

# 環境安心イノベーションプログラム

## 「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト」

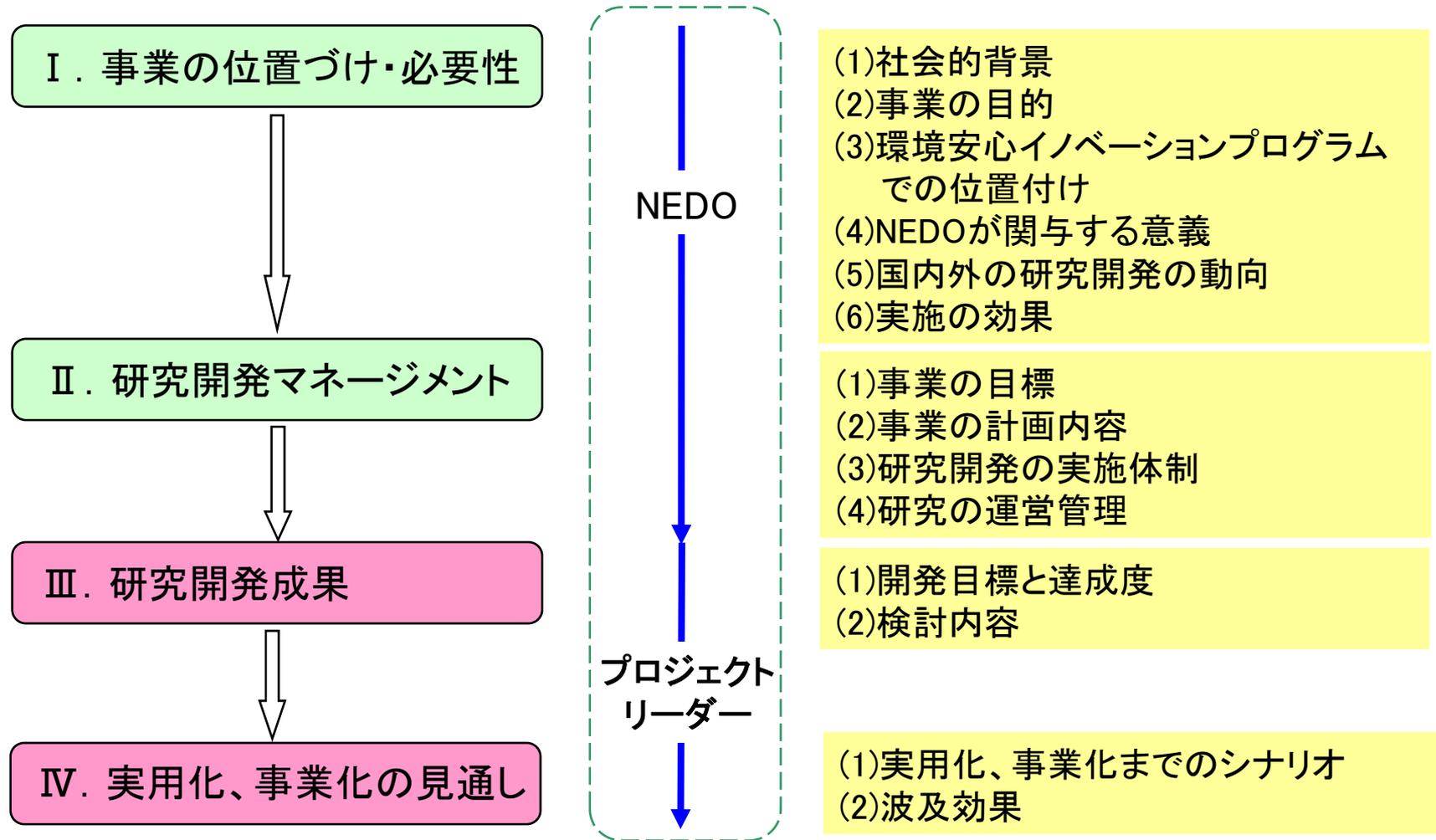
(中間評価)

(2007年度～2011年度 5年間)

プロジェクトの概要(公開)

