

## 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」(事後評価) 分科会議事要旨

日時：平成24年10月19日(金) 10:00~17:00

場所：WTC コンファレンスセンター Room A  
(世界貿易センタービル 3階)

#### 出席者(敬称略、順不同)

##### <分科会委員>

分科会長 相良 和伸 大阪大学 大学院工学研究科 地球総合工学専攻 教授  
分科会長代理 松岡 信一 明治大学理工学部 兼任講師/最高裁判所 知的財産高等裁判所 専門委員  
委員 岩崎 和男 岩崎技術士事務所 所長  
委員 岡本 正巳 豊田工業大学 大学院工学研究科 研究教授  
委員 庄司 正弘 神奈川大学 工学部 工学部長 教授  
委員 中 礼司 旭有機材工業株式会社 樹脂事業部 発泡材料事業推進部 顧問  
委員 樋渡 潔 大成建設株式会社 技術センター 建築技術研究所 環境研究室 課長

##### <オブザーバー>

及川 信一 経済産業省 製造産業局 化学物質管理課 化学物質リスク分析官  
片桐 信三 経済産業省 製造産業局 化学物質管理課 課長補佐

##### <推進者>

相楽 希美 NEDO 環境部 部長  
高取 静雄 NEDO 環境部 統括主幹  
宮坂 一弘 NEDO 環境部 主任研究員  
高野 正好 NEDO 環境部 主幹  
山崎 和宏 NEDO 環境部 主査  
長岩 明弘 NEDO 環境部 主査

##### <実施者>

大嶋 正裕(PL) 京都大学 大学院工学研究科 教授  
横山 茂(SPL) ウレタンフォーム工業会 専務理事  
田村 正則 独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 部門付  
水門 潤治 独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 主任研究員  
関屋 章 独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 招聘研究員  
特橋 和明 独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門  
藪野 達哉 旭硝子株式会社 化学品カンパニー 研究員  
和田 浩志 旭硝子株式会社 化学品カンパニー 担当部長  
依田 智 独立行政法人産業技術総合研究所 ナノシステム研究部門 グループ長  
大竹 勝人 東京理科大学 教授  
前田 慎一 アキレス株式会社 技術顧問  
岡崎 玲 アキレス株式会社 研究開発本部 企画グループ 主任研究員  
井上 望 アキレス株式会社 研究開発本部 企画グループ 主査

大原 洋一	株式会社カネカ	発泡樹脂・製品事業部	グループリーダー
中道 幹芳	株式会社カネカ	発泡樹脂・製品事業部	幹部職
上田 亨	株式会社カネカ	発泡樹脂・製品事業部	主任
末岡 雅則	東レ株式会社	フィルム研究所	主任研究員
村上 哲也	一般財団法人建材試験センター		経営企画部
橋本 壽正	東京工業大学	大学院理工学研究科	教授
森川 淳子	東京工業大学	大学院理工学研究科	准教授

#### <企画調整者>

増山 和晃 NEDO 総務企画部 課長代理

#### <事務局>

三上 強 NEDO評価部 主幹  
内田 裕 NEDO評価部 主査  
中村 茉央 NEDO評価部 職員

#### <一般傍聴者>

1名

### 議事次第

#### 【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
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  
(非公開資料の説明)

#### 【非公開セッション】

6. プロジェクトの詳細説明
  - (1) 革新的断熱技術開発
    - ① 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
    - ② 次世代断熱発泡剤の研究開発
    - ③ 水発泡（もしくは、超臨界 CO<sub>2</sub> 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
    - ④ 発泡ポリマー＝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
    - ⑤ ナノゲル断熱材の研究開発
    - ⑥ 高断熱性ノンフロン押出發泡体の研究開発
    - ⑦ 新規断熱性向上シートの研究開発
  - (2) 断熱性能等の計測・評価技術開発
    - ⑧ 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
    - ⑨ 交流温度波の減衰を利用した断熱材熱伝導率測定システムの研究開発
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
10. 閉会

## 議事要旨

### 1. 開会（分科会設立の確認、挨拶、資料の確認）

- ・開会宣言（事務局）
- ・資料 1-1、資料 1-2 に基づき事務局より研究評価委員会分科会の設置についての説明があった。
- ・相良分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介
- ・配付資料確認

