

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

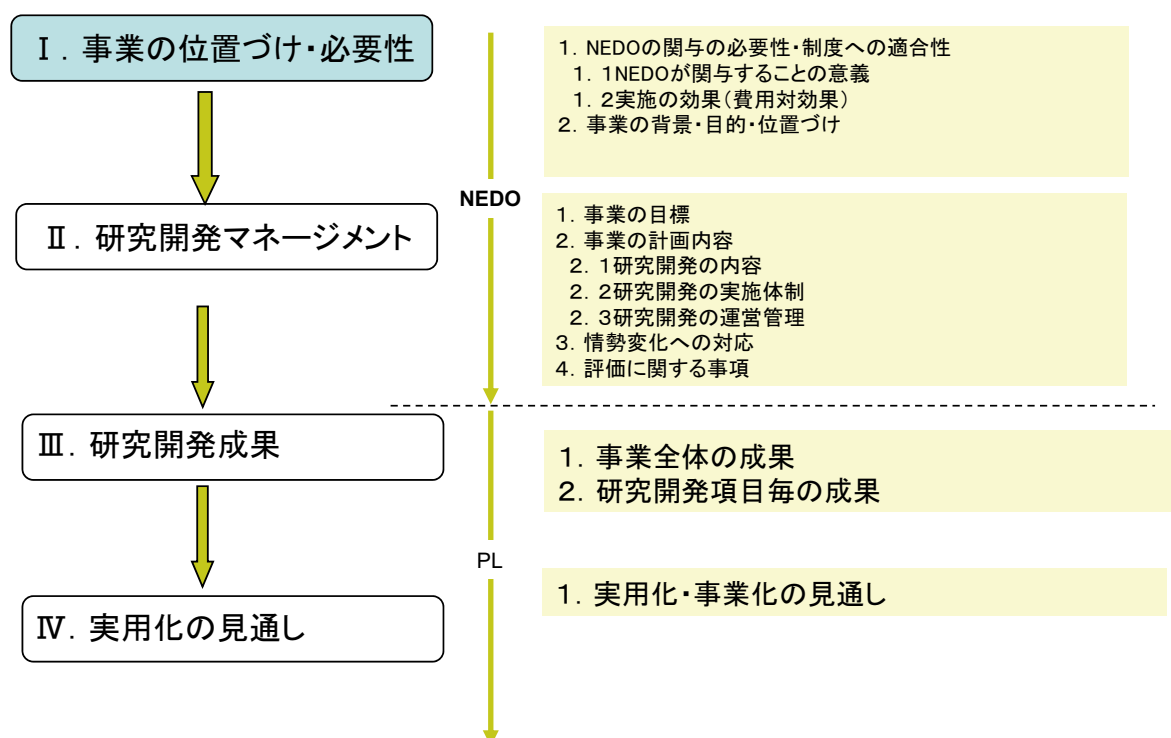
資料5-3

## 「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)

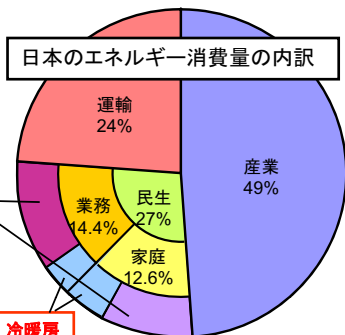
### 概要説明・報告の流れ



### 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

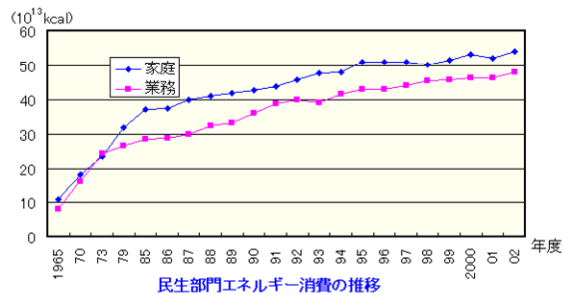
日本の総エネルギー消費量は原油換算約4億kL



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

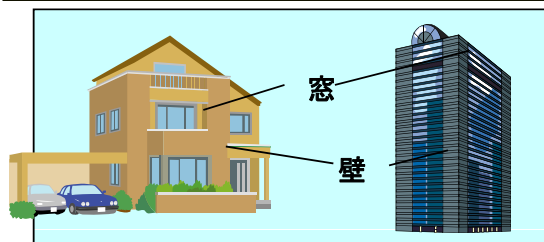
民生部門のうち、住宅・ビル等の冷暖房によるエネルギー消費は総エネルギー消費の約7.5%を占める。