NEDO技術開発機構  
環境技術開発部

2009年7月27日

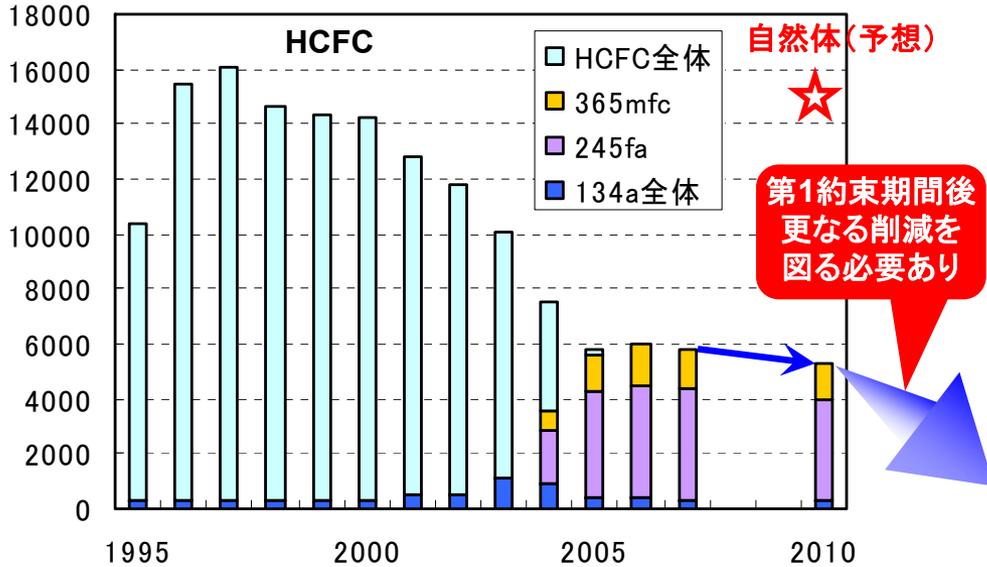


# 1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

## (1)社会的背景

### 発泡・断熱分野におけるフロン類使用状況

発泡・断熱材分野

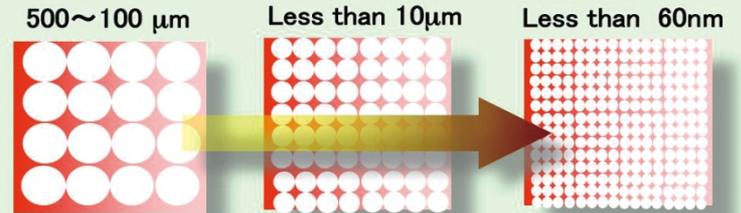


## (2)事業の目的

### 革新的ノンフロン系断熱材技術開発

#### 微細化(ナノ化)

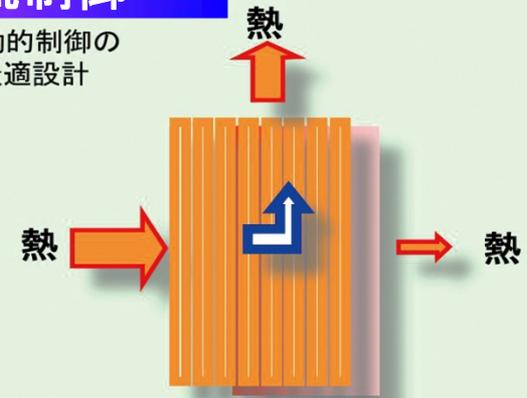
有機/無機素材のナノスケールの空隙の効果および熱伝導のメカニズムの解明



・ナノコート、ナノコンポジット、微細繊維etc.

#### 熱流制御

熱の能動的制御のための最適設計



#### ●フロン使用の現状

- ・HCFCに代わって**HFC**の使用量が増大傾向
- ・HFCの大部分は、**ウレタン発泡**で使用
- ・特に**現場吹付け発泡分野**のノンフロン化が遅れてる (→**ノンフロン化率10%**)

#### ●ノンフロン化の技術課題

- ・**断熱性向上**
- ・**経時変化抑制**
- ・**施工性・経済性**の向上 等々

## (3) 環境安心イノベーションプログラムでの位置付け

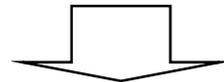
研究開発内容	2000	2005	2010	2015	2020
<b>I 地球温暖化防止新技術</b>					
I-1 CO <sub>2</sub> 固定化・有効利用技術					
I-2 脱フロン等技術					
(1)革新的ノンフロン系断熱材 技術開発				2007年度～2011年度 本プロジェクト 	
(2)ノンフロン型省エネ冷凍空調 システムの開発					
<b>II 資源制約克服／3R</b>					
<b>III 環境調和産業創造バイオ</b>					
<b>IV 化学物質総合評価管理</b>					

