

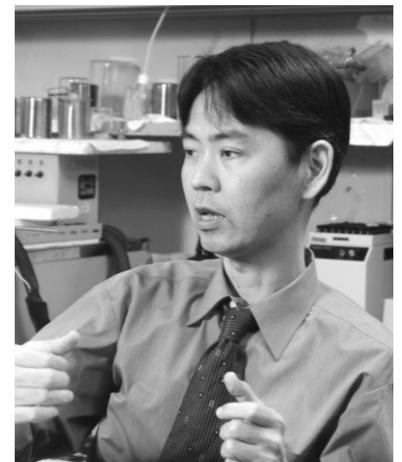
「氷の世界」が 研究フィールド 安くてクリーンな エネルギー開発を テーマに

理工学部精密機械工学科／熱エネルギーシステム研究室

松本 浩二 教授

Koji Matsumoto

松本先生の案内で、研究室に一步足を踏み入ると、むっと熱気が押し寄せてきた。「ははは、暑いでしょ。うちの研究室は常夏なんです」と松本先生は笑う。研究室を見回すと、巨大な冷蔵庫のような箱がある。その箱の上部で機械がぶ〜んと音を立てて動いているが、どうもこれが熱源らしい。先生に聞くと、これは『恒温箱』といって、内部の温度を一定に保つための実験装置。その廃熱が研究室にこもって暑くなるという。恒温箱の他にも家庭用の冷蔵庫が2台あり、これも熱源になっているようだ。この研究室は、いったいどんな研究をしているのだろうか？



安価で安全な水を使って エネルギー問題にチャレンジ

松本先生の専門は熱工学（伝熱工学）で、現在は環境とエネルギーをキーワードに「氷蓄熱」の研究を行っている。と、書いても読者にはピンとこないだろう。簡単に言えば、水を凍らせて氷にし、それが溶ける

時に得られる「冷熱」をエネルギーに利用しようというものだ。

たとえば、電気料金が安く、CO₂の発生が少ない深夜電力を利用して氷を作ってエネルギーを蓄え、それが溶けるときのエネルギーを使ってビルなどの空調に使用するという応用方法がある。これによってビル空調の1割をまかなうことができれば、

年間62万トンのCO₂を削減できるという試算もあるという。実現できれば、まさに画期的。さっそく松本先生に話を聞いた。

「水は入手しやすく、公害の元となる物質を発生させることもなく、安価で安全なものです。しかも、水は最大の比熱（単位質量の物質を、単位温度だけ変化させるのに要する熱量）を持っており、熱を蓄える物質（蓄熱材）として優れています。

一方、水を凍らせると凝固して氷になりますが、このとき氷は非常に大きな冷熱を蓄えます（凝固潜熱）。この水を蓄熱材として利用するのが『氷蓄熱』なのです。この研究は世界的にも盛んに行われていて、テレビのコーナーシャルでやっている『エ

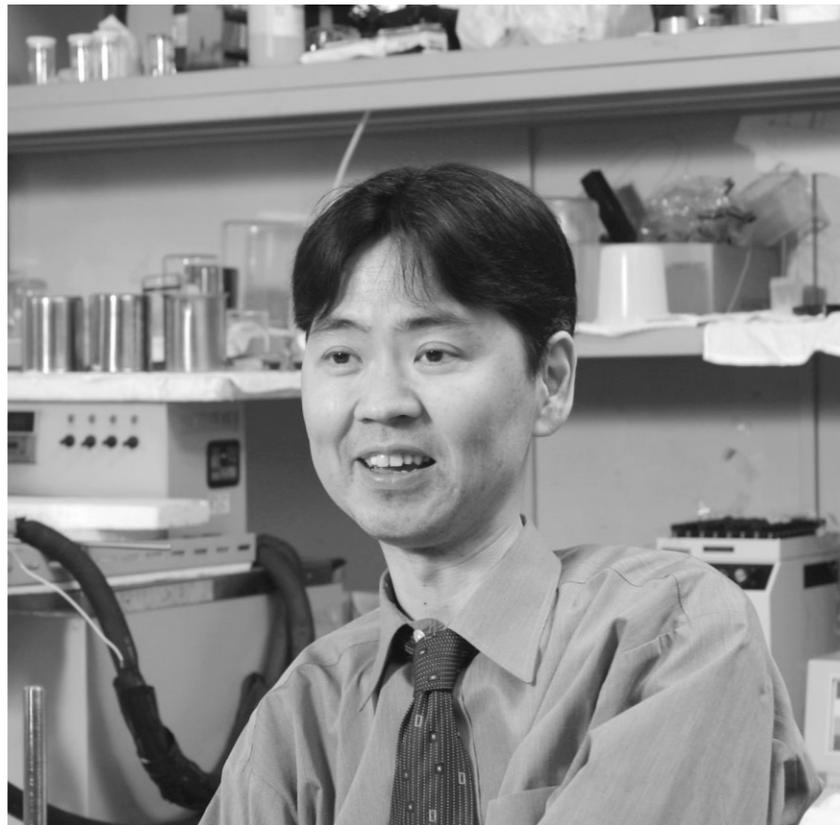
コアイス』をはじめとして、すでに応用されています。分野をビルの空調に絞れば、今世紀中には燃料電池と競合する技術になるとも言われているんです」

