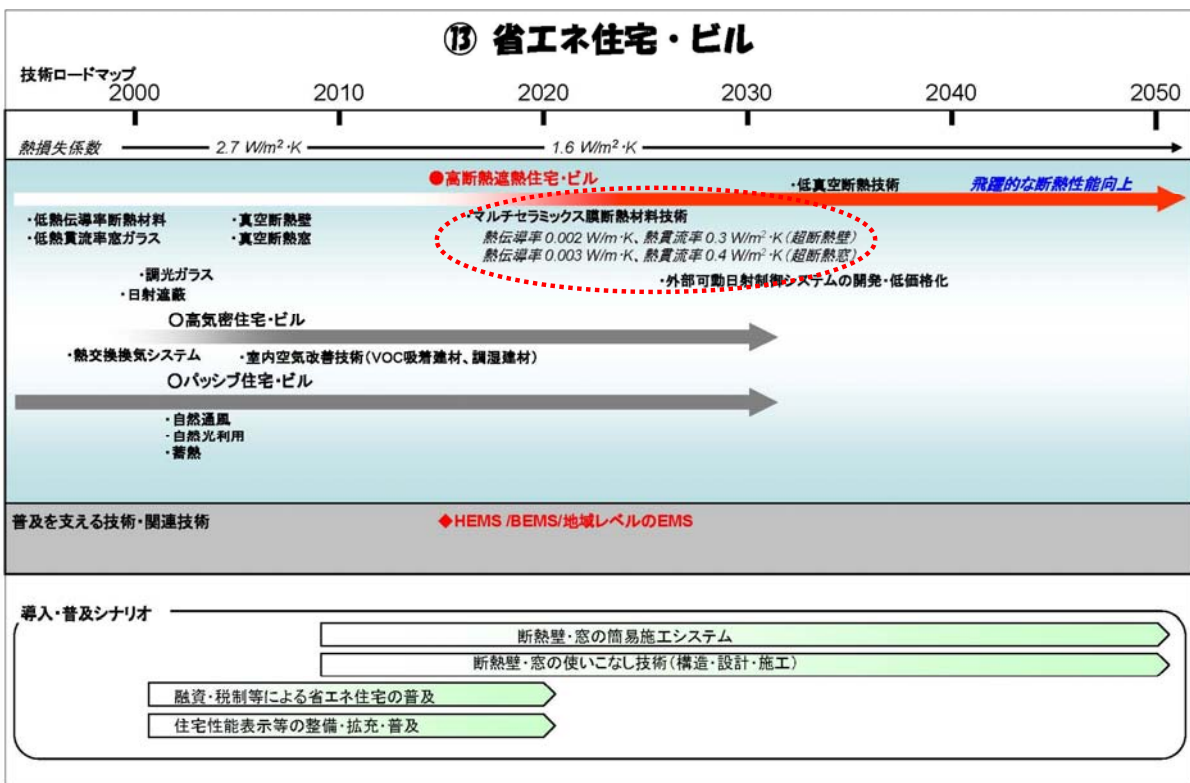
— 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 —

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO2大幅削減を可能とする「21」技術を選定。

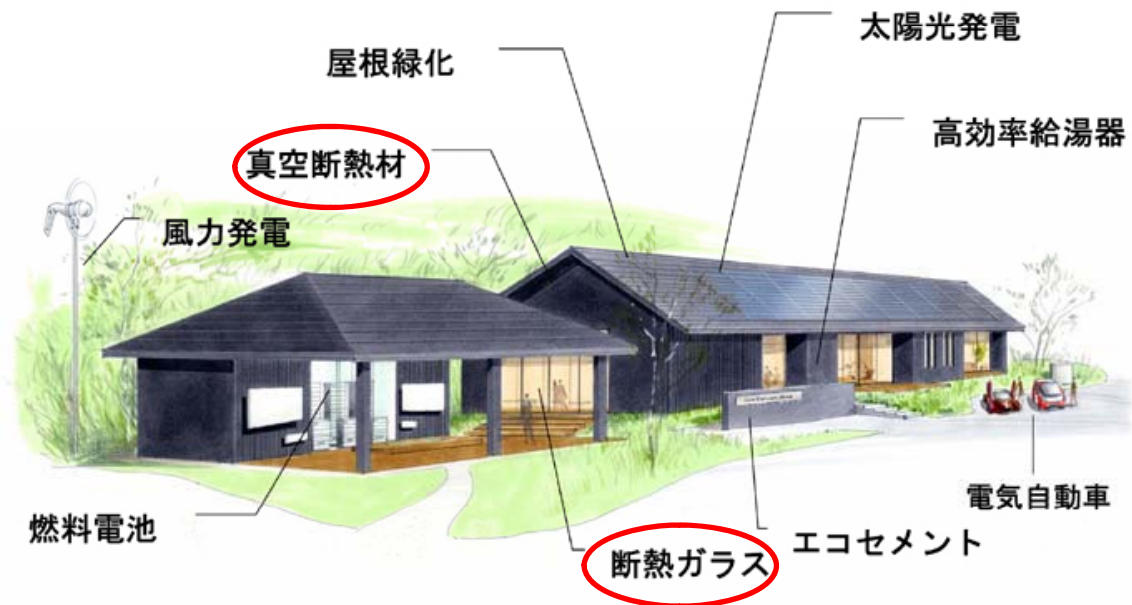


*EMS: Energy Management System, HEMS: House Energy Management System, BEMS: Building Energy Management System

Cool-Earth-エネルギー革新技術開発ロードマップ

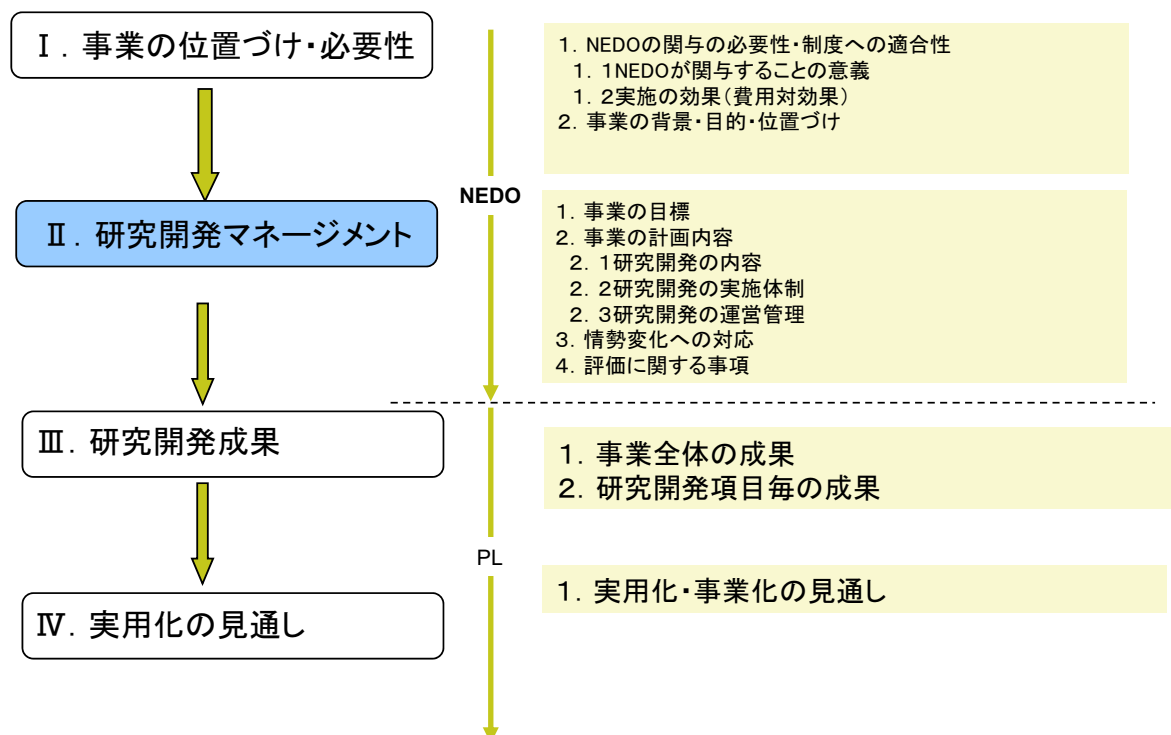


「ゼロエミッションハウス」の外観



(出典: 経済産業省HP <http://www.meti.go.jp/topic/data/e80617aj.html>)

