

(別紙 1)

7. 建設技術研究開発費補助金総合研究報告書概要版

研究課題名：発泡ポリスチレンを用いた軽量・不燃・断熱天井材の開発

研究期間（元号）：平成 24 年 - 平成 25 年

代表者名：武藤英輔（三和化成工業株式会社）

研究代表者名：笹岡洋二郎（三和化成工業株式会社）

共同研究者名：真田徳雄（三和化成工業株式会社）、竹田光佑（三和化成工業株式会社）、金澤英志（株式会社イノテックス）

補助金交付総額（円）：23,550,000

研究・技術開発の目的：

東日本大震災では多くの建物で天井の落下事故が起きており、安全な天井材の開発が急務となっている。今後、学校や集会所、文化施設を始め大規模施設等の天井落下対策が必要とされているが、これらの天井材は現状石膏ボードが大半であり、重量が重く、破損しやすい等の課題を持っている。一方、軽く、柔軟性があり、断熱特性も高い発泡系プラスチック系材料は火災発生時の防火性に劣るため、現状ではそのままでは天井材としては使用できない。

本開発計画は発泡ポリスチレンビーズに不燃性を持つ無機系材料で表面を被覆したコーティングビーズを製造し、それを加熱発泡成型することで、「軽量」かつ「不燃」、「断熱性」を持つ天井材（不燃性発泡スチロール）の実用化を目指すものである。

また本研究開発の最終目標は下記の通りであった。

1. 天井材のニーズ調査を踏まえた要求特性に対応した軽量・不燃天井材の品質設計、
2. 軽量不燃天井材の量産製造技術の確立と事業性の評価、
3. 基礎物性データの取得と現場での試行試験による実用性を評価、
4. 軽量・不燃天井材の実用品の開発目標
耐火性→不燃、準不燃認定相当
天井の単位面積質量→ $2\text{kg}/\text{m}^2$ 超～ $6\text{kg}/\text{m}^2$ 以下
経済性→コスト 1,500 円/ m^2

平成 24 年度の F/S ステージ及び平成 25 年度の R&D ステージを通じて、上記の目標はコスト (1,500 円/ m^2) を除き、全てクリアすることが出来たと考えている。コストについても、引き下げる道筋は確認できている。

研究・技術開発の内容と成果：

R&D ステージの「研究開発項目」は以下の 3 点であった。

1. 「パイロット設備の設置と運転と事業性の評価」
～軽量不燃天井材の量産技術の確立と事業性の評価を行う。
2. 「試作品による性能評価」
～F/S での品質設計を基に小規模手作りからパイロットプラント規模へスケールアップ

した研究開発を行う。成形後の物性について小規模サンプルとの比較を行い、検証結果を基に改良の有無を検討、小規模サンプルと近似の物性再現をもって品質の確認とする。

3. 「実用性の評価試験の実施」

～F/Sで準備した天井材の実用性評価について、実際の天井材として使える形状・性能のサンプルを製造し、主として設計士等の専門家やユーザーに評価を依頼する。また現場導入方法についても具体的に検討する。これにより課題等のフィードバックを受け、更にこれを繰り返すことで商品としての完成に近付ける。

上記1については、当社静岡工場内に実験棟を建設し、コーティングビーズ作成用のミキサーを導入・稼働することで、運転データの取得を重ねた。すなわちこれまで手作りでやってきた不燃性発泡スチロールビーズの製造とそのビーズを用いての成形（蒸気発泡成形）を開始した。この結果、技術的にはブレイクスルーがあり、大きな課題であった「コーティングビーズ作成時にダマが発生する」点、「槽内等への樹脂付着への清掃対応」の点、についてともにクリアすることができた。

ダマの発生についてはポリスチレンビーズのコーティングの際に羽根の形状、回転スピード、槽内の温度管理、温風、冷風の風量・タイミングなどのコントロールを適切に行うことで、「コーティングビーズの単粒化」を達成することができた。

ミキサー槽内の汚れの除去方法については、ドライアイスブラスターの使用、もしくは特殊な樹脂離型剤を用いて清掃することによって、安全で、完全に行うことが可能とわかった。また量産時に1000L級のミキサーを導入した際の設備投資額、概念図のフローなどを作成することができた。概要としては1000L級のミキサー（現状の試作用は75L）の導入を行った場合、これまでよりもローグレードのものでも問題なく、ビーズコーティングが行えることが判明し、これまでの想定より、設備投資の大幅なコストダウンが可能と考えられる。一方事業性の評価については、材料費、人件費、減価償却費、成形費などを詳細に検討する材料が揃ったことで、より綿密なコスト計算をすることが可能になった。この結果、現状では（年間約7万㎡製造をベースとして）、1600円/㎡程度の製造コストとなったが、更なる引き下げ余地はあり、最終的には販売価格ベースで1500円/㎡の実現は可能と判断している。