#### (4)NEDOが関与する意義

##### 建築用としての革新的ノンフロン系断熱材技術の開発

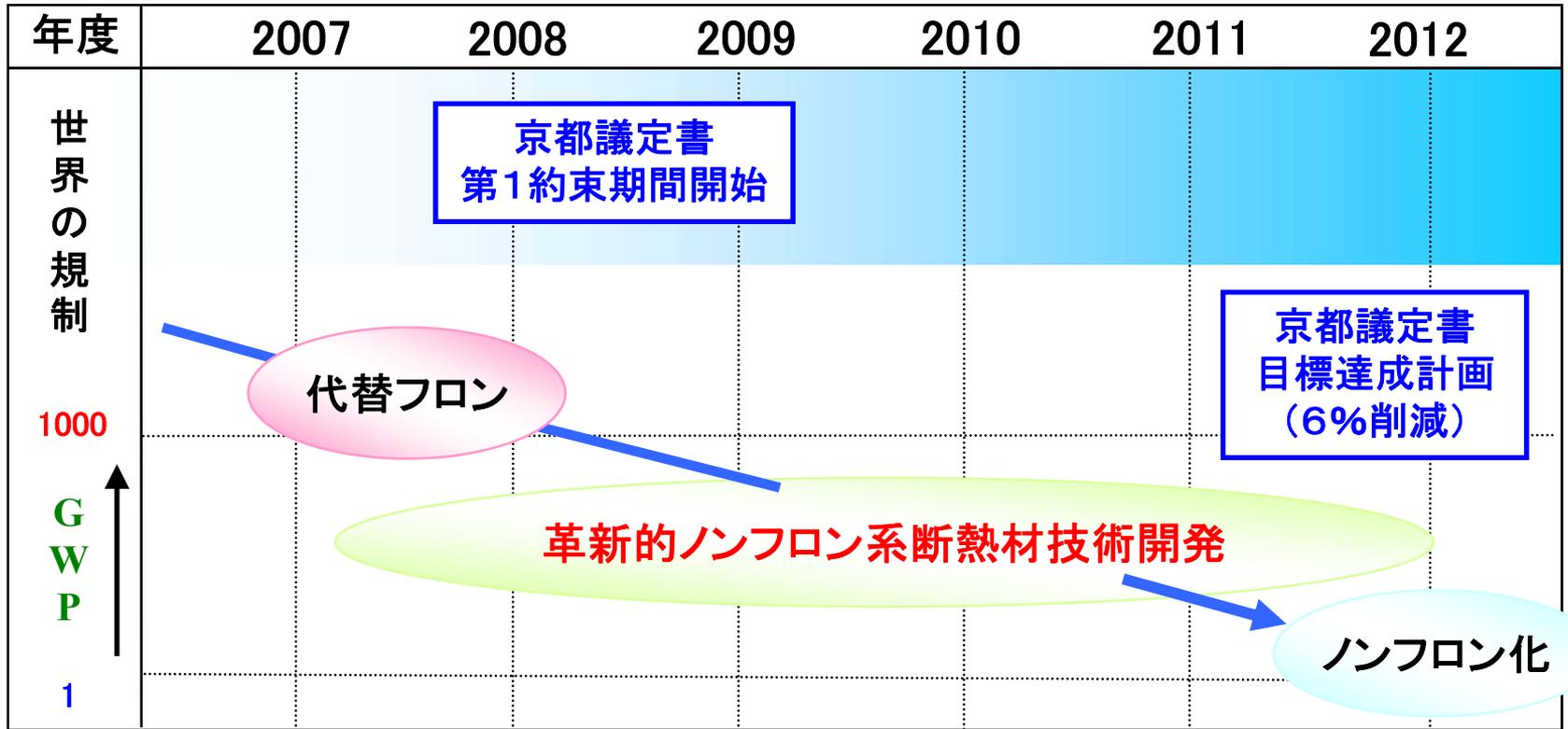
- ①住宅、建築物の省エネルギーという社会的要請に応える
- ②冷凍、空調、運輸など種々の断熱材使用分野への波及効果
- ③京都議定書目標達成計画に基づく温室効果ガスの排出削減とポスト京都を見すえた脱フロン技術の確立

- ①従来のノンフロン断熱材は、フロンレベルの断熱性能を未達
- ②高度な技術力と多額の開発費用が必要であり、民間企業のみではリスクが大きい。



**NEDOが国家プロジェクトとして実施し解決する必要がある**

(5) 国内外の研究開発の動向(事業目的の妥当性)



	単位	従来	中間目標	最終目標
断熱材	-	代替フロン	ノンフロン	ノンフロン
熱伝導率	[W/(m・K)]	0.024	0.024以下	0.024以下
経済性	-	-	-	実用化 市場化

## (6) 実施の効果(費用対効果)

### 費用の総額

8.6億円 (2007年度～2009年度)

### 省エネ効果によるエネルギー使用量の削減量

7.6万kL/年 (2030年、原油換算)

$\Sigma$  (1戸当たりの年間暖房エネルギー×革新的断熱材によるエネルギー削減率×累積戸数×エネルギーの石油換算率×プロジェクトの成功率) (新築、既存)  
= 新築(13,500[MJ/年/戸]×12[%]×444[万戸]×0.0258×10<sup>-3</sup>[kL/MJ]×30[%]) + 既存(13,500[MJ/年/戸]×12[%]/3×484[万戸]×0.0258×10<sup>-3</sup>[kL/MJ]×30[%])  
= 7.6万kL/年 (2030年推定、原油換算)

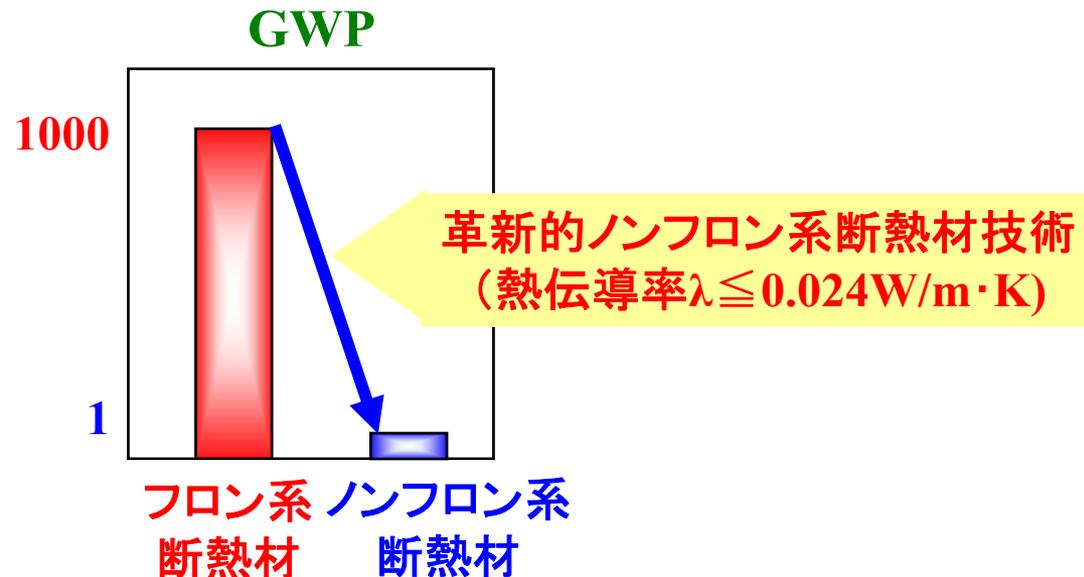
### フロン発泡剤の使用量削減によるCO<sub>2</sub>の削減量

600万CO<sub>2</sub>トン/年

$\Sigma$ HFC使用量×GWP for HFC134a, 245fa, 365mfc = 384[トン/年]×1,430+4,111[トン/年]×1030+1,492[トン/年]×794 = 597[万トン/年]  
2006年の各対象物質の使用量とIPCC-4次評価報告(2007年)のGWPを使用。

