

# h-BN/Au(111)に担持した金クラスターの水素発生反応に対する触媒活性に関する理論的研究

<sup>1</sup>北大院・総化, <sup>2</sup>北大院・理, <sup>3</sup>京大・ESICB, <sup>4</sup>NIMS GREEN, <sup>5</sup>JSTさきがけ  
○中原真希<sup>1</sup>, 高敏<sup>2,3</sup>, Andrey Lyalin<sup>4</sup>, 小林正人<sup>2,3,5</sup>, 武次徹也<sup>2,3,4</sup>

**【序】** 近年、hexagonal-Boron Nitride (h-BN) を用いた触媒に注目が集まっている。金表面に h-BN を乗せた触媒 (h-BN/Au(111)) が酸素還元反応 (ORR) と水素発生反応 (HER) に活性を示し、h-BN/Au(111)の上にさらに金クラスターを担持した触媒が ORR にさらに高い活性を示すことが報告された[1,2]。本研究ではこの触媒に着目し、量子化学計算を用いて触媒の構造探索と水素発生反応の検討を行った。

**【計算手法】** SIESTA を用いて DFT 計算を行った。水素発生反応に対する触媒活性を評価するために、Volcano Curve 理論[3]を導入し、水素原子が触媒に吸着する際の自由エネルギー変化  $\Delta G_{H^*}$  が 0 に近いものほど高活性な HER 触媒として働くと仮定した。

**【結果】** まず、 $n = 1\sim 8$  に対して報告されている  $Au_n$  クラスターの安定構造を使用し、h-BN/Au(111)上の様々な場所に  $Au_n$  を乗せて構造最適化計算を行い、 $Au_n@h-BN/Au(111)$ の最安定構造を探索した。 $Au_n$  クラスターは h-BN/Au(111)上の窒素原子の近くで安定化されることが示された。また、 $Au_n$  クラスターは構造が平面的であり、h-BN/Au(111)表面に対し垂直に立った状態で安定化される傾向があることがわかった。次に、上記の最安定構造を用いて  $Au_n@h-BN/Au(111)$ 上の h-BN 表面や  $Au_n$  クラスターに水素原子を吸着させて  $\Delta G_{H^*}$  を求め、水素発生反応を検討した結果を示す(Figure 1)。 $\Delta G_{H^*}$  は水素原子が吸着した状態の電子エネルギー( $E_{el}$ )から離れた状態の  $E_{el}$  を差し引き、自由エネルギー変化を見積もるために 0.3 eV を加えた。Figure 1 より、h-BN/Au(111)表面よりも担持した  $Au_n$  クラスターが HER 触媒として働くことが示唆された。さらに、孤立した  $Au_n$  クラスターと  $Au_n@h-BN/Au(111)$ の活性を比較し、h-BN/Au(111)表面が活性に与える影響を調べた。その結果、 $Au_n$  クラスターと h-BN/Au(111)との間の電荷移動が触媒活性に影響を与えている可能性が示唆された。

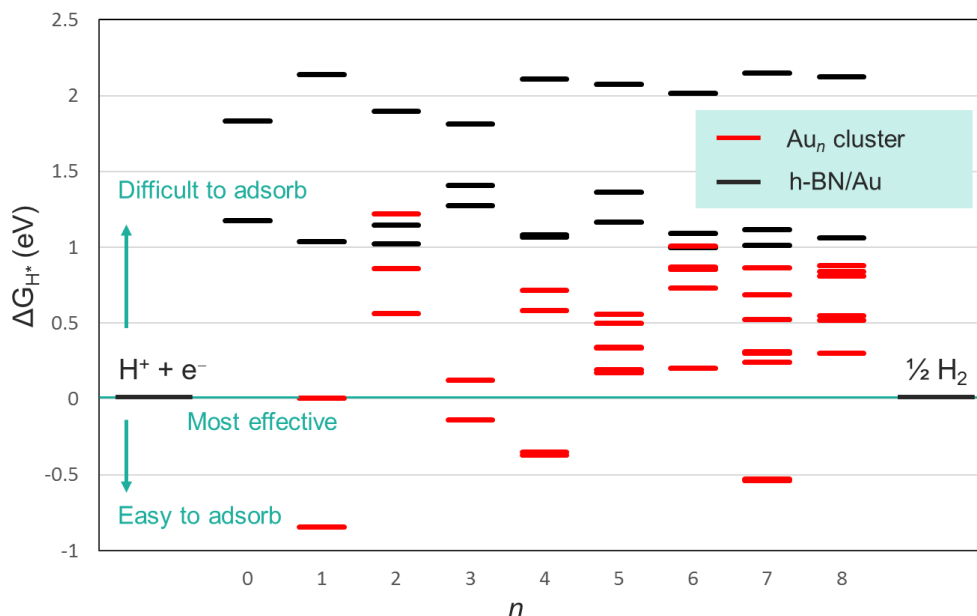


Figure 1. Free energy variations for HER on  $Au_n@h-BN/Au(111)$

## 【参考文献】

- [1] K. Uosaki *et al.*, *Sci. Rep.*, 2016, 6, 32217-6pages
- [2] G. Elumalai *et al.*, *Electrochem. Commun.*, 2016, 66, 53-57
- [3] S. Z. Qiao *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2015, 54, 52-65