

## 2D01 不要ガス除去装置仮想実証試験

○大西 充, 島 明日香, 桜井 誠人(宇宙航空研究開発機構)

Virtual Demonstration of Removal System for Useless Gasses Exhausted from Human Body  
Mitsuru Ohnishi, Asuka Shima, Masato Sakurai (JAXA)

Key Words: ECLSS, Air Re-vitalization, Zeolite, Activated Carbon

### Abstract

In order to establish a light-weight and low-power air-revitalization system as a part of the simplified ECLSS, a new material called "Multi-Functional Activated Carbon(MFAC)" is being developed. The MFAC can remove CO<sub>2</sub> and water vapor from the cabin air of space systems simultaneously. However performances of their removal depend on each other and must show very complicated behavior in an actual cabin condition. In this paper, virtual demonstration of their removal system connected to a virtual cabin using a newly developed numerical simulation program is briefly introduced.

### 1. はじめに

JAXA の「環境制御・生命維持技術に関する研究」の一環として、有人宇宙活動で必要となる小型軽量・低電力の省リソース型生命維持システムを実現するために、まず必須となる省リソース型の不要ガス(CO<sub>2</sub>・水蒸気)除去技術の研究開発を実施している。現在の实用技術では、複雑な要素装置群によって種々の不要ガスを別々に除去しているが、特に短期ミッション用システムとして、不要ガスを一気に処理する技術を用いた、高性能かつ高信頼性が見込める簡素なシステムを構築することが、世界的な流れであり、また省リソース化に有用である。

このような背景の元、JAXA は平成 24 年度まで横浜国立大学と共同で不要ガスの同時除去可能な吸着剤「多機能活性炭」の研究を行い、優れた吸着性能を得た<sup>1)</sup>ので、今後は、実環境での実証試験に向かうことになるが、その準備として、動的である実環境を模擬可能な数値解析プログラムを用いた仮想実証試験について簡単に紹介する。

### 2. 多機能活性炭について

籾殻からはシリカと燐炭の混成物(シリカ残留燐炭)を生成することが出来る。シリカは、親水性かつ CO<sub>2</sub> 吸着力があるゼオライトの原料で、燐炭は活性炭の原料である。従来は、それぞれを分離してそれぞれの用途に使うことを主眼としていたが、製造プロセスを工夫すれば、籾殻燐炭からゼオライトと活性炭の複合物が得られ、CO<sub>2</sub>・水蒸気の同時除去が可能な材料が得られる。これを「多機能活性炭」と命名し、2009 年に製造に成功した。

表 1 ゼオライト, 多機能活性炭の吸着性能

吸着剤	平衡性能(2成分同時)	
	CO <sub>2</sub> [wt%]	H <sub>2</sub> O[wt%]
カリウム A 型	0.1	32.9
ナトリウム A 型	0.4	36.0
カルシウム A 型	0.2	36.4
市販 X 型	0.3	75.0
ナトリウム X 型	0.3	27.9
多機能活性炭(窒素処理)	2.8	37.6

一般に、ゼオライトは CO<sub>2</sub> 吸着性より吸湿性の方が強く、このため水蒸気共存下では CO<sub>2</sub> 吸着性能が著しく阻害される。このため「多機能活性炭」では、活性炭の疎水性などの表面特性に着目して成分・性質の制御を行い、疎水性を付加するべく、製法の改善を行い、窒素処理が有効であることを見いだした<sup>2)</sup>。多機能活性炭(窒素処理)と他の手法による試作ゼオライトとの性能比較結果を表 1 に示す。他のゼオライトが水蒸気の下ではほとんど CO<sub>2</sub> を吸着しないのに対し、多機能活性炭(窒素処理)では CO<sub>2</sub> 吸着能力を維持できていることが判る。これはゼオライト系の材料では画期的な性質であり、画期的な不要ガス除去技術の実現に一步どころでは無く、数歩近づいたと言える。

### 3. 吸脱着性能に関する数値シミュレーション

吸着性能計測試験の繰り返しの経験から、吸着性能を左右するパラメータがあまりに多く、計測的手法には限界があることを痛感したため、数値シミュ

レーションによる吸着性能再現手法を導入した。まず、「多機能活性炭」および「高性能活性炭」の吸着性能の傾向から、吸着モデルを考案し、これに基づく1ガス成分用数値シミュレーションプログラムを開発し、定性的に吸着性能を再現することに成功し<sup>3)</sup>、さらに2ガス成分に拡張した上で、性能パラメータ同定のため共役勾配法を用いた最適化手法を導入して、2ガス成分用パラメータ同定に成功した<sup>4)</sup>。そして異なる温度条件、異なる圧力条件での試験結果のパラメータ同定を行うことで、パラメータの温度依存性、圧力依存性の同定にも成功し、吸脱着性能の動的模擬が可能となった。