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

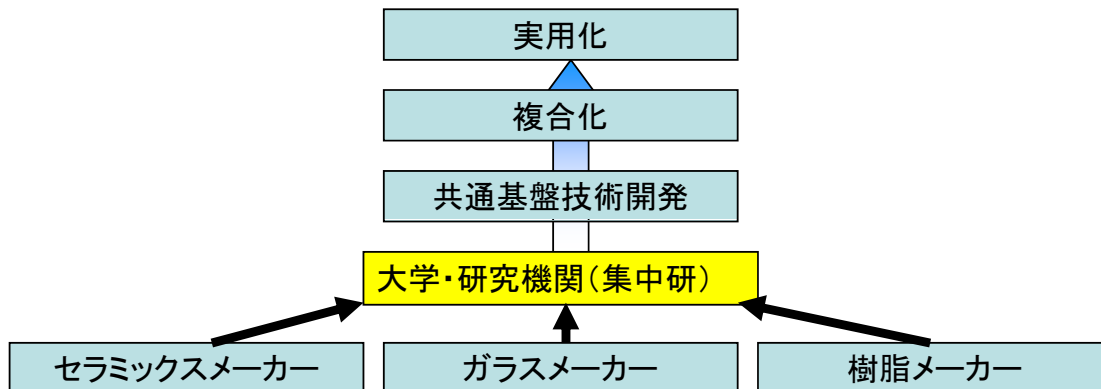
セラミック・樹脂・ガラス材料

### 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。

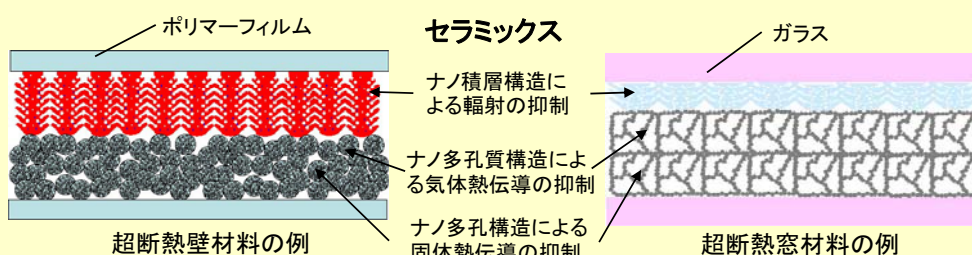
## マルチセラミックスとは？

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