### 2. 分科会の公開について

- ・資料 2-1 及び資料 2-2 に基づき事務局より説明があり、議題 6. 「プロジェクトの詳細説明，(1) ①～⑦、(2) ⑧～⑨」と議題 7. 「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

### 3. 評価の実施方法

- ・資料 3-1～資料 3-5 に基づき事務局より研究評価に関する説明があり、事務局案とおりました承された。

### 4. 評価報告書の構成について

- ・資料 4 に基づき事務局より評価報告書の構成について説明があり、事務局案とおりました承された。

### 5. プロジェクトの概要説明

- ・資料 6-1 に基づき実施者よりプロジェクトの概要説明があり、以下の質疑応答が行われた。

#### <主な質疑内容>

- ・フロン規制に対応しているいろいろな技術が実施されていて例えば、連続気泡のウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム、あるいはエアロゲルといったものが提案されているが、その中で本課題との整合性、独創性、あるいは相違点がどういう点にあったのか、あるいはあるのかとの質問があり、基本的には HFC を使わずに如何に構造で制御するか、あるいは炭酸ガスを使ってもバリアー性を高めてガスを部材中に担保して長期性を持たせるかという点でやってきたとの回答があった。例えば、ナノセルラーの場合、構造制御によって、小さな空間に閉じ込めておけば空気でも熱伝導率が  $0.024 \text{ W/mK}$  より低くなる可能性がある。また、GWP が 1 で環境にやさしい炭酸ガスは現状のウレタンフォームでは発泡体からすぐに抜け、ボードで併用しているボタンと炭酸ガスもすぐに抜ける問題がある。バリアー性を上げた断熱材は、フロンガスを使わなくても熱伝導度  $0.024(\text{W/mK})$  を担保でき、建材の 10 年～20 年の長期性を担保できると思っているとの回答があった。
- ・世の中にはウレタンだけではなくポリスチレンフォームとかがあるがこの方向に進むことは考えなかったのか？ また常に、熱伝導度を下げればよいという主旨だったのかとの質問に対して、スチレンフォームは一部の会社で行っているが、輻射を抑える形で動いている。輻射は  $0.024(\text{W/mK})$  の 4 の桁くらいに効き、影響が小さいと考えたので、全体の材料あるいはガスの熱伝導度を下げることが第一に動いた。スチレンの発泡体で最大手の BASF が、現在ナノセルラーとエアロゲルの方に動いていることから、5 年前にわれわれがこの方向に進んだことは間違っていないと思っているとの回答があった。
- ・当初このテーマを開始したときのコンセプトでは 2015 年～2020 年の事業化を考えているケースもあるが、ハネウェル、デュポンから新ガスが出てきている現在、事業化の計画がこのように長いと、この程度の一連の技術だと本テーマは陳腐化するのではないかとこの主旨の質問があり、スタート時点では新ガスの動きはあまり表に出て

いなかったが、産総研にガスの開発をお願いした。良いガスを使った上でこの構造体を使えばもっと良くなると思っている。閉じ込めるというコンセプトは非常に大切であり、固体の構造制御はガスとは別の話だと考えている。ガスはガスとして使い、後は加工、あるいはその材料を使って工夫を凝らすことでしのぎを削れると思っているとの回答があった。

