

理工学部 機械・精密システム工学科

Department of MECHANICAL & PRECISION SYSTEM

自動車・ロボットなどの機械技術や、金属などの素材を加工する技術は、あらゆる産業で必要とされる技術。それをさまざまな視点から学べるのがこの学科。
「ものづくり」を極めた12名の先生を紹介します。



波江野 勉 教授(理工学部長)

個性を伸ばして、
自分流の幹を育てよう



森 一俊 教授

50年後の未来をつくる



磯貝 毅 教授

「疲労」のしくみにせまる



加藤 彰 教授

未来の自動車技術と
優れた人材に夢を託す



頃安 貞利 教授

実験で支える産業の未来



篠竹 昭彦 教授

モデルとシミュレーションで、
見えない現象を再現する



青木 昭夫 准教授

経験でしか得られない
現場力が人を養う



黒沢 良夫 准教授

自動車が奏でる音の世界



日野 裕 准教授

加工技術で
世界に先駆ける



池俣 吉人 講師

「歩く」を極める



大野 威徳 講師

微細な世界を切削加工で
浮き彫りにしていく



牧田 匡史 講師

人と環境に優しい
クルマ社会の構築を目指して

個性を伸ばして、自分流の幹を育てよう

「五枚舌はやめましょう。多少の損はしても良いから一枚舌で明確な発言を……」

「名物工場長」と呼ばれ、そのユニークな発言を記録した「波江野語録」が残されているという波江野先生は、大学という新しい場所で学生と一緒に自分の個性もさらに磨こうと考えている。



デジタル機器好きな波江野先生の
タブレットコレクション。



波江野 勉 はえの つとむ

1972年、東京大学工学部機械工学科卒業後、新日本製鐵(株)に入社。君津製鉄所に勤務。小径管工場長・プロセス技術室長・設備部長を経て、環境・プロセス研究開発センター所長、監査役などを歴任。(株)日鉄エレクトックス副社長を経て、2013年4月より帝京大学理工学部長を務める。

研究テーマ：FEMに基づくプラントエンジニアリング、自律型ロボットのプログラミング

キーワード：CAE、有限要素法、流れの可視化、グラフィカルプログラミング、ロボコン、WRO

疑って見ないと見えないものがある

「シミュレーションにより仮説を検証することが何よりも好き」と話す波江野先生は、大きな設備をつくってみたいと入社した製鉄会社の工場で、その腕を磨いてきた。

自動車や家電のボディに用いられる「冷延鋼板」は、熱延工場で作られた鉄を酸で洗い、常温でより薄く、均一に圧延したもの。鉄の酸化物を洗い落とす「酸洗」の後、鉄が再結晶する温度より低温の環境で圧力をかけて、より薄く、均一に延ばす「冷延」の過程を経てつくられる。この「酸洗」と「冷延」は前後の工程であるが、君津製鉄所では両ラインは直角に配置されていた。波江野先生は若い頃、この2つのラインの連続化の技術開発を担当した。連続化を実現するために、3か所に設置する必要があった板の進行方向を90°変える「ヘリカルターン」装置の螺旋巻付構造は、スパイラル鋼管の製造設備から思いついたという。シミュレーションだけに留まらず、2分の1サイズモデルでの実証実験を経て、世界で初めてこれらのラインをつなげることに成功。生産性を飛躍的に向上させるこの「CDCM」技術は、1981年に実用化された。同業者も見学に訪れ、「本当につながっている……!」と驚いて帰って行ったという。

「人の目には見たいものしか見えないからね。性格は、あくまでも悪く。疑ってかかることで、見えてくるものがあるんです」と笑う波江野先生は、これまで培ってきた独自の視点から、新しいもの、おもしろいことを常に求めている。数々の課題に対して、斬新なアイデアを出し、実際に解決へと導いてきた。その「発想」は、数多くの経験と、得意技の構造解析や熱流体解析、制御応答解析のシミュレーションデータ

から生まれるという。

トヨタ自動車株式会社との共同研究においても、その発想力を発揮し、「画期的にコンパクトなハイドロフォーム成型機の開発」として2008年には全国発明賞を受賞している。

