

公開版

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）分科会議事録

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 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
 - 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発泡体の研究開発
 - 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

議事録

【公開セッション】

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、事務局案とお了承された。

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、事務局案とお了承された。

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。

【相良分科会長】 それでは、ただいまの説明に対しまして、ご意見、ご質問をいただきますが、ここでは主に事業の位置づけ・必要性、マネジメントについてのご意見をいただきたいと思っております。よろしくお願いたします。

【松岡分科会長代理】 長い間ご苦労さまでした。先ほど分科会長がおっしゃったように技術的なことは後半でお聞きしますが、全般的なことで基本的なことをちょっとお聞かせください。

既にフロン規制が始まって、いろいろな技術があちらこちらで実施されておりまして、このフロン規制に対応した、例えば連続気泡のウレタンフォームとか、ポリスチレンフォーム、エアロゲルというようなものがいろいろ提案されております。そういう中で、本課題との整合性、あるいは独創性、相違点がどんな点にあったのか、あるいは今もあるのか。それを簡単にお聞かせください。

【大嶋教授】 今のご質問は、このプロジェクトの中でエアロゲル、連泡、そういう材料構造が出ていますけれども、それがフロン規制との関連でどういう位置づけにあるかということをお尋ねと考えてよろしいでしょうか。

【松岡分科会長代理】 それで結構です。

【大嶋教授】 技術的なことを申し上げることになりますが、ウレタンフォームでは従来フロンガスを使っていた。ウレタンフォームはその中にフロンガスを閉じ込めるということで、熱伝導度の低さを担保し

ていました。フロンを使うなどということになりますと、その熱伝導率の低さの部分の何かをカバーしてやらなければならないことになりました。それでまずナノセルラーの発想に至りました、小さい空間に閉じ込めておければ、空気でも熱伝導率が0.024(W/mK)より下に下がる可能性があります。構造で制御するという考えかたで、これは従来にない革新的な断熱材開発の考え方です。

あと、フロンガスの代わりに炭酸ガスを使うというのが1つの考え方でした。炭酸ガスはGWPが1ですので、フロンに比べて、環境にまあまあ優しい炭酸ガスを使おう。窒素ですと、熱伝導度が空気と同じですので、発泡体に閉じ込めても、材料分だけ必ず熱伝導度が上がってしまいます。炭酸ガスを発泡に使うという考え方はこれは今までにいろいろと考えられて来ていましたが、そこで問題になるのは、炭酸ガスが発泡体からすぐ抜けてしまうという問題です。発泡ボードに関しても、ブタンと炭酸ガスを併用していますが、それが抜けてしまうという問題があります。ガスが抜けると熱伝導率が上がり断熱性が悪くなります。そういった意味で、建材として長期性を如何に担保するかを考えねばなりません。そのためにバリア性を上げるための技術がこのプロジェクトでは走らせました。

すなわち、基本的にはフロンガス、HFCを使わずに、如何に発泡体のセル構造で制御するか、あるいは炭酸ガスを使ったとしても、バリア性を如何に上げて中に担保しながら長期性を持たすかという、そういう観点で、従来にはない断熱材を開発する姿勢でやってまいりました。ここで出している断熱材というのは、熱伝導度と長期性の観点からすると、フロンガスを使わなくても0.024(W/mK)は担保できて、10年から20年の長期性は担保できるというふうに思っている。

【松岡分科会長代理】 大体そうだと思いますが、世の中にはウレタンだけではなくて、ポリスチレンフォームなど、いろいろなものがありますね。こういう方向には流れなかったのですか、または考えなかったのかということと、それから、常に熱伝導率を下げればいいという趣旨だったのか。

【大嶋教授】 世の中のポリスチレンフォームがあります。プロジェクトのなかでもカネカの場合はスチレンフォームです。東レの場合はちょっと違いますけれども。従いまして、プロジェクトでも、スチレンフォームに関しては、カネカさんに徹底的に研究開発してもらおうという形になりました。今、スチレン系発泡体でいるのはBASFのネオポールというものだと思いますが、その特徴は輻射をグラファイトで抑えるというものです。これについても、一部カネカさんのほうで、輻射のほうを検討してもらっております。その辺も含めてはやってはおりますが、輻射を全面的には前には出しておりません。

その理由は私が最初考えたのは、目標熱伝導率である0.024(W/mK)の4の桁ぐらいで輻射が効いてくるというふうに思ったので、まずはメーンの全体の材料、あるいはガスの熱伝導を下げるということが最重要と考え、プロジェクトを動かしました。そういった意味で、世間が輻射のほうへ行っているところから、少し外れているというのはあると思います。ただ、今になって思いますと、BASFやダウ化学の発泡の方とお話をしていると、ナノセルラーのほうとエアロゲルのほうにも動いていますので、私どもが、5年前にやり始めたのは、決して方向としては間違っていないと思っています。