- 機械系の熱機器の専門家の観点から、タイトルの「革新的」という言葉は、フロンを使わないということだけしか意味が分からない。また「超低熱伝導率」あるいは「高性能」という言葉を、制限なく使うと分野によっては誤解を招くので注意願いたいとのコメントに対し、このプロジェクトは、ウレタンのスプレー発泡の代替がスタートだったので建材中心の温度レベルであることをはっきり宣言すべきであったし、その範囲から外に出ることを思ったことはなかったとの説明があった。
- プロジェクトのバックグラウンドで説明した省エネ効果の算定は、フロンのときの熱伝導率と、ノンフロン化したときの熱伝導率の上昇分の計算をしたのか、あるいは、この熱伝導率へ建材に使ったときに放出するエネルギーの防止を省エネとしたのかとの質問があり、(従来の) ノンフロン断熱材の  $0.03(\text{W/mK})$  くらいの熱伝導率が、革新的ノンフロン断熱材で  $0.024(\text{W/mK})$  以下に向上したときの差分を省エネルギー効果とし、新築と中古住宅の一定割合に適用するという試算を行ってエネルギー使用量を出し、原油換算で  $6.3$  万  $\text{kL/年}$  の削減になったとの回答があった。
- 現行のフロン系の熱伝導率はどの位と見積もっているのかとの質問に対し、 $0.03(\text{W/mK})$  位との回答があった。  
( $0.034\text{W/mK}$  で試算)
- 革新的な断熱材を作ろうとすれば、微細化に行くのが一つ、他はクヌーセン効果を使う、できれば放射の効果も含めるのが良いが、放射が効くのは  $100^\circ\text{C}$  以上の領域で断熱材を作るときなので、建材に使うときは普通効かない。ただ、微細化すれば熱伝導率が小さくなるというのは多少荒っぽい。例えば、いくら微細化しても空隙率は  $66\sim 67\%$  以上には上がらない。従って、空隙率を上げるには微細化と同時にマクロレベルの分布の最適化が必要であるとのコメントがあり、セルの構造制御に関して、微細化していくと発泡倍率が上がらなくなり、空隙率は  $60\%$  位で頭打ちになる。そうすると材料の熱伝導率が大きく占めるようになるので構造を工夫しないといけない。その中で東レ、カネカはマクロポアとミクロポアを混在させるという技術で進んでいる。如何に発泡倍率(空隙)を稼いで、且つ、熱伝導率を上げないようにするか、というコンセプトで動いているとの説明があった。
- 本プロジェクトは、化学反応のように原質の物質変化を使っていない熱伝導低減技術であり、ある程度のシミュレーションは現在の技術でできるので、次回やるときは検討して欲しいとのコメントはあり、現状よく業界で使われる式で、発泡体の熱伝導率を計算する程度の計算はしているが、マクロ・ミクロポアでの熱伝導率を計算で出すような高機能計算機シミュレーションは考えにはいれていなかったとの説明があった。
- 熱伝導率  $\leq 0.024(\text{W/mK})$  の長期維持とは具体的に何年くらいなのか明らかにしてほしいとの質問があり、本プロジェクトでは「長期」について具体的にば数値目標は置いていないが、オーダー的には  $20$  年～ $30$  年を目標にしている。 $0.024(\text{W/mK})$  以下は初期値で、時間が経てば上がるが、どこまで上がるかの数値的制限は与えてなく、 $0.025\sim 0.026(\text{W/mK})$  に維持していくことを達成の目標にしているとの回答があった。
- 評価の達成度と  $0.024(\text{W/mK})$  との位置づけを教えて欲しいとの質問があり、「大いに達成」は、初期値が  $0.024(\text{W/mK})$  で、かつ熱伝導率が長期的に担保できると自己評価し、その評価に対して NEDO と PL も了承した場合、○の「達成」はかつかつ到達したというレベルのものを指すとの回答があった。
- 初期の熱伝導率  $0.024(\text{W/mK})$  は、長期では幾つという目標設定のあったのかとの質問に対し、長期性は部材の留め方、加速試験のやり方によっても違ってくることもあるが、建材関係で規則を決めようという動きがあると聞き、それを待ったほうがよいとも考えた。プロジェクトとしてはできるだけ  $0.024(\text{W/mK})$  に近い値を担保するという指導を行った。ターゲットとしては、ウレタンの吹き付け発泡であるから初期値が  $0.024(\text{W/mK})$  で、ウレタンの熱伝導率—経過時間のカーブより下側にあればよいとの狙いで進めてきたので長期性  $10$  年、 $20$  年、 $30$  年といった数値は明言しなかったとの回答があった。
- 例えば東レの製品で、熱伝導率を保持するためのバリアー性を担保するためとなると、ホモジニアスではないから熱伝導率という考え方ではなく熱抵抗といったもので評価したほうが良いのではないかとコメントがあった。
- 全体プロジェクトの中で、真空断熱パネル (VIP) というものがあって、コスト高になるためそこまで行かない

にしてもその途中の段階で中真空くらいのパネルやボードの開発が開発項目に登ったのかどうかとの質問があり、VIP まで入れてプロジェクトを組もうとするとかなり手が広がるとのことと、VIP は釘を打つとすぐにダメになるとか、カッティングがダメになるとかで施工性が悪くなると考えられていたので、VIP は意識的に外したとの回答があった。