## (1)事業の目標(最終目標)

建材を中心とする断熱分野において、平成23年度までに、現状のフロン系硬質ウレタンフォームと同等以上(熱伝導率 $\lambda \leq 0.024\text{W/m}\cdot\text{K}$ )の断熱性能を有し、実用性、経済性を考慮した上で、従来技術と比肩して優位性のある性能、特徴を有する**革新的なノンフロン系断熱技術**を確立するための技術課題を解決する。



**GWP = Global Warming Potential、地球温暖化係数**

## (2)事業の計画内容

研究開発項目 (個別テーマ)	研究開発目標	根拠
①革新的断熱技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状のフロン系硬質ウレタンフォームと同等以上 <b>熱伝導率 <math>\lambda \leq 0.024\text{W/m}\cdot\text{K}</math>の断熱性能</b></li> <li>・実用化、市場化に際して経済性を考慮した上で、従来技術と比肩して優位性のある性能、特徴</li> <li>・革新的なノンフロン系断熱技術の確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状のノンフロン断熱材 断熱性能、製造時の燃焼性、施工性の問題 本格採用は未達</li> <li>・温室効果ガス排出削減 高性能断熱材の技術開発が必要</li> </ul>
②断熱性能等の 計測・評価技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>実用的な断熱性能の計測技術の開発</b></li> <li>・<b>品質評価手法の開発</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・革新的断熱材の技術開発により高精度、高性能な性能評価技術が必要</li> <li>・高性能断熱材の普及促進のために製品の品質を評価する基準と手法が必要</li> </ul>

### (3) 研究開発の実施体制



#### ①革新的断熱技術開発

基盤技術開発

京都大学 山形大学

発泡ガス開発

産業技術総合研究所

複合断熱材技術開発

産業技術総合研究所  
シーアイ化成、東京理科大学

旭ファイバーグラス  
北方建築総合研究所

アキレス

硬質ウレタン技術開発

アキレス

日清紡ケミカル

旭硝子

BASF INOAC  
ポリウレタン

発泡断熱ボード技術開発

東レ

カネカ

#### ②断熱性能等の計測・評価技術開発

計測技術開発

東京工業大学

評価技術開発

建材試験センター

(4) 研究開発の運営管理(研究開発のスケジュール)

研究開発項目	開発技術	事業者	2007	2008	2009	2010	2011	最終目標		
革新的断熱技術開発	基盤技術開発	京都大学	[Progress bar]					●	初期熱伝導率 0.024 [W/(mK)] 以下 + 経済性 (実用化、 市場化)	
	発泡ガス開発	産業技術総合研究所	[Progress bar]					●		
	硬質ウレタン 技術開発	アキレス(委託), 日清紡ケミカル, 旭硝子, BASF INOAC ポリウレタン	[Progress bar]	▲	[Progress bar]					●
			[Progress bar]	▲	●	[Progress bar]				
			[Progress bar]	▲	●	[Progress bar]				
			[Progress bar]	▲	●	[Progress bar]				
複合断熱材 技術開発	産業技術総合研究所・ シーアイ化成・東京理科大学, 旭ファイバーグラス, アキレス(助成)	[Progress bar]	▲	●	[Progress bar]					
		[Progress bar]	▲	●	[Progress bar]					
		[Progress bar]	▲	●	[Progress bar]					
発泡断熱ボード 技術開発	東レ, カネカ	[Progress bar]					●			
断熱性能等の 計測・評価 技術開発	計測技術開発	東京工業大学	[Progress bar]					●	圧着型熱伝導率 測定装置の実用化	
	評価技術開発	建材試験センター	[Progress bar]					▲ ●	評価方法・指針の HPでの公開	

▲ : 中間目標達成   ● : 最終目標達成   → (緑) : 実用化検討   → (赤) : 実用化開始

#### (4)研究開発の運営管理(開発予算)

予算の配分(2007年度～2009年度:総額約8.6億円)

研究開発項目	開発技術	予算配分 (2007～2009)
革新的 断熱技術開発	基盤技術開発	88%
	発泡ガス開発	
	硬質ウレタン技術開発	
	複合断熱材技術開発	
	発泡断熱ボード技術開発	
断熱性能等の 計測・評価 技術開発	計測技術開発	12%
	評価技術開発	
合計		100%

## 「技術委員会(年1回)」開催

### 外部有識者の意見を運営管理に反映

東京工業大学 佐藤 勲 教授      東北大学      猪股 宏 教授  
金沢工業大学 新保 實 教授      東京都市大学 近藤 靖史 教授  
近畿大学      岩前 篤 教授  
北陸先端科学技術大学院大学 山口 政之 准教授