NEDOとしてこのプロジェクトをやった理由は、BASFのような世界的な会社規模は輻射防止材みたいなものを入れて、発泡体のコストが上がったとしても、それはマスプロダクションでカバーできる。我々のほうとしては、コストをできるだけ抑えて、最大の機能を出していかなければならない。そのために知恵を集集し、団結しなければいけなかったところがあるのではないかと考えております。

熱伝導率だけしか考えていなかったのかという点については、まず、熱伝導率とその長期性を考え、その次に建材としてのその他の機能、例えば、耐火性、施工性などを考えるという形にしています。建材としての機能として何が必要かを見極めていくために、建材センターさんに建材としての評価を見ていただいたわけです。

【中委員】 この事業化計画で、一応15年とか20年と考えているケースもあるのですが、おそらく当初のテ

ーマをやったときのコンセプトというのと、最近ご存じだとは思いますが、新ガスというものがハネウェル、デュポンから出てきております。事業化への計画がこのように長いと、おそらくハネウェルは今年の終わりごろ、デュポンにしても1年後という形になりますと、この程度の一連の技術だと、今回のNEDOのテーマは陳腐化するのではないかと考えているのですが、その点はどうでしょうか。

【大嶋教授】 ご指摘のとおり、まず当初のスタート時点では、新ガスの動きというのはあまり表に出てきませんでした。そうは言いながらも、各社でハネウェルの新ガスを扱いながらテストしておられたところがあります。そういった意味で、全然何もないというのは明らかに負けを最初から認めていることになりますので、産総研にガスの開発をお願いして、ガスの開発をしていただいたことは、私は正しかった、よかったと思っています。

いいガスが出てしまえば、それで終わりじゃないのというご指摘だと思いますけれども、いいガスを使った上で、こういう構造体を使えばもっと断熱性は良くできると私は思っております。そういった意味で、閉じ込めるというコンセプトというのは非常に大切ですし、それから、発泡体の構造制御というのも、ガスとはまた別の点で、断熱材の高機能化に繋がると思います。ガスが出ればすべて終わりだとすると、すべてハネウェルとデュポンがひとり勝ちしてしまうという形になって、発泡屋というか断熱材屋としては何もなくなります。やっぱりガスはガスで使うという形で、あとは加工、あるいはその材料でいかに工夫するかというところで、幾らでも高機能な断熱材の開発にしのぎを削れると私は思っております。

【中委員】 わかりました。

【相良分科会長】 はい、どうぞ。

【庄司委員】 ともかく5年間、1つのプロジェクトをやり上げるというのは、内容如何にかかわらず非常に大変だったと思いますので、それをやり上げられたことに敬意を表します。

もう一つ、中間評価とスタートであれば、それなりのご意見を自分の専門から申し上げて意味があるのですけれども、これは事後評価ということで、どうしてもコメントに近くなってしまいます。これは主に建築、建材方向、それから将来的には冷凍、空調、運輸を目指しているという範囲なので、私の専門としている、いわゆる機械系の熱機器の観点からちょっと申し上げるので、その点は我慢いただきたいと思います。

まずタイトルの革新的というのは、レボリューションですよ。今伺っている限り、革新的と思われるのは、フロンを使わないというところにしかちょっと意味がわからないという1点。それから、超低熱伝導率、あるいは高性能というのは、機器によってはご承知のように、超伝導では1ワット程度の、何ワット程度の熱を逃がさないような超断熱をやっておりますので、これが勝手にすべて制限なく超低熱伝導率という言葉を使いますと、分野によってはちょっと誤解を招くことがあるので、これは分野によってしようがないと思いますので、この分野ではいいと思うのですけれども、ちょっとご注意いただけないかなと。

それから、まず前半のプロジェクトのバックグラウンドを説明された山崎さんにお尋ねします。ノンフロン化というのはよく分かっているのですが、3つの観点で、いわゆる省エネ効果を1つ示されて、あとはCO₂削減の効果をバックグラウンドで説明されました。省エネ効果の算定は難しいのですが、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されたのでしょうか。あるいは、この熱伝導率で建材に使ったときに放出するエネルギーの防止をもって省エネと言われたのかどちらなのか、聞き漏らしたのでお答えいただけませんか。

【山崎主査】 スライド10の費用対効果の真ん中の、試算はちょっと小さい文字ですが、ここは差異としては、従来のノンフロン断熱材の0.03ワットぐらいの熱伝導率が、この革新的ノンフロン断熱材で0.024(W/mK)以下に断熱性能が向上するという、この差異分を省エネルギー効果として、あとは新築、あと中古住宅のある一定割合に適用するという試算結果で、このエネルギー使用量(削減量)を出して原油換算しています。

【庄司委員】 わかりました。それでは、現行のフロン系の熱伝導率はどれぐらいと見積もってやられているんですか。数字として、 0.024 (W/mK) をこの研究では目指しているけれども、現行は幾らとして計算したのですか。

【山崎主査】 ざっくりと 0.03 (W/mK) 幾つで計算しています。(0.034W/mK で計算)