「死の谷」を越えて実用化を促す

技術開発本部で取り組んだのは、研究者とプラントエンジニアをより近づけることだった。製鉄の分野に限らず、世の中には、研究開発は成功するも、実用化はさまざまな事情により見送りというケースが多に多い。実は、実績のある設備を工場に設置するだけでもひと苦労、うまくいかない場合もあるからだ。そっくりそのまま真似てつくったつもりでも、ニーズが少し違ったり、部品の素材やサイズが異なっていたりするだけで失敗してしまう。そんななか、たとえ研究室のなかでうまくいったものだとしても、まったく新しい設備を実機化するのには、非常にハードルが高いのだ。しかし、そんなエンジニアの苦労を研究者が理解することは難しく、研究開発と実用化の間にある「死の谷」は、そのまま研究者とエンジニアの間にも存在していた。そこで波江野先生は「最初から最後まで参画・相互協力が必要では」と、「コンカレントR&E」を提唱して2つの組織を融合した環境・プロセス研究開発センターをつくった。研究開発が完全に終わってからエンジニアに渡すのではなく、研究開発の段階でエンジニアが参入し、研究者は実機化を完了して生産を開始した後の不具合対策完了まで責任を持って対応するのだ。その結果、鉄板を延ばす際に圧力をかける装置そのものがセンサーになっており、圧延されている鉄板の反力を検知して自動で力の

かけ具合を調節できる「知能圧延機」などが実機化された。「コンカレントR&E」体制の研究がなければ、この設備の実機化は実現していなかった、と波江野先生は振り返る。

自分の道を探して磨く

「頭に浮かんだラインのレイアウトを真っ白な紙に描く。それがその通りにでき上がるのを見るのが何よりもいちばん楽しい」。自分がシミュレーションという「好きなもの」を探し当てたように、学生にも自分の打ち込めるもの、得意技、好きなことを見つけて強化してほしい、と話す波江野先生。「『好きこそものの上手なれ』という言葉の通り、好きなことはやるのが苦にならないし、上手くてできるとますます熱心にやるから、でき上がりがまったく違ってくるんですよ。昨年度、複数のマイクロプロセッサ(GPU)にそれぞれ計算を担当させて同時に進行させる「並列処理」で10倍以上の演算速度向上の実用化に成功したという。複数の計算を同時に行うことにより、システム全体の処理性能を大幅に向上させることができる。数千万円もするワークステーションでないと昔はできなかった熱流体解析が、今ではマシンの能力が上がって、ノートパソコンでもできるようになったし、近い将来、タブレットサイズで実現できる可能性だってある。「デジタルシミュレーションと仮説検証の手法を身につければ、体験空間を現実世界の1000倍にまで拡げることができる。これって、すごいことですよ」と意気込む波江野先生は、まだまだ次の「おもしろいこと」を探し求めている。

50年後の未来をつくる

私たちの生活になくてはならない自動車。
近年は低燃費で環境に優しい自動車の開発のため、世界がしのぎを削っている。
森先生も長年、企業で効率のよいエンジンの開発に携わってきた。
2010年からは帝京大学で、より人々の生活を見つめる研究に着手している。



ガソリンやディーゼルエンジンの排気を、
キレイにして排出する目的で使用される
セラミック製の触媒担体。
森先生も開発に携わった。



森 一俊 もり かずとし

1973年、東北大学工学部精密工学科卒業。
1975年、東北大学大学院工学研究科精密工学専攻修士課程終了。
1978年、同大学院博士課程を中退し、三菱自動車工業(株)入社。
トラック・バス用ディーゼルエンジンの研究開発に31年間従事し、
2009年4月より現職。

研究テーマ：ディーゼルエンジンの燃料の多様性と排出ガスおよびナノ粒子低減研究

キーワード：ディーゼルエンジン、バイオディーゼル燃料 (BDF)、
排出ガス、ナノ粒子

新米大学教員の意気込み

「先生は話しやすそう」。「新しいことをやるっておもしろそうじゃないですか」。2009年の12月、次年度から新設される研究室に集まってきた学生との懇親会で、なぜこの研究室を選んだのかを聞いてみた。返ってきた答えに、うれしさと同時に頼もしさを感じたという。先生は自動車会社でのエンジンの設計・研究業務に約30年間携わってきた。その経験を活かして帝京大学での研究を継続している。