2については、1000mm角の大判のボードを作成し、この各種性能値を測り、F/S時の手作りサンプルとの比較を行った。当初は600mm角のボードの試作を行う予定であったが、下記3に示すように天井材のターゲットとして、「在来工法」の「捨て張り工法」に対応した製品を開発することとしたことから、更に大判のボードを試作することとした。

この結果、密度（重量）、不燃性、断熱性、VOC、強度、意匠性、などの性能について、「F/S字時のサンプルとの比較」においても、「天井材として要求される基準」について、ともにクリアすることができた。結果的に「不燃」レベルのボードにおいて、約1kg/㎡（厚さ2cm）、厚さ1センチであれば約500gの軽量の製品を製作することができた。

更に透湿性、耐火性、酸素指数等のテストを行った結果、他の断熱材と比較しても良好な結果が得られた。

3については、②で作成したボードを実際の天井材として商品化するために、各種の二次加工や施工方法の評価試験等を行った。この項目に関しては、特にテーマ推進委員会の先生方に推進のための貴重なご意見をいただき、早い商品化を目指すためには吊り天井の工法のうち、最も普及している「在来工法の捨て張り工法」における採用を目指すこと、とのご教示を受け、この方向で進めることとした。これは不燃性発泡スチロールを現状の石膏ボードの代わりに使用することで、これまで通りの施工方法で、より軽量の天井を目指すものである。この工法に採用されるために、①他材料との接着性、②強度、面剛性、③野縁との接合性、④複合材としての施工性と不燃性、などを確認した。接着に関しては、各接着点毎に特性を

考慮した接着剤を使用する（変性シリコン系など）。面剛性については石膏の 1/100 程度だが、重量が約 1/10 のため、「質量・強度比」で見れば、現在の石膏ボードと同じ設計でも大丈夫との見解が得られた。野縁との接着に関しては強接着両面テープを使用することで接合性を高める。不燃 EPS と岩綿吸音板の複合材としても「不燃材料」の性能を持つ、等の結果が得られた。

野縁との接着やビスにワッシャーを挟み込む、等の在来工法に対して多少手を加える部分はあるものの、ほぼ現場施工はこれまで通りの手順で行うことが可能となったと考えている。柔らかく軽い材料のため、万が一落下しても被害が著しく軽減される天井材になった。

最終的にはこの素材を前提とした天井の設計を行い、独自製品としての製品化が必要と考えている。しかし当社は社内での建築関係の知識も乏しいため、下地メーカー、建設会社等とのタイアップにより商品化を進めていく必要があると思われる。

まずは、独自天井設計に向けての研究開発を進めつつ、在来工法で市場を開拓して得た知識・経験を元に課題を見つけて、本製品に適した天井としての形を見出して行くことが必要となる。

現段階では岩綿吸音板を貼らずに吸音性能を持たせつつ、意匠性を考慮した本製品独自で出来る天井を目指し研究中である。試行錯誤の上、第一弾としてアルミ箔に和紙を貼ったものがコーンカロリメーターテストで不燃レベルに合格している。

以上の通り、R&D ステージでの提出した研究項目に対しては、大きな成果を上げることができたと考えている。実用化に向けての残る課題としては、現場での詳細な施工方法、更なる大判ボードの製造、販売ルートの確立、意匠性、等が考えられるが、今後これらを克服し、あらゆる機会を逃さず、商品化に向けて進みたい。

研究成果の刊行に関する一覧表：

特になし

研究成果による知的財産権の出願・取得状況：

特になし

成果の実用化の見通し：

現状は、素材（不燃性発泡スチロール）の開発としてはほぼ完了した段階にある。天井材としても、①天井としての必要性能は全て満たしているボードは完成、②施工方法については「在来型捨て張り工法」にほぼ沿った形での施工が可能。ただし一部異なる部分がある、ところまで進んでいる。

ただし建設業界の業界慣行、特有の流通経路、コストの問題など、異業種からの参入に対しては壁が厚い部分もあり、具体的な販売に結び付けるにはなお一層の努力が必要と考えている。

現在はまず実用化に向けての第一弾として、「横浜市販路開拓支援事業（行政課題解決型）」に応募している（現在審査中で 2014 年 11 月末頃採否が決定）。これに採択されれば、横浜市の行政現場（学校などの施設）で採用をしてもらえる可能性がある。

また天井材として実績のある某メーカーのアルミ複合材の芯材としての採用に向けても、アプローチを続けている。

これらのようにあらゆる機会を逃さず、商品化に向けて進みたいと考えている。

その他：

当社で開発中の不燃性発泡スチロールは、金型さえあればどのような複雑形状のものも成形する

ことができ、用途は幅広い。現段階で産業用冷蔵庫の断熱材、プラント関係のパイプカバー、アルミ複合材の芯材など多くの引き合いがあり、対応を進めている。これら他用途の製品化が進めば、コーティングビーズの生産量アップ→全体としての固定費削減につながり、天井材のコストダウンにも好影響を与えることから、積極的に用途開拓も進めていきたい。