【庄司委員】 0.03 (W/mK) 。その差分を計算していると。

【山崎主査】 はい。そういうことになります。

【庄司委員】 それなら数値は別にして、おっしゃっていることがよくわかります。

それから、ついでに評価委員なので言わせていただくのを我慢していただいて。ほかの評価委員の方もおられるのですけれども。プロジェクトを進める、最初開始をするときに、十分なグランドデザインをして計画を進めるというのは、現実的には非常に大変だということは、私はよくわかっています。それで一番大切なのは、やっぱり革新的な断熱材を作ろうと思えば、どういうシーズ、いわゆるどういう新しい知識でスタートするかということが、最後は勝負になると思うのですけれども。

今大嶋先生が、微細化のほうへ行くということが1つ。それから、クヌーセン効果を使うと。できればいわゆる放射の効果もやっている。ただこれは、普通の常識から言って、放射が本当に効くのは 100 度以上の領域で断熱材をつくるときですので、建材のときはまず効かないと思って間違いないので、大嶋先生が先ほどお答えになったのは間違いないと思います。

ただ、微細化すれば熱伝導率が小さくなると言ってしまうのは、多少荒っぽいかなど。例えば、おそらくそれでいくら均一で小さくしても、 66% か 67% 以上、空隙率は上がりません。だから、空隙率を上げるには、微細化と同時に、最適化が必要で、オプティマイゼーションするにはいわゆるマクロレベルの分布が要るんですよ。それは現在ではほとんどシミュレーションで、既にかんがりのことがチェックできます。化学反応とか、いわゆる変質、物質変化を使っていない熱伝導低減技術なので、ある程度のシミュレーションは既に現在の技術でできますので、スタートの時にどれぐらいすればいいのかそういうのははかりながら。ガスではなくて真空中にできれば、さらに熱放射だけになりますので、そういう基本的なところを、次もし何かやる時にはぜひ、ご検討いただければ。ちょっと言い過ぎたかもしれませんが、気がついたことを申しました。

【大嶋教授】 ありがとうございます。最初の、熱伝導率ということに関して、このプロジェクト自体で「超」とかを使っていることに対してのご批判ですけれども、同時にNEDOでは、もう少し高温のところの熱伝導率を如何に下げること、セラミック系の断熱材開発のプロジェクトがあるようにお聞きしています。やはり温度レベルで断熱材を区別していかなければならないところがあるということで、明らかにこのプロジェクトに関しては、ウレタンのスプレー発泡の代替ということが最初のスタートでしたので、建材を中心の温度レベルでやってまいりました。そういった意味では、プラスチック材料しかほとんど取り扱ってなくて——エアロゲル単体はちょっと違いますけれども——、基本的には温度レベルとしては建材レベルといえますか、普通のレベルで断熱材を開発してきております。そのことをきちっと宣言すべきだということは、ご指摘のとおりだと思いますし、我々としては、その範囲から外に出ようと思ったことは、あまりございませんでした。

【庄司委員】 多分わかっております。私も、多分そうであろうと思っています。

【大嶋教授】 あと、セルの構造制御の話もそうです。微細化していきますと発泡倍率が上がらなくなりますし、空隙率がおっしゃるとおり 60% ぐらいが頭打ちになってまいります。そうしますと、材料の熱伝導率が非常に占めてまいりますので、何とか構造を工夫しなければいけないという形になりました。その中の流れで、東レの場合もそうですし、先鞭としてはカネカの技術的なところがあるのですが、マクロポアとナノポアの混在をするという形の技術で、東レさんのほうは進んでいただいております。それなりの工夫を続けてまい

りました。

樹脂が、松岡先生ご指摘のポリスチレンではないというのは、やっぱりカネカと東レとの兼ね合いがありましたので、東レには得意なPETなりPLAなりでやっていただいているという形です。コンセプト的には、やはり発泡倍率を如何に、空隙率を如何にどこかで稼いで、かつできるだけ熱伝導率を上げないようにしようというコンセプトで動いております。

計算機シミュレーションに関しては、全然頭にありませんでしたので、このグループの中には入っていませんでした。これは最初スタートしたときに、建築関係の方も、最初のラムダイコール材料のラムダプラスガスのラムダプラス輻射という計算式で計算はしております。その計算式のベースでお話しされましたので、その計算式とモデルをベースにして話をしていきました。そのほうが、企業間の開発は取りやすいかなと思った点もあります。そういった意味で、それ以上の計算、新たに計算機シミュレーションを走らせて、非常にマイクロな分野での構造というのは、今ご指摘があって初めて、そういう考え方もできたかなと思った次第ではあります。それは反省点ではあると思います。

【庄司委員】 ありがとうございます。わかりました。

【相良分科会長】 どうぞ。

【樋渡委員】 5年間どうもお疲れさまでした。評価をするに当たって、あいまいなところがあって教えていただきたいのですが、資料11/44の中では、熱伝導率が0.024(W/mK)の断熱性を長期維持と書いておられ、それが次の資料の30/44ですと、初期熱伝導率が0.024(W/mK)以下で、長期熱伝導率の長期維持ということがあって、長期、0.024(W/mK)というのをどういうふうに考えたらいいかというところと、あと例えば、長期実施というのは、非常にあいまいなところがありまして。これが例えば、何年とか、具体的に言っていただけると明らかなのかなと。仮にシミュレーションするに当たってもですね。

