

「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	16
評点結果	21

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
「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)

分科会委員名簿

(平成 21 年 7 月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	くろさき やすお 黒崎 晏夫	電気通信大学 産学官連携センター 特任教授 / 東京工業大学名誉教授
分科会長 代理	まつおか しんいち 松岡 信一	富山県立大学 工学部 機械システム工学科 教授
委員	いわさき かずお 岩崎 和男	岩崎技術士事務所 所長
	とみむら としお 富村 寿夫	熊本大学大学院 自然科学研究科 産業創造工学専攻 教授
	はしもと たもつ 橋本 保	福井大学大学院 工学研究科 材料開発工学専攻 教授
	ひわたし きよし 樋渡 潔	大成建設株式会社 技術センター 技術企画部企画室 課長
	やまだ としろう 山田 敏郎	金沢大学 理工研究域 自然システム学系 教授

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価部

プロジェクト概要

		作成日	2009/7/13				
制度・施策 (プログラム) 名	METI・環境安心イノベーションプログラム						
事業(プロジェクト) 名	革新的ノンフロン系断熱材技術開発	プロジェクト 番号	P07019				
担当推進部/ 担当者	環境技術開発部/繁田主査						
0. 事業の 概要	<p>建築用断熱建材の分野では硬質ウレタンフォームが使用されているが、地球温暖化係数(GWP)が高い代替フロン等を使用している問題がある。またCO₂など低GWP発泡ガスを使用する断熱材の開発・利用が進められているが、熱伝導率等の断熱性能、製造時の燃焼性、施工性等の面で種々の問題がある。このため現状のフロン系硬質ウレタンフォームと同等以上の断熱性能を有する革新的ノンフロン系断熱材技術の開発を行う。</p>						
I. 事業の位置 付け、必要 性につい て	<p>断熱材の発泡剤は、2005年以降、GWPの高いHFCへの大気中への排出量の増加が見込まれており、これを抑制するために断熱材のノンフロン化を一層推進することが必要である。しかし現状のノンフロン断熱材は、フロン製品(特にフロン系現場発品)と比較すると断熱性能、製造時の燃焼性、施工性等の面で問題があるため、本格採用には至っていない状況である。</p> <p>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は、我が国の責務であり、その達成およびその後の更なる排出削減のため基礎研究/実用化研究の両面的なアプローチにより高い断熱効果を有し、かつ市場への早期導入が見込める高性能断熱材の開発を推進する必要がある。また上記の研究開発に伴い、より高精度・高性能の性能評価技術が要求されることが予想される。更にこれらの研究開発成果の上市に際し、高性能断熱材の普及を促進するためにも、製品としての品質を評価する手法や基準が必要である。しかしこれらの新技術の開発を推進するためには、一企業単位では開発の負担が大きく、国からの支援が是非必要である。</p>						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	<p>建材を中心とする断熱剤分野において、平成23年までに、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$\lambda \leq 0.024W/(m \cdot K)$)を目安)の断熱性能を有し、かつ、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こと。</p>						
事業の 計画内容	主な実施事項	H19Fy	H20Fy	H21Fy	H22Fy	H23Fy	
	革新的断熱技術開発 断熱性能等の 計測・評価技術開発						
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	300	240	240	未定	未定	未定
	総予算額	300	240	240	未定	未定	未定
契約種類: 委託及び助成 (*金額内訳は非 公開)	経産省担当原課	製造産業局化学物質管理課オゾン層保護等推進室					
開発体制	プロジェクト リーダー	大嶋 正裕 (京都大学 大学院 工学研究科 教授)					
	サブプロジェクト リーダー	横山 茂 (ウレタンフォーム工業会、専務理事)					

	委託先／助成先	<p>【1】革新的断熱技術開発</p> <p>①基盤技術開発 ・国立大学法人 京都大学（委託先）</p> <p>②発泡ガス開発 ・独立行政法人 産業技術総合研究所（委託先）</p> <p>③硬質ウレタン技術開発 ・アキレス株式会社（委託先） ・日清紡ケミカル株式会社（委託先） ・旭硝子株式会社（助成先） ・BASF INOAC ポリウレタン株式会社（助成先）</p> <p>④複合断熱材技術開発 ・独立行政法人 産業技術総合研究所（委託先） /シーアイ化成株式会社（委託先） /学校法人 東京理科大学（委託先） ・旭ファイバーグラス株式会社（委託先） ・アキレス株式会社（助成先）</p> <p>⑤発泡断熱ボード技術開発 ・東レ株式会社（委託先） ・株式会社カネカ（委託先）</p> <p>【2】断熱性能等の計測・評価技術開発</p> <p>①計測技術開発 ・国立大学法人 東京工業大学（委託先）</p> <p>②評価技術開発 ・財団法人 建材試験センター（委託先）</p>
情勢変化への対応	<p>地球温暖化問題に対する対策として 1997 年 12 月に京都議定書が採択された。対象となる温室効果ガスは、代替フロン等 3 ガス(HFC,PFC,SF₆)、CO₂、CH₄、N₂O である。</p> <p>これを受けて 2005 年 4 月には京都議定書目標達成計画が閣議決定された。この計画では日本の温室効果ガスを基準年 1990 年の総排出量に対して京都議定書第一約束期間中の 2010 年の段階で 6%削減約束を確実に達成するために必要な措置が定められている。具体的には、(1)排出抑制対策と施策の推進、(2)森林吸収源、(3)京都メカニズムにより目標を達成する計画である。</p> <p>2008 年 3 月には同計画全体が改定された。その結果、代替フロン等 3 ガスの削減目標値は 1995 年の計画値に対して-1.6%であり、全体目標値に対して約 27%の重みを有することになった。</p> <p>代替フロン等 3 ガスの具体的な削減対策として、代替物質等の開発と代替製品の利用促進が挙げられる。この対策の一つとして本プロジェクト「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト（平成 19～23 年度）」を計画した。本プロジェクトは、(1)断熱性能に優れた革新的なノンフロン系の高性能断熱材の開発、(2)ノンフロン断熱材の早急な普及を行うための実用化技術の開発を実施する。</p>	