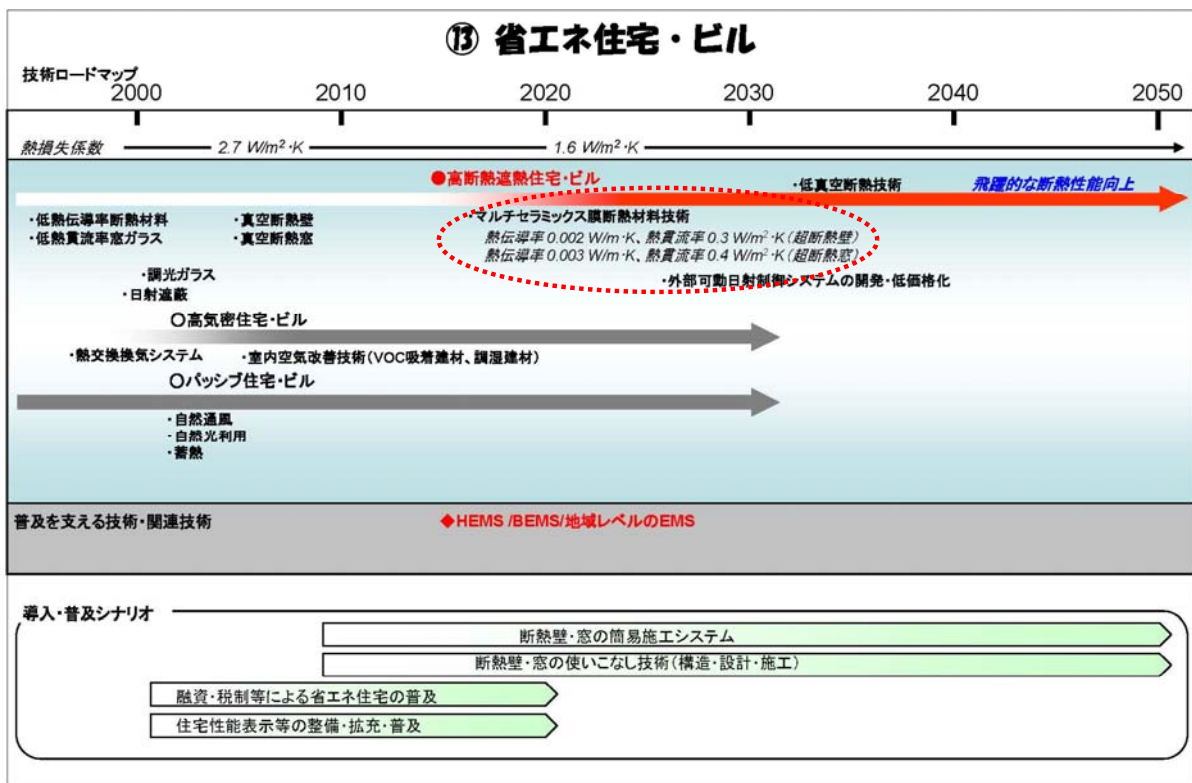
— 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 —

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。

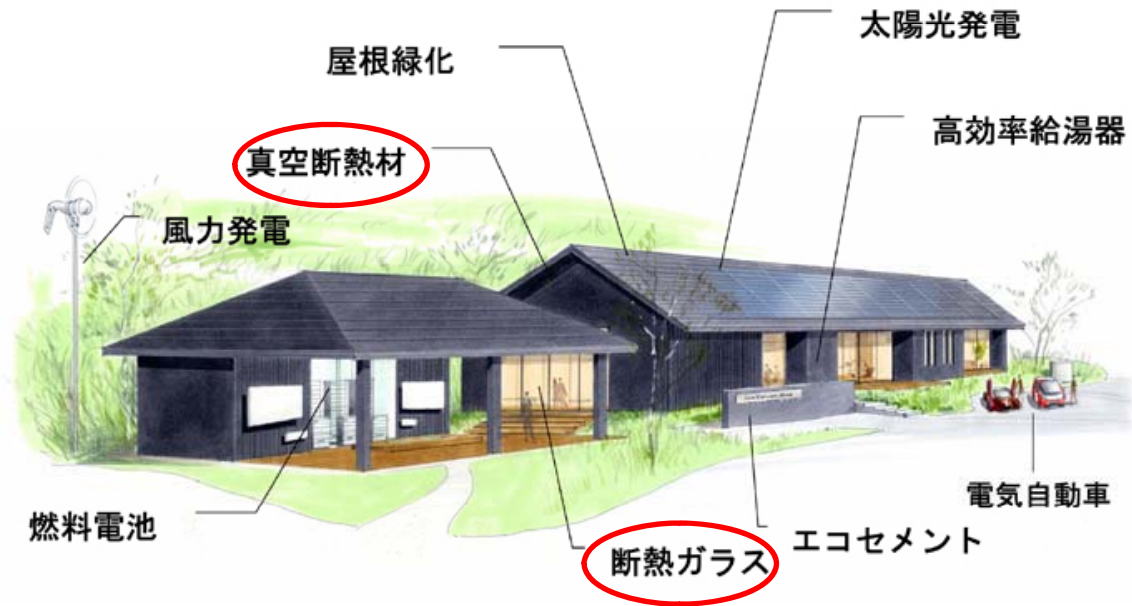


※EMS: Energy Management System, HEMS: House Energy Management System, BEMS: Building Energy Management System