それで、今後の建物もいろいろと、100年建築とか、ストックを増やすとかという話もあるので、そういうところを踏まえての値なのだと思うのですけれども、そこを明らかにしていただきたいというのと、あとは後半の評価をされているときに、達成度のところで「大いに達成」、「達成」とある中で、この0.024(W/mK)を達成されたのが達成なのか。成果との関係で見ると、そうもなっていないところがありまして、達成度というものの位置づけがわからないところがあり、そこを教えていただければなと思いました。

【山崎主査】 最初の(質問の)長期というのは、10年とか20年とか、事業者によっては成果としていろいろな出し方をしているのですが、このプロジェクトの中で、具体的な数値目標というのは置きませんでした。オーダー的には20年とか30年ですと議論はしているのですが、20年とか30年とすると、では何で20~30年にしたのとかそういう話になるので、そこは置かなかったが、オーダー的にはそういうオーダーを目標としております。

あくまで発泡初期の熱伝導率値を0.024(W/mK)以下という目標にして、その後時間が経つと若干上がるのですけれども、それが数値的にどこまで上がるかという制限は設けませんでした。0.025とか6(W/mK)とかそういったオーダーで維持していくというところを達成の目標としております。

達成度として、「大いに達成」、「達成」、そこら辺の評価がちょっとわかりづらいというご指摘でしたが、評価基準としては、まず「大いに達成」というものは、まず初期の熱伝導率値が0.024(W/mK)で、かつ熱伝導率がある程度長期的に担保できるということが目標値以上であれば、「大いに達成」という評価を自己評価していただいております。その評価に対して、NEDOとPLもそれでいいだろうということで、この形で掲載しています。達成度の○は、かつかつ到達したというレベルのものです。△はございませんが、一部達成できなかったというものを△にして、達成見込みという評価基準で記載しております。

【樋渡委員】 わかりました。そうしますと、0.024(W/mK)で出て、長期では幾つとか、そういう目標設定もあったということなのですか。

【大嶋教授】 補足させていただきますけれども、ご指摘の長期性ということは、我々も進めていく上で非常に、何年が良いのだろうという議論はしました。部材の留め方によっても違ってきますし、加速試験のやり方によっても評価が違ってくるのもあるのですけれども、数値目標をあげるべきかどうか議論はしました。一方で、長期性ということ考えた建材関係での法規制と申しますか、何か規則を決めようという動きが国交省関係であるというふうに、建築の先生方からのお話もございまして、それを待って見たほうがいいのではないかと申すという考えもございました。結局、その法規制では、お決めにならなかったもので、法規制からの数値目標の設定は、宙ぶらりんになりました。そこで、プロジェクトとしてできるのは、できるだけ0.024(W/mK)に近い値を長期的に担保しなさいということではしか指導はしておりません。0.024(W/mK)という値に関しましては、明らかに初期値の値です。

具体的にどのくらいを良しとするかとい申すと、初期値が0.024(W/mK)で、ウレタン発泡自体の劣化は、その縦軸が熱伝導率だとすると横軸が時間だとすると、従来のウレタンの劣化カーブよりも下にあれば、良いのではないかと。それに対してお金をいくら出すかというのは、また別の話として、そういうふうな狙いで進めてきていましたので、長期性10年、長期性20年、長期性30年というふうに数値は明言しませんでした。でも、何となくお話のコンセンサスで、建築の先生方がどれくらいを考えておられるかというのは、技術指導委員会等でお話を聞きながら（理解していたつもりです）。でも100年と言われるとどうやって担保しようかなという話もありまして、じゃあ100年というふうにはちょっといかなかったというのも正直なところですよ。

【樋渡委員】 ありがとうございます。

【相良分科会長】 どうぞ。

【岩崎委員】 いろいろありがとうございます。2点ほどちょっと教えていただきたいのですが、例えば東レの製品、あるいはカネカの製品を考えたときに、熱伝導率を保持するためのバリア性を担保することになりますと、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て、例えば熱抵抗みたいなもので評価したほうがスマートではないかなということが1つ。

それからもう一つ、この全体のプロジェクトの中で、真空断熱パネルというものがあって、コストがかなり高くなるから当然そこまではいかないにしても、先ほど庄司先生からお話がありましたような途中の段階で、真空を担保するような、今の真空断熱までいなくても、そのもうちょっと上の中真空ぐらいのパネルみたいなもの、ボードみたいなもののあり方というものが、最初にプロジェクトのときに上らなかったのか、上ったのか、その辺のところを教えてくださいなと思います。

【大嶋教授】 VIPに関していえば、真空ほど強いものというか、熱伝導率が低いものはありません。VIPまで入れてこのプロジェクトを組もうとすると、かなり手が広がるという意味と、当時のお話で、VIPですと施工性がやっぱり悪くなるというお話が出ました。いろいろな工夫がございましてけれども、よく私が言われたのは、釘を打つとすぐだめになるとか、カッティングでだめになるとか、そういった意味で、やっぱり、この点についても、プロジェクトのスタートはウレタンの吹き付け的なものの代替ということでしたので、VIPは横に置きました。