- ・5年間走らせた後に何が革新的な技術になったと言えるのかとの質問があり、革新的な部材として商品化されているのはまだできていないが、各社企業の中では技術革新を進めているし、公的機関では完成までは至っていないものの、エアロゲルとポリマーの同時押出成形やナノセルラーのようなものを革新的な考え方で進めているとの回答があった。
- ・目標の  $0.024(\text{W/mK})$  は現状の建材としての断熱材の最高水準であるが、それ以上のものを目指すのは現実的にコスト面で問題があるため、ローテクの延長で、とにかくフロンから脱するという考え方は当初から出なかったのかとの質問があり、コスト面では太刀打ちできないが、ノンフロンと高断熱性による省エネの両輪で行うという方針だったのでノンフロンだけで行うという選択肢はなかったとの回答があった。
- ・資料の中に技術委員会のコメントの内容とコメントがどう反映されたかの話が無く、技術委員会の役割がはっきりとしていなかったようなので説明をお願いしたいとの指摘があり、技術委員会では、建築関係の先生から、一週間程度の短期間の熱伝導率の評価結果では実際に建材として使う上で考慮が足りないといった指摘があり、これらを取りまとめて事業者に伝えたとの回答があった。
- ・連携のところで計測技術の成果を各社に提供して熱伝導率を測定したことになっているがそれで正しいかとの質問があり、東京工大で開発した圧着方式の装置を使って、各社で開発した断熱材の熱伝導率を測定したが、精度を検証したところまでは行っていない。 $0.024(\text{W/mK})$  以上では計測法として精度もよく評価できるので ISO の標準化を進めている。目指している製品の熱伝導率は  $0.024(\text{W/mK})$  以下で、かつ表面形状が異なるため精度が確実とは言えないが、ある程度の順序付けはできているとの回答があった。

## 6. プロジェクトの詳細説明

非公開

## 7. 全体を通しての質疑

非公開

## 8. まとめ・講評

本日報告のあった全体のプロジェクトに関して、各委員より以下のような意見が出された。

<樋渡委員>

建築の立場から言うとコストが重要視される。現状はコスト面でいろいろな段階のところにあると思うが、コストを含めて検討して、普及に向けて努めていただきたい。省エネに関しては、太陽光には FIT (固定価格買取制度) という制度もあるので全体の普及を図りながらノンフロン系断熱材を使って推進して欲しいと思う。

<中委員>

国家プロジェクトとして位置づけたこのテーマは平成 19 年から始まっているが、工業会的なスタンスから言えば、丁度 3 年前にノンフロン宣言をしている。これは地球温暖化を削減するということで始まったのだがまだまだ進んでいない。木造住宅は進んでいるが、マンションの結露防止はほとんど進んでいなくて全部で 10% くらいである。このプロジェクトのそれぞれのテーマが実際に今後どうやって生かせるのかを検証する必要があると思う。それを強く要望します。

<庄司委員>

このような内容は純粋に学術として言うのか、ビジネスとして評価するのか立場によって意見と評価は変わってくる。機械系の熱機器の専門家の観点から言えば、省エネルギーの最近の問題は、分野的に言うと建設、食品、衣

服で人間に関わる部分の評価が難しい。しかし、今日聞いたのは建設系の方で、熱伝導率の域としては限られた範囲で、細かな特殊な材料を使って研究しているということは個人的に高く評価したい。学術だけの評価で良いのか、あるいはビジネスとして厳しく評価するかで見方は違うと思うが、両者が上手くやるのは難しいことは個人的に分かっているので私なりの判断をさせて頂く。

#### <岡本委員>

材料の立場で話を聞かせて頂いた。熱伝導率を  $0.024(\text{W/mK})$ 以下に下げることが難しいということ聞いてよく分かった。もう一点感じたのは、既存のポリマーとか既存の材料を使って何とかクリアしようとしている側面が強かった気がする。中には、ポリウレタンでポリオールを自ら合成・改質しているものもあり、また多層のものなど構造を上手く作って対応する方法もあると感じた。このような仕事は既存のものに頼らずに、自ら果敢に新規なものを合成するとかの意気込みをもち、プロジェクト立上げ前に計算機シミュレーションを取り入れて、見通しを立てた上で行えばもっと良くなるのかなと感じた。得られた結果は横展開もできる可能性が幾つか出るので今後の発展に期待したい。