概要説明・報告の流れ



II. 1事業の目標 (基本計画)

【共通基盤技術】

①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

中間目標: 気孔率が制御され、圧縮強度に優れ、低熱伝導率の多孔質セラミックス粒子を開発する。

最終目標: 超断熱壁材料の開発に適した低熱伝導率、高圧縮強度の多孔質セラミックス粒子を開発する。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

中間目標: 気孔率、柱状構造、羽毛状構造が制御され、圧縮強度が優れ、高反射率のナノ構造セラミックス膜を開発する。

最終目標: 超断熱壁材料および超断熱窓材料の開発に適した高反射率、高圧縮強度、透明性のナノ構造セラミックス膜を開発する。

③透明多孔質セラミックス合成技術の開発

中間目標: 気孔率、気孔径が制御され、圧縮強度が優れ、低熱伝導率の透明多孔質セラミックスを開発する。

最終目標: 超断熱窓材料の開発に適した低熱伝導率、高圧縮強度の膜状の透明多孔質セラミックスを開発する。

④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

中間目標: 多孔質セラミックス粒子、ナノ構造セラミックス膜、透明多孔質セラミックスを、ポリマーまたはガラスによって複合・真空化する技術を開発する。

最終目標: 壁用および窓用の超断熱材料を開発するための複合化・真空化・セグメント化技術を確立する。

II. 1事業の目標

【実用化技術】

⑤超断熱壁材料の開発

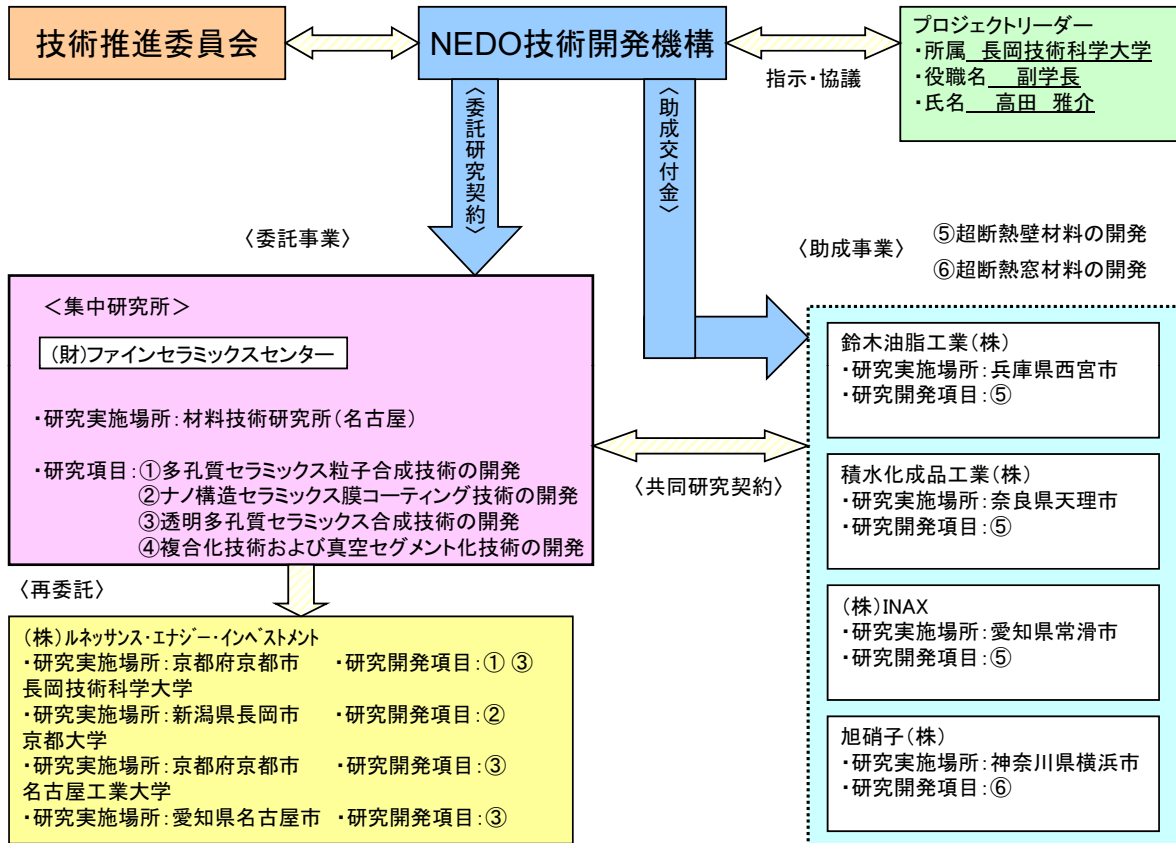
中間目標: 超断熱壁材料に用いる粒子の連続生産プロセス技術を確立する。

最終目標: 熱貫流率、圧縮強度などが優れた超断熱壁材料を開発する。

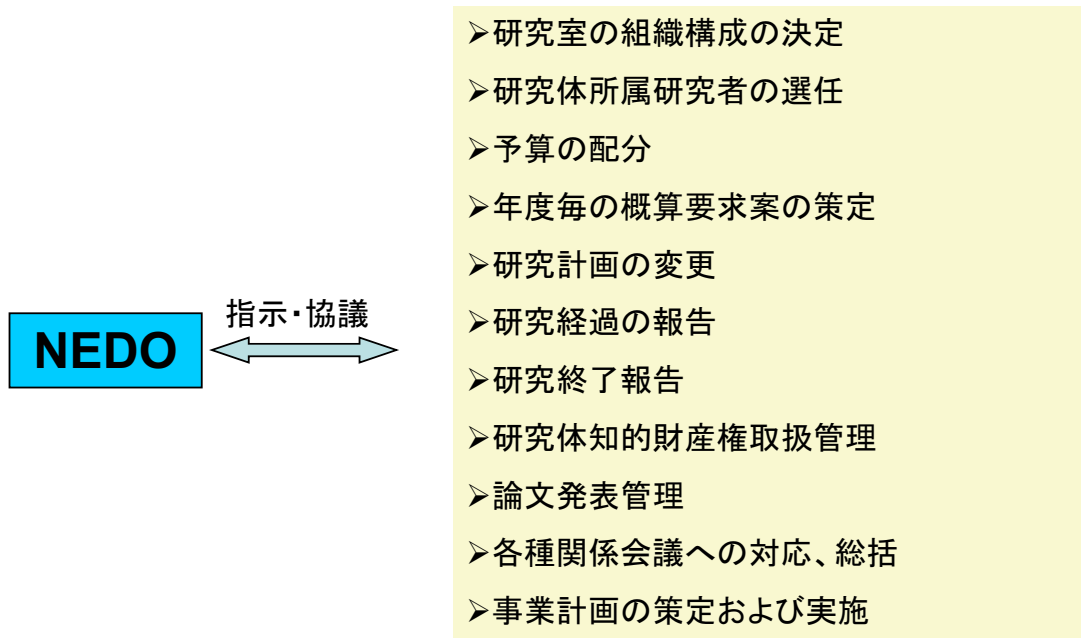
⑥超断熱窓材料の開発

最終目標: 熱貫流率、光(可視光)透過率などが優れた超断熱窓材料を開発する。

II.2 研究体制



PLの役割



II.1 中間目標・最終目標一覧表

公開

研究開発項目	中間目標 (H21年度末)	最終目標 (H23年度末)
①多孔質セラミックス粒子合成技術	気孔率85%以上 圧縮強度20MPa以上 熱伝導率0.002W/mK以下 (1Pa以上雰囲気中)	熱伝導率0.001W/mK以下 (10Pa以上雰囲気中) 輻射伝熱軽減率70%以上 (対真空比。厚み10mm)
②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術	気孔率1~70%、柱状構造0.1~10μm、羽毛状構造20~200nm 赤外線反射率60%以上 面積2500mm ² 可視光透過率50%以上、ヘイズ率2%以下 (窓)	赤外線反射率70%以上 面積10000mm ² 可視光透過率65%以上 (窓) ヘイズ率1%以下 (窓)
③透明多孔質セラミックス合成技術	気孔率90~95% 平均孔径50nm以下 圧縮強度0.5MPa以上 熱伝導率0.004W/mk以下 (1Pa以上雰囲気中) 可視光透過率50%以上 面積2500mm ²	熱伝導率0.002W/mk以下 (10Pa以上雰囲気中) 可視光透過率65%以上 ヘイズ率1%以下 面積90000mm ²
