エンジンの燃焼と燃料電池に取り組む

生産工・野村 浩司教授

燃料をいかに効率良く燃やしてエンジンを動かすかという燃焼現象に関連するテーマを柱に「その研究を行うのに微小重力（無重力）環境を利用しているのが特徴。もう一つは燃料電池の製作です」と、研究の3本柱を野村教授は説明する。

エンジンの中でも、熱効率が高く有望視されているディーゼルエンジンが中心。日本ではあまり人気がないが、CO_2低減につながるものとして環境問題にシビアな西ヨーロッパでは、新車の約60%がディーゼルエンジンを積んでいる。

学生に授業するように研究の内容を語る野村教授

「再生可能エネルギーも研究の一部であり、ディーゼルエンジンや飛行機などで使われるガスタービンなどもそれを使えば、さらにCO_2削減効果も大きくなります」。

この再生可能エネルギーではバイオマス（燃料に取り組んでいる。アブラヤシやジャトルファという植物で作られる燃料がどれくらいの速さで蒸発して空気に溶け込み、燃えるのかという研究も行っている。

地上から宇宙まで広範囲

微小重力環境で燃焼現象の実験

自作の落下塔を設置

燃焼現象を観察する際に、通常の重力環境では自然対流がじゃまをして現象を複雑にし、得られたデータの解析を困難にする。そこで、自然対流が起こらない微小重力環境を利用して実験を行うために、キャンパス内に落下塔を設置している。

これは、高さ9Mの塔上から実験装置を落下させて、見かけ上の無重力状態を作り出す装置だ。ただし、時間は約1秒と短いため、1日何回か行ってデータを取っている。世界で最も長い落下塔は4・5秒（打上式の場合9秒）で、ドイツのブレーメンにある。

また、航空機を使用すると約30秒の微小重力場を得ることができ、小型ロケットを打ち上げて6分間の宇宙実験も試みている。2014年には宇宙航空研究開発機構（JAXA）や山口大、九州大との共同研究で、宇宙ステーションを使用して実験を開始する予定だ。

これらの環境を利用した実験では噴霧燃焼を対象としているが、噴霧燃焼とはエンジン等の工業的燃焼器で広く用いられているもの。噴霧全体のほか、その一部を取り出した燃料の列（液滴列）や一個の液滴だけを対象とする場合もあり、単一燃料液滴の蒸発に関する研究も含まれている。

燃料電池の今後に期待

「効率の高い発電システムを作れることで注目されている」燃料電池はどのくらいの効率で使えるのかというと、一般的な固体高分子型で30～40%、野村教授が研究している固体酸化物型で45～55%と言われている。

燃料電池車に使われているのは固体高分子型で80～100度の低い作動温度で動き、始動性の良いことが特徴。一方の固体酸化物型は一番高温の800～1000度で作動するため、始動性を上げることが課題となっている。

この電池は瀬戸物のようなもので、素焼きの後に絵付けをし、燃料極、電解質、空気極の3層を作ると燃料電池ができる。電解質には微量のイットリアを混ぜたジルコニアを使っており、水素や酸素は通さず、酸素イオンだけを通すという数ミクロンの薄い膜を作るのが難しい。絵付けにあたる工程には研究室独自の静電噴霧堆積法を用い、燃料電池の製作に関する研究を行っている。

学生たちはキャンパス内の落下塔で実験を行う

1由主と同じくらいの小さな燃料電池の製作と性能評価をしているが、「電池を直列、並列につなぎ、大きな規模のものを作ることも可能です」と今後、実用化されることに期待している。

研究室には大学院生8人と卒業研究生10人が所属。エネルギー関係や環境問題に関心の高い学生が多く、院生と4年生はチームを組んで研究を行っている。教授は「先輩後輩の関係作りの練習になる。実験計画や装置の図面作成などについてはヒントやアドバイスを与え、あとは学生の自主性に任せている」と語る。

機械工学科に設置されている航空宇宙コースに「コースの特徴付けとして昨年パイロットプログラムを設け、米国で学生と一緒に6カ月間合宿して、自家用パイロットの免許を取得しました」。野村教授は若い頃からの夢をかなえ、参加した学生も航空会社の整備に就職し、キャリアを積むことの大切さを実証した。

野村　浩司（のむら・ひろし） 昭和62年東京大学工学部卒。平成4年同大学院工学系研究科航空学専攻博士課程単位取得後退学、翌年博士（工学）を取得。本学生産工学部助手、専任講師、助教授等を経て、19年から同学部教授。日本燃焼学会奨励賞、日本航空宇宙学会講論文賞を受賞。日本機械学会、日本液体微粒化学会等に所属。ラグビーは本学のOB会に参加。釣りも趣味。東京都出身。48歳。

