

## 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

川原昭彦\*

(\*現在 有田窯業大学校)

本研究では環境有害物である悪臭ガスや $\text{NO}_x$ 、ススなどを電気化学的に迅速に分解・除去する方法を基礎的に検討することを目的とする。今年度はマイクロ波を吸収して自己発熱する酸化鉄系複合粉末をウレタンフォームに付着後、焼成してセラミックスフォームを作成した。家庭用電子レンジ内で80, 200, 600Wのマイクロ波を照射して発熱特性を検討した。またこのフォーム上にディーゼルエンジン排気ガスを付着させ、マイクロ波を照射して加熱効果を調べた。

### 1. はじめに

食品加工や農産物生産システムで発生する悪臭成分、塗料・建材から発生する微量のVOC成分、さらには自動車、工場、発電所などの燃焼機関から排出される窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、硫黄酸化物( $\text{SO}_x$ )、未燃の炭化水素(HC)、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )や炭素を主成分とする微粒のパーティキュレートが環境問題の原因となっている。これらの有害物質を多量かつ高効率で分解除去するために直接燃焼法、蓄熱燃焼法、触媒燃焼法が採用されており、県内のセラミックスメーカーでも低熱膨張性セラミックスを主体とした素材開発、製品化が行われている<sup>1-2)</sup>。有害物を燃焼法によりセラミックス担体上で分解する場合、システムによってはセラミックスをあらかじめ400~900℃に外部から加熱する必要があり、低エネルギーによる簡易型の高効率分解システムが必要となっている。外部加熱を必要としないマイクロ波誘起プラズマを利用した有害物除去シ

ステムが提案<sup>3)</sup>されており、新しい環境浄化システムとして注目されている。

本研究では高誘電率、誘電損失を持つ物質がマイクロ波により自己発熱することを利用して有害物がマイクロ波照射下で直接熱分解可能な電気化学的プロセスを開発することを目的とするが、本年度は昨年度の成果を基にして酸化鉄系複合セラミックスフォームのマイクロ波吸収特性と有害物の分解挙動を検討した。

### 2. 実験方法

まずマイクロ波を吸収して自己発熱が可能なセラミックスを検討するために、市販の $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 、 $\text{MnO}_2$ 粉末(和光純薬製)を利用した。焼結助剤が無添加の各粉末1gを金型(10mmφ)に入れ、0.5ton/cm<sup>2</sup>で予備加圧後1ton/cm<sup>2</sup>で10秒間2次加圧してペレットを作成した。各ペレットを空気中で1000, 1200℃でそれぞれ2時間焼成した。焼

結したペレットのマイクロ波吸収性を検討するために市販の家庭用電子レンジ（80，200，600，700W-100V，吉井電気製）を利用した。図1に装置の概要とペレットの温度測定部を示す。電子レンジの上板に直径4mmの穴を開けK熱電対を挿入し，六角ネジで天板に固定してマイクロ波が漏洩しない様にした。マイクロ波

攪拌用のファンをチャンバーの底に取り付けた。焼結したペレットを多孔質アルミナ板に乗せ，さらにペレット上面に厚さ0.5mmのアルミナ基板を乗せたのち熱電対をアルミナ基板に強く密着して熱電対と試料間での放電を防いだ。乾燥処理した各試料に80，200Wのマイクロ波を照射し