<p>III. 研究開発成果について</p>	<p>平成 19 年度から採択の 13 件（研究開発項目(1)～(13)）について、基礎研究（委託事業：NEDO 負担 100%）、実用化研究（助成事業：NEDO 助成率 50%）の 2 つの事業フェーズ毎に研究開発を実施した。NEDO 技術開発機構は、PL ヒアリングと技術委員会を開催し、研究開発成果及び進捗状況を確認した。同会議では PL と SPL により委託先、助成先毎に適切な指導が実施された。各事業の研究開発内容、進捗、成果の状況は以下のとおりである。</p> <p>3.1 事業全体の成果 ノンフロン系断熱材技術開発にあたっては、分野別に（1）革新的断熱技術開発（2）断熱性能等の計測・評価技術開発に区分して実施し、成果を得た。</p> <p>3.1.1 革新的断熱技術開発 革新的断熱技術開発においては、（1）基盤技術開発（2）発泡ガス開発（3）硬質ウレタン技術開発（4）複合断熱材技術開発（5）発泡断熱ボード技術開発を実施し、以下の成果を得た。</p> <p>3.1.1.1 基盤技術開発 3.1.1.1.1 京都大学「超低熱伝導率構造部材に必要な物性と構造の同定とその創製のための基礎研究」（委託事業） 国立大学法人京都大学は、山形大学と共同実施の体制にて、基盤技術開発として「超低熱伝導率構造部材に必要な物性と構造の同定とその創製のための基盤研究」（委託事業）を実施した。 具体的には、超低熱伝導率（$0.024[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$以下）の構造部材の実現に必要な 4 つの要素（高空隙率、微細孔、高バリア性、低熱伝導空間の導入）を具現化する断熱体製造技術の提案とその発泡体の試作を行なった。</p> <p>①微細化・高発泡率化技術の開発 ナノセルラー発泡体の創製による発泡体のセル構造の微細化と高空隙率の実現のための基礎技術開発の結果、下記の成果を得た。 (A) もう一方のポリマーをポリマー内部でモノマーから重合し、ドメインがナノスケールで分散したポリマーブレンドを創製する手法を考案した。 (B) このポリマー内重合反応を利用して PMMA ドメインが PS 中にナノスケールで分散したモルフォロジーを持つ、非相溶だが透明な PS/PMMA ブレンド体を創製した。 (C) このポリマー内重合反応により重合されたポリマーは、モノマー単体で重合した場合と比較して分子量が大きくなり、その分子量はマトリクスの PS ポリマーの分子量により制御が可能であることを解明した。 (D) このナノブレンド体のモルフォロジーをテンプレートとして利用し、内部に数十 nm の気泡を持つナノ発泡体を創製した。</p> <p>②高バリア性化技術の開発 気泡内壁の架橋反応・シリケート化などにより高バリア性（低二酸化炭素透過性・真空度高保持能力）を賦与した発泡体の開発の結果、下記の成果を得た。 (A) 高断熱性の発泡体の作成法として、発泡体の気泡内部に低熱伝導率のガスを封止する新規手法を考案した。 (B) この手法を用いて熱伝導度 $21 \text{ mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の発泡体を創製した。</p> <p>③低熱伝導空間の導入技術の開発 中空カプセルと中空ファイバーによる発泡体構造中への低熱伝導空間の導入のための基礎技術開発を実施し、下記の成果を得た。 (A) 低熱伝導空間を有するカプセルまたはファイバーの作製（山形大学）： 中空ファイバーまたはカプセルを作製するために二重円筒ノズルを作製し、二重円筒ノズルの外殻から PVA 水溶液、内殻から空気あるいは二酸化炭素をそれぞれシリンジポンプで押し出した結果、空隙率が 99% と非常に高く、熱伝導率も $0.030\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ より低いフォームを創製した。 (B) 低熱伝導空間を有するカプセルまたはファイバーの作製（京都大学）： 金属アルコキシドと有機溶媒の混合液に水を噴霧し、水とアルコキシド溶液の界面においてアルコキシドを加水分解、重縮合させるという新規な金属酸化物中空微粒子合成法を考案し、静電紡糸法を組み合わせ、発泡核剤として利用可能な、中空構造を持ったチタニアファイバーを創製した。</p>
------------------------	---

3.1.1.2 発泡ガス開発

3.1.1.2.1 産業技術総合研究所「次世代断熱発泡剤の研究開発」(委託事業)

フルオロオレフィン類に対し、毒性、熱伝導率、温暖化評価、燃焼性評価、VOC 評価、合成法など多方面から検討することで、断熱特性が優れ環境への負荷の小さい発泡剤を開発することを目的として研究開発を実施し、下記の成果を得た。

①フルオロオレフィン系化合物の合成技術開発

フルオロオレフィン C について小スケールで脱 HF 反応の条件を種々検討し、従来法よりも高い収率で C を得ることに成功した。この脱 HF 反応において触媒を用い副生成物を定量的に目的物に変換できることを明らかにした。さらに脱 HF 反応、異性化反応それぞれについて反応条件、触媒、反応装置を検討することで数十 g までスケールアップを行うとともに、生成物を蓄積して約 1kg の試料を製造し、各種評価を進めた。フルオロオレフィン D について、中間原料である E の合成と、E の還元による D の合成それぞれについて検討を進めた。E の合成については、原料 G に対して塩化フッ化アルミニウムを作用させることにより E が得られることがわかり、さらにフロー法による効率化にも成功した。E の還元による D の合成については、検討の結果、パラジウム系触媒を用いた水素還元をフロー式反応で行うことにより転化率 95%以上、選択率 90%以上で D を合成することができた。得られた生成物を蒸留精製することにより、純度 99%以上の試料を得ることができた。これらの製造法により約 1kg の試料を製造し、各種評価を進めた。

②熱伝導率評価

D について熱伝導率を測定した結果、気体熱伝導率は約 14 mW/(m・K)であり、HFC-245fa と同程度であることがわかった。

③環境影響評価

OH ラジカルとの反応速度の測定:測定した 15 化合物の中で最も大気寿命の長い A でも 1 年以内であり、不飽和化合物は大気中で速やかに分解され、温暖化に与える影響は小さいことが分かった。

④安全性評価

(A)燃焼性評価:鎖状の不飽和化合物の場合は、C3 では水素原子が 1 個以下では不燃、C4 では水素原子が 2 個でも不燃であることが分かった。一方、環状の不飽和化合物の場合は、C4 では水素原子が 1 個でも可燃、C5 では水素原子が 1 個で不燃であることが分かった。

(B)毒性評価:フルオロオレフィン A、B、C、D について Ames 試験が陰性であることを確認した。

3.1.1.3 硬質ウレタン技術開発

3.1.1.3.1 アキレス株式会社「ノンフロン・ウレタン断熱技術の研究開発」

(委託事業)

超臨界炭酸ガスを利用したノンフロン・スプレーフォームのセル径を現状の 200 μm 前後から数十 μm 以下に微細化することにより、熱伝導率を低下させることを目的として、ノンフロン・ウレタン断熱技術の研究開発を実施した。その結果、下記の成果を得た。

①ナノバブル発生装置の選定

微細気泡を発生させる装置は発生機構の異なる装置のうち、高粘度なウレタン原液に適用可能でナノバブルを発生の実績のある装置として、(A)高速旋回式、(B)気液剪断式、(C)微細孔式を選定した。

②ナノバブル化の検討

①で選定したナノバブル発生装置を用いウレタン原液のポリオール成分(以下 R 成分)へのバブル導入方法を検討し以下の結果を得た。

(A)高速旋回式:液を 40°C 程度に加温し、粘度を下げることにより適用可能となった。

(B)気液剪断式:液を 25°C 前後に加温し 0.1MPa 程度の圧をかけながら気体を導入した。

(C)微細孔式:ポンプを使用して液を流し、吐出先ホースの先端に微細孔膜装着モジュールを設置し、圧縮気体のボンベから液圧より高い圧をかけ気体を導入した。またウレタン原液中のバブルを測定する画像解析式粒径測定装置を導入した。

③化学的セル微細化の検討

シリコーン整泡剤はナノバブルの安定化と合一の防止に大きな役割を果たすと考えられるため、現行と構造が異なる高活性シリコーン整泡剤を使用し、バブルを導入しながら超臨界炭酸ガス処方で機械発泡を行った。セル径はSEM写真から計測し、熱流方向である発泡方向に対して平行方向を評価した。この結果、構造の違いによる差はなく、すべて微細化効果を確認した。

④ナノバブル化原液の発泡検討

シリコーン整泡剤 B の使用、原液の高粘度化、樹脂骨格の強化および高独立気泡化で初期熱伝導率 $0.024 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ を達成した。

3.1.1.3.2 日清紡ケミカル株式会社「熱伝導率経時低下を抑制した

ノンフロン断熱材の研究開発」(委託事業)