#### <岩崎委員>

熱伝導率に関しては空隙率や気体の熱伝導率などを入れるとモデル式が合う。経時変化の問題を取り上げて、建材試験センターがいろいろと近似的なことを行っているが、実際に例えば 15 年くらい経時的に測定してみると途中で突如変わることがあるので、今後経時変化を見るときは、短時間のシミュレーションだけでなく、突然変異的に変わることがあることを頭に入れておいて検討して頂きたい。

#### <松岡分科会長代理>

3 年前に中間審査でいろいろな意見を述べさせて頂いた結果なのかどうか、今日の発表ではグループの意思の疎通が非常に強くなったと感じる。グループ内のミーティングが上手く行っていると感じた。全体的に見て 3 点意見がある。一つには、初期の目標と中間目標の大筋は大体達成されていると思う。しかし、一例を挙げると、達成されたと言っている熱伝導率の値が意味するもの、あるいはその値を使って何をするのかという詰めが甘い気がする。その見極めがやや不足していると感じた。2 点目は、断熱材の長期安定性の可否はいろいろな条件や環境下で左右されるので、明確な指標が欲しい。実用化する場合は、必ず手法や方法を分かり易い形で表示し、更にその可能性や範囲が提示してあれば実用化に即する。3 点目は、個々の技術は素晴らしいものがあるが、その技術がどの程度有効で、あるいは優位性があるのかということが、市場している他の技術と比較したものが不足している。この技術水準が無ければ実用化には程遠いと思う。技術水準が無いのではなく、作成していないだけなので、一枚のグラフ等にまとめて表示して欲しい。

#### <相良分科会長>

建築学会の調査では、我が国で発生する CO<sub>2</sub> の約 1/3 は住宅・業務用ビルなどの建物で発生している。オフィスビルでは消費エネルギーの半分は空調であるので断熱は省エネ・地球温暖化に直結していて非常に重要な課題になっている。断熱の強化は今では単に厚さを厚くするだけかも知れないが、それにフロンが使われている矛盾した状態が続いている。それがノンフロン系の新たな断熱材の開発という建設業界にとってみれば非常に大きな使命を持ったテーマとなったという意味で高く評価している。脱フロンと高性能化を併せて NEDO でなければそのような支援はできないという意味でも適切なテーマであったと思う。最終的に建築業というユーザーサイドで実用化を考えた時、どうしてもコストが大きいバリアーとしてある。コスト高で高性能が世の中に受け入れられるためには普及させてコストを下げるのが大事なので、少しでも早く市場に出す必要がある。それで初めて実質的な地球温暖化防止になる筈なので、この後、実用化に向けて是非とも加速して欲しい。

## 9. 今後の予定、その他

資料 7 に基づき、今後の予定について事務局より説明があった。

10. 閉会

## 配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について (案)
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について (案)
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票 (案)
- 資料 4 評価報告書の構成について (案)
- 資料 5-1 事業原簿 (公開)
- 資料 5-2 事業原簿 (非公開)
- 資料 6-1 プロジェクトの概要説明資料 (公開)
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (1) 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 (京都大学)
- 資料 6-2-2 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (2) 次世代断熱発泡剤の研究開発 (産総研)
- 資料 6-2-3 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (3) 水発泡 (もしくは、超臨界 CO<sub>2</sub> 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 (旭硝子)
- 資料 6-2-4 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (4) 発泡ポリマー=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 (産総研、東京理科大、シーアイ化成)
- 資料 6-2-5 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (5) ナノゲル断熱材の研究開発 (アキレス)
- 資料 6-2-6 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (6) 高断熱性ノンフロン押出發泡体の研究開発 (カネカ)
- 資料 6-2-7 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (7) 新規断熱性向上シートの研究開発 (東レ)
- 資料 6-2-8 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (8) 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 (建材試験センター)
- 資料 6-2-9 プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
  - (9) 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 (東京工業大学)
- 資料 7 今後の予定

以 上