

## 卵殻を用いて PM2.5 を吸着する素材を開発する



実施担当者 米子工業高等専門学校  
教授 谷藤 尚貴

### 1 はじめに

本校グループでは過去 12 年間食品廃棄物である鶏卵卵殻に着目した応用研究を継続的に進めている。以前は水溶液中の化学物質を卵殻が吸着する系で吸着した卵殻を用いた応用研究を行ってきた。3 年前からは、水中でなく空気中の化学物質の吸着に応用する研究にシフトして、建築材料のひとつである石膏に卵殻を添加して、シックハウス症候群の原因物質となる空気中のホルムアルデヒドを吸着除去できる建材を開発してきた。昨年度からは卵殻の空気中の化学物質を吸着する機能を発展させるために、大気中の有害物質である PM2.5 にも適用できるのではないかと仮説を設定して、その検証を行っている。

国内の PM2.5 の濃度測定装置は環境測定用に設置されているのみで、材料開発用としての装置活用がされていなかった。そのため、県内の研究所の有する空きマシンを拝借した PM10 の吸着機能評価を実施することで PM2.5 の吸着の見込みをたてた上で専用の評価装置を導入して、目的とする吸着機能の予備試験を実施した。さらに、材料化する際に卵殻は容易に破片が飛散しやすい問題があることから、以前の卵殻入り石膏のノウハウを活用した試料板を作製した上で、PM2.5 測定器を新規購入して、それらを用いた世界初の PM2.5 吸着材料の開発に取り組んでいる。今年度は、鳥取県米子市における定点測定法の改善、卵殻が PM2.5 吸着したことを証明するための試験結果等を報告する。

### 2 研究目的

近年、新興工業国を中心に世界的問題となっている大気汚染物質成分の一つとして PM2.5 がある。PM2.5 は粒径が 2.5  $\mu\text{m}$  前後の粒子で主成分は硫酸イオン、アンモニウムイオン、元素状炭素、有機炭素、硝酸イオン、金属イオン等であり[1]、市販のマスク等では呼吸器への吸入を防ぐことが困難な物質である。PM2.5 は大きく 2 つに分けられており、風によって舞い上がった土壌粒子、工場や工事現場で生じる粉じん、燃焼による排気ガス等の直接大気中に放出される一次粒子と、火山活動によって生じた硫黄化合物を含む火山ガスや一次粒子が強い日射で化学反応を起こすことで生成した二次粒子に分かれる[2]。一般的に、これらの粒子を吸収すると、心血管系疾患に関連する入院率や死亡率などが高まると報告されており[3]、血管系疾患の発症にも関与する[4]など、人体に多大な影響を与えることが確認されている。平成 21 年 9 月に制定された環境基本法第 16 条第 1 項では 1 日の PM2.5 濃度は 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1 年の PM2.5 の平均濃度は 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と定められている[5]

が、九州地方や都市圏を中心に基準値を超える地域があり、PM2.5に対する認識には懸念を抱く人が少なからず存在している。

我々は、この問題を解決するために、卵殻をPM2.5吸着材とする材料開発が有効であると考えている。卵殻が水中の化学物質を吸着することは論文等でも明らかになっている[6]一方で、我々は卵殻の吸着現象を活用して、卵殻を化学的にさせた素材として応用する研究を行うことで、新規性のある研究を進めてきた。昨年度の研究成果で卵殻はPM2.5を吸着する傾向を示す現象を見出すことができた。私たちが調べた限りでは、電気などのエネルギーを使用せずに材料の化学成分・構造に由来したPM2.5を吸着する報告や特許は無いため、この研究が狙う機能は、生活環境に安心を与えることができる(SDG3, SDG11)。

### 3 実験

#### 3-1 実験に用いた試料, 器具, 装置

工作用高級石膏(家庭化学工業株式会社), 卵殻(ケンコーマヨネーズ株式会社の廃棄物を使用), 定温乾燥機(HTO-300S, アズワン株式会社), フードプロセッサ(SFK-G100, タイガー魔法瓶(株)), アクリル板, スプーン(㈱大創産業製), メスシリンダー(朝日硝子株式会社), デジタルクッキングスケール(タニタ), アルミアングルAL19×19, プラスチックたらい(コーナン商事(株)), ビニール手袋(コーナン商事(株)), 水切りフィルター(㈱大創産業), 次亜塩素酸ソーダ(関東電化工業株式会社), 食品包装用ラップフィルム(旭化成ホームプロダクツ株式会社), アルミニウム型(本校ものづくりセンターでの自作)

