

## 7) 電気化学的プロセスによる有害物除去システムの開発

勝木 宏昭

マイクロ波を吸収する低熱膨張セラミックスフォームに市販のカーボンブラックを付着させ、マイクロ波の吸収性の向上を検討した。0.5wt%担持させた試料に600Wのマイクロ波を50秒間照射することにより、フォームは385℃まで加熱され、180秒以上ではフォームが部分的に赤熱(700℃以上)した。これにより、カーボンブラックは53~56%除去された。熱伝導率が低いセラミックスをマトリックスとして組織を多孔質化することにより、マイクロ波照射による自己発熱後の熱的特性が制御できることを見出した。

### 1. はじめに

加熱のためのエネルギー源として用いられる身近な例に電子レンジ(マイクロ波)があげられるが、食品加熱のみならず、食品乾燥、滅菌に至る様々な分野で工業的に応用されている。さらにマイクロ波は工業製品の加工は言うに及ばず、産業廃棄物、医療廃棄物を安全に省エネルギー的に処理する分野にまで利用され始めている<sup>1)</sup>。最近では、マイクロ波を化学反応に用いることにより反応速度が著しく高速になることが明らかになり、無機粉末の水熱合成、セラミックスの焼結等の分野で新たな柱となりうるエネルギー源として注目されている。

平成15、16年度の本研究では、ススや有害物を電気化学的に分解除去するシステムとして、マイクロ波を活用することを基礎的に検討し、周波数が2.45GHzのマイクロ波を吸収して短時間内に自己発熱する酸化セラミックスを種々の出力下で評価し、フォーム状フィルターを試作した。

本年度は、低熱膨張性セラミックスにマイクロ波を吸収して自己発熱するセラミックスを添加して焼成した複合体の熱的特性(比熱、熱拡散率、熱伝導率)、熱膨張率を評価するとともに、有害物の模擬試料として市販のカーボンブラックをセラミックスフォームに付着させ、マイクロ波照射下での加熱とカーボンブラックの酸化・除去効果を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 フォーム状複合セラミックスの作成

昨年度と同様にLi, Pr, Nd等の元素を含む酸化鉄粉末を低熱膨張性の粘土に混合し、バインダー、水とともに湿式混合した。このスラリーに直径50mm、高さ30mmのウレタンフォームを含浸し、過剰のスラリーをプレスにより搾り出して乾燥させた。300℃でバインダーを燃焼除去し、1100~1230℃で2時間焼成した。フォームの強度は焼成後、高粘度のスラリーをフォームの側面に塗布して再焼成することにより改善した。焼成後のフォームの目開きは1.2~1.5mmで、見かけ気孔率は81~84%であった。

#### 2.2 フォーム上へのカーボンブラックの付着

東海カーボン(株)製のカーボンブラック(シート300)をエタノールに添加し、超音波で分散させた後作製したフォームを浸漬・乾燥させてフォームの表面にカーボンブラックを担持させた。図1にカーボンブラックの担持状況を示す。



図1 フォーム上へのカーボンブラックの担持状況

左: 低熱膨張セラミックスフォーム

右: 酸化鉄複合セラミックスフォーム

### 2.3 マイクロ波照射によるフォーム上でのカーボンブラックの除去試験

カーボンブラックを担持させたフォームを透明石英板の上に乗せ、家庭用電子レンジの中央に設置し600Wのマイクロ波を照射した。フォーム表面の温度は電子レンジの天板から挿入した蛍光式のファイバー温度計で連続的に測定した。電子レンジ中でのマイクロ波照射を出来るだけ均一にするために、石英板の下にファンをつけて連続的に回転させた。

### 2.4 酸化鉄系粉末を含有した低熱膨張複合体の熱的性質

酸化鉄系粉末を含有した低熱膨張複合粉末(100g)を鋳込み法により50 x 50 x 20mmサイズに成形し、1100~1230°Cで焼成した。熱的特性として熱膨張率を、レーザーフラッシュ法による比熱、熱拡散率、熱伝導率を測定した。また、各温度で焼成した試料に600Wのマイクロ波を70秒間照射し、照射OFF後の試料表面の温度変化を連続的に測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 カーボンブラックを担持したセラミックスフォームのマイクロ波吸収性

