

【基盤研究(S)】

理工系(工学)



研究課題名 マイクロ波誘起非平衡状態の学理とその固体・界面化学 反応制御法への応用展開

東京工業大学・物質理工学院・教授 **和田 雄二** (wada yuji)

研究課題番号: 17H06156 研究者番号: 40182985

研究分野: プロセス・化学工学、触媒・資源化学プロセス

キーワード: マイクロ波、触媒作用制御、非平衡反応場、マイクロ波特殊効果

【研究の背景・目的】

マイクロ波の光子エネルギーは 10^{-5} eV 程度 (周波数: 2.45 GHz) であり、物質中の電子、イオン、分子構造、結晶格子の集団運動が励起され、通常の加熱過程とは異なる非平衡状態が実現される。固体表面がマイクロ波によって誘起される短時間かつ局所的な非平衡状態に起因する反応速度増大に加え、マイクロ波照射下では特定成分が他成分よりも優先的にマイクロ波を吸収し、選択的に高温に発熱する現象(選択加熱)が起こる(図1)。

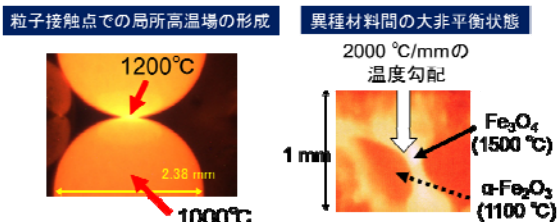


図1, マイクロ波によって形成する非平衡高温場

本研究では、マイクロ波交番電場・磁場との相互作用によって誘起される物質の表面あるいはバルク内の短時間かつ局所的な非平衡状態の *in situ* 観測手法の確立を行い、そこで誘起される特異的化学反应加速・反応温度低温化と非平衡構造の発生に関する学理構築を行う。具体的には、1) 非平衡状態発現の原理解明と一般の体系化を行い、固体触媒制御法の確立、2) 金属酸化物還元反応におけるマイクロ波特異的促進・低温化現象の原理解明とマイクロ波金属精錬法の確立、3) マイクロ波によって発生する微視的非平衡反応場を用いることで可能となる非平衡相(新規物質、過飽和固溶体)合成手法の確立、4) 通常の固相反応では合成不可能な強誘電性、強磁性、光-電気、光-磁気、等、マルチ機能を有する新材料の創製、がターゲットである。

【研究の方法】

本課題では、東工大 G および東北大 G で培った成果を融合し、5年間の計画でマイクロ波によって誘起される非平衡局所高温状態の直接観測と原理解明、さらに化学反応系への応用展開に取り組む。
大項目 1, 固体表面における非平衡局所高温場の実測と機構解明(東工大 G・東北大 G): マイクロ波によって誘起される非平衡局所高温場を理解するために以下の小項目を検討する。

- マイクロ波照射下の局所化学構造や温度を高空間分解かつ高時間分解で実測できる、*in situ* 観測システムの開発と非平衡局所高温場の実測
- 化学反応系中の不均一な温度分布を解析する電磁波分布/熱流束シミュレーション手法の確立
- 非平衡高温場を誘起する局所領域におけるマイクロ波吸収能の測定

上記項目の結果から、マイクロ波交番電磁場との相互作用によって誘起される固体表面での局所的な非平衡状態の学理を体系化し、下記項目に展開する。
大項目 2, マイクロ波非平衡局所高温場を用いた革新的触媒反応系の創製(東工大 G)
大項目 3, マイクロ波非平衡局所高温場を用いた革新的新素材創製(東北大 G)

【期待される成果と意義】

化学反応を制御する手法に関する研究は、熱力学的パラメーター、あるいは速度論的観点からの触媒など、すでに成熟しつつある。しかし、メタン、二酸化炭素など化学的に安定な化合物を変換するためには、今までは無い手法が必要である。さらに材料分野では、非平衡状態を用いて初めて創製可能な新物質の合成がマイクロ波により実現できる。本研究の成果は、熱力学的条件、触媒等に加え、第3世代の化学反応制御法を形成する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. Ano, F. Kishimoto, R. Sasaki, S. Tsubaki, M. M. Maitani, E. Suzuki, Y. Wada, *In situ* temperature measurements of reaction spaces under microwaves using photoluminescent probes, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 18, 13173-13179, (2016).
- D. Nagao, J. Fukushima, Y. Hayashi and H. Takizawa, Synthesis of homologous compounds $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{ZnO})_m$ ($m = 6, 8, 34$) by various selective microwave heating conditions, *Ceram. Int.*, 41, 14021-14028, (2015).

【研究期間と研究経費】

平成 29 年度 - 33 年度
160,200 千円

【ホームページ等】

[http://www.apc.titech.ac.jp/~ywada/wada/yuji-w\(at\)apc.titech.ac.jp](http://www.apc.titech.ac.jp/~ywada/wada/yuji-w(at)apc.titech.ac.jp)