### 指導内容

各事業者の実施内容が、実施方針に外れていないか、実施方針が基本計画通りに進んでいるかについて、PLと事業者の意見を聞きながら客観的な評価と指導を実施する。

## 「PLヒアリング(年2回)」開催

### 研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

京都大学大学院 大嶋 正裕 教授  
ウレタンフォーム工業会 横山 茂 専務理事

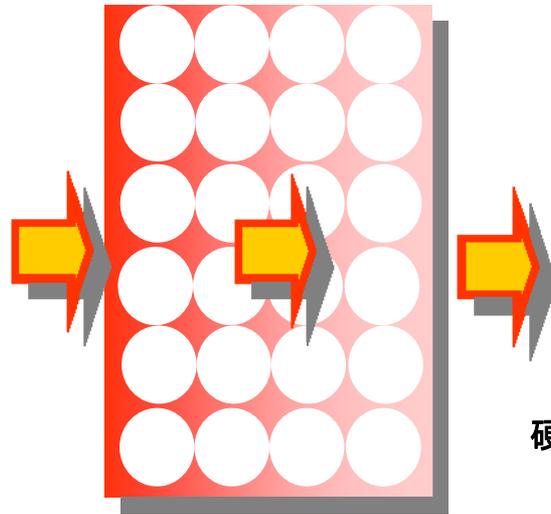
### 指導内容

PL大嶋教授とSPL横山理事は、基本計画と実施方針に基づき、各事業者より進捗状況と今後の課題、解決手段のヒアリングを行い、技術委員会の指導内容を反映して、今後の計画の指導を実施する。

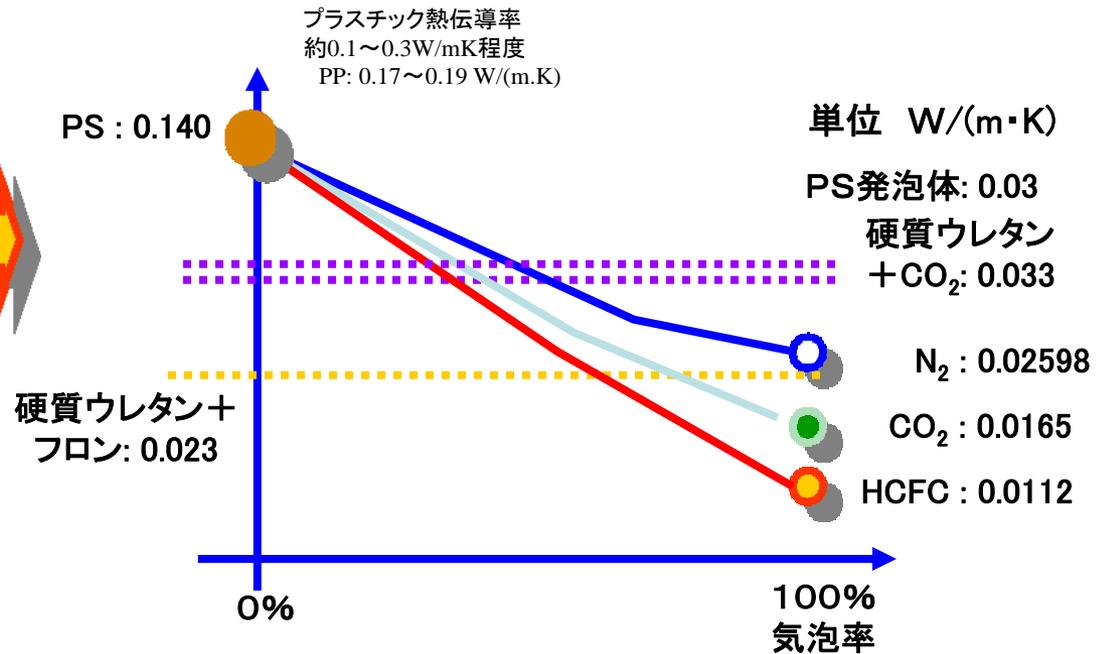
# 発泡体による断熱の原理

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$$

$\lambda = f$  (基材熱伝導率、気泡内ガス熱伝導率、気泡率, 温度)



$$q = -\frac{\lambda}{\delta} (T_{\text{右側}} - T_{\text{左側}})$$



## 総括熱伝導率の低減

- 方策1 発泡率を上げる (究極:気泡内ガスの熱伝導率に漸近) 問題:構造から力学特性が低下する
- 方策2 熱伝導率の低い基材を作る (熱可塑・熱硬化、配向延伸) 問題:ポリマーより低いものはあるか
- 方策3 熱伝導率の低いガスを使う (従来フロン・最近CO<sub>2</sub>) 問題:ガスと空気が置換するN<sub>2</sub>に近づく

# 基本方針

## 高空隙率・微細化

65nm 平均自由工程 > セルサイズ

## 高ガスバリア性化(低熱伝導度ガスの発泡体内封止)

新規発泡ガス／混合ガス／CO<sub>2</sub>ガスバリア性の向上・付加

## 低熱伝導度空間(材料)の導入

エアロゲルとのハイブリッド

## 装置開発

熱伝導度の正しい評価

## 3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度

## Birds eye view

	コア実施内容	気泡 微細化	気泡 分布 制御	低熱伝導性 ガス封止 (ガス・樹 脂)	低熱伝導 空間の 導入 (ナノゲル ハイ ブリッド)	装置 開発	
京大(委託)	基本コンセプト+熱伝導度測定	◎	○	△	△		PL 基盤技術 開発
産総研(環境化学)(委託)	発泡剤ガスの開発			○			発泡ガス 開発
日清紡ケミカル(委託)	ペンタンの安全使用			○			硬質 ウレタン 技術開発
BASF-INOAC(助成)	炭化水素の吸油材			△			
アキレス(委託)	バブル発生装置開発による気泡 の微細化	○				○	
旭硝子(助成)	ポリオールの改良	○					
産総研、シーアイ化成、 東京理科大学(委託)	ナノゲル+可塑樹脂				○		複合 断熱材 技術開発
アキレス(助成)	ナノゲル+ウレタン				◎		
旭ファイバーガラス(委託)	ナノゲル+無機繊維				○		
カネカ(委託)	押出發泡ボード		○			○	発泡断熱 ボード 技術開発
東レ(委託)	ナノアロイ+バリア性強化	○		◎			