建材を用途とする断熱材分野において、現場発泡及び工場生産分野で現状のフロン系断熱材と同等程度の安全性、断熱性能、コスト、施工性、生産性を有する熱伝導率経時劣化を抑制したノンフロン系硬質 PUF 製造の基礎技術及び実用化技術を開発することを目的として以下の研究開発を実施し、下記の成果を得た。

①混合ガスの安全性、安定性等の評価

空気、二酸化炭素 (CO_2)、燃焼範囲を有する低 GWP、低熱伝導率ガス 3 種類の爆発(燃焼)範囲に関して試験を実施した。燃焼範囲を有する低熱伝導率ガスとして 3 種類を試験し、各々二酸化炭素と混合する事により爆発(燃焼)範囲は小さくなっており、危険性を減らすことができた。

②混合ガスを利用した硬質 PUF の安定性、安全性評価

CO_2 と可燃性の低熱伝導率ガス等との混合ガスを密閉容器からガス供給装置等を用いて中圧 PUF 発泡機で PUF 原料(ノンフロン独立気泡系原料)に混合、成型した場合の安定性、安全性評価を実施した。その結果、高圧ガス保安法上不燃性のものは全て成型時及び漏洩時に安全であること、可燃性であっても PUF 原料中の可燃性物質濃度が一定濃度以下の場合には安全であることを確認した。

③混合ガスを利用した硬質 PUF の LCA 評価

CO_2 と低 GWP、低熱伝導率物質の混合ガスを使用して成型した PUF の熱伝導率が最も低くなる混合量の場合、現行の HFC 発泡剤を用いた場合よりも GWP は大幅に小さくなることを解明した。また低 GWP、熱伝導率物質と CO_2 の混合ガスを使用した場合の住宅供用時(東京地区集合住宅階間角部屋)の LC- CO_2 は製造時及び発泡時の発泡剤放散による CO_2 排出を削減できることから HFC 発泡よりも約 20%程度、断熱を施さない場合より約 45%削減できることを解明した。

④混合ガスを使用したウレタンフォーム発泡システムへの応用技術開発

(A) 熱伝導率評価試験：HFC、シクロペンタン(CP)、水(CO_2)を発泡剤とした PUF 原料でハンドミキシングにて PUF パネルを成型し熱伝導率の経時変化の測定を実施した結果、CP と CO_2 の混合ガスを発泡剤として用いたものは CO_2 単独を発泡剤とする水発泡よりも熱伝導率経時劣化を抑制できる可能性が大きいことが明らかになった。また CP を発泡剤とした PUF 原料で PUF パネル及び表面が金属面材の PUF パネルを成型し熱伝導率経時変化を測定した結果、PUF パネルと比較して表面が金属面材の PUF パネルの経時変化は非常に小さいことが明らかになった。安全性評価時に作成した PUF パネルの熱伝導率等物性から CP、HFE-254pc、HFC-152a を使用して一定量 PUF 原料に混合した場合に良好な熱伝導率(初期・経時)のものが得られた。

- (B)工場生産技術開発：熱伝導率（初期・経時）が最も小さかった CP/CO₂ 混合ガス（可燃性割合）を用いた大型 PUF パネル成型試験を実施した結果、特定の成型条件では、ほぼ問題無く建材として実用化されているサイズの大型 PUF パネルの成型が可能であることを確認した。また成型時の型内の雰囲気を採取し、ガス濃度測定を実施した結果、いずれの濃度でも爆発（燃焼）下限以下で、安全であることを確認した。更に混合ガスを使用した PUF は CO₂ を発泡剤とした PUF と比較して初期熱伝導率、熱伝導率劣化度合いとも優れていることを確認した。
- (C)現場発泡技術開発：発泡直後の PUF 表面から 0～30mm の雰囲気のスンプリングを行いガス濃度測定を実施した結果、一定量の混合ガスを PUF 原料に混合した場合には CP は検出できず(0.2vol%以下)爆発（燃焼）下限以下で安全である事が解った。

3.1.1.3.3 旭硝子株式会社「水発泡（もしくは、超臨界 CO₂ 発泡）による、新規現場発泡高断熱ウレタン発泡材の技術開発」（助成事業）

①セル構造の制御：セルサイズの最適化

セル構造制御について、平成 18 年度「革新的ノンフロ系断熱技術開発に関する先行研究」および本プロジェクトでの取組からイソシアネートとの相溶性向上を目的とした新規構造ポリオールにより、フォームのセルが微細化・低熱伝導率化されることを見出した。

次に、ポリオールの界面活性性能制御により、セル構造を制御した場合のフォーム強度の改善に着手した。

ハンド発泡評価においては、従来の水発泡技術に比較して、断熱性能を大きく改善できることが可能であり、中間目標を達成できた。

3.1.1.3.4 BASF INOAC ポリウレタン株式会社「発泡剤の気相／液相制御技術等による現場発泡高断熱ウレタンフォームの技術開発」（助成事業）

現状のフロ系現場発泡硬質ウレタンフォームと同等以上の断熱性能を有し、かつ施工性能、経済性（施工密度）を考慮したノンフロ系現場発泡硬質ウレタンフォームの開発を実施し、下記の成果を得た。

①吸油性材料によるハイドロカーボン引火性抑制

- (A)種々の吸油性材料を評価した結果、熱可塑エラストマーの分子量を制御したものがハイドロカーボンを良く吸着することが判明した。
- (B)吸油性材料ハイドロカーボンとして c-ペンタンと n-ペンタンを吸着させ、フォームを発泡させたところ吸着性能が高いのみならず、発泡時にウレタンの反応熱を得て効果的にペンタンガスを放出することが判明した。
- (C)吸油性材料を選定し、ペンタンの量を規制することにより、プレミックスの引火性を抑制でき、引火点のないプレミックス液が出来る可能性のあることを確認した。
- (D)ペンタンの量を制御し、その熱伝導率が 24.7mW/(m・K)まで下げたものは、簡易引火点測定で一瞬音はするものの引火の有無は確認されず、継続的燃焼も確認されなかった。

3.1.1.4 複合断熱材技術開発

3.1.1.4.1 産業技術総合研究所、シーアイ化成株式会社、東京理科大学

「革新ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材および連続製造プロセスの開発」(委託事業)

高い断熱性能とハンドリング性を両立した断熱材として、マイクロメートルサイズ以下の発泡セルをもつポリマーの内部を、熱伝導率の低い低密度シリカで充填した構造を持つ、新規発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材の開発を行い、下記の成果を得た。

①ポリマー／シリコンアルコキシド／超臨界二酸化炭素(scCO₂)反応系の検討 (産総研)

(A) ポリマー／シリコンアルコキシド／scCO₂ 三成分系の高圧相平衡観察：三成分が均一に混合する条件の探索を目的として、高温高圧下での相状態を可視観察するための高圧相平衡測定装置を構築し、種々の組成、温度、圧力において、三成分系の相状態（均一混合、相分離）を観察した。各種ポリマーのスクリーニングの結果、シリコンアルコキシドと親和性の高いポリマー系を見いだした。この系について、6-30 MPa, 313-473 Kでの相図を概成し、均一混合可能な条件を示した。

(B) scCO₂ 中におけるゾルゲル反応の促進法の開発：scCO₂ 中でシリコンアルコキシドを分解してシリカを生成するゾルゲル反応を促進し、シリカの含有量を増大させる手法を検討した。分解により酸、または塩基を生成するシランカップリング剤の一部が、scCO₂ への高い親和性と、ゾルゲル反応の促進効果を併せ持ち、シリカの担持量の増大に有効であることなどを見出した。