そういった意味で、当初議論はしましたけれども、VIPまでは入れないでおこうと。VIPを入れた上で0.024(W/mK)という、ばかみたいな話になります。VIPではそんな数値よりももっと低いものが出ていた訳ですから。そういった意味で、このプロジェクトからVIPは、意識的に外しました。誰を入れるかどうか議論し、入れないと判断しています。公募要綱にも、VIPは確かに入れてなかったというふうになっております。

【岩崎委員】 ありがとうございます。

【岡本委員】 どうもありがとうございます。5年間やられて大変だったと思うのですがけれども、ちょっと私

が引っかかるのは、タイトルの革新的という言葉なのです。プロジェクトを立ち上げ当時の志でもあるとは思いますが、5年間走り出した後に、何が革新的な技術になったのでしょうか。そここのところの要点をよくお話いただくと、昼からの個別の技術説明が聞きやすいと思うのですが、よろしくお願ひします。

【大嶋教授】 それは岡本先生がおっしゃるのは、何も革新が見えないというコメントでもあると思いますし…

【岡本委員】 そこまでは言っていないです。

【大嶋教授】 先ほどの松岡先生も、そのたぐいに近いお話ですし、庄司先生もそういうところをご指摘のところがあると思うのですが、

どうお答えしていいかわからないのですが、冗談ですが、NEDOが革新という言葉が好きだったということがあります。それと、イノベーションなりレボリューションなりということに何を期待するかですが、正直申しまして、やはり会社で事業化をベースにしてやろうとした時には、現行の技術を如何に発展して、新機能のものをつくっていくかという形でものごとは進めざるを得ないところがあります。ゼロからは何も革新的なものは生まれないということです。1つは大学で成功率の低いナノセルラーを作ろうとか、産総研でも、ちょっと世間ではやっていないようなエアロゲルとポリマーを同時に作るような、物珍しいな試みはやっております。そこから、はい、これですよとすぐ商品として買っていただけるようなものが出ていないというのは、そういった意味では、まだ革新的（物珍しい）部材としてお出しできるものは出ていないとは言えると思います。

ただ、見ていただいた中で、各社企業の中では、それなりの技術革新というのを進めているというのが1つと、それから、公的機関のほうでは、100%完成まではいっていませんけれども、それなりの革新的な考え方で進めていただいたと思っております。それは革新ではないと言われると、ちょっと苦しいですが、

【相良分科会長】 では最後に私のほうから、簡単で結構ですが、まず目標の、先ほども出ております0.024 (W/mK)という数字ですが、これは現状の断熱、建材としての断熱材ですが、最高水準、トップランナーであるというふうに認識しておりますが、それ以上のものを目指すということは、非常に目標としては高くいいとは思いますが、現実的に、大嶋先生が最後のほうで言われたのですが、コストの問題とか、そういうことを考えると、本当にそれで良いのだろうかという気がいたします。

昔から建築はローテクの世界と言われており、新しいものよりも堅実なものを利用する。そういう意味では、例えばガスが空気であっても、簡単に言うと断熱材を倍の厚さにすれば同じ性能になるわけです。もちろんその分、今度は建築屋のコストが上がるということもありますし、材料が倍だったらその倍の値段になるのかもしれませんが、何かそういう新しい、革新的というのに反対の考えですが、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というのは、当初からなかったのかというのが1つです。省エネによるCO₂削減という意味は、もちろんあると思いますけれども。

あと、先ほどちょっと技術委員会のほうからの100年建築ですか、何かそういうお話があったということですが、資料の中には、技術委員会でどういうコメントがあって、どう反映されたかということがあまりなかったように思います。要するに、技術委員会の役割ですね、その辺がはっきりとしてなかったように思いますので、ご説明をお願いしたいということ。

それから、連携のところ、建材センターでシミュレーションをできるようにして、長期性能ということもございましたが、計測技術のほうの成果を各社に提供して、熱伝導率をそれで測ったということになっているのですが、それでよろしいのでしょうか。熱伝導率はもちろんもっと厳密にと言いますか、精度高い測定があるかと思っておりますけれども。その3点をお願いいたします。

【山崎主査】　まずは東京工大でつくった計測器で、熱伝導率を測ったという話ですけれども、これは正確な熱伝導率というのはJ I Sに規定されている従来の測定法で、各社やられているのですけれども、東京工大で開発した装置というのは、きょう後ほどデモでもお見せいたしますけれども、(断熱材の表面に) 圧着するだけでその場で測れるというようなもので、味見的な形ではあるのですけれども、各社で開発された断熱材を、その装置を使って評価するといったことは実施いたしました。

【相良分科会長】　ということは、それで新しい簡易計測法の精度を検証したというようにとらえてよろしいのでしょうか。

【山崎主査】　まだ精度までは、どうしても最終的な補正をする必要があるのですが、それで精度がどうのこうのというところまではいっておりませんが、定性的に測定できるといったところまで確認しております。