図1 家庭用電子レンジを改造したセラミックス加熱装置

表1 各種酸化物ペレットの焼結性

試料	焼成条件	重さ(g)	直径(cm)	厚さ(cm)	嵩密度(g/cm <sup>3</sup> )	相対密度(%)
ZnO	1000°C-2hr	1.02	0.91	0.37	4.24	73.4
	1200°C-2hr	1.02	0.78	0.34	5.17	89.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1000°C-hr	1.04	0.91	0.51	3.13	61.4
	1200°C-2hr	1.01	0.78	0.46	4.6	90
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1000°C-2hr	1.01	0.88	0.47	3.54	68.6
	1200°C-2hr	1.02	0.77	0.43	5.09	98.8
NiO	1000°C-2hr	1.03	0.96	0.29	4.91	70.5
	1200°C-2hr	1.04	0.91	0.28	5.71	82
CoO	1000°C-2hr	1.03	1.08	0.5	2.25	35.7
	1200°C-2hr	1	1.03	0.46	2.61	41.1
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1000°C-2hr	0.97	1.02	0.38	3.13	51.6
	1200°C-2hr	0.96	1	0.37	3.31	54.5
MnO <sub>2</sub>	1000°C-2hr	0.86	1.01	0.48	2.24	44.5
	1200°C-2hr	0.98	0.98	0.45	2.59	51.5

て試料の温度変化を測定した。

### 3. 結果と考察

まず1000, 1200°Cで焼成した試料のサイズと相対密度を表1に示す。CoO, MnO<sub>2</sub>は1000, 1200°C加熱でも焼結性が悪く比較的脆い。Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の相対密度は低いもののペレットとしての形状は維持できた。NiO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>は加熱温度が高くなるとともに焼結性が増加し緻密化した。マイクロ波の吸収性を検討するために焼結助剤は添加していないが、CoO, MnO<sub>2</sub>はより高温の加熱処理により緻密化するものと考えられる。

つぎに1200°Cで焼結したペレットに80W（保温モード）のマイクロ波を照射して加熱変化を調べた結果を図2, 3に示す。図2の結果から1200°Cで焼成したCoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の相対密度はそれぞれ41.1, 54.5%で焼結性は低いもの

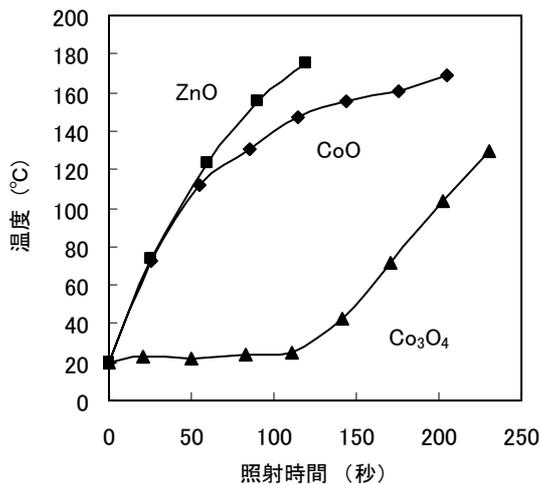


図2 1200°Cで焼成した ZnO, CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>ペレットのマイクロ波吸収特性

(80W照射)

ながら吸収し、1～3分の照射で約15～20°C上昇することがわかった。しかしMnO<sub>2</sub>とFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は80Wのマイクロ波を吸収しなかった。

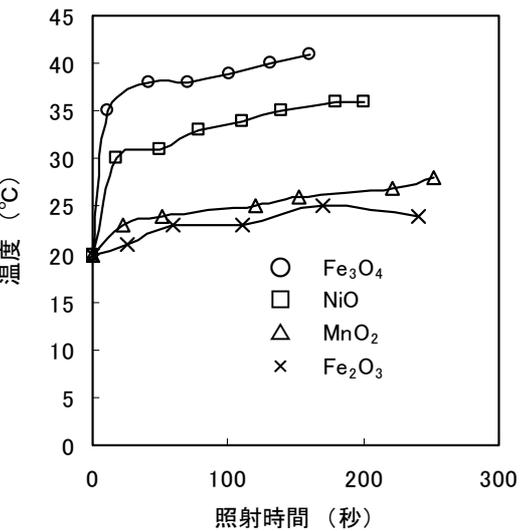


図3 1200°Cで焼成した Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, MnO<sub>2</sub>ペレットのマイクロ波吸収特性 (80W照射)

ながら吸収し、1～3分の照射で約15～20°C上昇することがわかった。しかしMnO<sub>2</sub>とFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は80Wのマイクロ波を吸収しなかった。