## 3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度

## (1) 研究開発項目ごとの目標と総合的達成状況

	中間 目標	成果	中間 目標の 達成度	最終 目標の 達成度	今後の課題
1) 高空隙率・微細化	0.024 W/mK	東レ・ナノ発泡 <b>0.023</b> W/mK 旭硝子 <b>0.0225</b> W/mK	◎	○	事業化の推進、 住宅テスト スプレー法への展開 ナノセル単体での性能向上
2) 高ガスバリア性化 (低熱伝導度ガスの 発泡体内封止)	0.024 W/mK	日清紡ケミカル <b>0.022</b> W/mK 東レ・バリアフィルム <b>0.023</b> W/mK カネカ <b>0.024</b> W/mK	◎	○	東レバリアフィルムの 横展開 カネカ・装置開発 安全基準
3) 低熱伝導度空間 (材料)の導入	0.024 W/mK	産総研 <b>0.017</b> W/mK アキレス <b>0.017</b> W/mK 旭ファイバーグラス <b>0.019</b> W/mK	◎	△	エアロゲル(ナノゲル)の 製造コストの低減化 ビジネスモデル
4) 装置開発	評価 可能 装置	東工大 建材試験センター	◎	○	評価装置の国際基準認証、 評価表の普及

## 【課題】

初期性能として0.024W/mKの目標値はClear!  
経年変化をどこまで抑えられるか?  
スプレー方式での性能達成を如何に図るか?

## 3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度

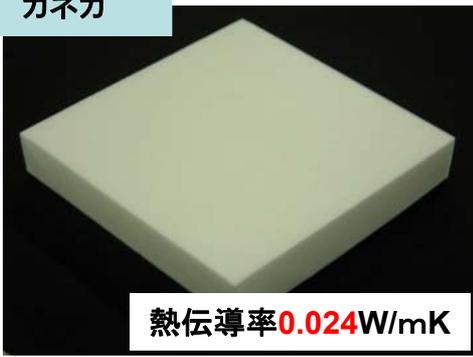
## (1) 研究開発項目ごとの目標と総合的達成状況

研究開発項目	開発技術	事業者	中間目標	成果	中間目標の達成度	最終目標の達成度	今後の課題
革新的 断熱技術開発	基盤技術開発	京都大学	0.024 W/mK	0.021 W/mK	◎	○	
	発泡ガス開発	産業技術総合研究所		発泡体 0.0269 W/mK 気体 0.014 W/mK	○	○	生産コスト、 連続化
	硬質ウレタン 技術開発	アキレス、 日清紡ケミカル、 旭硝子、 BASF INOAC ポリウレタン		日清紡ケミカル 0.022 W/mK 旭硝子 0.0225 W/mK	◎	○	スプレー法への 展開
	複合断熱材 技術開発	産業技術総合研究所・ シーアイ化成・東京理科大、 旭ファイバーグラス、 アキレス		産総研・シーアイ・東理大 0.017 W/mK 旭ファイバーグラス 0.019 W/mK アキレス 0.017 W/mK	◎	○	エアロゲル(ナノゲル) の製造コストの 低減化 ビジネスモデル
	発泡断熱 ボード 技術開発	東レ、 カネカ		東レ 0.023 W/mK カネカ 0.024 W/mK	◎	◎に近い○	東レ・バリアフィル ムの横展開 カネカ・装置開発 安全基準
断熱性能等の 計測・評価 技術開発	計測技術開発	東京工業大学	評価 可能 装置	圧着型熱伝導率 測定装置を開発	◎	○	評価装置の 国際基準認証、 評価表の普及
	評価技術開発	建材試験センター		実用性評価基準と 評価ツールを開発	◎	◎に近い○	

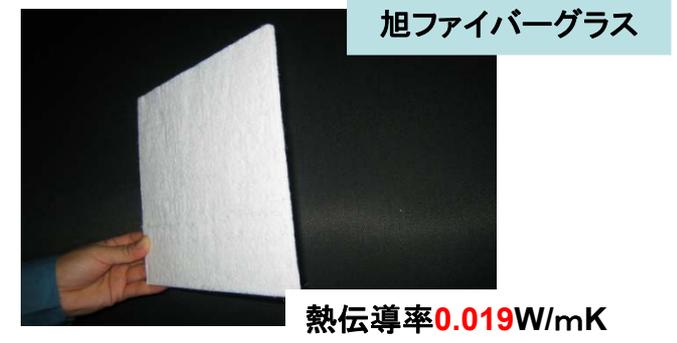
### 3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度