【大嶋教授】　計測に関する補足をさせていただきます。5年間ですので、最初の3年間ぐらいやらせていただいたときに、各社それぞれ測定装置をお持ちでした。それぞれいい値を出してこられますので、どこかで統一的に測らなければいけない。その装置がJ I S規格に従ってなくても、集めてみてどれぐらいのオーダーリングになっているのかぐらいわかれば良いかなという思いもありまして、最初の3年間のところは、私の研究室で簡易的な熱流法で測る装置を作り、各社の開発品を測りました。

その間に東工大のほうでも、新しい原理で計測できる装置ができてまいりましたので、それに出して測っていただくということもいたしました。熱伝導率で目指していますのは0.024(W/mK)という非常に低いところですので、それより低い熱伝導率のところでは、リファレンスもないため、精度をどう保証していいかわからない状況です。ただ、それ以上の熱伝導率のところでは、しっかり計測法としては精度もいいですし、評価できるという形でI S Oもとられていると思います。

0.024(W/mK)以下で、各社さん、いろいろな表面形状のものを出してこられていますけれども、その中で東工大の装置で測るといいう時に、ちょっと測定値について問題視したところがあります。本当に数値が、正確なのかと言われると、試料の表面形状の問題もありますし、また非常に低いところでの計測技術であり、先ほど申し上げたようにリファレンスがないためもあり、数値が100%正しい、确实というまでは言えませんでした。橋本先生、その辺でコメントがあれば、言ってくださっていいかと思いますが……。0.024(W/mK)以上は确实で大丈夫だと思いますけれども、やはり私も、0.024(W/mK)とかそれ以下の測定精度ですと、まだ作っているもの自体が良いのかという点では、表面形状の他にいろいろな問題がありますので、100%その値が正しいかというのは現状わかりません。しかし、順序づけというのはほとんどできているという結果は出ていました。

【相良分科会長】　どうぞ。

【山崎主査】　それと技術委員会で出てくるコメントとしてどのようなものがあつたかというご指摘ですけれども、いろいろございましたが、特によく記憶にあるのは、建築関係の(技術委員の) 先生のご指摘で、本日は10年とか20年オーダーで熱伝導率が長期維持できるようになったという評価結果をお示しできるのですが、その途中過程で、例えば1週間ぐらいの評価結果を持ってきて、それに対する評価を説明していると、そのような短期間では桁が全然合っていないよとか、そういう実際に建材として使う上で、まだまだ考慮が足りないというコメント等をいただきました。そういったコメントは取りまとめて、各事業者にご指摘事項を対応してくださいという形で、NEDOで取りまとめました。

ローテクでやることを考えなかったかという……。

【相良分科会長】　この0.024(W/mK)という高い目標でなければならなかったのかなという。それから、フロン問題を先に解決して、コストの安いもので先に早目の実用化ということも考えなかったかということです。

【山崎主査】　この断熱材技術をノンフロンという切り口だとそういう解決策もあろうかと思うのですけれども、

ノンフロンだけではなく、高断熱性で省エネというものは不可欠で、この両輪でやるべきだという判断で、ローテクでやるという選択肢はなかったと思いますというか、そういう方針でやりました。

【相良分科会長】 NEDOでやるからにはそうであるべきだと、私も実は思っております。ありがとうございます。

【大嶋教授】 つけ加えさせていただいていいのかわからないのですが、今でもやはり建材の話になりますと、グラスウールがほとんどですし、やはり安くて手ごろで施工性が良いという、施工性の観点から、新断熱材は、なかなかグラスウールに勝てないという問題はあります。一生懸命開発してまいりましたけれども、どうしてもコストの問題というのは出てきますし、それとやはりほんとうに実際 低い熱伝導度を数値で出しますけれども、皆さんがそれを価値として感じられるかどうかということも非常に大切になってくるのではないかなと思います。

ある意味、今すぐ建材でグラスウールを駆逐するほどこれが出てくるかということ、多分まずはないと思いますので、熱伝導度がちょっとコスト高でもいいということで、使える部材から普及させていって、夢ですけれども、価値を世間で共有していただけるようになり、普及することを望みます。先生のおっしゃられたこと、同じことが技術委員会のコメントでも最初あったのですが、「建築としては、それは厚くしておけばいいではないか」という固定観念が、断熱材には根強くあります。薄い薄い熱伝導率の低いサンプルを出したときに、これは何だ、使い物にならないと言われたこともあります。ただ、これは欧州の事例でもそうですけれども、欧州ですと（壁が）石ですから、厚くすればそれで終わりだということで動いていたはずなんですけれども、居住空間をどれだけ広くするかという形で、やはり壁も薄くしていく必要性が社会でも認識され始めました。日本は、もっと居住空間の広さを重要視しますから、薄い断熱材で熱伝導率を如何に低くしていくかという課題は、将来必ず出てくるのではないかなと思います。建築にはすぐいかないかも知れないですけれども、将来、その課題が生うまれ、薄い断熱材の必要性・重要性が出てくるのではないかなと思ひまして開発を進めました。ローテクという形に関しては、コストの関係からすると、すぐには太刀打ちができないですけれども、やはり将来的に、ハイテクなものが必要になってくる。そのときのために、今やっておかないと、いざというとき使えない状況が出てきますので、NEDOのこのプロジェクトで皆さんに働いていただけてきましたということ、つけ加えさせていただければと思います。

