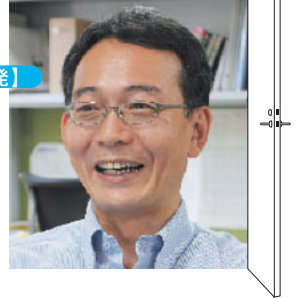




ようこそ 私の研究室へ45

産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】

「高度ものづくり支援-超高温熱物性計測システムの開発」
チームリーダー



福山博之

金属のさまざまな物性を1000℃以上の融けた状態で測定 高度な溶接や鋳造のシミュレーションに欠かせないデータを提供します。

PROFILE

福山博之 (ふくやま・ひろゆき)
東北大学 多元物質科学研究所 教授

1993年名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了。名古屋大学工学部材料機能工学科助手、トロント大学客員研究員、東京工業大学工学部金属工学科助教授、同大学大学院理工学研究科物質科学専攻助教授を経て、2004年から東北大学多元物質科学研究所助教授。2007年から同研究

所教授。専門は銅および鉄鋼製錬に関する熱力学研究、高温融体物性に関する研究、窒化物半導体の結晶成長に関する研究。2007年度から2009年度までJSTの産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】「高度ものづくり支援-超高温熱物性計測システムの開発」チームリーダー。



北海道の実験センターで 失敗を重ねた苦い思いをバネに

「半導体産業や航空宇宙産業などの高度なものづくりの現場では、鋳造や溶接などはコンピュータ上でのシミュレーションが欠かせません。ところが、その基礎となる金属の熱伝導率、比熱、密度、表面張力などの正確なデータがなかなか得られないのです」

大きな理由は温度にある。鋳造や溶接などは、金属を1000℃以上の超高温で融かして行われる。当然、シミュレーションに用いるデータも同じ状態で測定しなければならない。しかし、それほどの超高温での測定は極めて困難なのだ。

「1000℃以上の高温では、そもそも金属を入れる容器が金属と反応してしまうし、金属中に対流がありますから、熱伝導率は測定しようがありません」

福山博之さんがこの難問に取り組み始め

たのは10年ほど前。当初はアイデアも技術力もなく、悪戦苦闘する毎日が続いた。

苦い思い出とともに胸に刻まれているのが、北海道の地下無重力実験センターでの実験の数々だ。旧炭鉱の縦穴を利用した施設で、実験装置の入ったカプセルを約490m自由落下させ、無重力に近い状態をつくりだす。これを利用して、高温で融けた金属を落下させながらの測定を試みた。たしかに、これなら金属中の自然対流を止めることができるから、熱伝導率は測定できる可能性がある。しかし、結果は芳しいものではなかった。

「数え切れないくらい失敗を重ねました。モニターが白く煙ったので何かと思ったら、火事を起こしていたなんてこともあります。1回の落下に数百万円もかかるのですが、無駄にしてばかり。北海道の冬の寒さが身にしみましたよ」

