

## 【特別推進研究】

### 理工系（工学）



#### 研究課題名 化学機械応力に立脚する革新的な高性能触媒の創生

九州大学・大学院工学研究院・教授

いしはら たつみ  
石原 達己

研究課題番号： 16H06293 研究者番号：80184555

研究分野： 工学

キーワード： 触媒、化学機械応力、ナノサイズ効果、イオン伝導

#### 【研究の背景・目的】

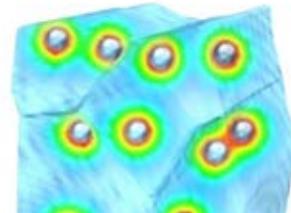
材料に種々の方式で、引っ張り応力を発生させると、化学的に応力を緩和しようとして、通常では安定でない異常原子価が安定になったり、不安定な結晶構造が安定化する。そこで、このような現象を用いると、従来の物性からは大きく異なる物性の発現が期待される。このような異常原子価状態の表面や界面は、従来とは異なる電子状態なので、酸素の活性化能や各種の触媒性能が異なり、非常に高い活性を示したり、表面相分離などが抑制され、安定性が向上するなど、新しい性質の発現が期待できる。

種々の分野で化学機械応力は、物性に大きな影響を及ぼすことが指摘されているが、現在までにこのような化学機械応力と表面物性、触媒反応との関係はまったく解明されていない。本研究では、申請者が従来の研究で明らかにしてきた化学機械応力を利用する格子酸素の移動性を向上させた材料設計を利用して、現在、種々の分野で要望されている高活性、高安定性の酸素活性化触媒や環境関連触媒への展開を行い、燃料電池、NO 分解、低温酸化触媒、光触媒など各種触媒反応の性能の大幅な向上を図ることを目的とする。また、表面組成とサブ表面組成の変化を、低エネルギーイオン散乱法を用いて解析し、化学機械応力の発生が表面組成の変化の抑制に有効であることを明らかにすることを目的とする。

#### 【研究の方法】

本研究では、結晶格子定数が異なる酸化物の nm レベルの薄膜の積層またはバルク内への熱膨張係数の異なる金属または酸化物、窒化物などのナノ粒子の分散による引っ張り応力の発生と化学的な緩和過程を利用して、異常原子価を発生した種々の複合材料を合成する。発生する応力を、ラマン分光法など種々の機器分析で、観測するとともに、表面組成の変化、吸着特性の変化、バルクのイオン伝導の変化との関係を明確に示す。一方、これらの基礎物性の変化に立脚した新奇な触媒性能として、酸素還元触媒能、ディーゼル排ガスからの黒煙状粒子（PM）酸化触媒、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の直接分解、光触媒などとの関係を検討し、新概念触媒への展開を検討する。以上のように本研究では化学機械応力に立脚する高性能酸素活性化触媒の開発を行い、従来、ほとんど明確になっていない、原子レベルでの応力と、異常原子価状態およびその分子活性化との関係を明確にする。また、得られた物性に基づいて、電極材料や各種触媒への応用を行い、従来とは異なる設計指針

で得られた高性能な触媒の安定性や吸着特性の変化などの検討を行う。



図ナノ粒子分散で3次元の化学応力発生イメージ

#### 【期待される成果と意義】

本研究計画では化学機械応力の主に触媒作用への応用を行うものである。従来の研究では、おもにナノサイズのイオン伝導に及ぼす効果とその燃料電池の触媒や電解質への応用を検討し、大きなナノサイズ効果があることを明らかにしてきた。ナノサイズ効果の発現する機構について、さらに検討したところ、化学機械応力の影響が大きいことを明らかにした。一方、本研究ではこのような成果に立脚して、いくつかの触媒反応への展開を行うものである。とくに NO の直接分解や PM の酸化触媒のように、格子酸素または酸素欠陥が反応に強く関与していると考えられる反応へ、成果を展開することで従来になく高活性な触媒を開発できると期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・ J. Druce, H. Tellez, M. Burriel, M. Sharp, L. Fawcett, S. N Cook, D. McPhail, T. Ishihara, H. H. Brongersma and J. A Kilner, Energy & Environmental Science, 7(11), 3993-3599, (2014)

#### 【研究期間と研究経費】

平成28年度－32年度 380,700千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.cstf.kyushu-u.ac.jp/~ishihara-lab/>  
[ishihara@cstf.kyushu-u.ac.jp](mailto:ishihara@cstf.kyushu-u.ac.jp)