【相良分科会長】 どうもありがとうございました。

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】 それでは、全体について、私のコメントをさせていただきます。建築という立場から話をさせていただきますと、建設のときに、コストとかが当然重視される場所があります。現状コストのところでもいろいろな段階の方がいらっしゃるんですが、そこら辺のところは重々皆さんお考えだと思うので、そこを含めてご検討いただいて、普及のほうをしていただければと思います。

それで最近省エネとかと言ったときに、太陽光ではフィード・イン・タリフとかいう制度もあって、コストが上がる場合、補助金とかもあるかとも思います。そういうところも見ながら、全体の普及を図っていけ

るよう、この断熱性のノンフロン系材料を使って、推進していければと思います。以上です。

【中委員】 個々の技術的な質問とかそういうのは先ほどからずっとやってきたので触れませんが、これは国家プロジェクトとして位置づけたテーマですね。平成19年から始まっているということですが、私の業界的なスタンスから申し上げますと、ちょうど3年前にノンフロン宣言をしているわけです。これは地球温暖化を削減するというところで始まったんですが、まだまだ頑として進んでいないわけです。もちろん木造住宅なんかは100倍発泡という形で進んでいますけれども、マンションでは、結露防止以外はほとんど進んでいません。若干ありますけどね。それだけ見れば10%ぐらいしかないです。

なぜこれは進まないのだろうか。今回のいろいろやられた皆さんのテーマが、実際に今後どうやって生かせるのだろうかということを、私はこれからぜひ検証する必要があるのではないかと思います。それを強く要望して、私の講評にさせてもらいます。

【庄司委員】 1日いろいろ勉強させていただいて、まず皆さんにお礼申し上げたいと思います。私は40年間ずっと熱をやっていますので、それなりの見方がありますし、こういう内容は純粋に学術として見るのか、あるいはビジネスとして評価するのか、その立場でいろいろ意見と評価は変わってくるのはご存じだと思います。

ただ、私は初めに申し上げたように、バックグラウンドは機械。特に大型の原子力から始まって、ずっと小さな冷凍機までやっていますので、その観点から言わせていただくと、熱屋から見て、省エネルギーの最近の問題は、分野的に見ると、建設業、食品屋、衣服屋のいわゆる人間にかかわる部分の評価が非常に難しいのです。しかし、今日聞かせていただいた方々は、みんなどちらかというと建設系の方で、それでこれぐらゐの努力をされているということは、熱伝導率の域としては2桁目という非常に限られた範囲ですけれども、そこで非常に細かな特殊な材料を用いられて研究されているということには、個人的には非常に高く評価したいと感じました。

もちろん学術だけの評価でいいのか、ビジネスとして厳しく評価するのかによって見方が違うかと思えますけれども、両者をうまくやるというのは難しいというのは個人的によくわかっていますので、私なりの判断をさせていただきたいと思っています。

断熱というと、何かそれだけの技術があるみたいだけれども、熱屋から見ると、断熱というのはエントロピーを増やしている、いわゆる熱ロスが一番の原因です。もともと断熱しないで温度差があるときに、マシン、エンジンを回すというのが究極なんです。だから、断熱だけの技術を追求すると、エネルギーが生まれる成分が、例えばきょうの箔？みたいなところに、温度差、ポテンシャル差ですから、ここにしかいわゆるエネルギーの駆動力がないので、そこに理想的に言えば断熱ではなくてエンジン。要するに、エネルギー回収装置を入れて温度差をつけるというのが、やっぱり熱屋の最大の希望ですので、もし何かのときに、ぜひお考えいただければと思います。

【岡本委員】 材料という立場でずっとお話を聞かせていただきました。どうもありがとうございます。熱伝導率を下げることだが、 $0.024(\text{W/mK})$ の値をなかなか超えることが難しいんだというのが、きょう話を聞かせていただいてよく分かりました。それでもう一つ感じたのは、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いう側面がちょっと強かったような気がいたします。中にはポリウレタンで、ポリオールをみずから合成されて改質されているというのもありましたし、それから、構造をうまく作って、多層の材料が出てきましたけれども、構造で何とか逃げるということも有りかなと思います。

ですから、こういう仕事というのは、既存のものに頼らずに、みずから果敢に新しい新規なものを合成す

るとか作り上げるとか、そういう意気込みを持って、なおかつこのプロジェクトを立ち上げる前というか最初の段階で、計算機シミュレーションみたいなものを入れていただきたい。それで大体こうやったらこままでいくという見通しを立ててやられると、もっとよくなるのかなというふうに感じました。ただ、得られた結果は、いろいろこれからも横展開できる可能性が幾つか出ていますので、今後の発展に期待したいと思います。