氷蓄熱には「スタティック型」と「ダイナミック型」の二つがある。スタティック型は大きなポットのよいうな『蓄熱槽』の中の水を凍らせ、固い氷を作る方法で、製氷と融解が同じ蓄熱槽の中で行われる。対するダイナミック型は流動性のあるシャワーベットの氷を作り、それをポンプなどで別の場所に運んで融解を行い、冷熱を得るのだ。

スタティック型は投入した水に対

してできる水の量が多いという利点があり、すでに製品化されている。しかし、パイプなどで水を運べない、氷の膨張によって装置を破壊しやすいという問題点も抱えている。対するダイナミック型は氷がシャワーベットの状（水スラリー）で流動性があるため、分散することや違う場所への運搬が容易であることからビル空調システム設計などの自由度を上げるという利点を持つ。ただし、スタティック型よりも冷熱を得る効率が悪くなる、技術的に難しいという問題があつて、スタティック型に比べて実用化が遅れている。

松本研究室が行っているのは、ダ



まつもと こうじ
1956年2月20日、鳥取県生まれ。鳥根県立松江北高校卒。1982年静岡大学工学部機械工学科卒業。1990年東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了後、青山学院大学理工学部機械工学科助手。1993年より宮崎大学工学部機械システム工学科助教授。1998年、中央大学理工学部精密機械工学科教授。専門分野は熱工学（伝熱工学）。現在の主な研究業績は「食品冷蔵のための機能性水の開発」、「水・霜と冷却固体面の付着特性説明」「不凍タンパク添加水溶液の凍結特性説明」。「氷の結晶方向の制御」。趣味はドライブ、温泉巡り。「温泉では気心の知れた仲間と大騒ぎすることも」



市販の家庭用冷蔵庫を改造して作られた実験装置。冷蔵庫以外はすべて手作り「手を動かして、ものを作ることが好きなんです」（松本先生）



恒温箱。内部は0度に保たれている。この中での長時間の作業はつらい

イナミミック型である。

「氷スラリーは、小さな粒の集まりです。ということは、水に入れて溶かす時に、水と接する表面積は固まりの水よりもずっと広いわけです。従って、溶ける速さも早いので、熱を早く取り出すことができます。このように、この技術は良いところがたくさんあり、いくつもの課題を克服すれば、将来伸びる分野であることは間違いありません」

と、松本先生。松本研究室では、この課題にチャレンジする研究が進められている。

水に溶かす

特殊な添加剤を開発

発表論文は

世界の注目を集めた

ダイナミック型の一番の問題は、水の量に対して氷のできる量が少なく、スタティック型よりも冷熱を得る効率が悪いことである。この問題に対して、現在様々な角度から研究が行われている。その一つが、「過冷却方式」。水は0度で氷になると言われているが、多くの場合は0度以下でも氷にならず、液体のままだ。

この状態を「過冷却水」という。過冷却水は、衝撃を受けると瞬間的に一部に氷ができるが、この性質を使って氷スラリーを作るのである。この方法は、実際に京都駅ビルなどで実用化されている。

そのほかにも、水が凍るときの剥離現象の利用や、固い氷を削るなどの方法が研究・開発されているが、松本研究室は水に入れる添加剤の開発に力点をおいている。

「氷を作るためには、製氷器などでマイナス数十度に冷やす必要があります。しかし、高い温度で凍る水があれば、凍らせるためのエネルギーを押さえることができますね。私たちは、水に特殊な添加剤を入れることでそれを実現しようと考えています。」

塩水を想定してください。塩水は0度では凍らず、マイナス20度くらいでやっと100%凍ります。アンモニウム水はマイナス70度くらいまで凍りません。私たちはその逆、高い温度で凍る水溶液の開発に成功しました。添加剤を水に1%くらい溶かすことにより、マイナス1〜2度で100%凝固するのです。さらに、こうして作った氷スラリーは水の粒の周りを