②減圧、相分離過程の可視化観察と最適化 (東京理科大)

高圧可視化セルおよび画像記録装置等からなる相分離過程観察装置を構築した。ポリマー-アルコキシド-CO₂系で、CO₂のみの発泡と比較して、発泡時の圧力差をCO₂のみの発泡の場合より大きくすること必要があること、平均気泡径および気泡密度は、アルコキシドの添加量に依存すること等、減圧条件の設定に必要な知見を得た。

③連続気孔型ポリマーフォーム含浸シリカエアロゲルの開発

(産総研、シーアイ化成、東京理科大)

本項目では連続気孔型のポリマーフォームにシリカエアロゲルを含浸した構造を持つ材料について、以下の検討を行った。

(A) ポリマー種、フォームの形状および調製法の最適化：

市販の連続気孔型ポリマーフォーム数種、また天然高分子であるキトサンゲルについて、この気孔内にゾルゲル溶液を充填後ゲル化、疎水化処理、scCO₂による超臨界乾燥を行って、目的とする試料を調整し、熱流束計による熱伝導率測定、三点曲げ試験による強度測定等による評価を行った。その結果特定のポリマーフォーム等で高い断熱性能(0.017-0.020 W/(m・K))、およびシリカエアロゲルより優れた曲げ強度など、良好なハンドリング性を併せ持つ断熱材料が調整できることを実証した。

3.1.1.4.2 旭ファイバーグラス株式会社「先進的高機能無機質系断熱材の

研究開発」(委託事業)

①無機質繊維基布及びナノ多孔質シリカ担持断熱材の試作

製造したナノ多孔質シリカ担持断熱材の熱伝導率は、ナノ多孔質シリカ担持量にもよるが、0.024W/(m・K)～0.019W/(m・K)に達することが判明した。

3.1.1.4.3 アキレス株式会社「ナノゲル断熱材の研究開発」(助成事業)

ナノゲルの原材料の合成から応用加工までを研究開発することで、既存断熱材の断熱性能向上と新規断熱材を開発を実施した結果、下記の成果を得た。

①ナノゲル合成法の開発

超臨界炭酸ガスによる量産化を中心として開発をおこなった。得られた無機系ナノゲルの断熱性能は0.018W/(m・K)であった。

3.1.1.5 発泡断熱ボード技術開発

3.1.1.5.1 東レ株式会社「新規断熱性向上シートの研究開発」(委託事業)

下記の間目標を有する新規断熱性向上シートの開発を実施した。

- ・熱伝導率：0.024W/(m・K)以下
(フロン系硬質ウレタンフォームと同等以上)。
- ・耐久性：5年で熱伝導率の減少率10%以下。
- ・充填ガスの低環境負荷化：地球温暖化係数が従来品の1/2以下。
- ・材料の低環境負荷化：製造時炭酸ガス発生量が従来品の1/2以下。

この結果、下記の成果を得た。

①断熱性向上発泡技術の研究

充填ガスとして炭酸ガスを使用し、ナノアロイ技術と連続溶融押出發泡技術を組み合わせることで、目標としていたマイクロオーダー及びナノオーダーの発泡構造を併せ持つ発泡体の形成に成功した。更に、気泡セル膜間の放射熱伝導、断熱材の固体部分の熱伝導、気泡セル内のガス熱伝導を極小化する構造を検討した結果、空隙率：98%で、熱伝導率：0.023W/(m・K)を達成した。また、発泡体の材料として、製造時の炭酸ガス発生量が従来品の1/2以下である植物由来プラスチック：ポリ乳酸を主成分とするポリマー（炭酸ガス発生量(kg/kg)は、炭化水素系：2.9、本開発品：1.2）、及び、充填ガスとして、地球温暖化係数が炭化水素よりも低い炭酸ガス（地球温暖化係数は、炭化水素：11、炭酸ガス：1）を用いていることから、使用素材の面からも地球温暖化防止へ貢献できる。

②断熱性向上バリア技術の研究

ナノアロイ技術と溶融製膜技術を深化させることで、高結晶性の特殊樹脂を含有するフィルムの製膜に成功し、炭酸ガス透気度が0.1cc/m²・24hr・atm（Al蒸着時）のハイバリアフィルムを得た。更に、製膜条件の最適化による高次構造の制御及び表面構造の制御によりアルミ蒸着層のガスバリア性能を極限まで高めた結果、従来のアルミ蒸着PETフィルムに対し炭酸ガスバリア性が100倍優れるフィルムを創出することに成功した。製膜技術については、ラボスケールからパイロットスケールにスケールアップすることに成功し、長尺サンプルの作成が可能となった。

③断熱性向上シートの基本設計

コンセプトモデル作成による実用性基礎評価（加速テスト）において、5年目相当まで断熱性能に変化がないことを確認し、継続評価中である。本開発品は従来品と比較して、CO₂発生量を20年間で累計50t、約15%削減でき、冷暖房費も累計約50万円削減できるとの結果を得た。

3.1.1.5.2 株式会社カネカ「高断熱性ノンフロン押出發泡体の研究開発」

(委託事業)

①高断熱性を実現する押出發泡体の開発

独自に開発したセル構造形成が可能であること、さらに構造制御を行うことで熱伝導率低減が可能であることを確認した。これまでの検討により、プロジェクトの熱伝導率目標レベルに到達した。

3.1.2 断熱性能等の計測・評価技術開発

断熱性能等の計測・評価技術開発においては、(1)計測技術開発(2)評価技術開発を実施し、以下の成果を得た。

	<p>3.1.2.1 計測技術開発 3.1.2.1.1 東京工業大学「交流温度波の減衰を利用した断熱材熱伝導測定システムの研究開発」(委託事業)</p> <p>発泡材料の熱伝導を効率的に評価する非定常法ベースの測定法の基礎を確立させた。温度波の伝搬を、ヒーター、熱バッファ板、温度センサー、参照試料、温度センサーという5要素直列で構成される測定プローブで解析できることを明らかにし、圧着した材料への浸透する温度波の量的変化から、材料間の熱伝導率の差異を求める解析する方法を確認し、測定システムとして完成させることを目標に下記の研究項目を実施し、下記の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①温度波を用いた方法論の確立と各種プローブの作製および評価 ②測定機に必要な電子回路の設計と、解析プログラムの開発 ③ハンディな測定機としてのプロトタイプの開発 ④高感度な温度波解析プローブの開発 ⑤各種試料でのデータ収集 <p>3.1.2.2 評価技術開発 3.1.2.2.1 建材試験センター「革新的ノンフロン系断熱材及び断熱性能測定技術の実用性評価」(委託事業)</p> <p>実用性評価方法を作成し、本プロジェクトでの開発成果の実用性評価を行うことを目標に下記の成果を得た。また本プロジェクトの事業者殿にご試用を戴きコメントを収集した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①革新的ノンフロン系断熱材の実用性評価 <ul style="list-style-type: none"> ・自己評価表(断熱建材の実用性評価) ・発泡プラスチック系断熱材性能変化簡易予測ツール(フェーズ2用) ・発泡プラスチック系断熱材性能変化簡易予測ツールの計算例 ・LCCO2簡易計算ツール計算結果例 ・自己評価表(断熱性能測定技術の実用性評価)
投稿論文	「研究発表・講演」43件、「著作投稿」6件、「受賞実績」2件、「新聞・雑誌への掲載」3件、
特許	「出願済+出願予定」28件