【岩崎委員】 きょうは大変いろいろありがとうございます。それから、質問でちょっと失礼があったかもしれませんが、お許しいただきたいと思います。

発泡材料の仕事って、私も大体50年ぐらいやっているんですけども、この熱伝導率に関しましては、大体モデル式が非常に合うんですね。空隙率、それから気体の熱伝導率などを入れますと、大体合います。それからもう一つ、これから経時変化の問題が取り上げられて、建材試験センターがいろいろと近似的なことをおやりになったんですけども。実際例えば15年ぐらい経時的に測ってみると、突如変わる場合がありますので、ぜひ今回のことで、今後経時変化、短期間からのシミュレーションだけじゃなくて、突然変異的に変わるところがあるんだというようなことも、ちょっと頭に入れておいていただいて、検討していただきたいと思います。非常にきょうはいいご発表をありがとうございました。今後ともよろしく願います。

【松岡分科会長代理】 冒頭申し上げましたように、3年前に中間審査させていただきましたが、そのときには勝手な意見をいろいろと言わせていただいた。その結果かどうか分かりませんが、今日のプレゼンを見ますと、グループの意思の疎通が非常に強くなった感じがします。いわゆるグループの中でもミーティングが非常にうまくいっていると感じました。

ただ、全体に申し上げたい意見が3つほどあります。まず最初に、初期目標、あるいは中間目標の大筋は、皆さんがおっしゃっていますように多々達成されていると思います。その目標の達成が如何に、どうかということではなくて、おおそ達成されていると思います。しかし、一例を挙げますと、熱伝導率が云々という話がいっぱい出ていますが、熱伝導率が達成されたからといって、その値の意味するもの、あるいはその値を使って何をするのか、というような詰めが少し甘いような気がします。その辺の見極めが、やや不足していると感じました。

それから2つ目ですが、断熱材の長期安定性の可否は、いろいろな条件や環境下によって左右される。これは当たり前の話ですが、したがって、こういうときに使ったらこうなる、というような明確な指標が欲しいです。実用化する場合は、必ずその手法や方法をわかりやすい形で表示していただき、さらにその可能性や範囲を提示していただければ、こういうところで使ってみようというように、実用化に即すると思います。

3つ目は、中間審査のときにも申し上げましたが、聞いていますと個々の技術にはすばらしいものがあります。では、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、他の技術（市場に出ている技術）と比較したときに、どこが良いかということが、やはり不足しています。これを市場では技術水準と呼んでいますが、技術水準がないと、実用化にはほど遠いと思います。これが無くはないのです。皆さんが作成していないだけで、これを作ってくださいと申し上げたのですが、今回どなたも、どのグループもなかった。こういう水準表がなければ、いくら良い技術でもなかなか実用化していただけません。この辺をうまくまとめて、1枚のグラフで結構ですから、まとめて表示していただければ、あるいは提示していただければありがたいと思います。以上です。どうもご苦労さまでした。

【相良分科会長】 我々——我々というか建築系が2人こちらの委員におりますけれども、大分前になりますけれども、我が国でCO₂発生しているうちの約3分の1が住宅、業務用ビルなどの建物で発生しているとい

うふうに、これは建築学会の調査ですけれども、なっております。

オフィスビルなどは消費エネルギーのうちの半分が空調です。ということは、断熱というのは省エネ、それから地球温暖化に直結して、非常に重要な課題になっておりまして、断熱の強化というのは、今は単に厚さを厚くすることかもしれないけれども、非常に大事なことなのですが、それにフロンが使われているというのは大変矛盾した状態をずっと続けているわけです。それがノンフロン化ということで、断熱材の新たな開発というのは、建設業界にとってみれば非常に大きい使命を持ったテーマであったと思います。そういう意味では、非常に高く評価させていただいております。

最初にちょっと申し上げましたが、では脱フロンだけでいいかということですが、高性能化ということももちろん非常に大事なことで、あわせてNEDOでなければそういう支援ができないだろうという意味でも、非常に適切なテーマではあったんだろうと思います。

ただ、最終的に実用化、これも建設系ということでユーザーサイドから考えますと、やっぱりどうしてもコストというのが非常に大きくバリアとしてございます。これは何でもそうなのかもしれませんが、特に建設業界は、入札という、良いとか悪いとかいろいろありますけれども、ちょっとでも安いほうに仕事がいつてしまうような世界で、コスト意識というのは非常にシビアなものがあります。そういう意味で、コストが高くて、高性能というのはよくあるのですが、それが受け入れられていくには、それなりの普及でコストが安くなっていくということが大事で。そういう意味では、少しでも早く市場に出していただく必要があるかと思っております。

そうすることによって、初めて実質的な地球温暖化防止ができていくということになるはずで。実用化は大分何となく先だなという感じがいたしますので、これから後の実用化に向けてはぜひとも加速していただければというふうに思いました。以上でございます。

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 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 (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