## 種々の成果

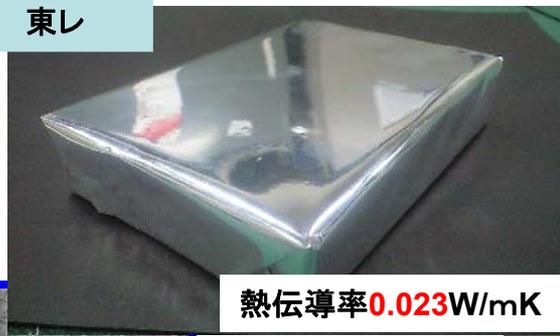
カネカ



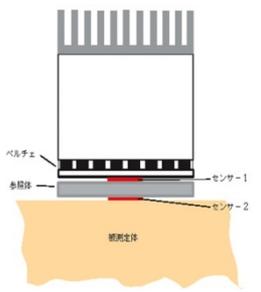
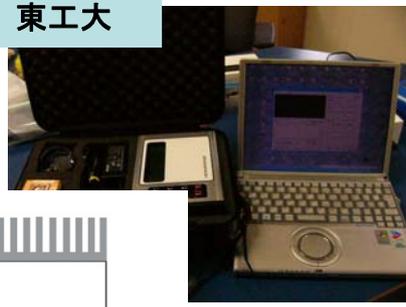
アキレス



東レ

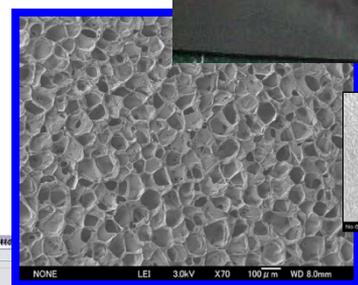


東工大



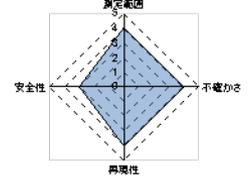
産総研

日清紡ケミカル



建材試験センター

測定条件			
項目	値	単位	備考
(1) 断熱材			
断熱材厚さ	20.00	[mm]	
温度	23.16	[℃]	
ステファン-ボルツマン定数	5.67E-08	[W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup> ]	
断熱材密度	30.0	[kg/m <sup>3</sup> ]	
ポリマー密度	1200.0	[kg/m <sup>3</sup> ]	
ポリマー熱伝導率	0.20	[W/m·K]	
支柱ポリマー径	0.60	[mm]	
気泡セル径	1.50E-04	[m]	
(2) 装置(空気-発泡スチロール)			
拡散抵抗(空気)	1.00E-02	[m <sup>2</sup> ]	
拡散抵抗(発泡スチロール)	1.00E-03	[m <sup>2</sup> ]	
β inf(air)	1.371	[-]	
β inf(PS)	1.471	[-]	
(3) 測定条件			
初期分圧(断熱材内)	0.001	[Mpa]	
初期分圧(外部)	0.101	[Mpa]	
有効拡散係数	2.50E-11	[m <sup>2</sup> /sec]	
熱伝導率	0.025	[W/m·K]	
粘性係数	18.2	[μPa·s]	
分子量	290	[g/mol]	
沸点	803	[K]	
(4) 気体名: 気体(発泡スチロール) [CFP11]			
初期分圧(断熱材内)	0.070	[Mpa]	
初期分圧(外部)	0.000	[Mpa]	
有効拡散係数	2.50E-13	[m <sup>2</sup> /sec]	
熱伝導率	0.009	[W/m·K]	
粘性係数	11.3	[μPa·s]	
分子量	131.8	[g/mol]	
沸点	287.0	[K]	



## 事業種別での成果の意義

### (1) 超断熱PUF

混合ガスならびに樹脂開発(それぞれ世界に先駆けた技術)の成果で、0.024W/mKの課題はクリアした。それぞれ異なる技術であるため、融合することにより相乗効果が期待できる。

### (2) 断熱ボード

ナノアロイ・高バリア性フィルムの開発は、東レオリジナルの技術である。事業展開性は高い。また、バリア性フィルム自体の応用展開が広く期待できるものである。(世界最高水準の技術レベルと製品である)

また、カネカの断熱ボード技術も従来からの技術を基盤にした、足元のしっかりした他社が追従できない製造技術であり、安定生産が期待できる。(世界中でカネカでしか出来ない技術)

### (3) 新規の複合断熱材の創製

断熱性からもっとも高い数値が達成できる素材が開発されている。従来のエアロゲルの脆弱性を補う断熱材であり、特許の確保ならびに製造コストの低減ができれば、市場を席卷できる可能性がある。(米国基本特許に近いアイデアが出されている。現実にもものできているのは世界で初)

### (4) 測定・評価技術

従来にない原理で、ユニークな断熱性の測定装置が開発できた。装置のコンパクト性もあり、将来様々なところで利用される可能性がある。(測定装置は世界初)

## (3)知的財産権、成果の普及

平成19年度～平成21年度

成果	基盤技術開発	発泡ガス開発	硬質ウレタン技術開発	複合断熱材技術開発	発泡断熱ボード技術開発	計測技術開発	評価技術開発	合計
特許出願(準備中含)	0	2	2	12	12	0	0	28
論文(査読有)	6	0	0	0	0	0	0	6
研究発表・講演 (国内外、査読有含)	30	4	0	4	1	4	0	43
受賞実績	2	0	0	0	0	0	0	2
新聞・雑誌への掲載	1	0	0	0	2	0	0	3
展示会への出展	0	0	0	0	0	0	0	0