こんなやり方では計測できない——福山さんは大きな挫折感とともにこのテーマから

離れることを決意した。



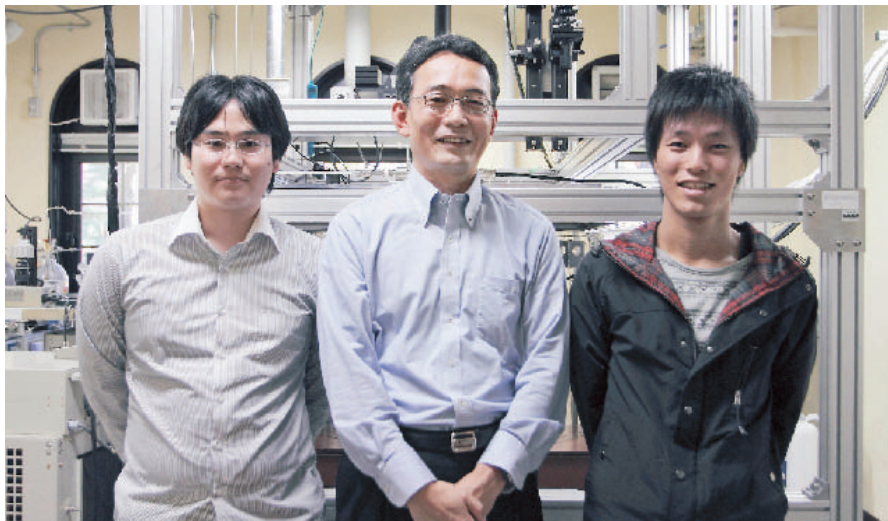
“電磁浮遊法”をきっかけに 世界唯一の熱物性計測 システムを実現

「しばらくはほかの研究テーマに取り組んでいたのですが、心の片隅には高温融体の物性計測が残っていました。そんなときに、“電磁浮遊法”を知り、『これだ!』とひらめいたのです」

電磁場のなかには、ローレンツ力とよばれる力が生じる。この力を利用すれば、金属を宙に浮かせられるばかりか、そのままの状態でも金属を高温にして融かすことができるというのだ。この方法なら、物性の測定も可能かもしれない——福山さんの心の中に、1度はあきらめたテーマへの意欲が再びむくむくと頭をもたげてきた。

電磁浮遊した液滴内の対流や液滴の振動を抑制するためには、超伝導磁石が欠かせない。高価な装置のため、思うように使えなかったが、大学や分野の垣根を越え、志を同じくする者たちと知恵を出し合いながら、一步一步、研究を進めていった。幸運だったのは、新しく赴任した東北大学に、超伝導磁石を使う環境が整っていたことだ。データを積み重ね、アイデアを形にしていき、具体的な装置の形も見えてきた。そんなときにJSTの産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】の存在を知り、応募する。不採択となってもあきらめず、データを積み重ねながら再挑戦を続け、3度目で採択された。

プロジェクトのメンバーとして名を連ねている慶應義塾大学の日比谷孟俊教授らは、福山さんが東北大学に赴任する前から、高価な電磁浮遊装置を共同で使い、つながりを深めてきた同志だ。気心の知れた同志たちと、抜群のチームワークを発揮しながら研究を進め、



研究室のメンバーと。「学生の発表が高い評価を受けると、自分のこと以上にうれしいですね。今の職場は学生が1人しかおらず、研究に打ち込むには恵まれた環境なのですが、少し寂しくもあります」

ついに、世界で唯一の熱物性計測システムの開発に成功。さまざまな金属の物性の測定はもちろん、新物質の探索などの可能性も秘めた装置として注目を集めている。

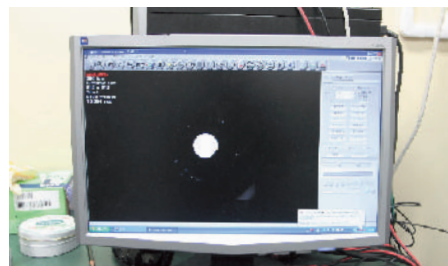
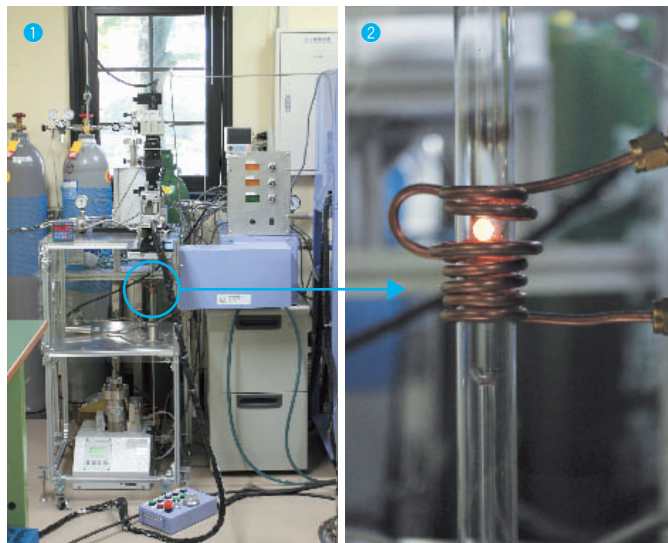


