

研究論文

LaPt₅As 超伝導体 -酸素発生・還元反応に対する新しい二元機能触媒-

†平井慈人*, 藤岡正弥**, 古中晶也*, 大野智也*, 松田 剛*

LaPt₅As Superconductor, a New Bifunctional Oxygen Reaction Catalyst

by

†Shigeto HIRAI*, Masaya FUJIOKA**, Masaya FURUNAKA*, Tomoya OHNO* and Takeshi MATSUDA*

(Received Jul. 10, 2018; Accepted Aug. 29, 2018)

Abstract

LaPt₅As superconductor has received attention since its discovery, due to its strong correlation between the unique crystal structure and the superconductivity. For the first time, the catalytic activity of LaPt₅As toward oxygen evolution reaction (OER) and oxygen reduction reaction (ORR) is reported. In spite of its initial absence in oxygen species, the intermetallic LaPt₅As shows high bifunctionality toward OER and ORR. The short Pt-Pt distance of LaPt₅As (0.272 nm) enables direct O-O bond formation and leads to the OER activity superior to commercial RuO₂ catalysts. Since Pt metal (Pt-Pt: 0.277 nm) shows low OER activity, we suggest that Pt-Pt ≤ 0.272 nm is the condition for direct O-O bond formation in Pt-based electrocatalysts. Also, LaPt₅As shows high selectivity toward four electron reaction of ORR with the reaction electron number of ≈3.5-3.8, which is beneficial for battery applications. LaPt₅As suggests that Pt-based intermetallic compounds are promising bifunctional oxygen reaction catalysts.

Keywords: Oxygen evolution reaction, Oxygen reduction reaction, Bifunctional catalyst, O-O bond formation

1. 緒言

酸素発生反応 (OER) は充電可能な金属空気電池, 水の電気分解, 金属の電解採取における重要な電極反応^{1,2)}である。しかし, OERは何段階もの電子移動反応から構成された複雑な反応機構を有するため, 反応速度が遅く, 過電圧も高い。金属空気電池の充電時を例に説明すると, 反応速度が遅いと, 正極が酸化されて腐食が起こってしまう。

また, 過電圧が高いとエネルギー損失が多くなり, 高効率なエネルギー変換が達成できない。OERが持つこれらの課題を克服するには, OERに高活性な触媒材料を電極へ添加する必要がある。また, 充電可能な金属空気電池の実用化を考えた時, 放電時の酸素還元反応(ORR)もOERと同様に重要な電極反応である。ORRは何段階もの電子移動反応から成る複雑な反応機構をもつだけでなく, 酸素が発生する4電子反応以外に, 過酸化水素が発生する2電子反応も併在する。そのため反応速度が遅く, 金属空気電池や燃料電池の実用化に向けて大きな課題になっている。その複雑な反応機構ゆえに, OERならびにORRに高活性な二元機能触媒を設計する上での有効な指針は見つかっていないが, ペロブスカイト構造を有する遷移金属酸化物に限定すれば, 高活性な触媒の設計指針がSuntivich et al.^{3,4)}によって報告されている。それは, 六配位の遷移金属のe_g電子数が1付近の時, 遷移金属酸化物は酸素還元・発生反応において最大の触媒活性を示すというものである。しかし, e_g電子数

平成30年7月10日受付

* 北見工業大学地球環境工学科: 北海道北見市公園町165
TEL 0157-26-9445 FAX 0157-26-9448
hirai@mail.kitami-it.ac.jp
School of Earth, Energy and Environmental Engineering,
Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami
090-8507, Japan

** 北海道大学電子科学研究所: 北海道札幌市北区北21条西10丁目
Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University,
N21W10, Kita-Ward, Sapporo 001-0021, Japan

†:連絡先/Corresponding author