<p>IV. 実用化、事業化の見通しについて</p>	<p>4.1 実用化、事業化の見通し 現在までの開発成果等により得られた、各事業における実用化、事業化の見通しは以下のとおりである。</p> <p>4.1.1 革新的断熱技術開発 革新的断熱技術開発では、以下の実用化、事業化の見通しが得られている。</p> <p>4.1.1.1 基盤技術開発 基盤技術は、熱伝導率を下げ、断熱性を向上できる基本的な技術の概念、アイデアの創案と実験検証を踏まえて基本技術を確立することにより、本プロジェクト参加企業または発泡関連企業に対する支援、提案を通じた企業化が期待できる。</p> <p>4.1.1.2 発泡ガス開発 発泡ガス技術は、環境影響評価を含めた発泡剤としての特性の検証と工業生産に向けた製造法を開発することにより実用化が可能である。</p> <p>4.1.1.3 硬質ウレタン技術開発 硬質ウレタン技術は、下記の技術開発により、実用化が可能である。 ①セルの微細化とCO₂の拡散防止 ②低コスト化、安全対策、規制の緩和活動 ③既存設備の使用、軽微な改造・追加 ④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</p> <p>4.1.1.4 複合断熱材技術開発 複合断熱材技術は、下記の技術開発により、実用化が可能である。 ①発泡構造と製造プロセスの最適化 ②ナノ多孔質シリカの応用 ③ナノゲルを応用した簡易真空断熱材</p> <p>4.1.1.5 発泡断熱ボード技術開発 発泡断熱ボード技術は下記の技術開発と活動により実用化が可能である。 ①ユーザーワークを通じた実用化価値の検討 ②実使用サイズでの技術獲得 ③市場ターゲット、展開可能性、市場での受入可能性の確認</p> <p>4.1.2 断熱性能等の計測・評価技術開発 断熱性能等の計測・評価技術開発では、以下の実用化、事業化の見通しが得られている。</p> <p>4.1.2.1 計測技術開発 計測技術は、下記項目の開発により実用化が可能である。 ①プローブの安定供給 ②プローブの高感度化</p> <p>4.1.2.2 評価技術開発 評価技術は、開発した評価方法を各事業者殿に試用して戴き、そのコメントを評価方法の検討に反映することにより実用化が可能である。</p> <p>4.2 事業化までのシナリオ 各開発技術毎の事業化までのシナリオは以下のとおりである。</p> <p>4.2.1 革新的断熱技術開発 革新的断熱技術開発の各開発技術の事業化までのシナリオは下記のとおりである。</p> <p>4.2.1.1 基盤技術開発 基盤技術開発においては、下記の検討を実施する。</p>
----------------------------	---

- ① ナノセルラー発泡体の実用化検討
2012年度までにナノセルラー発泡体の実用化について検討する。
- ② ナノセルラー押出／射出発泡体の事業化検討
2013年度までにナノセルラー押出／射出発泡体の事業化を検討し、ナノセルラーの既存発泡装置による実現と波及を図る。
- ③ 中空カプセル・ファイバーの事業化検討
2015年までに中空カプセル・ファイバーの事業化を検討し、高性能断熱材の事業化を目指す。

4.2.1.2 発泡ガス開発

発泡ガス開発においては、下記の検討と開発を実施する。

- ① 大規模プロセス、断熱材開発、毒性検討
2015年度までに民間との共同開発により、大規模プロセス化による断熱材の開発と毒性の実用化検討を実施する。

4.2.1.3 硬質ウレタン技術開発

硬質ウレタン技術開発においては、下記を実施する。

- ① ノンフロンスプレーフォーム、ボード、パネル等の検討と事業化
2013年度までにノンフロンスプレーフォーム、ボード、パネル等の実用化検討を実施する。2014年度以降に事業化を開始する。
- ② ノンフロン断熱材の検討と事業化
2013年度までにノンフロン断熱材の実用化検討を実施する。2014年度より事業化を開始する。
- ③ 現場発泡高断熱ウレタン発泡体の検討
2013年度までに現場発泡高断熱ウレタン発泡体の実用化と事業化を検討する。2014年度より事業化を開始する。
- ④ 硬質ウレタンフォームの検討と事業化
2013年度下期より硬質ウレタンフォームの事業化を検討し、2015年度より事業化を開始する。

4.2.1.4 複合断熱材技術開発

- 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の事業化検討
2012年度より発泡ポリマ=シリカナノコンポジット断熱材及び連続製造プロセスの事業化検討を実施する。
- ② 高機能無機質系断熱材開発
2012年度～2013年度まで高機能無機質系断熱材の実用化を検討し、2014年度より事業化を開始する。
- ③ ナノゲルの実用化検討
2012年度～2015年度にナノゲルの実用化を検討する。

4.2.1.5 発泡断熱ボード技術開発

- ① スケールアップ検討
2012年度～2015年度にスケールアップによる実用化を検討する。
- ② ノンフロン断熱材
2012年度～2013年度にノンフロン断熱材の事業化を検討し、2014年度から事業化を開始する。

4.2.2 断熱性能等の計測・評価技術開発

断熱性能等の計測・評価技術開発における各事業の事業化までのシナリオは下記のとおりである。

4.2.2.1 計測技術開発

2012年度より事業化を開始する。

その後、下記の開発と活動を進める。

- ① 高感度化、② 操作性向上、③ 標準化提案、④ 市販装置・商品開発

4.2.2.2 評価技術開発

2012年度より事業化を開始する。

4.3 波及効果

本プロジェクトによる革新的断熱技術開発と断熱性能等の計測・評価技術開発の波及効果は、下記の通りである。

(1) 建築分野

① ナノセルラー断熱建材技術

2010年度～2015年度にナノセルラー断熱建材技術の試作と要素試験を実施する。2015年度～2025年度にモデルハウスでの検討を通じて、実用化を検討する。

② 革新断熱シート

2010年度～2013年度頃にスケールアップ化と実用価値の確認を進め2015年度頃までに実用化を目指す。その後更にフィルムの応用展開を図り、2020年度頃までに実用化を目指す。

③ ナノゲル断熱材

2011年度～2015年度頃に実機を検討し、シート状断熱材を開発する。2015年度頃より実用化を開始する。

④ シリカエアロゲル

2013年度～2015年度頃に実機を検討し成型断熱材を開発する。2016年度頃より実用化を開始する。

⑤ ナノバブル

2010年度～2012年度頃に実機検討し現場スプレー発泡システムを開発する。2013年度頃より実用化する。2015年度～2018年度頃に工場生産における実機を検討し、2019年度頃に実用化を開始する。

<省エネルギー効果と温室効果ガス削減量>

上記の実用化により、新築住宅と既存住宅における住宅用の暖房エネルギーの削減量（原油換算値）は、下記のように推定される。

- ・ 2020年：2.7[万kl/年]
- ・ 2030年：7.6[万kl/年]

2007年度のHFCのデータより、民生部門において、省エネ効果によりエネルギー使用量を削減（原油換算で2030年に7.6[万kL]の削減を見込む）すると同時に、フロン発泡剤の使用量削減による更なるCO₂の削減ポテンシャルは、CO₂換算で約600[万CO₂トン/年]程度であることが期待できる。