④複合化技術および真空セグメント化技術	複合化 (組立) 技術、真空化及び封止化技術の確立 真空化10Pa、面積10000mm ² 、セグメント構造 (以上、壁) 真空化10Pa、熱貫流率1.0W/m ² K、ヘイズ率2%以下、面積2500mm ² (以上、窓)	熱伝導率0.002W/mK以下、熱貫流率0.3W/m ² K以下、真空部面積90000cm ² (以上、壁) 熱伝導率0.003W/mK以下、熱貫流率0.4W/m ² K以下、ヘイズ率1%以下、真空部面積90000mm ² (以上、窓)
⑤超断熱壁材料の開発	超断熱壁材料に用いる多孔質セラミックス粒子の連続生産 プロセス技術を確立	熱貫流率0.3W/m ² K以下、厚さ10mm程、面積1m ² 程、圧縮強度1MPa程度
⑥超断熱窓材料の開発		熱貫流率0.4W/m ² K以下 可視光透過率65%以上 ヘイズ率1%以下 面積3m ²

公開

目標設定値の根拠

①多孔質セラミックス粒子合成技術

熱伝導率0.001W/mK以下 (10Pa以上雰囲気中)
輻射伝熱軽減率70%以上 (対真空比。厚み10mm)

根拠

真空断熱材の従来の最高値 (熱伝導率: 0.003W/mK、0.1Pa) を上回る値を設定。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術

赤外線反射率70%以上
面積10000mm²
可視光透過率65%以上 (窓)
ヘイズ率1%以下 (窓)

根拠

超断熱窓材料 (後述) に用いるために必要な特性の特性値を設定。

目標値の根拠

③透明多孔質セラミックス合成 技術

熱伝導率 0.002W/mk 以下(10Pa以上雰囲気中)

可視光透過率65%以上

ヘイズ率1%以下

面積 90000mm^2

根拠

超断熱窓材料(後述)に用いるために必要な特性の特性値を設定。

④複合化技術および真空セグメント化技術

熱伝導率 0.002W/mK 以下、

熱貫流率 $0.3\text{W/m}^2\text{K}$ 以下、

真空部面積 90000mm^2

(以上、壁)

熱伝導率 0.003W/mK 以下、

熱貫流率 $0.4\text{W/m}^2\text{K}$ 以下、

ヘイズ率1%以下、真空部面

積 90000mm^2 (以上、窓)

根拠

超断熱壁・窓材料(後述)に用いるために必要な特性の特性値を設定。

目標値の根拠

⑤超断熱壁材料

熱貫流率 $0.3\text{W/m}^2\text{K}$ 以下

圧縮強度1MPa程度、

厚み10mm程度、面積 1m^2

根拠

外張断熱に要求される熱貫流率は $0.34\text{W/m}^2\text{K}$ 。これに対し、既存の断熱材料でこれを達成するための厚みは85mmが必要。断熱材厚さを薄くして、床面積拡大・施工性向上を目指す場合の目安として、熱伝導率が 0.003W/mK と仮定すると、厚さ10mmで熱貫流率 $0.3\text{W/m}^2\text{K}$ を達成すると見られる。既存品の圧縮強度は $0.3\sim 0.4\text{MPa}$ 。面積 1m^2 は、建材サイズ(約2倍)へのスケールアップが可能なサイズの目安。