強ができるところを選んだのです」

松本先生は「たいそうなことは考えていませんでしたよ。工学部の方が、将来の選択肢が多いような気がしたからそちらに行っただけです」と照れるが、エネルギーをテーマにしたのは、それが人類にとって大切な研究だからである。「人の役に立ちたい」。何かを成し遂げた科学者は少なからずそう思って研究に取り組んできたのである。

こうして静岡大学工学部機械工学科に入学した松本先生は、学部時代に熱工学に出会う。学部の卒業論文も、大学院の論文も同じ分野だ。あ

まり特定分野の研究ばかりすると、行き詰まることはないのか。

「どんな興味深くなっていくんです。われわれは企業の研究者と違って、結果だけを求めません。どうしてもそうなるのかという経過や、理論を大切に、それを研究することが仕事です。だから、一つのことを突き詰めていけるし、その過程でさまざまな分野と触れ合うことだってできます。たとえば水蓄熱をやっている、行き着いたのが添加剤だったわけですが、添加剤の生成は工学だけではなく、化学の専門知識も必要です。そのため、自分たちで勉強もし

添加剤が覆う形になっていて、くつきにくくなっているんです。このことで、装置や配管のなかで水同士が結合して詰まることが防げます。また、長期にわたる氷スラリーの保存が可能になりました。もう一つ、利点があります。この水溶液は氷スラリーを作る技術だから、やり方によってはスタティック型でも使えるんです」

この画期的な研究の成果を書いた論文は、海外でも注目された。「氷の世界」とは縁がないように思える南アフリカからも問い合わせがきたという。南アフリカは金の産地として名高いが、鉱山の空調を安全な水で行う構想があるということだ。研究者ですら思いもよらない使い道があるのが優れた技術だ。今後、どのような分野で応用されるのか楽しみである。

熱工学の研究を学部から 大学教授の今日まで継続

このように、今では熱工学分野の第一線で研究をしている松本先生だが、高校生の頃は理学部で核融合を研究したいと思っていたという。

ですが、化学の専門家の協力も必要となります」

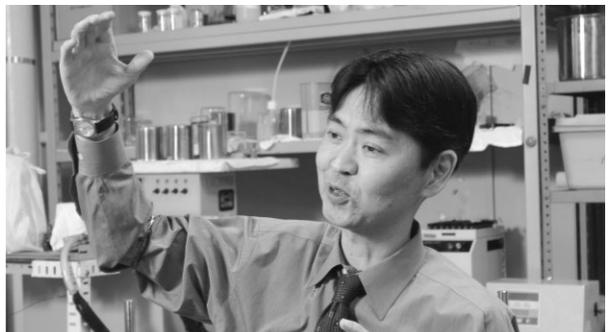
なるほど。一つの分野の研究を深めていけばいくほど広がりも出ることは、すべての道に共通するようである。たとえば剣の達人が一流の書家であったり、絵師であったりするようになる。

結果よりもプロセスを 大切に

卒業研究を通して もの考え方を 身につけていく

松本研究室に、学生が入ってくるのは4年次から。入って最初にやることは英語の伝熱の入門書の講読と、研究装置の基本的な使い方の練習だ。その後、ゼミで週に1回報告書を書き、発表してディスカッションしながら卒業研究をまとめていく。

「それほど力が入っていない卒業研究でも、卒業していくことはできるでしょう。でも、将来人を教える立場になったり、エンジニアになったり、卒業研究で書いた論文はその人のルーツとなるものです。それがいいかげんなものであっていいのか、



「私の研究室のキーワードは環境とエネルギー。このテーマをバックボーンにした研究を行っています」(松本先生)

そうじゃないだろうと、常に学生に言っています」

この松本先生のポリシーのもと、学生たちは結果に対する原因を考えるところという姿勢を基本に、書類の書き方、プレゼンのやり方を身につけていく。

「卒業研究は、結果よりも目標に対してどのようなアプローチをしたのかを評価します。なぜそうするかというと、卒業後、学生すべてが大学時代は勉強を職場で活かせるわけではないからです。熱工学をやった学生がコンピュータ関連の仕事に就く可能性もありますし、営業とか開発のセクションに行くかもしれない。そこで大切になってくるのは、問題を解決するためのプロセスを知っているかどうかでしょう。ここでは、そういう普遍的な考え方を身につけてもらうための教育をしています」

松本研究室の卒業生たちは、メーカーの「熱」を研究するセクション、精密機械メーカー、自動車メーカー、計測器メーカー、コンピュータ関連でシステムエンジニア職など、様々な分野に進み、それぞれの職場で大学で学んだ考え方や知識・技術を活かしている。