つぎに1200°Cで焼成したペレットに200W（生解凍モード）のマイクロ波を

照射して自己発熱性を検討した。図4にZnO, CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の結果を、また図5にFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiO, MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ペレットの加熱変化を示す。

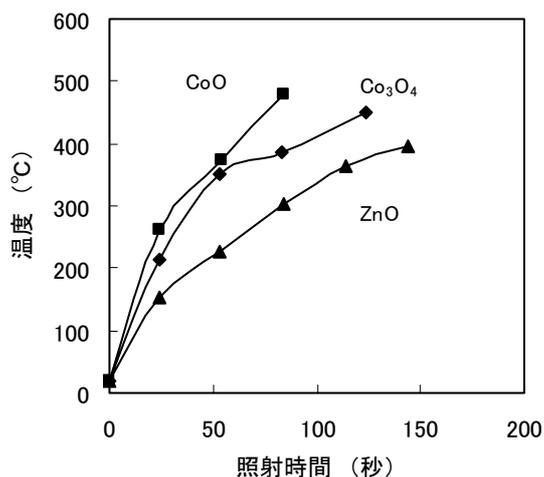


図4 1200°Cで焼成したZnO, CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>ペレットのマイクロ波吸収特性 (200W照射)

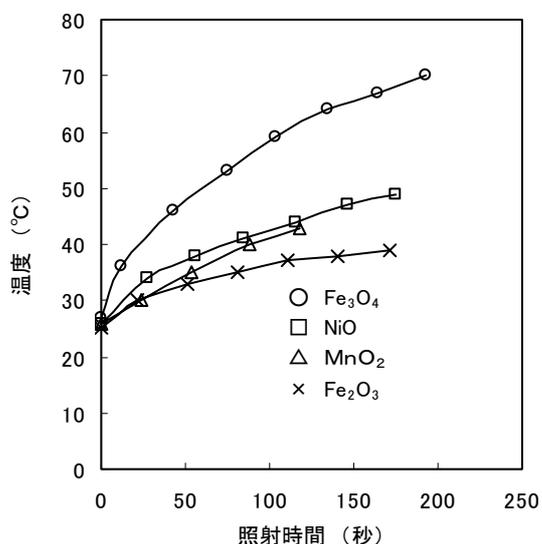


図5 1200°Cで焼成したFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, MnO<sub>2</sub>ペレットのマイクロ波吸収特性 (200W照射)

図4からZnO, CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>ペレットともに1分間のマイクロ波照射で280~400°Cまで急速に加熱された。熱電対と試料上面のアルミナ薄板の接触状態が3種のペレットで均一でないで、温度上昇にばらつきが起こっているが、いずれにしてもこの3種類のペレットはマイクロ波吸収性が高く、マイクロ波照射エネルギーを制御することによりさらに高温まで迅速に加熱可能であると期待される。図5からFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>は80Wの照射に比べて200Wの照射により温度上昇が2倍ほど加速された。一方、NiO, MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は照射エネルギーを高くしても顕著な自己発熱は期待できなかった。

#### 4. まとめ

本年度は数種類の遷移金属酸化物ペレットのマイクロ波照射による自己発熱性を調べた。80, 200Wの照射でもCoO, ZnO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>は急速加熱が可能ながわかった。マイクロ波照射によるセラミックスの自己加熱メカニズムは明らかでないが、セラミックスの種類、化学組成、形状、誘電率、誘電損失、電気抵抗などの制御により、種々の有害物を瞬間加熱により分解できるものと期待される。

#### 参考資料

- 1) 平成14年度可能性試験報告書「アルミナ・ナノ繊維/セラミックス複合多孔体の開発研究報告書」(泉山精土(株))
- 2) 平成14年度佐賀県新世紀戦略型技術移転推進プロジェクト研究報告書「VOC熱分解用β-スポンジ系ハニカム状蓄熱体の開発」(岩尾磁器工業(株))

- 3) Y. Shimizu et. al, *Electrochemistry*,  
**69**(7), p.508(2001)