

新規ホウ素含有二次元物質の創出と機能

○近藤 剛弘^{1,2*}¹筑波大学数理物質系物質工学域およびエネルギー物質科学研究センター,²東京工業大学元素戦略センター

Creation and function of new two-dimensional materials of boron

○Takahiro Kondo^{1,2*}¹University of Tsukuba, ²Materials Research Center for Element Strategy, Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

ホウ素を構成元素に含む二次元物質は様々な安定構造（多形）を示すことが知られている。このため応用に向けて扱いにくいという見方ができる一方で、多くの異なる物性発現の可能性がある魅力的な材料という見方もできる。これまでに理論計算を基にして、ホウ素のみの二次元物質（ボロフェン）、水素化物（ボロファン）、硫化ホウ素、酸化ホウ素、リン化ホウ素などが全て多形を示すことが報告されている¹⁾。我々はこれらのうちボロファン的一种であるホウ化水素シート²⁾と硫化ホウ素シート³⁾を創出させ、特性を調べてきた。本講演では、これまでの成果と最近の進展を報告する。

2. ホウ化水素シートと硫化ホウ素シート

ホウ化水素シートの局所構造を図1aに示す。ホウ化水素はホウ素が負に、水素が正に帯電しており、特異な還元剤機能⁴⁾、紫外線照射で水素放出する機能^{5,6)}、高感度センサーの性質⁷⁾、優れた固体酸触媒機能^{8,9)}、水に安定なこと¹⁰⁾が我々の実験による解析を中心として明らかとなっている。最近、商用白金触媒を凌駕する優れた酸素還元反応活性と耐久性を示す触媒合成材料として有効であることや¹¹⁾、酸素生成反応に対する有効性¹²⁾も報告されている。理論計算ではNaやLiやKイオン電池の優れたアノード極材料であること^{13,14)}、Liデコレートで高性能水素貯蔵材料となること¹⁵⁾、電流リミッターとなること¹⁶⁾、アミノ酸識別のセンサーとなること¹⁷⁾などが予想されている。さらに、5-7員環ホウ素ネットワークの水素化でトポロジカルノーダルライン物質が形成できるという理論予測¹⁸⁾やその実験的実証¹⁹⁾、新しいボトムアップホウ化水素合成経路の理論的提案²⁰⁾がなされている。

硫化ホウ素シートの結晶構造を図1bに示す。理論研

究では超伝導²¹⁾や、高い熱電性能²²⁾や高い水素貯蔵特性²³⁾を持つ可能性があると予測されている材料である。我々は高压合成法で合成した菱面体硫化ホウ素を剥離することで生成に成功した³⁾。層数の違いでバンドギャップが異なる性質などの詳細を報告する。

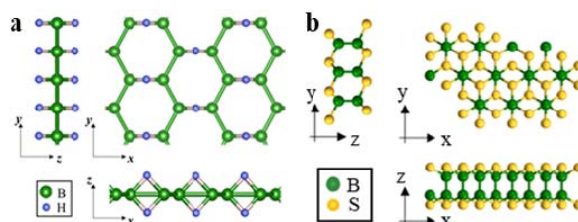


図1 ホウ化水素シート (a) と硫化ホウ素シート (b)

文 献

- 1) T. Kondo: Sci. Technol. Adv. Mater. **18**, 780 (2017).
- 2) H. Nishino, et al.: J. Am. Chem. Soc. **139**, 13761 (2017).
- 3) H. Kusaka, et al.: submitted.
- 4) S. Ito, et al.: Chem. Lett. **49**, 789 (2020).
- 5) R. Kawamura, et al.: Nat. Commun. **10**, 4880 (2019).
- 6) 近藤剛弘, 宮内雅浩: 表面と真空 **63**, 352 (2020).
- 7) S. Tominaka, et al.: Chem **6**, 406 (2020).
- 8) A. Fujino, et al.: ACS Omega **4**, 14100 (2019).
- 9) A. Fujino, et al.: PCCP **23**, 7724 (2021).
- 10) K. I. M. Rojas, et al.: Commun. Mater. **2**, 81 (2021).
- 11) S. Gao, et al.: J. Mater. Chem. A **8**, 18856 (2020).
- 12) A. Saad, et al.: Appl. Catal. B **298**, 120529 (2021).
- 13) M. Makaremi, et al.: Mater. Ene. **8**, 22 (2018).
- 14) P. Xiang, et al.: ACS Appl. Mater. Int. **11**, 8115 (2019).
- 15) L. Chen, et al.: PCCP. **20**, 30304 (2018).
- 16) Y. An, et al.: Phys. Rev. Appl. **11**, 064031 (2019).
- 17) R. L. Kumawat, et al.: JPC C **124**, 27194 (2020).
- 18) N. T. Cuong, et al.: Phys. Rev. B **101**, 195412 (2020).
- 19) M. Niibe, et al.: Phys. Rev. Materials **5**, 084007 (2021).
- 20) J. O-Enrich, et al.: ChemPhysChem **21**, 2460 (2020).
- 21) D. Fan, et al.: Appl. Phys. Lett. **117**, 013103 (2020).
- 22) P. Mishra, et al.: Sustain. Energy Fuels **4**, 2363 (2020).
- 23) P. Mishra, et al.: Appl. Phys. **127**, 184305 (2020).

*E-mail: takahiro@ims.tsukuba.ac.jp