⑥超断熱窓材料

熱貫流率 $0.4\text{W/m}^2\text{K}$ 以下

ヘイズ率1%以下

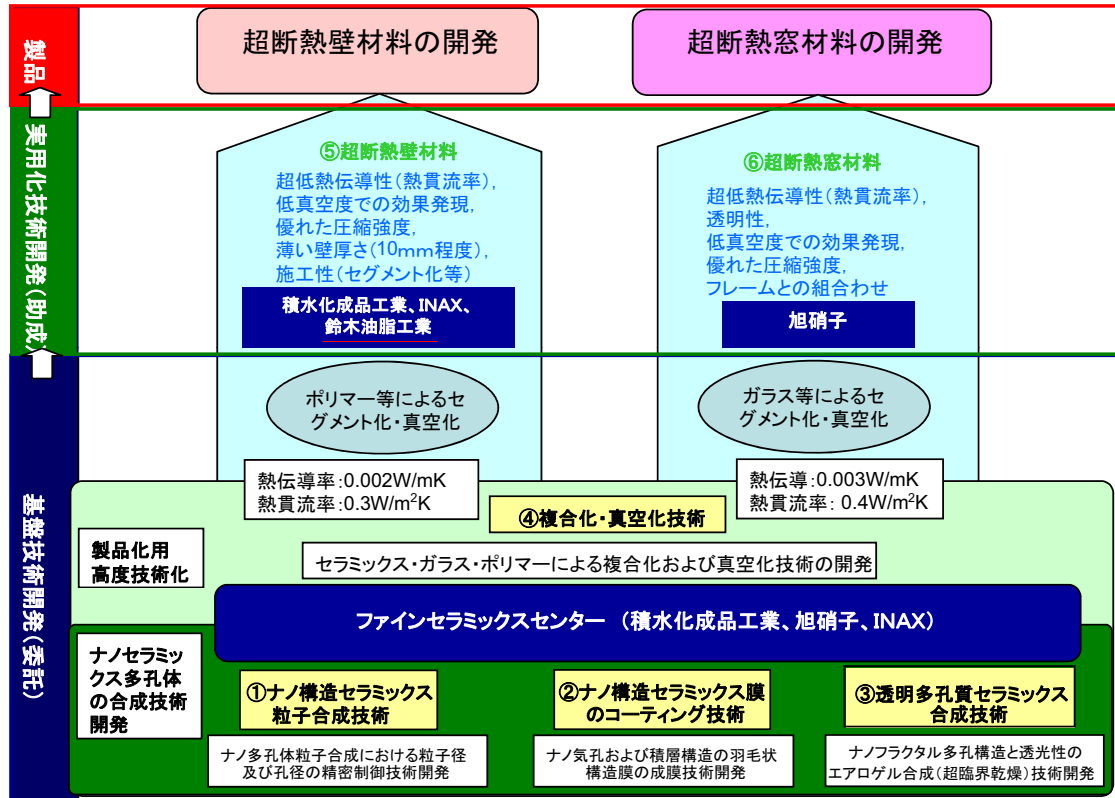
光透過率65%以上

面積 3m^2

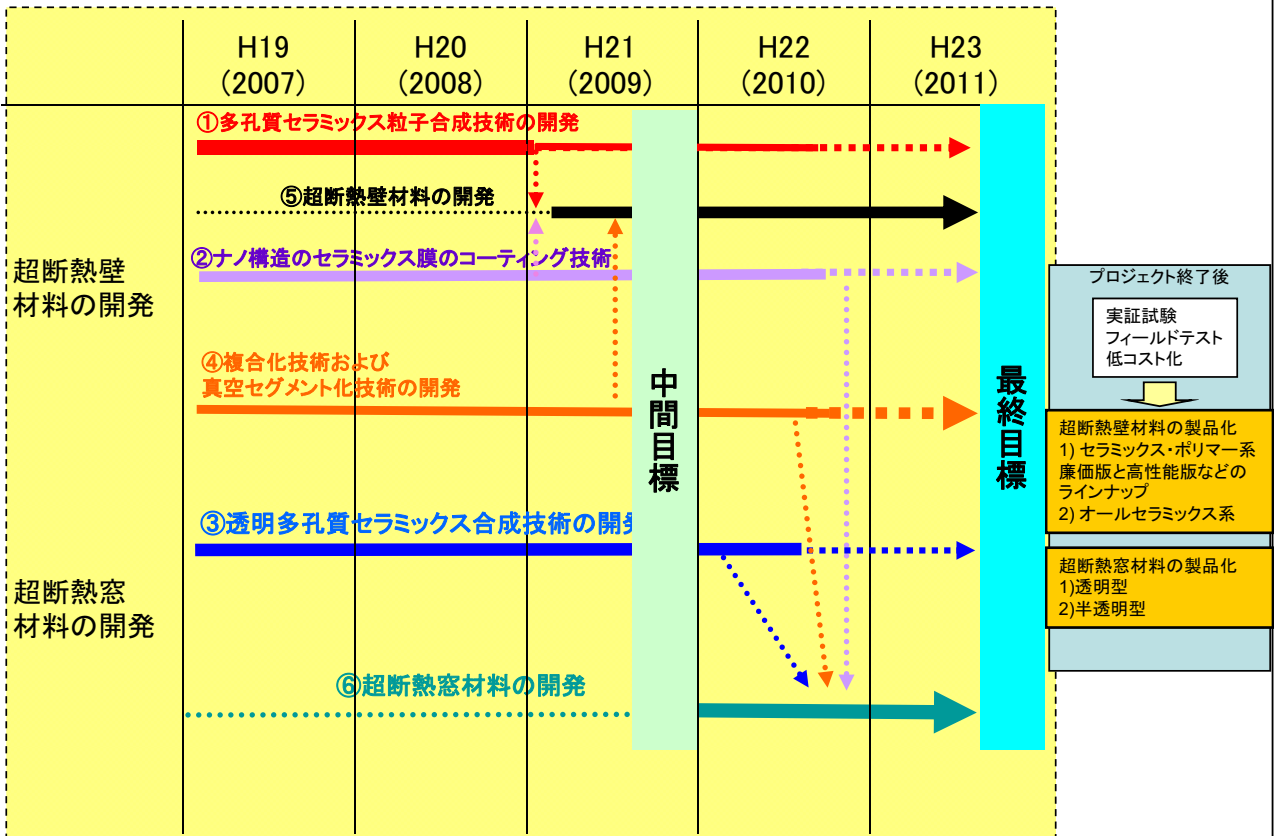
根拠

既存真空断熱ガラス:熱貫流率 $0.8\text{W/m}^2\text{K}$ 、光透過率63%。光透過率は同等レベルを狙い、断熱性能は2倍を目安として設定した。ヘイズ率、面積はガラス窓の標準的な数値としている。

事業内位置づけ



II.2.1.2 研究開発スケジュール



研究計画と予算(実績)配分

加速

補正

単位 百万円

公開

研究開発項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	合計
①多孔質セラミックス粒子合成技術	120	140	40	100	60	460
	重点化					
	ナノ多孔粒子合成装置、熱伝導測定装置を導入。	多孔質特性評価装置を導入。	断熱特性評価装置を導入。	微量水分除去装置を導入。		
②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術	41	70	40	100	150	401
	重点化					
	コーティング装置、光学特性装置の導入、セラミックス膜合成。	微小領域分析装置、雰囲気制御熱処理装置を導入。	導入済装置の改造。		ナノ積層膜評価装置を導入。	
③透明多孔質セラミックス合成技術	91	130	47	200	120	588
	重点化					
	透明多孔体合成装置を導入、透明体合成。	多孔質構造解析装置。	透明化乾燥装置を導入。	透明体大型化装置を導入。	ナノ積層構造解析装置を導入。	
④複合化技術および真空セグメント化技術	65	177	70	140	169	621
		重点化				
		真空封入装置を導入。	ガラス真空複合化装置を導入。	導入済装置の改造。	複合断熱材特性評価装置を導入。	
⑤超断熱壁材料の開発	3	3	3	40	21	70
				重点化		
				超断熱壁材料作製装置等の導入。	超断熱窓材料の作製と評価。 モデル住宅による評価	
⑥超断熱窓材料の開発	0	0	0	20	30	50
				重点化		
					超断熱窓材料の作製と評価。	
予算(百万円)	320	520	200	600予	550予	2190

公開

II 2. 3 運営管理

キックオフミーティング 2007年9月14日

経済産業省、NEDOとプロジェクト参加メンバー

研究進捗報告ミーティング 2008年3月14日

経済産業省、NEDOへの研究進捗報告

技術推進委員会 2008年7月8日

田中順三委員長(東工大教授)他、5名の外部委員への進捗状況の報告会

透明多孔体合成(研究項目③)と窓材料の複合化技術及び真空セグメント化技術(研究項目④)を重点的かつ加速的に推進する必要がある。

→補正予算、加速財源等に反映。

プロジェクト内の研究報告会

2007年 7月23日、8月2日

2008年 5月21日、6月30日、10月20日

2009年 1月13日、3月3日、5月12日、5月29日、7月2日

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膜新断熱材料の開発」

プロジェクトの概要説明 (公開)

(研究内容編)

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
平成21年8月6日(木)

熱移動のメカニズムと断熱の方法論

◆熱の移動は、3つのメカニズムで起こる。

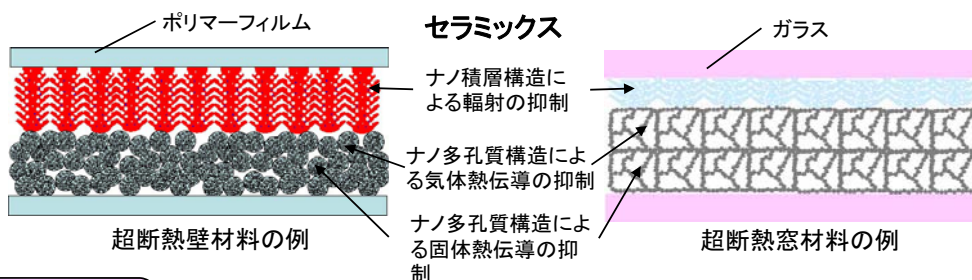
- ①伝導: 固体中の格子の振動や電子の移動による
- ②対流: 気体や液体などが流動することによる
- ③輻射: 光や電波などの放射エネルギーとして空間移動することによる



◆断熱の方法論と本プロジェクトの作戦(構造制御の効果・有利性)

- ①伝導の抑制 → マクロ的には固体の密度が小さいほど伝導は低下する。また、ミクロ的には固体の多孔構造(孔径)が小さいほど伝導は低下する。**(ナノ多孔質構造が有利)**
- ②対流の抑制 → 圧力が低いほど、また、固体(多孔体)の空間径(孔径)が小さいほど対流が低下する。**(真空及びナノ多孔質構造が有利)**
- ③輻射の抑制 → 固体と空間が層状となり、層状構造が細くなるほど輻射が散乱され、熱移動が抑えられる。**(羽毛状あるいは層状構造が有利)。**