自動車を動かすためのエンジンの主流は、空気と燃料を混ぜてシリンダー内に入れ、点火して燃やすガソリンエンジンと、空気を圧縮し高温にしたシリンダー内に燃料を噴射して燃やすディーゼルエンジンの2種類だ。現在、燃焼効率が最も高いディーゼルエンジンに着目し、燃料の違いによる燃焼効率の違いやより効率のよい燃やし方について研究している。いずれはバイオサイエンス学科の先生と組んで、バイオディーゼル燃料で宇都宮駅から帝京大学までのバスを走らせるための研究もしたいと話す。また、ハイブリッド車や電気自動車など近年台頭してきた自動車のエネルギー効率の検討も行う。「自動車が好きで長年開発に携わってきた。今度は未来の自動車を学生さんと一緒に考えていきたい」。研究室での活動が軌道に乗り始めた。

ライフスタイルを科学する

また、帝京大学で新しい課題として取り組んでいるのが「ライフサイクルアセスメント (LCA)」の研究。人が生活したり製品をつくったりする際に排出される二酸化炭素 (CO₂) の量を解析し、より排出量の少ないライフスタイルや製品づくりを提案する。森先生

の研究でユニークなのは、個人にフォーカスしていること。日本人は今、平均してひとり当たり年間10tものCO₂を排出している。さらに、アメリカ人が排出するCO₂量はその2倍。先進国のライフスタイルに近づいている中国やインドも今、CO₂排出量が増加してきている。こういったデータから、どの国が何%のCO₂を削減していくべきかといった議論が行われている。しかし、森先生は国の平均を算出するだけでは不十分だと考えている。国際協力の現場などでよく使われる言葉に「Think global, Act local」というものがある。自分の足元、生活や地域を見つめながら、視野は広く世界のことを考えようという意味だ。森先生の研究は、この言葉を実践している。同じ日本人でも、地方で一戸建ての家に暮らし、車を頻繁に使う人と、公共機関が発達している都心でマンションに住む人とは、年間の排出量が違う。年齢や性別によっても排出量は異なるはずだ。ひとりひとりの生活を見つめ行動を変えることがCO₂の削減につながる、と本気で考えている。「何がよくて何が悪いということより、何がどこに向いているのか、向いていないのかをみんなで議論して、方向性をつくっていきたい」。長年自動車開発から環境を考えてきた先生が、さらに地に足をつけた生活から環境を考えている。

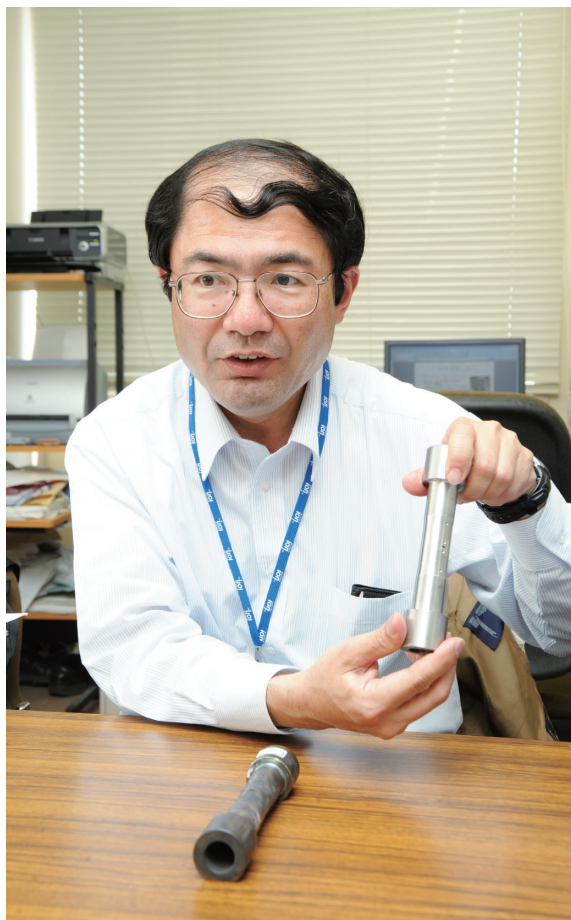
未来を託す仲間とともに

一緒にいる人が思わず笑ってしまいそうになるほどの笑顔で、人を引き込む森先生。プライベートでも還暦記念でニューヨークシティマラソンに出場して完走したり、トライアスロンやダイビングに興じたり、学生もたじたじのパワフルさで活動する一方で、オペラや歌舞伎に美術展を鑑賞、ギターを爪弾き読書に勤