#### 4. 仮想実証試験

多機能活性炭は、CO<sub>2</sub>吸着力と水蒸気吸着量、水蒸気吸着力とCO<sub>2</sub>吸着量に負の相関があり、一定濃度のCO<sub>2</sub>と水蒸気の試験である程度の目安はつくが、実機では、キャビン内のCO<sub>2</sub>と水蒸気の突発的な濃度変動が大きく増幅され、それぞれの許容濃度を逸脱する可能性がある。よって、実条件による検証が必要だが、これには実際のシステムとほぼ同様のものが必要になり、資金的・時間的に多大な研究リソースを要する。このため、実検証の準備として不要ガス除去装置を宇宙船に適用した場合の性能試験を仮想的に実施する数値解析システムを構築した。具体的には図1に示すように、通常の試験においては、排気していた出口ガスを有限の体積を持つキャビン内に戻す仕組みをコンピュータ中に構築した。図2にCO<sub>2</sub>・水蒸気の代謝量、キャビン体積、CO<sub>2</sub>・水蒸気のキャビン内初期濃度、吸着剤体積、吸着剤への送風量、吸着剤からの船外排気量、脱着温度を一定にしてサイクル時間と濃度の関係に着目した計算例を示す。許容濃度を1としている。サイクル時間が短くても長くても破綻することが判る。境界条件が非常に多く、実検証が困難であることが判る。

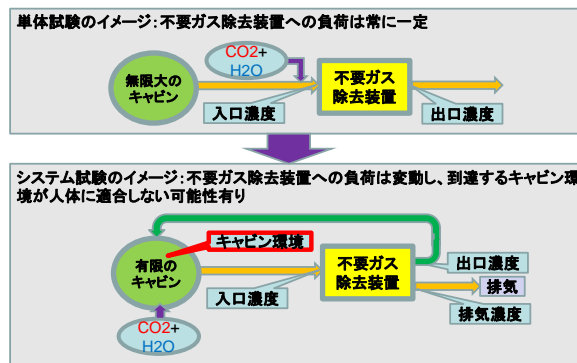


図1 静的な試験と動的な仮想試験のイメージ

#### 5. まとめ

多機能活性炭のCO<sub>2</sub>・水蒸気同時吸着能力の温度・圧力依存性の同定に成功し、それを実際に検証するための準備として不要ガス除去装置仮想実証数値解析システムを構築した。今後は仮想実証試験を繰り返し、適切な運用条件に関する指針を得たい。

#### 謝辞

本研究は、一昨年度まで実施した横浜国立大学奥谷猛教授(当時)と内海友美大学院生(当時)との共同研究成果に基づいている。実験的なデータは全てお二人の尽力によるものである。ここに感謝を表したい。

#### 参考文献

- 1) 日本航空宇宙学会：第57回宇宙科学技術連合講演会講演集, JSASS-2013-4439, 2013.
- 2) 日本航空宇宙学会：第54回宇宙科学技術連合講演会講演集, JSASS-2010-4297, 2010.
- 3) 日本航空宇宙学会：第55回宇宙科学技術連合講演会講演集, JSASS-2011-4513, 2011.
- 4) 日本航空宇宙学会：第56回宇宙科学技術連合講演会講演集, JSASS-2012-4342, 2012.

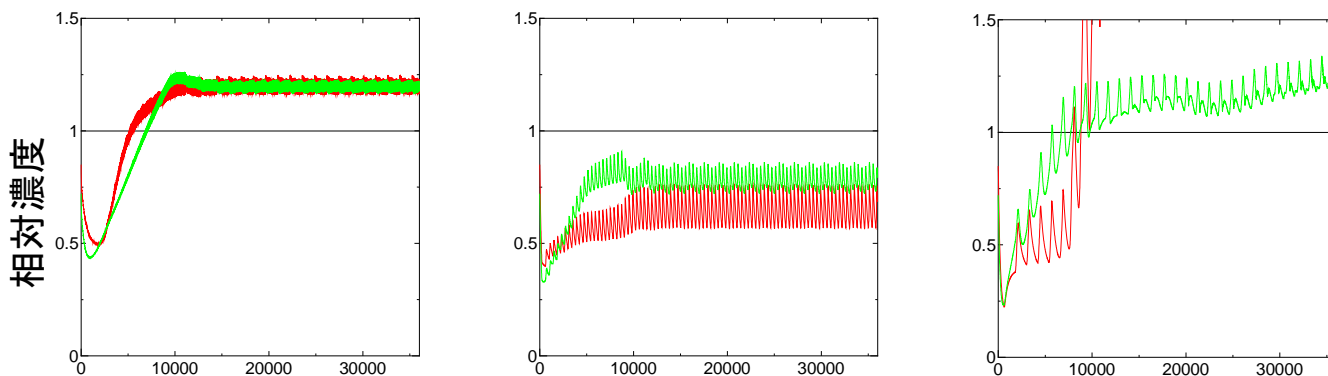


図2 サイクル時間とキャビン内のCO<sub>2</sub>および水蒸気濃度の関係, 100秒(左), 800秒(中), 2400秒(右)