- ・ CO₂換算の削減ポテンシャル：約600[万CO₂トン/年]程度

(2) 自動車分野

① ナノセルラー断熱建材技術

2015年度～2018年度頃に要素試験を実施する。
2015年度～2025年度頃に実機への適用を検討し、
2025年度頃より実用化を開始する。

② ナノゲル断熱材

2015年度～2018年度頃に実機を検討し、シート状断熱材を開発する。
2018年度頃より事業化を開始する。

(3) 家電分野

① 超発泡核材

2010年度～2020年度頃に材料選択、試作・発泡実験、押出機・射出機での実験を実施する。
2020年度頃より量産化の検討を開始する。

② 革新断熱シート

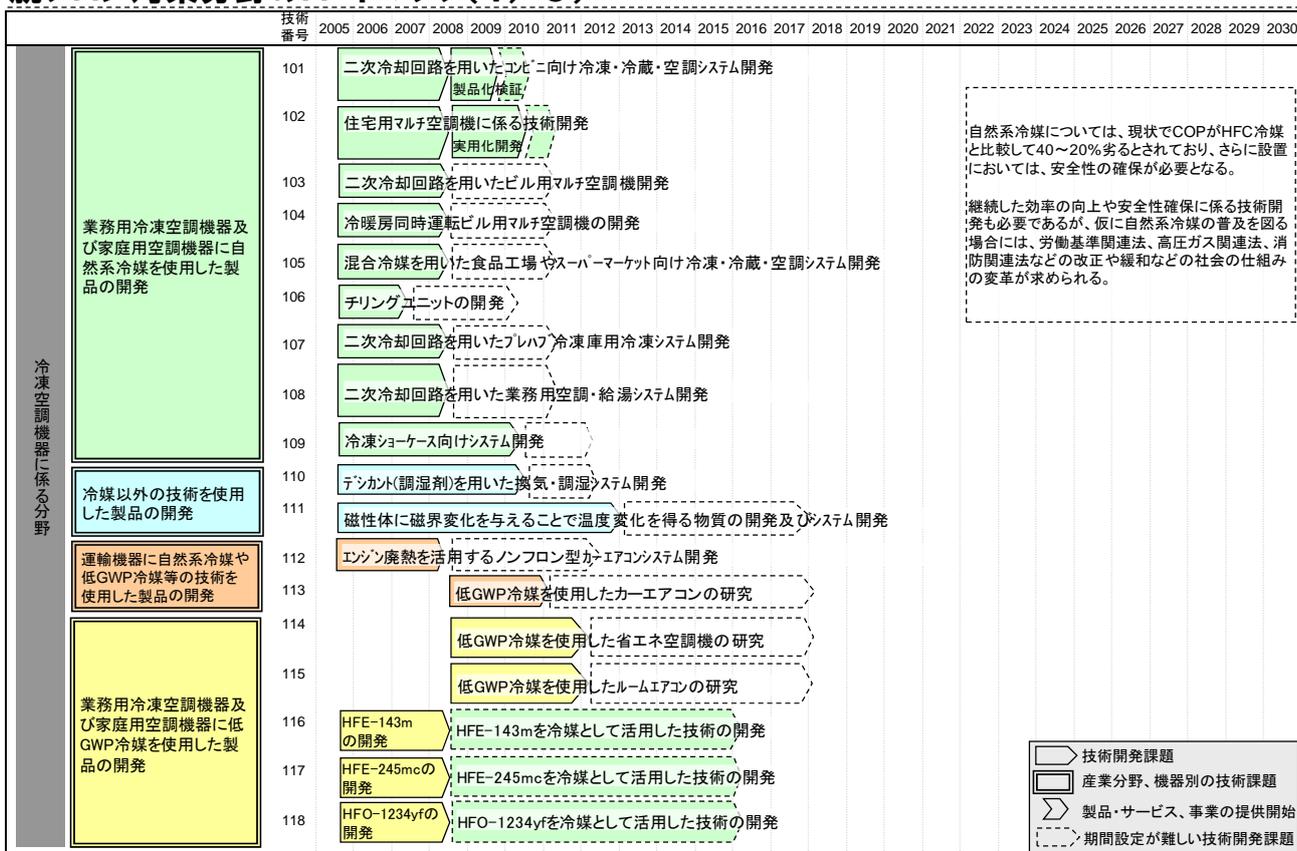
2015年度～2019年度頃に形態最適化を検討する。
2020年度頃より事業化を開始する。

V. 評価に関する事項	評価履歴	平成18年度 事前評価
	評価予定	平成21年度 中間評価分科会
VI. 基本計画に関する事項	作成時期	平成19年4月制定
	変更履歴	なし

技術分野全体での位置づけ

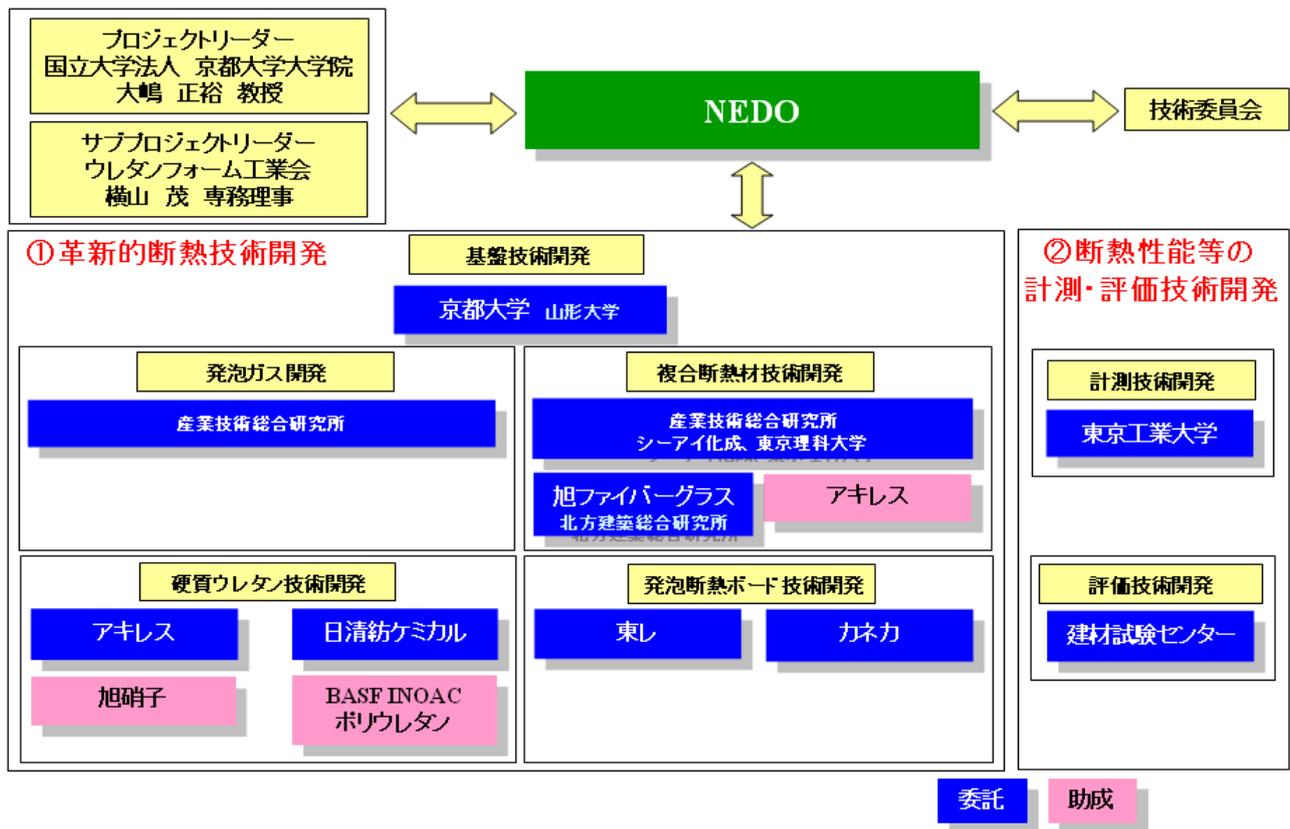
(分科会資料5-1より抜粋)