しむなど幅広い分野に通じている。積極的に人生を楽しんでいるように見える森先生だが、昔は仕事の鬼だったという。休日にも仕事に費やす生活を続けるうちに、人と会うことを避ける性格になっていたが、「周りの人のおかげで自分は変わった。人のすごさって他人に影響を与えることなんだということに気がきました」。今、森先生が放っている明るく元気な力は、過去の経験から生まれたものだった。

「ずっと自動車の開発をしてきて、人類には貢献したけれど、地球環境には負荷を与えたかもしれないという自責の念があった。2050年、今の学生さんたちが自分と同じ歳になったとき、彼らの世界はどうなっていると思います？『僕は負荷を与えてしまった。みんなはどうする？』ということと一緒に考えて、議論していきたい。教育に携われば、自分が定年を迎えるまで50人もの若い人たちに影響を与えられる。それってすごいことだと思うんです」。そんな想いで第二の人生に若い人たちと過ごす道を選んだ。

すっかり学生と打ち解けている森先生が、学生たちに伝えたいこと。それは「時代とともに生きている中で多様な価値観を認めあうことが必要になっています。自分を相手に発信しながらも相手への思いやりを忘れない人になってほしい。自分がやりたいことを一生懸命に楽しくやれる人を創るのが僕の夢です」。人類の未来を本気で考えている研究者が、若い仲間たちとともに研究を進めている。



「疲労」のしくみにせまる

長年使っていた鍋の取っ手が、突然付け根から折れてしまった経験はないだろうか。たとえ水をたっぷりを入れていたとしても、その程度の重みで折れるはずがないのに…。原因は、「疲労」と呼ばれるふしぎな現象だ。



亀裂が入った金属材料。

磯貝 毅 いそがい たけし

1990年、東北大学大学院工学研究科にて博士(工学)を取得。同年、帝京大学理工学部機械・精密システム工学科に助手として赴任し、1992年よりケンブリッジ大学大学院へ留学。2010年より現職。

研究テーマ：多軸応力下における高温疲労に関する研究、バイオミメティクスの材料強度への適用

キーワード：高温疲労、多軸応力、き裂成長、疲労寿命、バイオミメティクス、材料強度、破壊形態

金属も疲労する

筋肉と金属、語感似ているが性質がまったく異なるこの2つには、力をくり返し加えることで「疲労」という共通点がある。たとえば運動をしすぎたとき、筋肉に痛みが現れたり、うまくからだを動かせなくなったりすることを疲労と呼ぶ。一方で金属の場合には、一回一回では変形などの影響を与えない程度の小さな力をくり返し長時間に渡って受け続けるうちに、き裂が生じたり変形したりして、最悪の場合壊れてしまうことを疲労と呼んでいる。鍋の取っ手が取れるだけでも熱湯をこぼしてしまうような危険性があるが、飛行機のジェットエンジンなどの場合は、はるかに深刻だ。万が一にも事故を起こさないため、部品には必ず使用期限があり、数か月おきに主要な部品の点検を行っている。しかし現実には、それでも事故は起きてしまう。その原因は、金属の疲労に関する研究が150年以上に渡って行われているにもかかわらず、いまだに不明な点が多いことにある。

加熱して、引っ張り、ねじる

磯貝先生の研究室では、金属に対してできるだけ実際の状況に近い負荷を加え、疲労がどのように起こるのかを詳しく調べている。見せてくれたのは、同じかたちをした金属製の2本の円筒だ。1本はきれいな光沢を持っているが、もう1本は茶色く焦げたような色をして、斜めに細いき裂が入っている。「こちらが使用前、こちらが使用后。この場合だと数万回くり返して力が加わったことで、こうなったんです。色が変わっているのは650℃で実験をしたから」。実験では、高温の電気炉に入れた金属に、引っ張ったり圧縮したりする力と、ねじる力を同時に加えている。