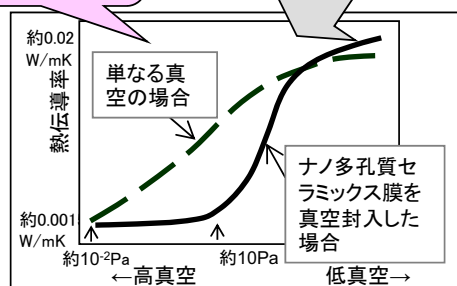
マルチセラミックス構造の例



低真空中で
低熱伝導度

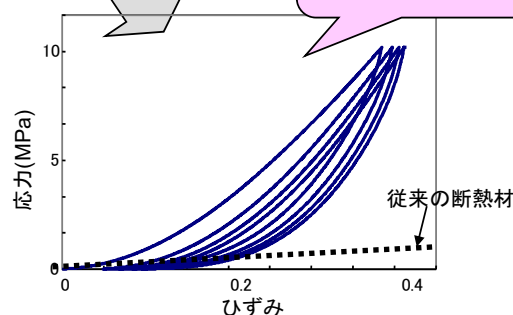
断熱材料として二大利点

優れた
圧縮特性



熱伝導率と真空度の関係曲線

→ 低真空中でもナノ多孔質材は、高真空中下並の低熱伝導率



多孔質粉末の圧縮試験→優れた圧縮強度

プロジェクトの概要

本研究開発は、セラミックスのナノ多孔体構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造等からなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって、熱を伝える三要素(格子振動、対流、輻射)の何れも抑えるマルチセラミックス膜新断熱材料技術の開発を行い、住宅やビル等の冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料の実用化を目指すものである。具体的な研究開発項目として、以下の研究開発を実施する。

【共通基盤技術】

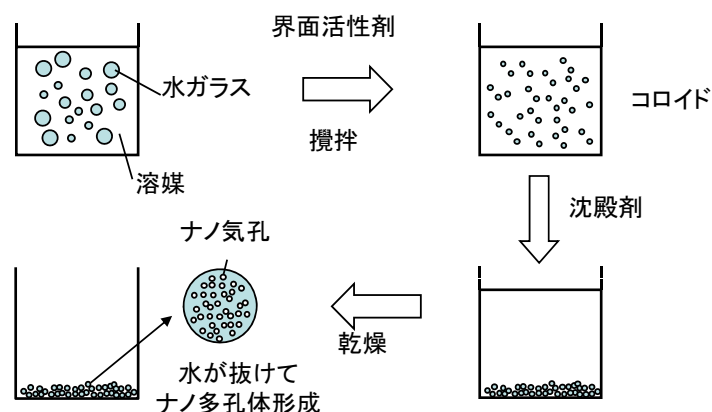
- ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発
- ②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発
- ③透明多孔質セラミックス合成技術の開発
- ④複合化技術および真空セグメント化技術の開発

【実用化技術】

- ⑤超断熱壁材料の開発
- ⑥超断熱窓材料の開発

各研究項目の 主な研究内容

① ナノ構造セラミックス粒子合成技術



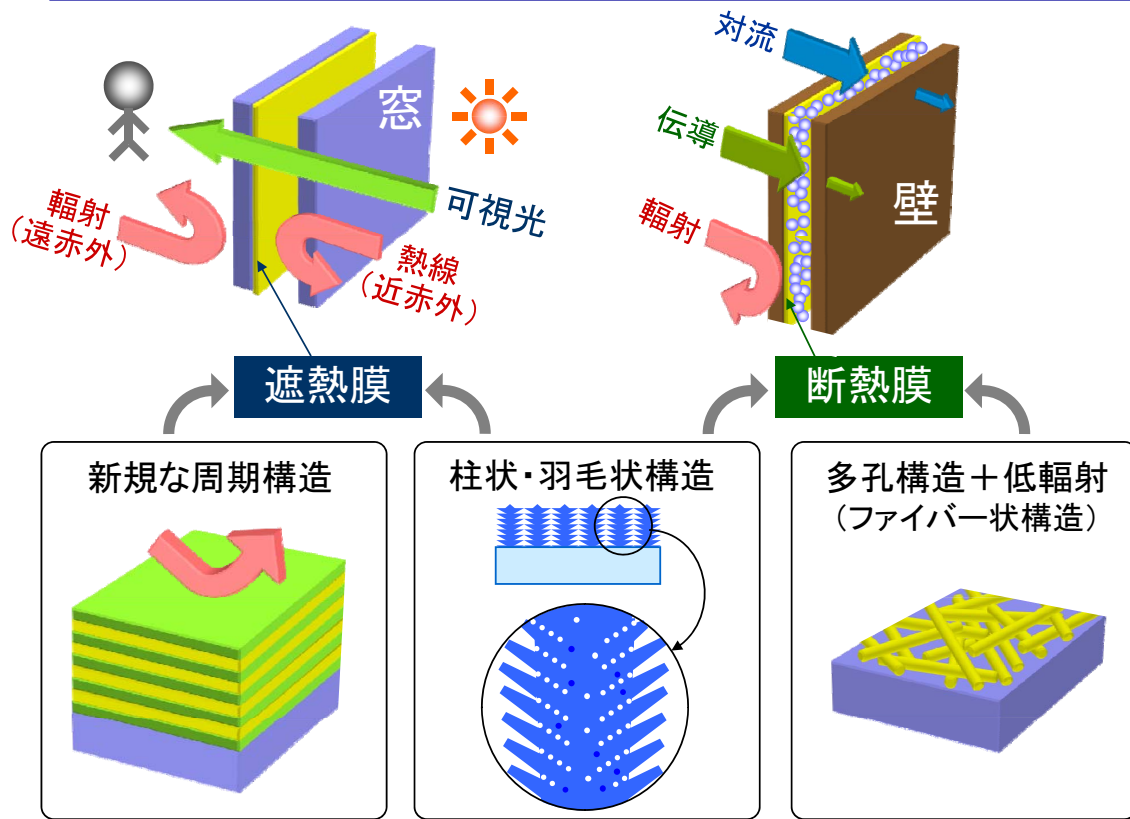
ナノ多孔質シリカ粒子において成功。低コストプロセスとして本プロジェクトに採用。新規物質の探索と合成が課題。

「格子振動」による伝導を抑制 ← ナノ多孔構造により、固体の接触面積を低下させ熱抵抗を増大

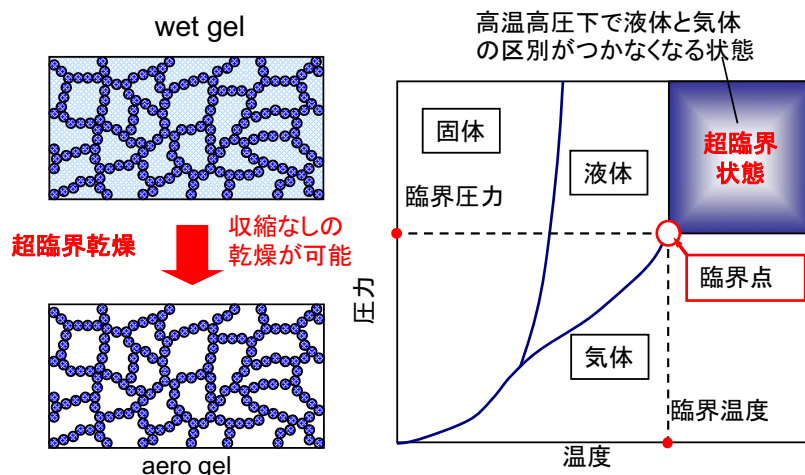
「対流」による伝導を抑制 ← ナノ多孔構造により、対流空間を気体分子平均自由行程以下に減少