プロフィル

コンクリート構造物の耐久性とその維持管理

工・岩城 一郎教授

岩城教授は最近、同じ研究室の子田康弘准教授と、極感ある土木学会の「田中賞」を受賞した。

受賞した論文は「著しい塩害を受けた道路橋PC桁内部のコンクリートおよび鋼材の物性評価」。日本海から吹き寄せる海水混じりの強風にさらされる橋梁（りょう）の劣化のメカニズムを解明したものだ。

コンクリート橋梁など大型構造物の劣化具合は、これまで点検者の目視に頼るという経験則の世界だった。そこへサーモグラフィなどを活用した非破壊検査やコンクリート中の塩分濃度分布測定、さらに鋼材一本一本の腐食状況まで詳細に調べる手法を取り入れたのが岩城教授のアイデア。検査してみると、一様に腐食していると思われた内部は場所によって相当なバラツキがあり、見た目で想像していた状態と大きく食い違っていた。

維持管理の方策を考える岩城教授

その上で、劣化した橋梁がどの位の力に耐えることができるのか？いつまでもつのか？など、コンクリートと鋼材の特性や力学的性質の評価を数値化して、体系的にまとめたのが受賞のポイント。それぞれ事情の違う劣化の原因に、劣化の過程、外見への影響の因果関係を比較考慮し、コンピューターで情報処理して、橋梁の健全度評価・維持管理する手法へ展開する道筋を明らかにした。

さながら「病理解剖」

さながら大学病院で「病理解剖」を行い致命的なケガや病気を見つけ出し、その原因を探って最適な治療方法を考えるのと手法は同じ。構造物を相手に、適切な「医療行為」でその寿命延命化に向けた研究を進める自分たちを「コンクリートドクター」と自認する由縁だ。

ことは緊急を要する。というのも、高度成長期に建てられた膨大な数の構造物の老朽化が進み、今後どのように維持管理するかが社会的な課題になってきた。戦後の復興期から高度成長期にかけて、圧倒的に不足するインフラを必死になって作り続けてきた結果、日本の土木技術は橋梁でもトンネルでも世界のトップクラスに立ったが、今度はそれらをどう長持ちさせるかに焦点が移ってきたのである。

このため岩城教授の専門である維持管理工学の中でも、最近は管理の面に対する注文が多くなってきた。維持＝メンテナンスはいかに構造物を長持ちさせるかがポイント。ただし対象物件が膨大では、そうした措置をいかに効率的に進めるかの管理＝マネジメント的な手法が不可欠だ。予算の限られた自治体などからの強い要望もあって、橋梁の安全性を重視しつつ、全体として効率的に作業を進める仕組み作りへの努力は欠かせない。

現場主体の実学志向

土木学会の「田中賞」を受賞

〝コンクリートドクター〟を自認

「最初に東北大の大学院から首都高速道路公団に就職したのも、学んだ知識で生まれ育った首都圏のインフラに何らかの貢献をしたかったから」と語る岩城教授の研究は、あくまで現場主体の実学志向。東日本大震災の直後に編成された土木学会の学術調査団に幹事役で加わり、いち早く被災地を飛び回ったのもその延長線上にある。

橋梁の疲労具合を再現できる優れものの大型走行荷重試験装置

凍結防止剤による劣化

その岩城教授が現在、懸命になって取り組んでいる研究は寒冷地の道路に撒く凍結防止剤による鉄筋コンクリートの劣化問題。粉塵被害で撤廃されたスパイクタイヤに代わって、1980年頃から本格的に撒かれ始めたが、その主成分は塩分だ。大量撒布に加えて、コンクリート構造物自体がこうした事態を想定していなかったため、腐食の進展も急ピッチ。「今後20年以内に顕在化するであろう問題は、対象となる構造物の数も多いし、劣化の進行も早い」と危機感は高まる一方だ。

大型の走行荷重試験装置を駆使して実験を繰り返すのも、このため。凍結防止剤が撒かれた橋梁を大型トラックが行き来し疲労破壊する様子を実際に再現できる優れものである。

研究室に所属する学生は、学部13人に大学院3人の計16人。「チーム」での実験研究が中心で、その中でのチームワークやコミュニケーション能力を身につけてもらいたい。何より社会に出てから通用するスキルを」。教育の方も現場に立った実学志向を崩さない。

岩城　一郎（いわき・いちろう） 昭和61年東北大学工学部卒、63年同大学院工学研究科土木工学専攻修士課程修了後に、首都高速道路公団へ就職。平成8年に東北大学に助手として赴任。同大学講師、助教授の後、17年に日本大学工学部助教授。19年准教授、22年同教授。専門はコンクリート工学、インフラ維持管理工学。土木学会、日本コンクリート工学会などに所属。東京都出身。48歳。

プロフィル