## Cool-Earth-エネルギー革新技術開発ロードマップ

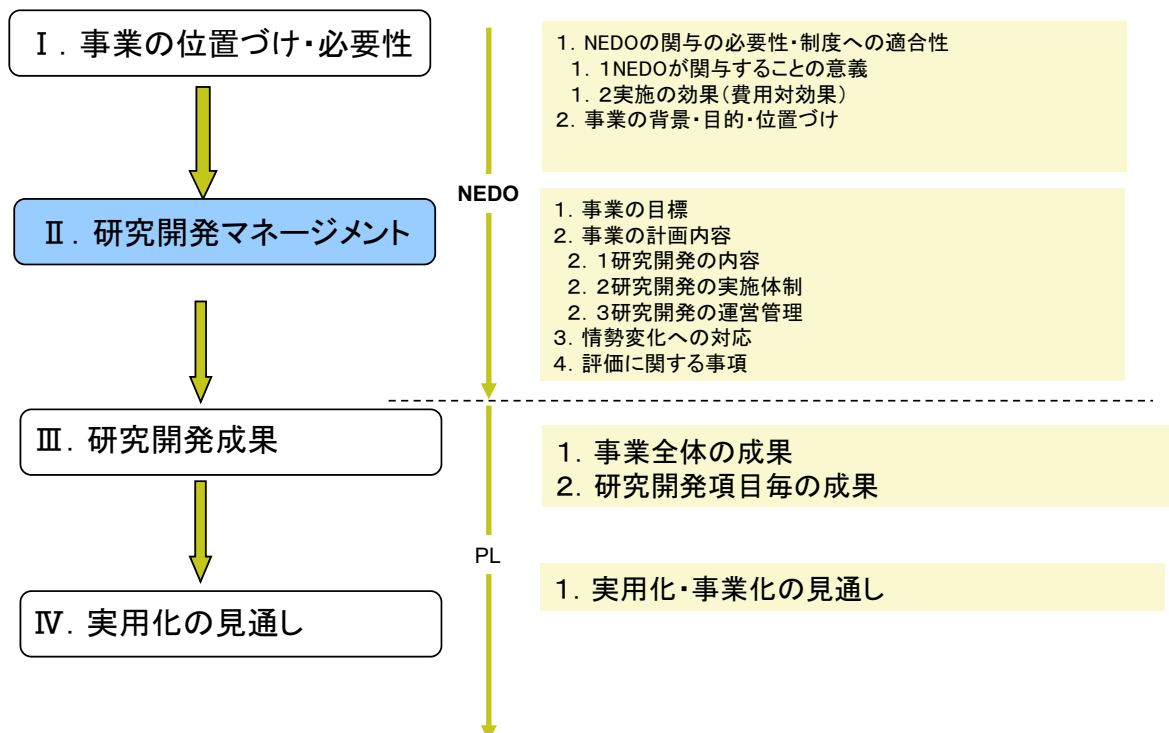


## 「ゼロエミッションハウス」の外観



(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。

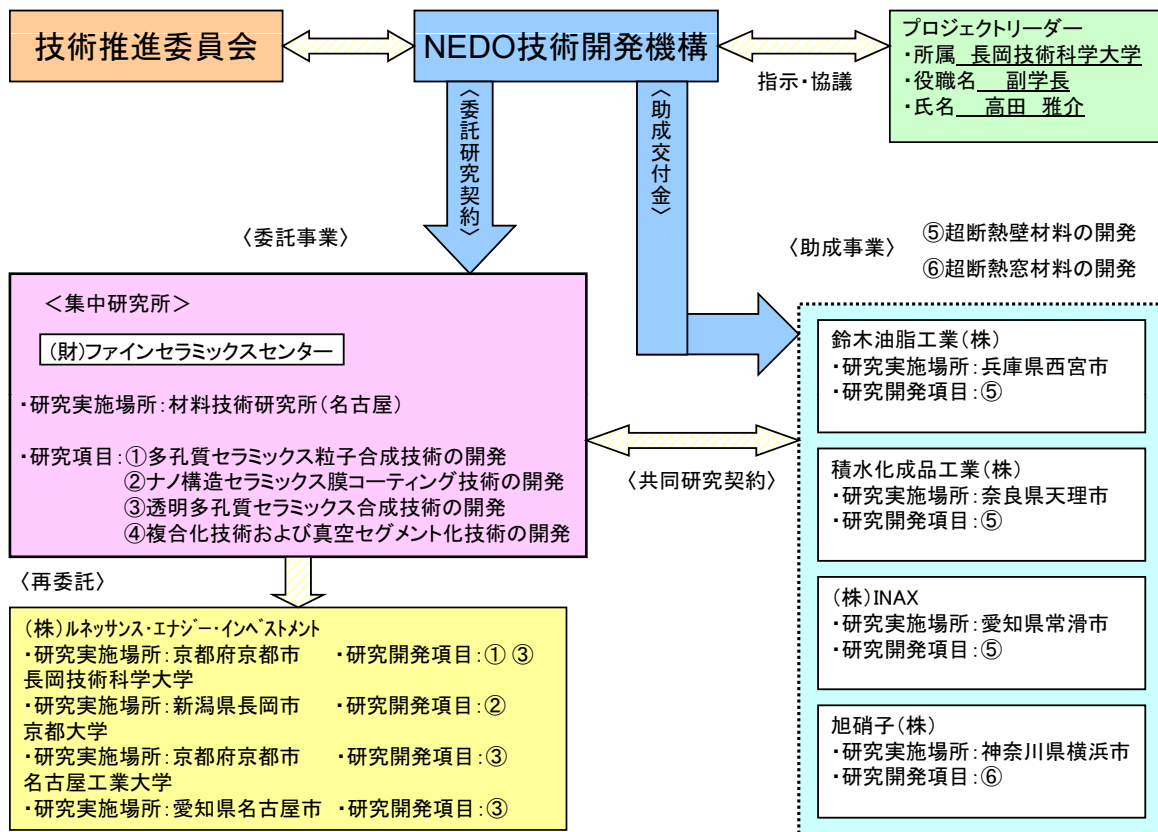
最終目標: 熱貫流率、圧縮強度などが優れた超断熱壁材料を開発する。

#### ⑥超断熱窓材料の開発

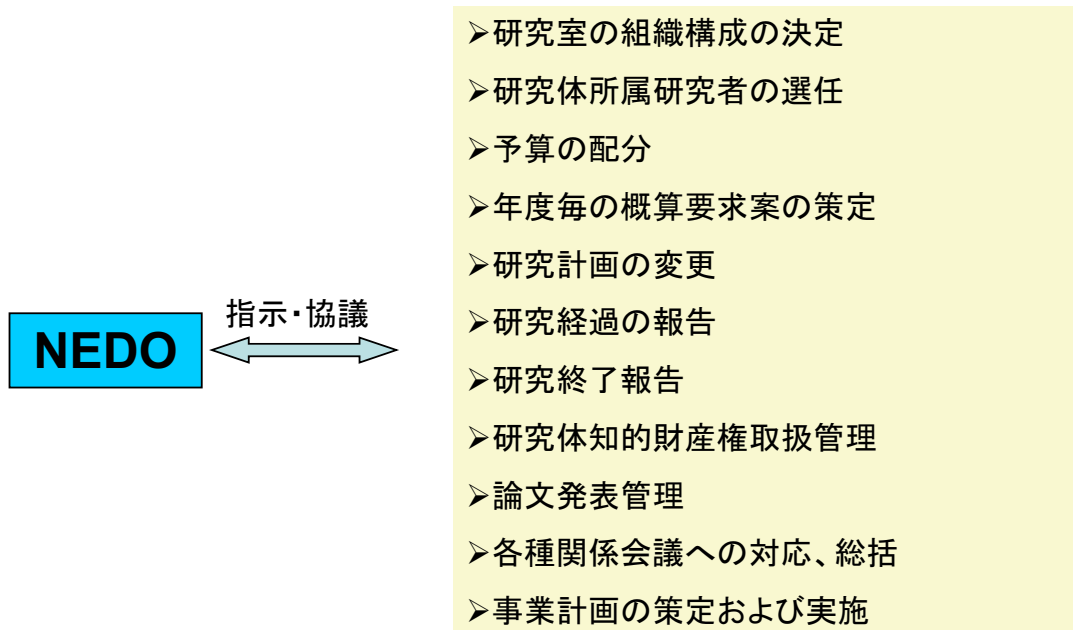
最終目標: 熱貫流率、光(可視光)透過率などが優れた超断熱窓材料を開発する。



II 2. 2研究体制



PLの役割



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0.1~10 $\mu$ m、羽毛状構造20~200nm 赤外線反射率60%以上 面積2500mm <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup> 、セグメント構造 (以上、壁) 真空化10Pa、熱貫流率1.0W/m <sup>2</sup> K、ヘイズ率2%以下、面積2500mm <sup>2</sup> (以上、窓)	熱伝導率0.002W/mK以下、熱貫流率0.3W/m <sup>2</sup> K以下、真空部面積90000cm <sup>2</sup> (以上、壁) 熱伝導率0.003W/mK以下、熱貫流率0.4W/m <sup>2</sup> K以下、ヘイズ率1%以下、真空部面積90000mm <sup>2</sup> (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 <sup>2</sup> K以下、厚さ10mm程、面積1m <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> K以下 可視光透過率65%以上 ヘイズ率1%以下 面積3m <sup>2</sup>

## 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10000mm<sup>2</sup>  
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 $0.002\text{W/mk}$ 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 $90000\text{mm}^2$

#### 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 $0.002\text{W/mK}$ 以下、

熱貫流率 $0.3\text{W/m}^2\text{K}$ 以下、

真空部面積 $90000\text{mm}^2$

(以上、壁)

熱伝導率 $0.003\text{W/mK}$ 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 $90000\text{mm}^2$  (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 $1\text{m}^2$

#### 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 $0.003\text{W/mK}$ 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 $1\text{m}^2$ 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