平成21年6月26日現在

## 3. 研究開発成果について

## (5) 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	研究課題	最終目標 (平成23年度末)	達成見通し
革新的断熱技術開発	基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気泡位置とサイズの制御技術実証</li> <li>・経年変化の少ない発泡体の創製</li> <li>・低熱伝導率物質をコア材とする発泡体</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・空隙率85%を達成しており可能</li> <li>・UV樹脂の選定とCO2含浸法改良</li> <li>・中空ナノファイバー表面改質</li> </ul>
	発泡ガス開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フロン系発泡剤の発泡体と同程度の熱伝導率を有する発泡体の開発</li> <li>・量産化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡処方検討</li> <li>・性能評価の実施をいかに行なうか</li> </ul>
	硬質ウレタン技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セル径の微細化</li> <li>・混合ガスを利用した硬質PUF</li> <li>・熱伝導率の低減</li> <li>・低熱伝導率の現場発泡硬質ウレタンフォームの創製</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・導入バブルの制御</li> <li>・不燃、低熱伝導率、低GWPガス検討</li> <li>・処方改良、scCO<sub>2</sub>利用</li> <li>・添加吸着ペンタン量の制御</li> </ul>
	複合断熱材技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリカエアロゲル並の断熱性能を有しハンドリング特性の良い材料開発</li> <li>・ナノ多孔質担持断熱材の開発</li> <li>・ナノゲルを応用した断熱材の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノ多孔質シリカの緒元と断熱性能の関係の調査</li> <li>・表面改質</li> </ul>
	発泡断熱ボード技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>系の最高の断熱性能の断熱材</li> <li>・高断熱性押出発泡体の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡構造の最適化</li> <li>・発泡体の構成要件、組成の絞り込み</li> </ul>
断熱性能等の計測・評価技術開発	計測技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プローブの高感度化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可能</li> </ul>
	評価技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実用性評価方法のHP上での公開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可能</li> </ul>

## 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

研究開発項目	研究課題	成果の実用化可能性
革新的断熱技術開発	基盤技術開発	・断熱性能を向上するアイデアの創案と企業化
	発泡ガス開発	・環境影響評価も含めた発泡剤としての特性の検証、工業生産に向けた製造法の開発により可能
	硬質ウレタン技術開発	・セルの微細化とCO <sub>2</sub> の拡散防止により可能 ・低コスト化、安全対策、規制の緩和活動により可能 ・既存設備の使用、軽微な改造、追加で実用化は可能 ・ハイドロカーボンの原液中への分散とスプレー時の雰囲気濃度の安全レベル以内の制御により可能
	複合断熱材技術開発	・発泡構造と製造プロセスの最適化により可能 ・ナノ多孔質シリカの応用により可能 ・ナノゲルを応用した簡易真空断熱材により可能
	発泡断熱ボード技術開発	・ユーザワークを通じ実用価値の検討を進める。 ・実使用サイズでの技術獲得、市場ターゲットおよび展開の可能性明確化、市場での受入可能性の確認を通じて可能性を検討する。
断熱性能等の計測・評価技術開発	計測技術開発	・プローブの安定供給と高感度化により可能である。
	評価技術開発	・評価方法の検討において本プロジェクトの各事業者殿にご試用におけるコメントを反映することにより可能性がある。

4. 実用化、事業化の見通しについて (2)事業化までのシナリオ

研究開発項目	開発技術	事業者	開発項目	2012	2013	2014	2015
革新的 断熱技術開発	基盤技術開発	京都大学	①ナノセルラー発泡体 ②ナノセルラー押出／ 射出発泡体 ③中空カプセル・ ファイバー		ナノセルラーの既存発泡装置による 実現と波及		 
	発泡ガス開発	産業技術総合研究所	大規模プロセス・断熱材 開発、毒性検討	民間と共同開発		 	
	硬質ウレタン 技術開発	①アキレス ②日清紡ケミカル ③旭硝子 ④BASF INOAC ポリウレタン	①ノンフロンプレー フォーム、 ボード・パネル等 ②ノンフロン断熱材 ③現場発泡高断熱 ウレタン発泡体 ④硬質ウレタンフォーム				
	複合断熱材 技術開発	①産業技術総合研究所・ シーアイ化成・東理大 ②旭ファイバーグラス ③アキレス	①発泡ポリマ=シリカ ナノコンポジット断熱材 及び連続製造プロセス ②高機能無機質系断熱 材開発 ③ナノゲル				
	発泡断熱ボード 技術開発	①東レ ②カネカ	①スケールアップ検討 ②ノンフロン断熱材				
断熱性能等の 計測・評価 技術開発	計測技術開発	東京工業大学	断熱材熱伝導測定 システム		高感度化 操作性向上	標準化 提案	市販装置 商品開発
	評価技術開発	建材試験センター	公開実用化				

4. 実用化、事業化の見通しについて (3)波及効果

分野	革新的断熱技術	2010	2015	2020	2025
建築	ナノセルラー断熱建材技術	試作、要素試験 スケールアップ化 実用価値確認	実用化	実用化検討 フィルムへの応用展開 モデルハウスでの検討	実用化
	革新断熱シート		実用化	実用化	
	ナノゲル断熱材	実機検討	実用化		
	シリカエアロゲル		実機検討	実用化	
	ナノバブル	実機検討	実用化	実機検討	実用化
自動車	ナノセルラー断熱建材技術		要素試験	実機への適応検討	実用化
	ナノゲル断熱材		実機検討	実用化	
家電	超発泡核材	試作・発泡実験 材料選択	押出機・射出機 での実験	量産化検討	
	革新断熱シート		形態最適化	実用化	