#### 【PM2.5吸着評価試験】

デジタル粉じん計(LD-5R型, 柴田科学株式会社製)流量: 1.7L/min, Glassterior CUBE 300(ジェックス株式会社製), 空気汚染測定器(Detctor002, Ameys), やしがら活性炭(ジェックス株式会社), 100ml ビーカー, 500ml ビーカー(朝日硝子株式会社製), ガラス容器(三洋商事株式会社製), ROX740-3L(天馬株式会社製), デジタル温湿度計(株式会社オーム電機製), デジタル温湿度計(株式会社MAG製)

#### 実験1: 実験用試料板の作製

- 1) 卵殻2kgを、水2Lと次亜塩素酸ソーダ100ml混合した溶液で一晩浸漬して殺菌処理をした後に、溶液をろ過して除いた後、定温乾燥機を用いて150℃条件で1日乾燥させて、以降の処理で卵殻から腐敗臭を出ないようにした。
- 2) 試料用のスラリーを入れるための鋳型として、アクリル板、アルミ板を養生テープで張り合わせたものを作製した(図-1)。

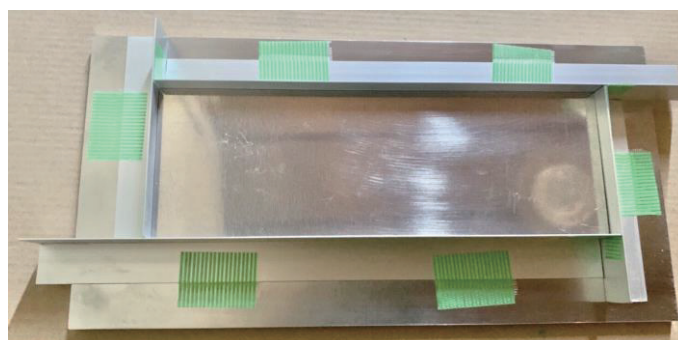
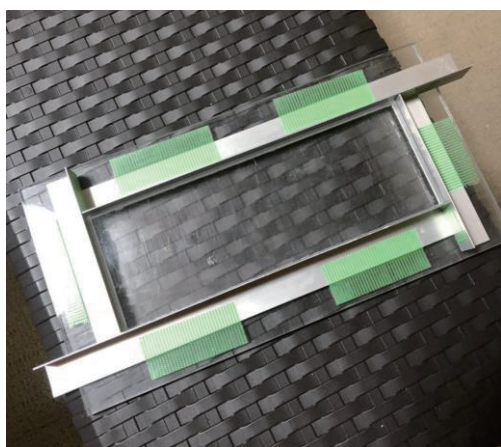


図-1 試料板作製用型の土台(左)と組み立てられた型(右)  
段差をつけたアルミ板状にアルミL字棒を固定するだけで簡単に型を作成できるようにした

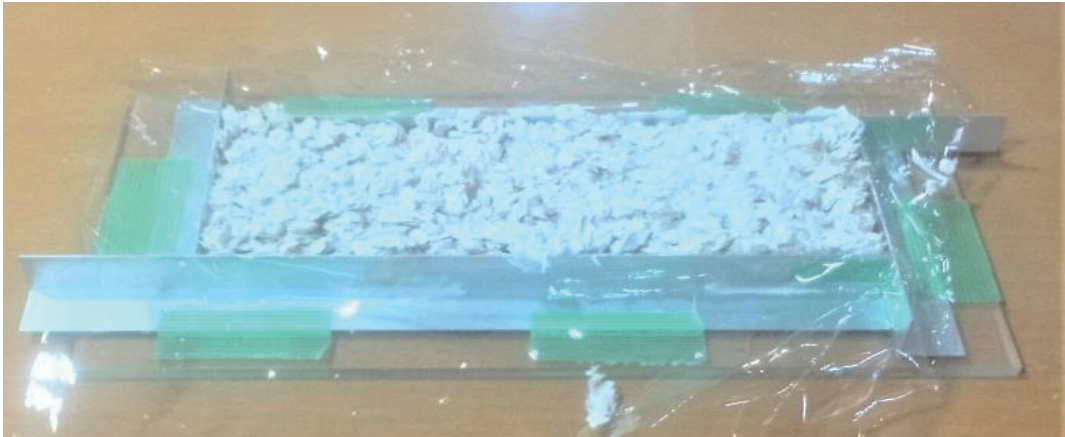


図-2 型の中で固化してできた卵殻-石膏試料板（卵殻含有率 70%，70×200×9.5mm）

3) アルミ製の型にラップを敷き、石膏 39.4 g に水を 33.5 ml 加えて精製したスラリーに卵殻 92.0 g を加えて スプーンで 30 秒攪拌したものを 2) の型に流し込み (図-2) ，固化したものを 4 日間 50 度条件で乾燥することで、卵殻含有率 70% 試料板 (70×200×9.5 mm) を作製した。