脱フロン対策分野のロードマップ(1/5)



「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト」

全体の研究開発実施体制



「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)

評価概要(案)

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトにおけるノンフロン系断熱材の技術開発は、開発に多大なコストや幅広い関連技術の開発を要する点から、単独の民生事業のみで遂行することは難しく、NEDO プロジェクトとして産学官が連携して幅広く関連技術の開発並びに実用化に発展させることが不可欠である。また、大学だけでは行えない実用化研究を含めて、多くの企業の能力や特徴を生かしてプロジェクト運営を行っており、プロジェクトリーダーは企業間の調整と方向性を明確にすることにより、全体として概ね中間目標を達成しているといえる。

一方、当初3年間は特許化が進むまで各社間での情報の公開・情報交換を控えていたため、各企業の成果がプロジェクト全体に活かしきれていない面が見られた。また、事業者間での断熱材の熱性能評価方法への統一性が十分とはいえず、これでは、一般での普及が難しくなる。特に、当初3年間で初期熱伝導率を達成した後には、建築用断熱材として当然要求される長期安定性の検討が必要となると考えられる。このハードルはかなり高いものと考えられるが、本プロジェクトの成否は、如何にして経済性を失わずに、このハードルをクリアできるか否かにかかっている。

なお、コスト面および品質面の両面を考えた実用化技術や事業化時期を考えた場合、現段階では産業技術としての見極めが十分できているとは言い難い。特に、品質面に関して、熱伝導率の長期安定性を確保するための方策を、各事業者ともあらゆる観点から早急に講じる必要がある。

2) 今後に対する提言

実用化ならびに市場化に向けた技術開発を達成するためには、これまで以上に連携強化を図り、各事業者が最も有望と考えられる開発技術に予算と時間を効率的かつ重点的に投入する必要がある。また、事業者間での情報共有体制の早期確立が望まれる。

複数の分野からなるプロジェクトであるため同一の内容でも専門用語等の慣用的表現方法が異なるが、それらを統一するための調整が不十分であり、専門用語や単位等の表現方法統一が望まれる。

各研究課題の現状と将来の「技術水準」を示し、個々の技術が従来研究と比較

して、どの位置に在るか、また、将来どの位置まで進めるかの予測・展望が望まれる。

本プロジェクトでの技術の中で、同じ熱伝導率の断熱材を製作した場合に、提案発泡技術に必要なエネルギーとノンフロン系発泡で必要なエネルギーの比較検討をしておくことが本事業技術の将来発展のために必要である。

今後の実用化の時期を念頭におきながら、施主・設計者・施工業者等に断熱性能、コスト、施工性等について受け入れられるかどうかを再検討して頂きたい。

最後に NEDO への提言として、産官学の連携で本プロジェクトが進行していることは大いに評価できるが、出来れば若い世代を取り入れる工夫を検討して頂きたい。現在、全国的にみて大学院の学生の数は増加しており、学生のインターンシップ制度も広がってきている傾向にある。産学官の連携を有意義にするためにこのシステムと連携が望まれる。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は、断熱材の低熱伝導性を維持しつつノンフロン化を目指すノンフロン系断熱材技術開発であり、温室効果ガスの排出削減や省エネルギーという面から、環境安心イノベーションプログラムの目標を達成する上で大いに寄与するものであり、公共性が高いと考える。また、利益追求型民間企業のみでは公共性の高いノンフロン系断熱材技術は簡単には普及させることは期待できないが、NEDO 事業として産学官が連携することにより、有意義な発展が可能である。さらに、本事業は挑戦的な課題であり、非常に多額の開発費用を民間企業のみが負担するのではリスクが大きいことから、民間企業のみでは達成が困難である。このような観点から、NEDO の関与が必要不可欠である。

一方、費用対効果の試算については、エネルギー削減効果を試算することは当然であるが、加えて製造時のエネルギー使用量、廃棄時・リサイクル時のエネルギー使用量なども併せた LCA の試算を検討することが望ましい。

2) 研究開発マネジメントについて

断熱材熱伝導率の中間目標を設定して、研究開発する手法は各事業体の当面目標を明確化して有効である。実施体制については、各事業者が得意分野毎に構成されるテーマを担っており、必要かつ十分な事業体制が整えられている。また、全体を統括するプロジェクトリーダーを中心に、情勢変化への対応等も妥当に行われている。

一方、中間目標値が全ての事業者で妥当であるかどうかは疑問が残る。今後、

展開目標値として断熱材熱伝導率以外の項目（例：機械的強度、難燃性など）についても再検討が必要である。

また、特許化が進むまで各社間での情報の公開・情報交換を控えていたが、今後の実用化へ向けて、最終目標達成、及び研究テーマの重複を避け、かつ各事業者の成果を融合した効率的実施のためには、事業者間の競合関係から大変難しいこととは考えられるが、事業者間の連携については早い時期での改善が望まれる。

3) 研究開発成果について

全体として、断熱材熱伝導率の中間目標値は概ね達成できている。また、世界初の技術開発を行うとともに、論文発表等の情報発信及び成果の普及も活発に行っており、十分に評価できる。

一方、事業者間での断熱材の熱性能評価方法への統一性が十分とはいえず、これでは、一般での普及が難しくなる。特に、建築用断熱材として当然要求される長期安定性に大きな課題を抱えていると考えられる。このハードルはかなり高いものと考えられるが、本プロジェクトの成否は、如何にして経済性を失わずに、このハードルをクリアできるか否かにかかっている。また、中間目標達成判断の数値がチャンピオンデータの場合と平均値とが混在しており、生産技術を意識した場合は、平均値に統一すべきである。

なお、開発品が発泡体の場合は、発泡倍率又は見掛密度を表示することが望ましい。多くの発泡体の（物理的）性質は発泡倍率や見掛密度の関数として表示することができる。

4) 実用化、事業化の見通しについて

現段階では実用化、事業化の見通しは余り明確ではないテーマもあるが、全体的なアプローチ方法などは適切であり、実用化に向けての課題は明確になっている。本プロジェクトの成果は、主として建築関連に適用され、関連分野のエネルギー関連技術、宇宙機器、医療機器など様々な分野に波及効果をもたらすのみならず、当該分野も含めた幅広い分野における研究開発や人材育成の促進にも大いに寄与するものと評価できる。

一方、コスト面および品質面の両面を考えた実用化技術や事業化時期を考えた場合、現段階では産業技術としての見極めが十分できているとは言い難い。特に、品質面に関して、熱伝導率の長期安定性を確保するための方策を、各事業者ともあらゆる観点から早急に講じる必要がある。