無機物質の中で炭素は最もマイクロ波を吸収しやすく電磁波吸収材として広範囲に利用されている。またマイクロ波を吸収すると炭素内部で熱エネルギーに変換され自己発熱しやすいが、自己発熱性及び炭素化、黒鉛化の効果は明らかにされていない<sup>2)</sup>。自動車から排出されるスス状物質には粒状の無定形炭素が多く含まれている。本年度は、市販の無定形カーボンブラックを2種のセラミックスフォームに0.5wt%担持させてマイクロ波照射によるフォームの自己発熱性を検討した。図2に結果を示すが、比較のためにカーボンブラックを担持していない低熱膨張性セラミックスのみからなるフォームの自己発熱結果を合わせて示す。低熱膨張のみのフォームの場合は、600Wのマイクロ波を2分間照射しても自己発熱は認められない。このフォームにカーボンブラックを高々0.5wt%担持させる(図1左)と50秒

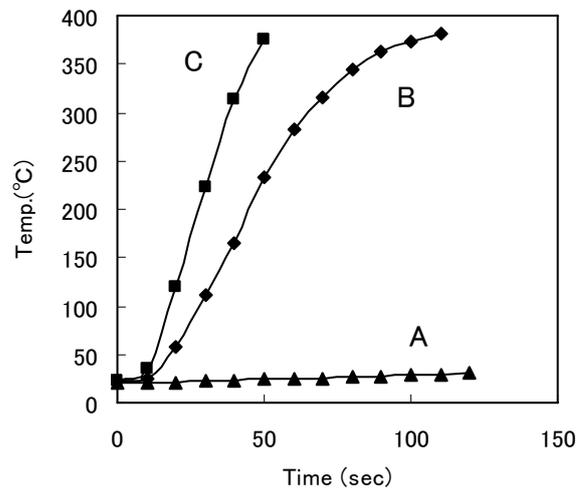


図2 1200°Cで焼成したセラミックスフォームのマイクロ波(600W)吸収による自己発熱性

- A: 低熱膨張性セラミック
- B: 0.5wt%カーボンブラックを担持した低熱膨張セラミックス
- C: 0.5wt%カーボンブラックを担持した酸化鉄複合低熱膨張セラミックス

の照射でフォームは240-245°Cになり、炭素の共存により、マイクロ波の吸収性の増加と自己発熱性が促進された。さらに、0.5wt%カーボンブラックを担持した酸化鉄複合低熱膨張セラミックスではマイクロ波の吸収がさらに促進され、50秒後にフォームは385°Cまで加熱された。180秒以上の照射ではフォームが部分的に赤熱(700°C以上)した。これにより、カーボンブラックは53~56%除去された。低熱膨張セラミックスへの酸化鉄の添加量の増加やマイクロ波出力の増加により、カーボンブラックはより短時間で酸化・除去できるものと期待される。

### 3.2 酸化鉄を複合した低熱膨張セラミックスの熱的特性

酸化鉄系粉末を含有した低熱膨張複合粉末(100g)を成形後、板状試料を1100、1150、1200、1230°Cで1時間焼成した。気孔率は1100°Cで22%、1230°Cで5.8%であった。800°Cまでの平均熱膨張率は、1100、1150、1200、1230°C焼成体でそれぞれ、2.21、2.48、2.64、3.05 x 10<sup>-6</sup>/°Cであった。焼成温度が高くなると酸化鉄の一部が低熱膨張成分と反応し、高

熱膨張成分が部分的に生成した。

つぎに 1100、1200°Cで生成した複合体の組織を図3に示す。かさ密度は1100、1150、1200、1230°C焼成体でそれぞれ、1.97、2.14、2.30、2.00 g/cm<sup>3</sup>である。1100°Cではまだ多孔質であるが、1200°Cでは緻密化が促進された。1230°Cでは添加した酸化鉄と低熱膨張成分の反応のため、組織にガラス化が認められた。