水ガラスを油性溶媒および界面活性剤と共に攪拌混合してコロイド状態にした後に、沈殿、乾燥の処理によって水成分が抜けたほぼ球形のナノ多孔体粒子を合成させる。今回の開発では粉体の良好な流動性が得られる最小の粒子径である5-10ミクロンの径の粒子を開発する。また粒子の断熱性と耐圧縮性のバランスから、多孔率85-90%程度の粒子の合成を行う。

②ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発



③透明セラミックス膜(エアロゲル)合成技術



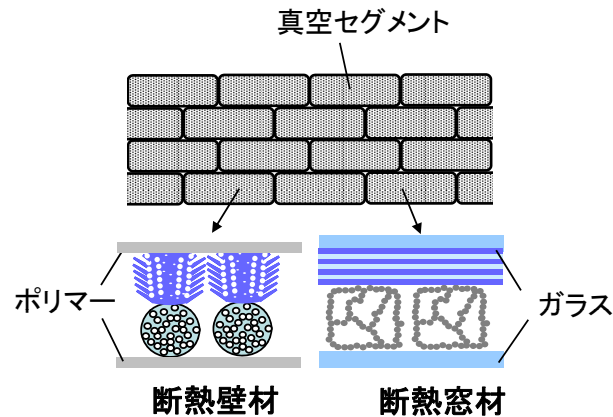
シリカのエアロゲルによって透明な高断熱性多孔体合成に成功。本プロジェクトでは膜状プロセスの開発が課題。

「格子振動」と「対流」による熱移動を抑制 ← ナノ多孔構造の制御による効果

「透明性」の実現 ← 光の波長より小さいナノオーダーの孔径をもつ多孔質フラクタル構造

光吸収の小さいシリカなどを母構造とする。ナノオーダーの多孔構造を形成する手法として、ゾルゲル法、エアロゲル法およびメチル化セロゲルによる方法の3つの手法について検討する。

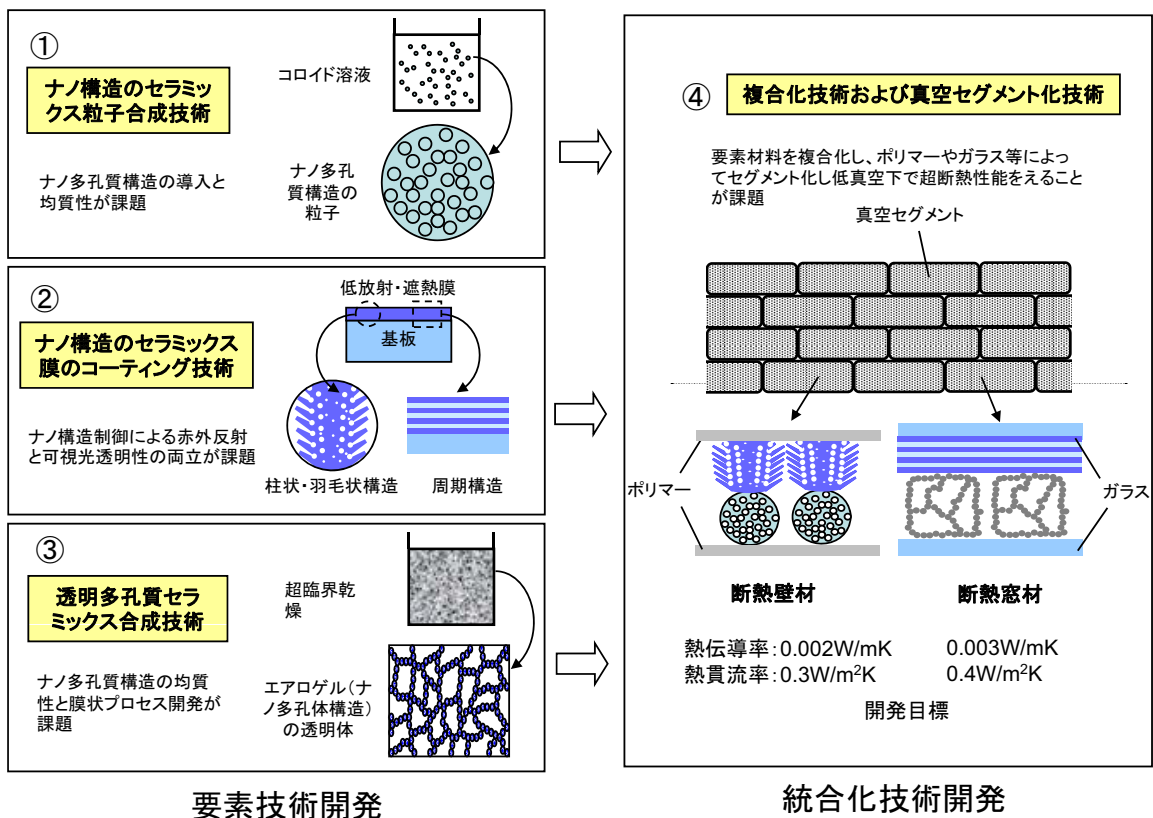
④複合化技術および真空セグメント化技術



要素材料を複合化し、ポリマーやガラス等によってセグメント化し低真空下で超断熱性能をえることが課題

超断熱壁材料としての実用化する際、施工時に切断、穴明け等の加工が行われても優れた断熱性が維持できるように真空封止する空間をセグメント化する。真空を長期間維持できるガスバリア性能および真空セグメント化するための成形性(賦形性)・接着性(融着性)。ポリマー単層、ポリマー複層、ポリマー/無機複合層等。

超断熱窓材料として実用化する際、透明多孔質セラミックスの両面をガラス板にて挟みこみ、内部を真空に保持しながら密閉化する。ガラス窓としての透明性を失わず、さらには透明多孔質セラミックスの破壊や特性劣化を伴うことなく、セラミックス材料をガラス板の間に挟みこんで複層化する組み立て技術。内部を真空排気した状態で封止する技術。