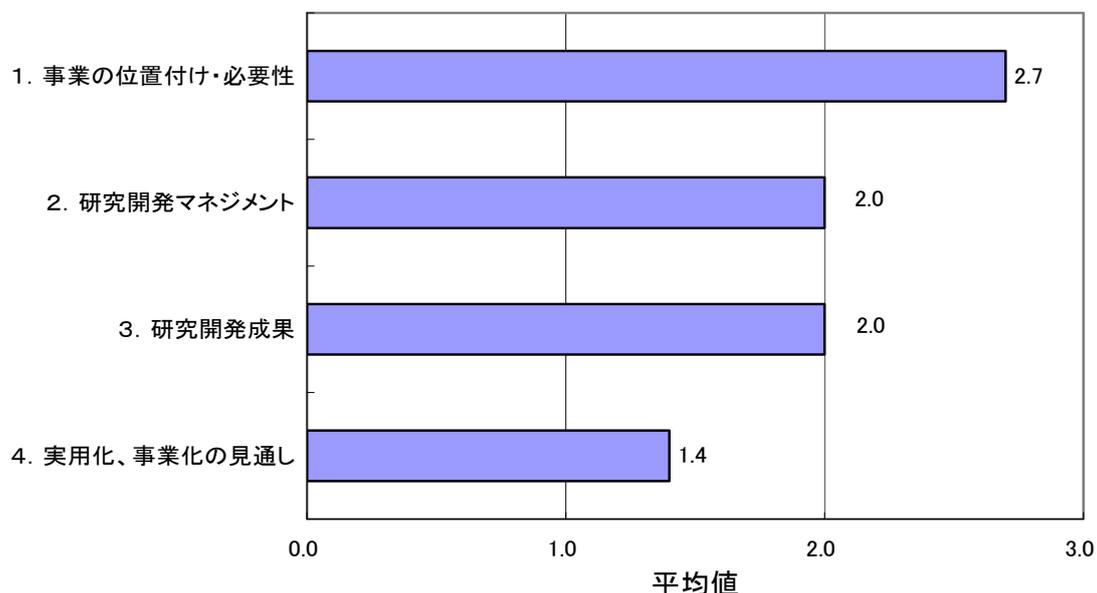
今後、本プロジェクトの開発技術が従来製法技術より経済的に有利となるまで当面は、成果の受け取り手（ユーザー）は安心環境イノベーションの主意を

十分に理解しているかどうかの判断が難しく、本開発技術が将来の環境問題に大きく寄与していることの広報活動を行う必要がある。技術の普及にはある程度の時間と辛抱強い活動・支援が必要であり、NEDO に対しては是非とも、この点を考慮して技術の波及・普及への支援を望む。また、国際標準化に関しても、NEDO として、支援を望む。

個別テーマに関する評価

	成果に関する評価；実用化、事業化の見通しに関する評価；今後に対する提言
革新的断熱技術開発	<p>目標値を達成できる見通しを得ている。解決すべき課題の整理、達成すべき目的・目標の設定、アプローチ方法など概ね適切である。</p> <p>一方、チャンピオンデータのみで目標値達成の有無を評価している場合が2，3見られるが、測定データの精度、バラツキ、経時的変化などを考慮して評価すべきである。また、専門用語の定義や表現が各担当企業等で統一されていない。</p> <p>事業化までのシナリオは、見通しが付いている事業者もあるが、まだ初期段階を抜けた程度と考えられるものもある。実用化・事業化については今後の展開によりかなりの変化があると考えられるが、担当している開発テーマが現在どの段階にあるかを十分に把握して、今後の進展が望まれる。また、競合技術と比べ、その優位性や独創性が分からない分野がある。プロジェクトリーダーの強い指導の下で、改善されることを望む。さらに、実用化に際しては、他の組織の協力を得る場合、協力組織の選定基準、方法、協力範囲なども予め明確にしておく必要がある。</p> <p>なお、多くの場合、低伝導率の発泡ガスが短期間で空気と置き換わってしまう事実から、微細空気泡による発泡技術と樹脂の改質によるガスバリア性の検討も考慮すべきである。</p>
断熱性能等の計測・評価技術開発	<p>新規に開発された素材の断熱性能等の計測・評価を行うための技術開発は、断熱技術開発の成果を定量的に評価する上で必要不可欠であり、極めて重要である。</p> <p>計測技術開発は、ハンディタイプの現場対応可能な熱伝導率測定器の製作に成功しており、研究の中間達成度は十分であると考えられる。ただし、測定精度の向上に大きな課題を抱えていると考えられ、経済性ならびに簡便性を失わずにこの課題をクリアできる具体策を、一つ一つ検証していく必要がある。</p> <p>評価技術開発は、予測ツールの評価項目の選定を完了し、評価ツールとしての雛形は完成している。ただし、実証実験を如何に行うかを、検討して欲しい。さもなくば、単なるシミュレーション計算だけになる可能性がある。また、断熱性能変化を予測する際の理論的根拠を明確にしておく必要がある。</p>

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		B	A	A	A	A	B	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	B	A	A	A	A	B	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.0	C	A	B	B	B	B	B	
3. 研究開発成果について	2.0	B	B	B	B	B	B	B	
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.4	C	B	C	B	C	C	B	

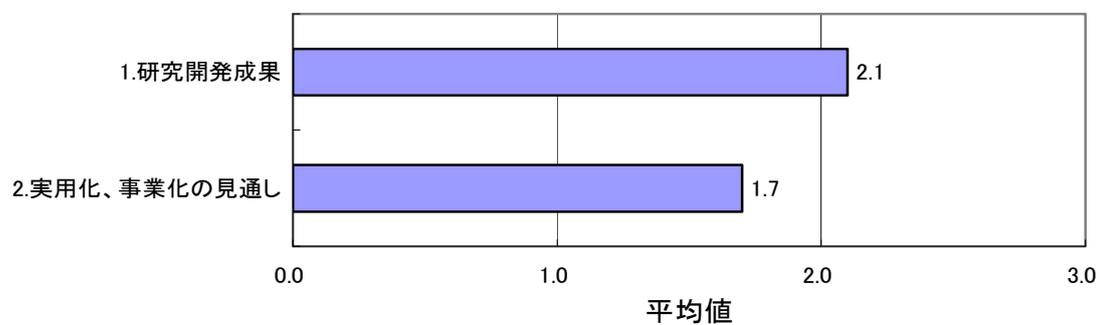
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

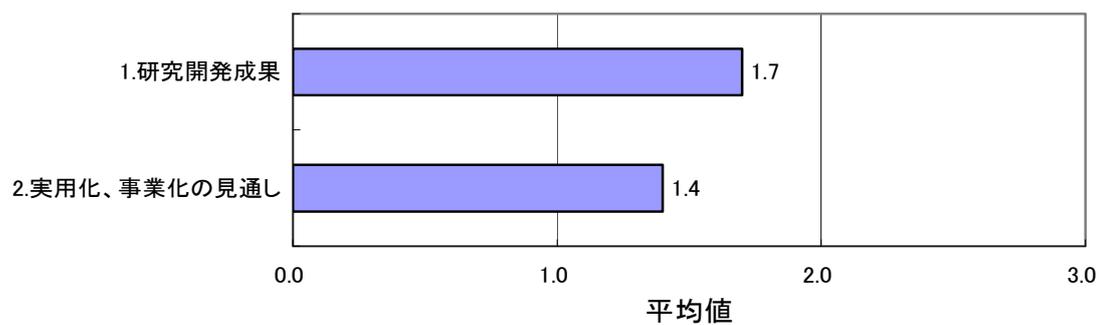
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

高機能材料開発／高機能材料の実装技術開発



断熱性能等の計測・評価技術開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点（注）							
3. 2. 1 高機能材料開発／高機能材料の実装技術開発									
1. 研究開発成果について	2.1	B	B	B	A	B	B	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	B	C	A	B	B	C	C	C
3. 2. 2 断熱性能等の計測・評価技術開発									
1. 研究開発成果について	1.7	B	C	B	B	C	B	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.4	A	C	B	C	C	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. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化、事業化の見通しについて

- A ・明確
- B ・妥当
- C ・概ね妥当であるが、課題あり
- D ・見通しが不明