

3000℃の高温融体から過冷却まで ～静電浮遊炉による熱物性測定～

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ はじめに

優れた温度強度を持つ高融点材料の生成、加工等の性能向上を目指すにあたり、シミュレーションによる材料選定の効率化や製造プロセスの最適化は欠かせないものとなっている。しかし、こうしたシミュレーションを精度良く行っていくための基礎データとなる高融点材料の熱物性値は、測定例が少なく推定値を用いているのが現状である。

国際宇宙ステーション (ISS)「きぼう」日本実験棟で、長時間の微小重力環境を利用し、今年度中の一般利用開始を見込む静電浮遊炉 (ELF: Electrostatic Levitation Furnace) は、宇宙で物質が容易に浮遊することを最大限利用した熱物性測定装置である。本稿では装置の概要と共に、「きぼう」への搭載に向けた地上研究・技術開発の成果を紹介し、利用者への一助としたい。

■ 活動内容

1. 無容器プロセスによる熱物性測定

2000℃を超える高融点物質を地上で熔融することは、高温に耐える坩堝の種類に限られる上、熔融しても坩堝と融液が反応し不純物となって物質に混入し、正確な熱物性の取得は困難であった。そこで容器を用いず物質を処理する無容器プロセス技術の研究が進み、物性測定の精度向上だけでなく、容器からの核発生を抑制することで深い過冷却が実現でき、新材料創製に資する準安定相の研究においても有効な手段として期待されている。

JAXAが注力してきた静電浮遊法は、帯電した試料と周囲の電極間に働くクーロン力を利用して試料の位置制御を行う方法である。ISS実験に向けた地上研究を続ける中で、高速フィードバック制御による安定した浮遊制御技術、高い精度の熱物性測定技術を獲得した。

2. 地上で得られた成果

地上静電浮遊炉を用いて図1に示す金属中最高の融点をもつタングステンを含め、2000℃以上の融点を持つ多くの金属の粘性係数を中心に密度・表面張力を含め世界に先駆けて測定に成功している^[1]。

また、チタン酸バリウム (BaTiO_3) の六方晶系を過冷却凝固させたところ、図2のような単結晶が得られ、通常と異なる微細組織により、室温で10万以上という通常の30倍以上の巨大誘電率が得られた。さらに、温度を変えても高い誘電率を保持し続けるという、優れた温度安定性も兼ね備えていた^[2]。

X線照射により物質融体中の電子の挙動を調べる目的で、大型放射光施設SPring-8の実験ビームライン内で静電浮遊装置を設置しての測定も進められている^[3]。

3. 今後の展望

地上では前項の成果から、近年、外部研究者や企業の利用も増えている。しかし重力に拮抗する力を試料に印加するため、 10^6V/m といった高電場の実験となり試料種は限られていた。宇宙用静電浮遊炉を用いれば、拮抗する力を印加する必要がなく、低電場で帯電量の少ない酸化物質や絶縁体、半導体等の試料の安定浮遊が可能となる。今後、地上・軌道上ともにより多くの人に利用され、未取得の物質の物性取得が進み、材料研究の発展に繋がることを期待している。

■ 関連情報等

- [1] Paradis et al., Int. J. Thermophysics, 23 (2002), 825-842.
- [2] J. Yu et al., Chem. Mater. 16 (2004), 3973-3975.
- [3] J. T. Okada et al., Phys. Rev. Lett, 114 (2015), 177401.

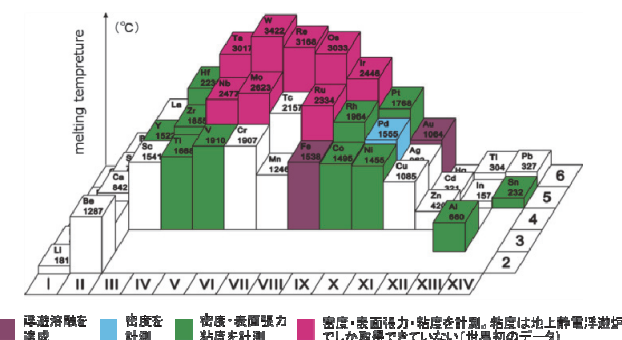


図1 地上静電浮遊炉による高融点金属の熱物性値の取得状況

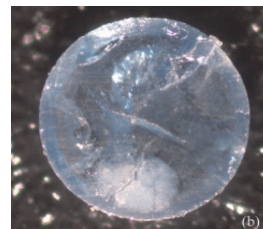


図2 地上静電浮遊炉で作製した BaTiO_3

代表発表者 田丸 晴香 (たまる はるか)
所 属 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
有人宇宙技術部門 きぼう利用センター
問合せ先 〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1
TEL: 050-3362-3835 FAX: 029-868-3950
tamaru.haruka@jaxa.jp

■キーワード: (1) 静電浮遊炉
(2) 熱物性測定
(3) 無容器プロセス
■共同研究者: 石川 毅彦 (いしかわ たけひこ)
宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所