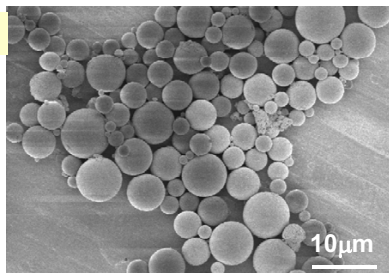


各研究項目の 主な研究成果

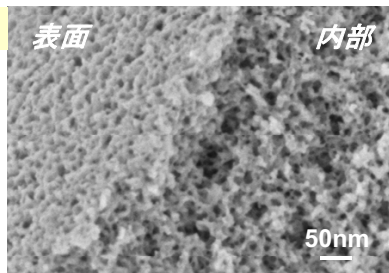
主な研究成果 ①多孔質セラミックス粒子合成技術の開発

格子振動および対流の熱伝導を抑制した
ナノ多孔質シリカ粉末を合成

粒子概観

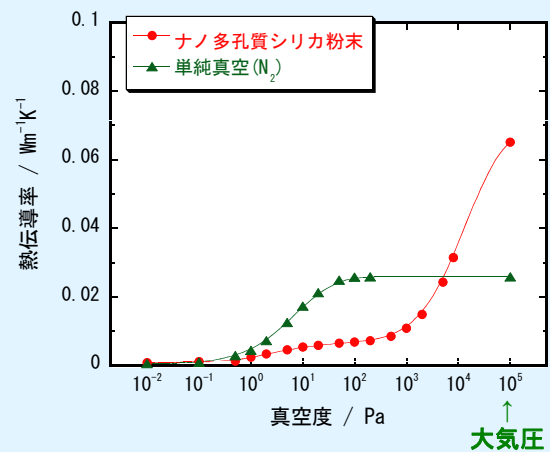


微細構造



真球状で、粒内部にナノ多孔を有する構造

ナノ多孔質シリカ粉末の熱伝導率の真空
度依存性を評価

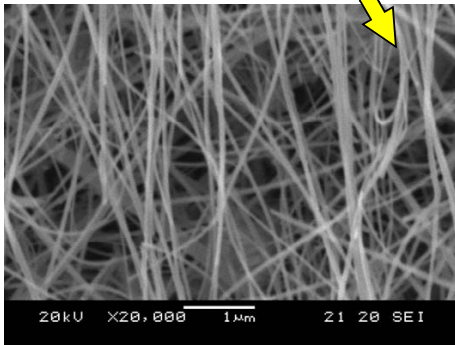


1Paで熱伝導率0.002W/mK以下

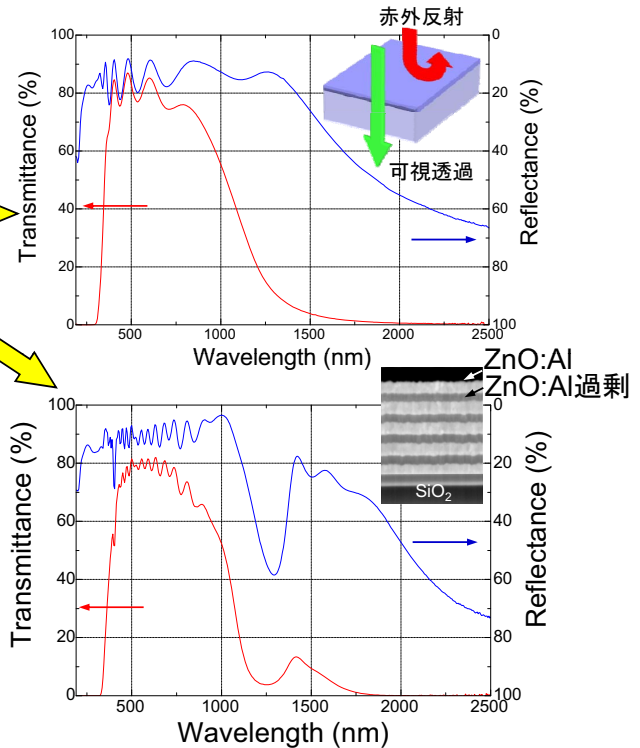
② ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発

ZnO系 透明導電膜の ナノ構造制御

- ・EB-PVD法による赤外反射の発現
- ・Al周期ドープによる熱線反射
- ・ZnOナノファイバー合成



→超断熱「壁」へ



→超断熱「窓」へ

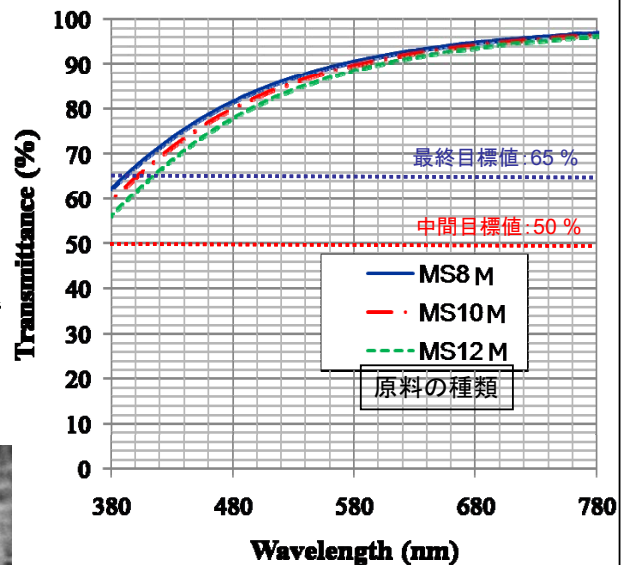
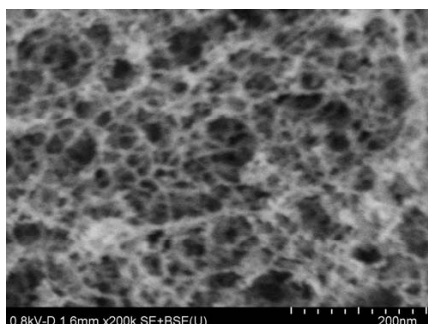
主な研究成果 ③ 透明多孔質セラミックス合成技術の開発



エアロゲルの
可視光透光率

透明多孔体(エアロゲル)の外観

エアロゲルの高
分解能SEM像



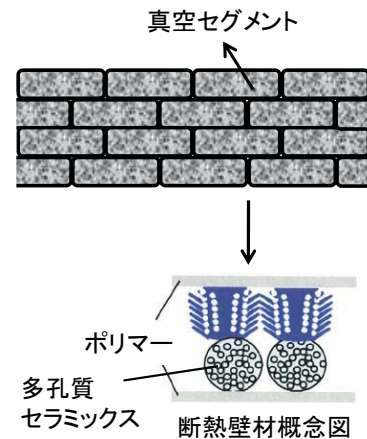
可視光透過性の優れた透明多孔質セラミックスの合成を超臨界乾燥法等によって実現し、約10cm角のサンプルを安定に合成できるようになった。

④-1 壁材料の複合化技術および真空セグメント化

1) 開発目標及び中間成果

超断熱壁材料開発のため、①および②で開発した要素技術を用いて、複合化・真空化・セグメント化技術を確立する。

検討項目	中間目標	中間成果	最終目標
圧力	10Pa	<0.01Pa (チャンバー内)	—
熱伝導率	—	0.010W/mK	0.002W/mK
熱貫流率	—	今後評価	0.3W/m ² K
面積	10,000mm ² (セグメント化)	40,000mm ² 以上 (セグメント化は検討中)	90,000mm ² (セグメント化)



2) 成果の概要

真空封止装置の導入とサンプル試作

- ・チャンバー内圧力10Pa以下可能
- ・面積40,000mm²以上のサンプル試作

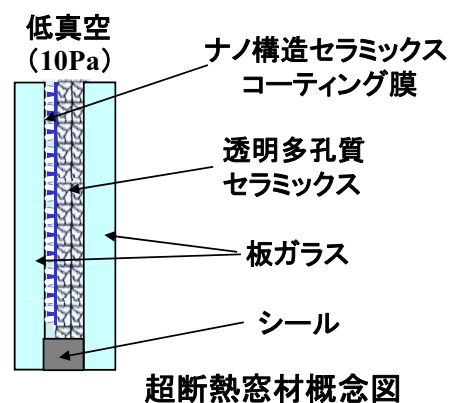
技術開発課題

- ・熱伝導率は、最終目標値まで至らず。
→原因を究明して改善を図る。
- ・セグメント化は、今年度中に作製する。

④-2 窓材料の複合化技術及び真空セグメント化技術の開発

1) 開発目標及び中間成果

項目	中間目標	最終目標	中間成果
熱貫流率(W/m ² K)	1.0	0.4	0.71
ヘイズ率(%)	2.0	1.0	4.2
面積(mm ²)	2500	90000	10000 (90000)



2) 成果の概要

- ・熱貫流率(U値)、光透過率、面積では中間目標を達成した
- ・ヘイズ率は多孔質ゲルの改良によって改善を図る
- ・真空ガラス貼り合わせ装置の導入(21年度補正予算)によって、最大320mm角サンプルの試作が可能になった
- ・試作サンプルでU値の経時変化観察中(封着剤の耐久性確認)
- ・基本構造の問題点も抽出

