



「融体物性研究」を通じて

東北大学大学院 環境科学研究科 博士後期課程1年
渡邊 学

1. はじめに

私は、学習院大学理学部物理学科で学部時代を過ごした後、修士課程から東北大学多元物質科学研究所にて福山博之教授ご指導の下、浮遊法を用いた金属融体の物性研究をしています。この度、本稿を執筆する機会を頂きましたので、これまでの研究生生活を振り返るとともに、自身の研究内容を紹介させていただきます。

2. 研究活動

私が、この研究と最初に出会ったのは、学習院大学 渡邊研究室の学生として JAXA 石川研究室の実験装置“静電浮遊炉”を拝見した時の事でした。そこでは、直径 2 mm の Zr 融体が真球状に浮遊し、さらに融体に電磁パルスを励起すると、力学の講義で教わる“減衰振動”が、金属融体でも観察できることに感動し、研究を始めました。当時の研究テーマは、“Zr 液滴の表面振動に対する溶存酸素の影響”でした。ほとんどの金属融体は高温の為、反応性に富んでおり、容器と試料間の反応により試料に汚染が生じるため浮遊法は非常に有用な方法です。しかし、静電浮遊法はクーロン力を用いるため、浮遊力としては微少であり、浮遊させるのは容易ではなく、物性測定以前に浮遊させるのが困難でした。約 3 か月の格闘の末、浮遊に成功した時の気持ちは格別でした。

修士課程では、静磁場印加電磁浮遊法を用いて Fe-Ni 融体の熱物性測定を行いました。Fe-Ni 系は、ステンレス鋼やインパー等の主成分として重要な合金系です。これらの合金は、高い耐食性、高い耐熱性、高い透磁率、低い熱膨張係数等様々な優れた特性を示すため工業用合金として広く利用されています。これら合金の鑄造や溶接プロセスを最適化するために数値シミュレーションが用いられていますが、金属の融解や凝固を伴う高温下での複雑な現象をシミュレーション

するには溶融合金の高精度な熱物性値が必要です。しかし、溶融合金の熱物性値は、工業的に重要な Fe-Ni 系合金であっても測定精度や不純物混入等の理由から、十分に整備されていませんでした。当研究室で使用している静磁場印加電磁浮遊法は、静電浮遊法とは異なりローレンツ力を用いるため、浮遊は比較的容易です。また、従来の電磁浮遊法と異なり静磁場を印加することにより、試料の内部対流および振動を抑制できるため、密度、放射率、熱容量等様々な物性測定を正確に測定することができました。その中で、密度測定結果から興味深い結果を得ました。それは、混合のエンタルピー等の熱力学関数は負の値を持つため、Fe と Ni 原子間に生じる相互作用は引力が強いはずであり、混合後の体積は、混ぜる前と比較して収縮することが予測されます。しかしながら、密度測定から得た、混合後と混合前の体積差で表される過剰体積の結果は正となり、従来の議論では説明できない結果を得ました。最初、測定ミス等を疑いつつも、本結果を国際会議での口頭発表、および論文として投稿したところ、海外の方を含め色々な意見を頂き、同様の傾向が他の測定方法でも測定されていることがわかり、非常に研究の自信になりました。しかし、なぜそうなるか理由を明らかにする事はできず、この問題点を明らかにせずに研究を離れることはできないという思いから、博士課程進学を決定しました。

現在の博士課程では、上記の問題を解決すべく研究を行っております。進捗状況としては、状態図中において液相直下が固溶体を形成する系(例: Fe-Ni, Cu-Au, Cu-Ni 等)では過剰体積と熱力学関数が相反しやすいことがわかり、それらの二元系を中心に密度測定を行っているところです。今後の研究の展望としては、研究室に留まらず SPring-8 や J-PARC といった外部の施設へ出張し、融体の構造解析を行い、原子間距離等を明らかにし、融体構造、熱力学関数および熱物性値の相関を明らかにし、新たな融体モデルを構築したいと考えています。

3. 研究生生活を振り返って

学習院大学卒業後“心地のよい環境に甘えていては成長は無い”と思い、東北大学への入学を決めました。やはり、物理しか勉強してこなかった為、物理化学および材料科学の知識に乏しく、非常に厳しいことも多々ありますが、刺激的で有意義な研究生生活を行うことができます。今後も、常に向上心と探究心を持って研究を行ってまいります。

最後に、魅力的な研究の道へのきっかけをくださった、学習院大学 渡邊巨人教授、JAXA 石川毅彦教授、函館工業高等専門学校 水野章敏准教授、また普段から研究をお支え下さる東北大学 福山博之教授、大塚 誠准教授、安達正芳助教。そして、今回ご推薦くださった九州大学 齊藤敬高先生には、この場をお借りして深く感謝いたします。

(2017年3月23日受理) [doi:10.2320/materia.56.358]

(連絡先: 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-12)