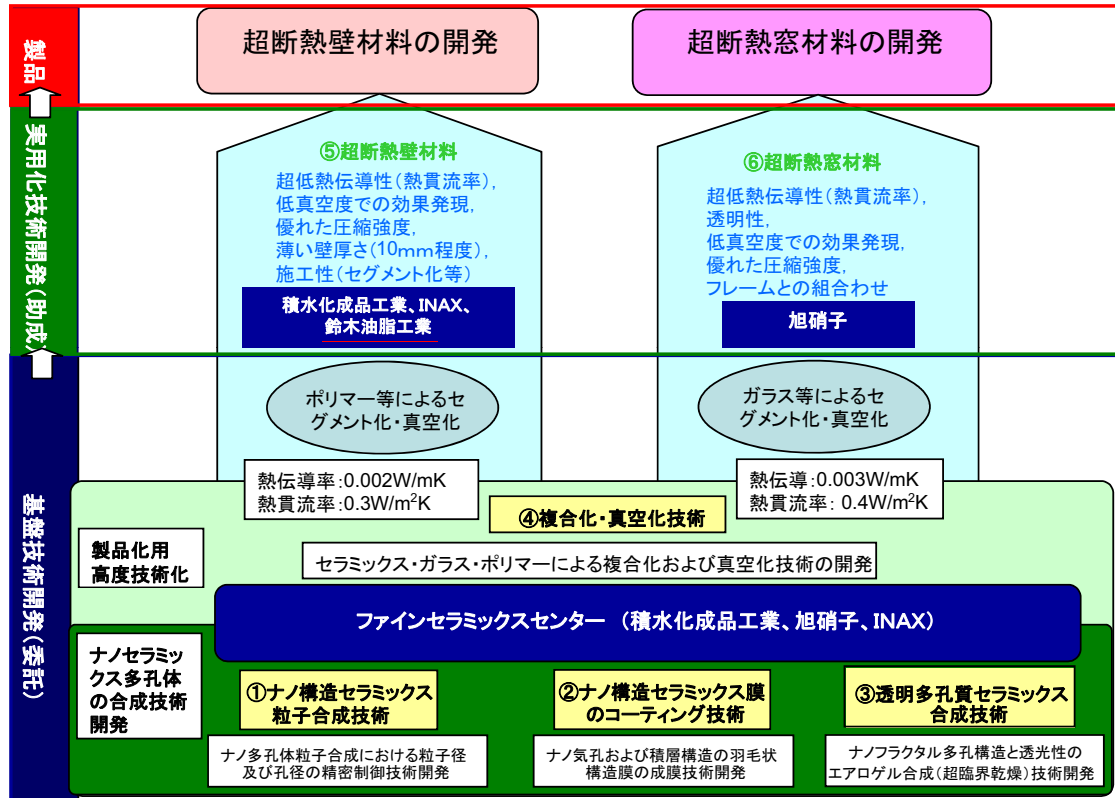
光透過率65%以上

面積 $3\text{m}^2$

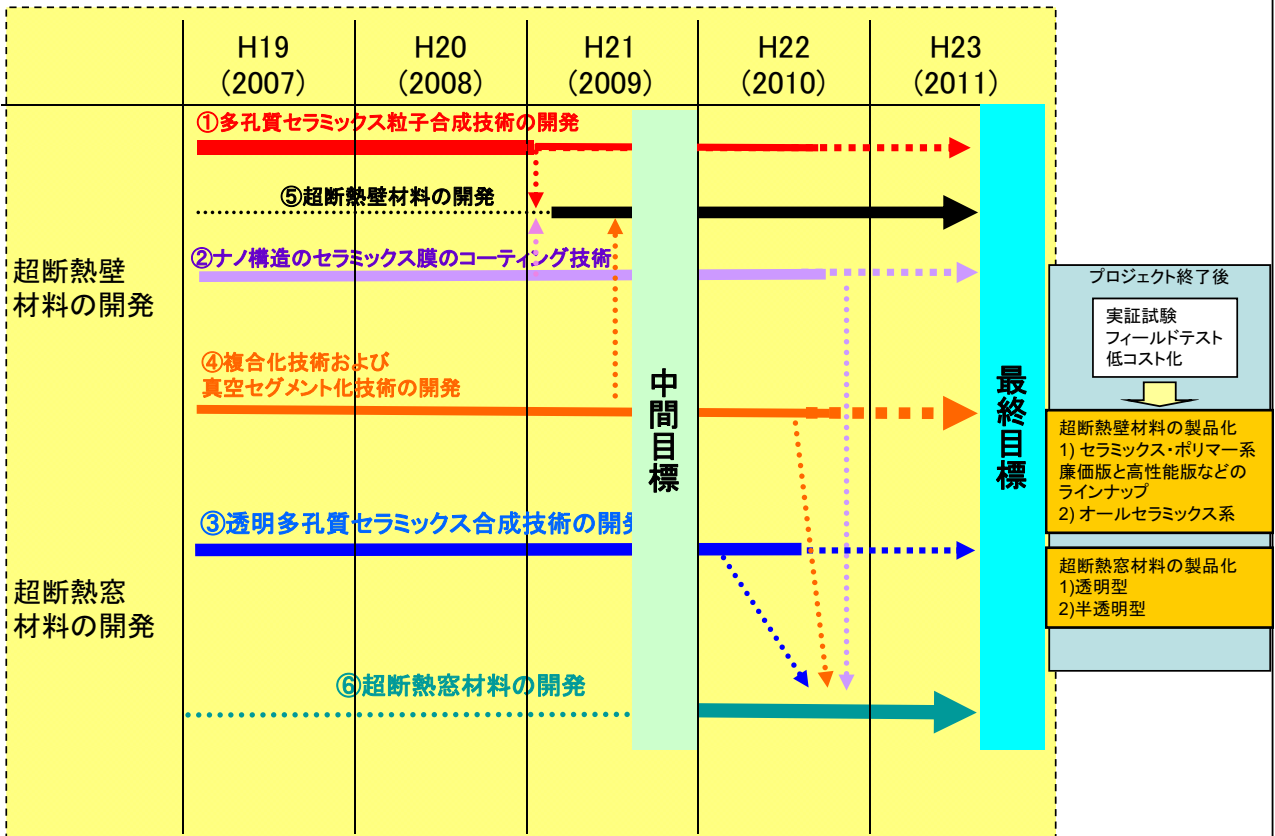
#### 根拠

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
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
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
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