- ①予測値と実測値の解離(真空封入時の真空度の悪化?) → 原因の究明と対策
- ②減圧時の接合材の引き込み → 断面構成の最適化

⑤ 超断熱壁材料の開発

1) 開発目標及び中間成果

①、④で開発した断熱材料技術を用いて、優れた断熱性能と機械的強度を兼ね備えた超断熱壁材料を開発する。

項目	中間目標	中間成果	最終目標
多孔質セラミックス粒子製造プロセス	粒子の連続生産プロセス技術を確立する	量産可能であることを確認した	複合粉体の連続生産プロセスを確立する

2) 成果の概要

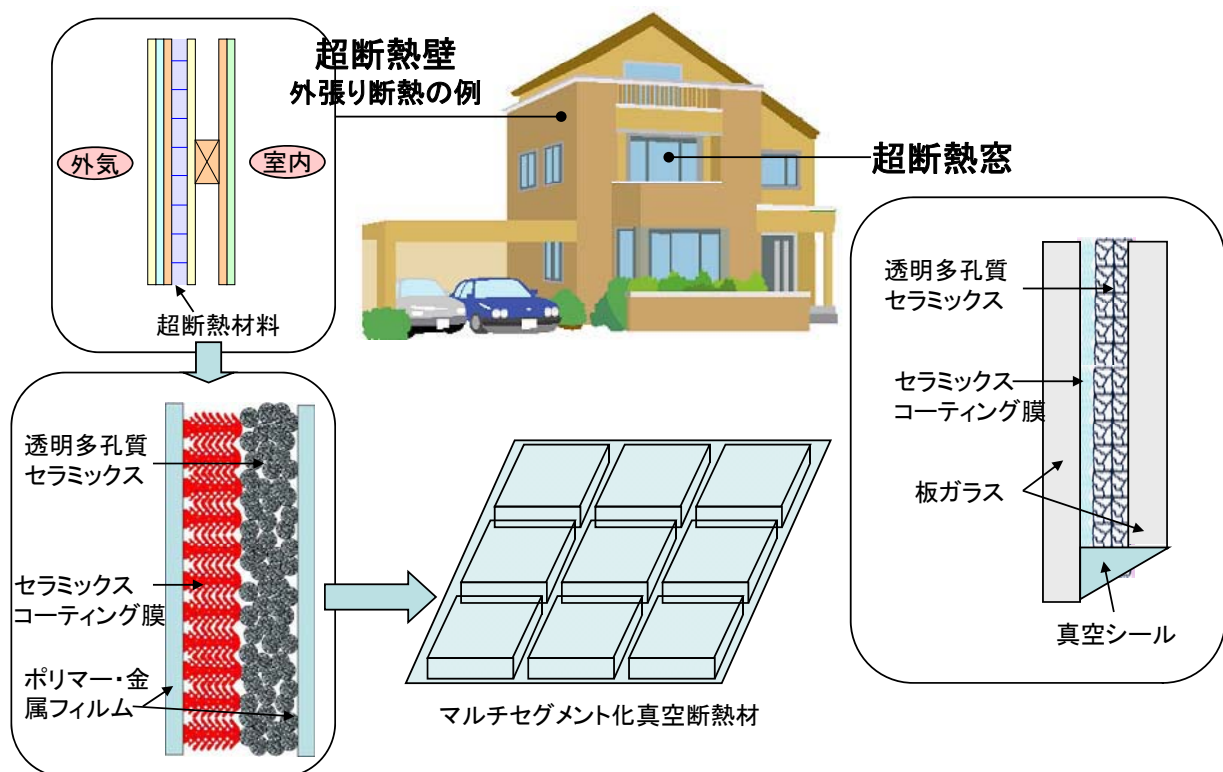
量産ラインの試設計と技術開発課題の抽出

- ・ 生産原単価の確認 ⇒ 原料等の問題なしを確認
- ・ 表面処理工程が追加されたとしても目標到達可能

連続プロセスの基本設計

- ・ 基本フローの作製
- ・ テスト項目の認識と実験課題の策定
- ・ 主要機器の実機による性能確認

住宅向け超断熱材料の実用化イメージ



(3) 知的財産権、成果の普及

	H19	H20	H21	計
特許出願	0	3	(3) 作成中	3件
論文(査読付き)	15	18	0	33件
研究発表・講演	40	74	0	114件
受賞実績	4	3	0	7件
新聞・雑誌等への掲載	5	11	0	16件
展示会への出展	0	2	1	3件

平成21年7月1日現在

展示会の実施(出展)など

ナノテク2009

2009年2月18～20日



多孔質セラミックス粒子・ポリマー封止サンプル試作。



シリカエアロゲル(透明体)・ガラス封止サンプル試作。

実際に試作したサンプルを展示し(右写真)、実用化に向けた積極的な取り組みが評価される。

国際セラミックス総合展2009

2009年4月8～10日

IUMRS-ICA2008アジア国際学術シンポジウム

2008年12月12日 断熱材料特集セッション

環境・エネルギー材料研究展

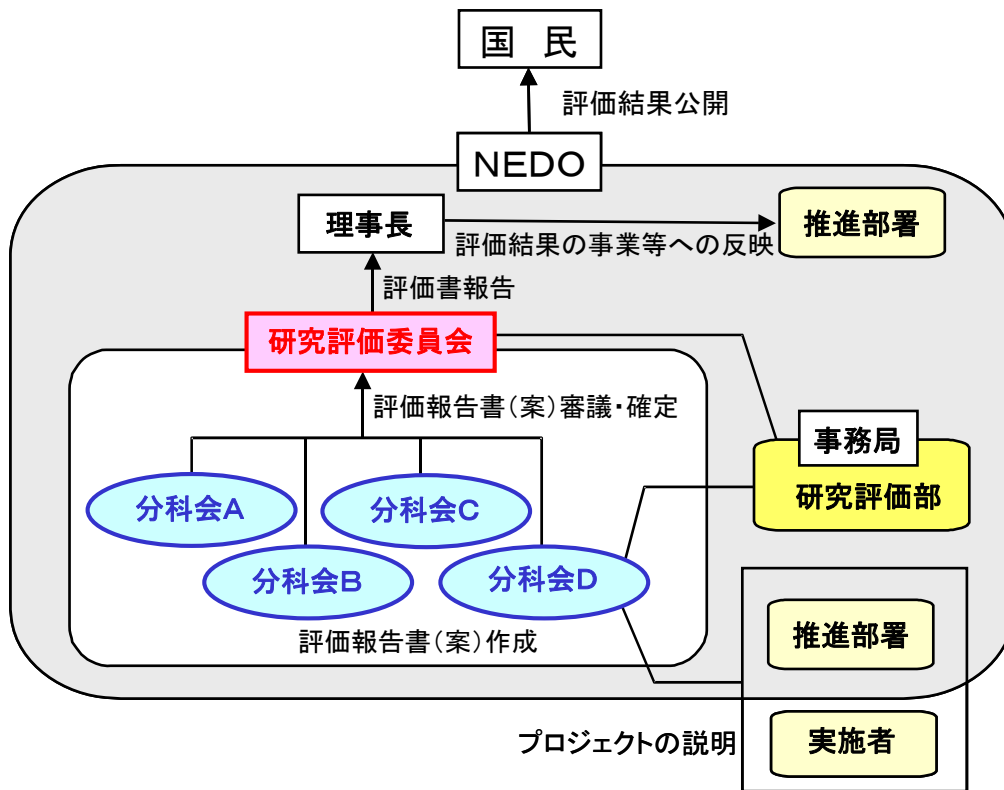
2008年5月29日(木)、30日(金)

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ
関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価広報部が担当した。

3. 評価対象

平成19年度に開始された「マルチセラミックス膜新断熱材料の開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべき者である。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 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の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。

- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3) 知的財産権等の取得

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 事業化までのシナリオ

- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（中間評価）

2008. 3. 27

【中間評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第17回研究評価委員会（平成20年3月27日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの中間評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。

- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S 化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）研究評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成21年10月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 梶田 保之

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162