4) 同様の実験操作によって、比較対象とする 100% 石膏板、活性炭含有率 70% 試料板を作製した。

#### 実験 2 : PM2.5 吸着試験

1) ポリプロピレン製容器 (天馬 ROX740-3 L , 440×740×430 mm) 内に実験 1 で作製した卵殻含有率 70% 試料板、比較対象として、活性炭含有率 70% 試料板、純粋な石膏板をそれぞれ 10 枚ずつ入れた (図-3) 。

2) 30 cm 角のガラス製水槽の容器内に実験 1 で作製した卵殻含有率 70% 試料板、比較対象として、100% 石膏板、活性炭含有率 70% 試料板をそれぞれ 4 枚ずつ入れた。

3) 10 分間程容器を開けて外気と接触させた後に、上蓋で閉じて 12 時間静置した (図-3 左) 。

4) 静置後の容器について、PM2.5 用のデジタル粉じん計 (図-3 右) を用いて容器内の PM2.5 濃度を測定した。



図-3 PM2.5 吸着試験用のポリプロピレン製容器と測定の様子  
(左からblank, 活性炭 : 石膏 = 7:3 試料板, 100% 石膏板, 卵殻 : 石膏 = 7:3 試料板)

## 4 結果と考察

卵殻を大量に材料にする際に、外部刺激にもろい卵殻を使用するには苦労した。卵殻はかぜによる卵殻片同士のこすれでも小さな破片ができてそれが飛散するためである。破片は測定値の精度に影響を与える可能性があるため、実験 1 では石膏を添加して結着させて、卵殻が破損しない



安全な板が完成した。材料の吸着性能をなるべく上げるためにも卵殻を多い比率で導入して、かつ自立した試料板を作製するために、作製する試料板の卵殻含有率は70%まで高めることができた。しかし、卵殻含有率70%以上の試料板を作製しようとすると、型から外す際に割れやすく、活性炭による比較試料を作製しても板として構造の維持はできなかった(図-4)。



図-4 試作した試料板(左:卵殻含有率80%試料板,右:活性炭含有率80%試料板)

PM2.5測定では、実験2でデジタル粉じん計で測定して、実験3では家庭用空気汚染測定器で試験を行った結果、実験2では卵殻を添加した試料板で良好なPM2.5の吸着が確認された(図-5)。

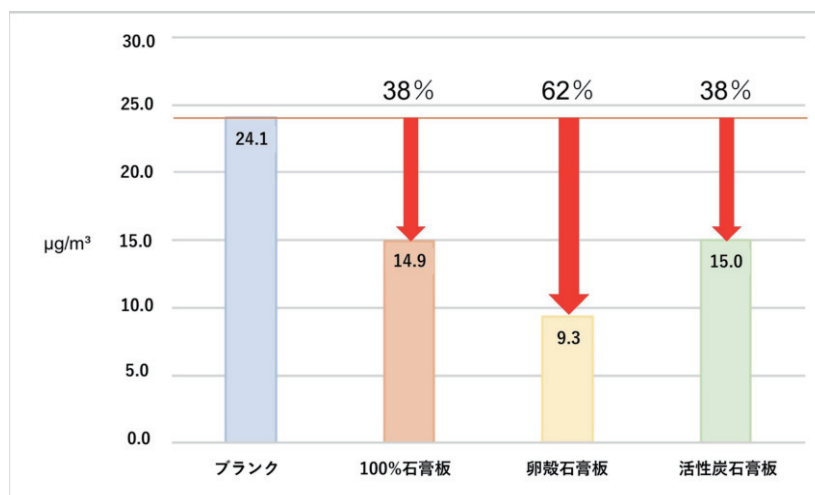


図-5 PM2.5吸着試験の結果(実験4,ポリプロピレン容器,試料板10枚使用)  
※デジタル粉じん計を用いて容器内のPM2.5濃度を測定した。

## 5 まとめ

本研究課題では、卵殻と石膏を主成分とした材料を作製してPM2.5の吸着性能を評価した結果、一般的な吸着材である活性炭よりも、空気中のPM2.5を低減させる素材になることを明らかにした。今後は、卵殻表面にPM2.5が吸着している事実を確認するために蛍光X線分析を用いて、PM2.5の成分である硫酸イオンと少量の金属イオンを確認すること予定している。また、今後はさらにPM2.5吸着機能を高めるための材料開発を進めていきたい。

## 6 謝辞

本研究を進めるにあたって、石膏の型に使用するアルミ板の加工など技術的な面でご協力いただいた米子高専技術教育支援センター技術職員山脇貴士様に深く感謝申し上げます。