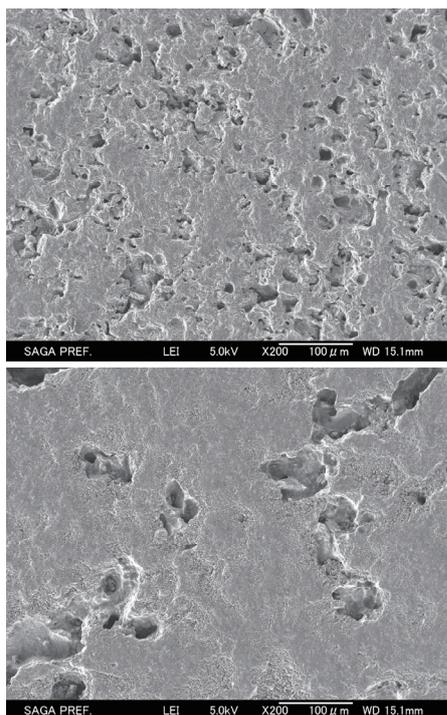


図3 1100°C(上)、1200°C(下)で焼成した複合体

つぎに各温度で焼成した複合体の比熱、熱拡散率、熱伝導率を室温で測定した結果を表1に示す。磁器の熱伝導率は1.5~1.8 W/m・Kであるので、試作した複合セラミックス体は磁器よりも低熱膨張性で保温性が良好であると考えられる。

表1 酸化鉄-低熱膨張セラミックス複合体の特性

温度 (°C)	比熱 (J/°C・g)	熱拡散率 (cm <sup>2</sup> /sec)	熱伝導率 (W/m・K)
1100	0.8149	0.003441	0.547
1150	0.8477	0.002887	0.524
1200	0.8019	0.003306	0.607
1230	0.8173	0.003608	0.596

図4に各温度で焼成した試料に600Wのマイクロ波を70秒間照射し、照射OFF後の試料表面の温度変化を連続的に測定した結果を示す。焼成温度の違いにより、マイクロ波の吸収性が異なり自己加熱速

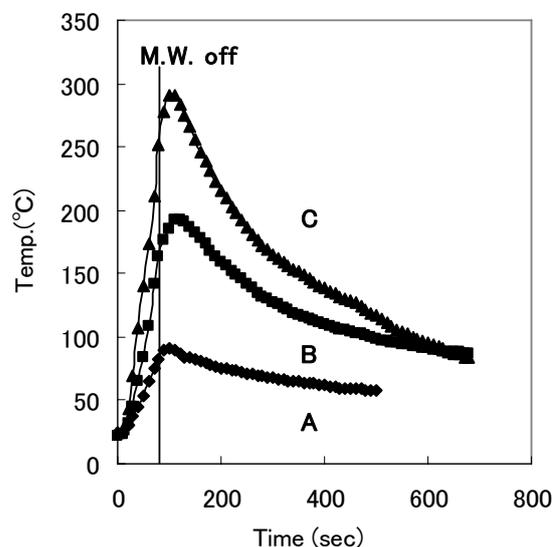


図4 600Wのマイクロ波を70秒間照射した後の試料表面温度の変化  
A: 1100、B: 1150、C: 1200°C焼成

度に変化が認められ、1200°C焼成試料の自己加熱性が優れた。これは高温焼成ほど固相反応が促進され、マイクロ波をより吸収しやすい成分が生成されたことによると推察される。70秒照射後も各試料でthermal runawayが起こり温度上昇が継続したが、これは添加した酸化鉄成分の影響によるものである。

#### 4. まとめ

本研究ではマイクロ波を吸収して自己加熱が可能な低熱膨張セラミックスを試作して、マイクロ波照射によりカーボンブラックの酸化・除去性能を評価した。この複合材料は低熱伝導率であり、マイクロ波照射後の保温性に優れることを明らかにした。

#### 参考文献

- 1)「初歩から学ぶマイクロ波応用技術」、p.94(2004)、マイクロ波応用技術研究会編
- 2)K.J.Rao, Chem. Mater., 11, p.882(1999)