ディスカッションこそが
オリジナリティの源泉となる

「研究で最も重視しているのはオリジナリティです。そのために、ディスカッションを何

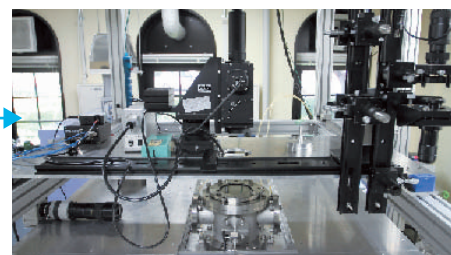
① 開発されたシステムのもとになった、先代の熱物性測定システム。

② 太陽のように黄色く光っているのが、電磁浮遊法によって高温で融けた状態で宙に浮いている金属だ。

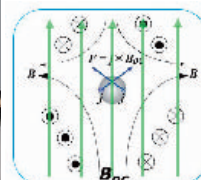


高速度カメラの画像。融体金属内では対流が発生し、金属が歪みながら小刻みに動き続ける。しかし、静磁場を加えることで対流が抑えられて動きが止まり、映像から金属の正確な体積を測定できる。

熱物性
計測システム



今回のプロジェクトによって開発された熱物性計測システム。電磁浮遊法と超伝導磁石を組み合わせ、金属を浮かせた状態のまま超高温状態にして融かす。温度などのデータを計測するほか、映像でも記録する。



電磁浮遊法の原理。コイルに生じる交流磁場 (B) と、誘導電流 (j) との相互作用によってローレンツ力 (青線) が発生し、この力によって金属が宙に浮く。ここに静磁場 (B0c) (緑線) を加えることで、対流を抑えられる。

よりも大切にしています」

実験を行えば必ず問題点にぶつかる。そこで書物に答えを求めるのではなく、メンバーがその問題を正面から見つめ、ディスカッションして知恵を出し合う。その過程こそがオリジナリティの源泉になるというのだ。熱物性計測システム開発の過程で起きた問題点も、そうしたディスカッションによって解決してきた。

温度の測定値がばらついたので原因を調べたところ、温度計が、測りたい金属だけではなく加熱用のレーザーの光も拾っていることがわかった。なかなか解決法が見つからずいたが、研究室の学生たちと話しているとき、レーザーの波長に注目したらいいのではないかという意見が出た。そこで、温度計の波長をレーザーの波長から離して測定したところ、解決できた。今回、開発された熱物性計測システムは、プロジェクトメンバーをはじめ、研究室内外のたくさんの

人たちのディスカッションのたまものともいえる。そして、今後もこのシステムにさらに多くの人たちが関わってほしいと福山さんは言う。「物性を測りたい金属は世の中には数限りなくあります。カメラもついていますから、結晶ができる過程を撮影して研究することもで

きます。私一人の考えではなく、皆でこの装置を囲みながら、『あんなこともできるんじゃないか』『自分ならこんなことをしてみたい』と意見を出し合ってみてほしいですね。そんなディスカッションから、この装置の可能性は無限に広がっていくと思います」

研究の概要

物質が高温で融ける際の熱伝導率や比熱、放射率、密度、表面張力などを高精度に測定するシステムの開発に取り組む。1000℃以上の超高温では、計測したい金属と容器が反応してしまうため、正確な測定ができない。この問題点を、電磁場が生じるローレンツ力を利用して金属を宙に浮かせ、高温にして融かす“電磁浮遊法”によって解決。液体となった金属内で対流が生じ、熱伝導率な

どの測定を困難にする問題は、静磁場をかけて対流を抑えることで解決した。周囲の酸素が金属表面の圧力に影響を及ぼし、表面張力の測定を困難にする問題は、酸素ポンプを用いてコントロールすることでクリア。こうしたさまざまな技術を組み合わせ、画期的な熱物性測定システムの開発に成功した。さらに、独立行政法人産業技術総合研究所の「分散型熱物性データベース」と連携して、プロジェクトによって得られた計測データの、ものづくりの現場に役立つかたちでの提供も目指している。