

## 特集序文

### 魅惑の材料：ホウ素とホウ化物

#### Entrancing Materials: Boron and Borides

森 孝雄

Takao MORI

ホウ素とホウ化物は、長年、化学と物理と材料科学の研究対象の興味深い物質系とされてきた。ノーベル賞を2件受賞した炭素系物質のフラーレンやグラフェン・グラファイトと同様に、ホウ素を多く含む物質も、クラスターや原子ネット状の構造を取る傾向にある。しかし、炭素に比して電子が1個少ないために、構造を形成するために、電子を節約するような固有のボンディングを形成したり、電子を供給する金属原子との組み合わせにより多彩な結晶構造の化合物を形成する。例として、多ホウ化物の構造の基本構成要素 (building block) である  $B_{12}$  ホウ素正二十面体を考えた場合、クラスター内の結合は30個あり、クラスター外の片方と合わせて、通常の結合だったら、 $30 \times 2 + 12 = 72$  個の電子を要するところ、実際は38個の電子で結合を形成でき、そのために、 $38 - (3 \times 12) = 2$  個の電子不足であり、3価の希土類原子と組み合わせれば、金属、2価なら絶縁体になる。こうした electron counting は結晶構造や物性を理解する良い手がかりとなる。 $B_6$  ホウ素八面体も2個電子不足のクラスターであるために、3価の希土類原子と組み合わせた  $RB_6$  は、単位包に1個電子が伝導体に入り金属となり、2価のアルカリ土類元素  $AB_6$  は、絶縁体・半導体となる。

物性においても、ホウ化物は、特徴的な結晶構造に由来する興味深い物性を発現して来ており、超高硬度、超伝導、磁性、熱電、電子放射、などにおいて、顕著な性質が報告されてきた。他の材料系に比べて、未開的で、潜在的な可能性を秘めていることを示す良い例として、2001年に、非常にシンプルな組成と結晶構造を有する  $MgB_2$  において、高温の超伝導が発見されて、世の中を驚かせた。単体のホウ素においても、新規な同素体  $\gamma$ - $B_{28}$  が数年前に報告されたり、他の材料系ではなかなか類を見ない。ホウ素とホウ化物が未開拓な側面を持つのは、合成が高温だったり、難しかったり、結晶構造が複雑そうだったり、取り組むのに敷居が高い印象があり、一般的に限られた研究グループによって研究が行われてきた傾向がある。

本特集号では、ホウ素とホウ化物に関する研究経験がいずれも半世紀近くに及ぶ非常に見識の深い先生方3名に、貴重な知見を引き継ぐ意図を持った解説論文の執筆を頂いた。具体的には、ホウ化物のフラックス結晶育成の解説、安定に熔融しないホウ化物の結晶育成の工夫に関する解説、ホウ化物の合成と結晶構造の法則性・理解の仕方、に関する諸解説であり、この機会に、一般的に多くの研究者が遠く感じている可能性のあるホウ素とホウ化物の研究をより身近に感じて頂き、そして研究を開始するきっかけになればと願う。例えば、フラックス法により、実験器具として電気炉とアルミナるつぼなどだけで、比較的容易に、こうした最先端のホウ化物の良質な単結晶を得ることができる。また、磁性と熱電に関する最近の顕著な話題と応用に関する解説の1篇も加わった。特に、熱電応用において、火力発電所の出力を顕著に増強し得る熱電トッピングサイクルなど、高温材料を必要とするいくつかの有望な応用があり、ホウ化物は最も有望な候補である。熱電発電全般においても大きな実用化はまだなされていなく、世界で初めての応用成功も、異なる切り口や材料系に着目した新規参入の研究者によってなされる可能性もある。

また、1959年の米国のAsbury Park, New Jerseyでの第1回からスタートして60年近くの歴史のある、ISBBホウ素・ホウ化物国際会議は来年、ちょうど日本主催で、記念の第20回のISBB2019が新潟朱鷺メッセで9/22~9/27/2018

の日程で、世界中のエキスパートや新規に研究を開始した方を集めて開催される。国内で身近に開催される良いチャンスであり、情報収集あるいは新規に研究を開始する方にもぜひご参加頂ければ幸いである。

---

\*Takao MORI, 物質・材料研究機構 WPI 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点