通常の疲労試験は引っ張ったり圧縮したりするだけだが、実際にジェットエンジン内部の部品などを考えると、回転や往復運動などの動きだけでなく、風などにより別の方向の力が加わる。このように2方向以上の力が同時に加わることを「組合せ応力」の状態と呼び、現実の機械部品の多くはこの状態にある。「ただ、この条件で実験をするのは結構大変なんです。専用の装置が必要だから、そんなにやっている人がいない。そのせいで、よくわかっていない部分があるんですよ」。しかし、実用性を考えると、この実験が必要なのは間違いない。現実には即して疲労のしくみを調べるため、2つの力のバランスを少しずつ変えながら、き裂が入り始める時期やき裂の大きさ、それが伸びるスピードなど基礎的なデータを集めている。

コンピュータで原因を探る

実験を行っているとき、き裂の入りにさまざまな違いがあることに気づくという。ある力のかけ方をすると、早い段階で小さなき裂が生まれるが、その後なかなか広がらない。別の場合は、長い時間何も起きないが、一気に大きな割れが起きる。「なんで？って思いますよね。そこは実験結果だけを見てはわからない部分があるので、コンピュータによる解析で何が力なのかを調べようとしています」。まず、細かいブロックの集合として金属部品のモデルをつくる。レンガを積み上げて、大きなかたちをつくるイメージだ。そこに組み合わせ応力を加えたとき、それぞれのブロックにどの程度の力がかかるのかを計算する。き裂が入る場所に、どのように力が集中していくか、き裂が伸びる速さが違うときは、力の加わり方がどう違うのかを解析することで、疲労の原因にせまるのだ。この方

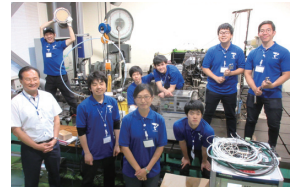
法を使うと部品強度が予測できるため、研究だけでなく部品設計の際にも使われている。

夢は自然に学ぶものづくり

研究の目的は、疲労がどのようなしくみで起こるのかを知り、部品を長持ちさせるための設計方法へ活かすこと。そう考えたとき、現在の工業製品づくりとはまったく違う方法もあり得るのではないかと。そう考えたきっかけは、岐阜県にある世界遺産、白川郷にあった。そこは茅葺き屋根の古民家が立ち並ぶ集落。「根曲がりの木」と呼ばれる、斜面に生えた樹木が雪の重みで曲がったものが、屋根を支える木材に使われている。曲がった木を使うことで、屋根にかかる力をうまく分散させているのだ。「ひとりの人間が考えて実験できることなんて、限界がありますよね。それに対して自然界で起きたこと、歴史の中で何代にも渡って行われてきたことは、はるかに多いですから」。それを学ぶことで、新しいものを生み出せたら…。そんな夢を思い描きながら、磯貝先生は研究を続けている。

未来の自動車技術と優れた人材に夢を託す

自動車を1台作るのに、およそ3万点の部品が必要とされる。
膨大な研究開発で積み重ねた技術が、1台に集約されているのだ。
しかし自動車はまだまだ、技術で進化するはず。
加藤先生は、さらなる技術革新を目指して挑戦を続けている。



エンジン実験室で学生たちと。

加藤 彰 かとう あきら

名古屋工業大学工学部卒業。
本田技研工業株式会社に入社し、開発部門である株式会社本田技術研究所にてエンジンの制御システム開発、エンジン先行研究、ホンダ第3期F1プロジェクトを経て、ディーゼルエンジンの噴霧燃焼研究及びモデルベース適合に関する研究に従事。
同志社大学で博士(工学)学位授与。2018年1月より現職。

研究テーマ：内燃機関やハイブリッドなどの乗用車用パワープラントからのCO₂と有害排出ガス低減技術

キーワード：自動車、パワープラント、エンジン、内燃機関、地球温暖化

次世代の自動車技術の研究・開発がテーマ

加藤先生はずっと自動車業界の最先端で活躍してきた。ホンダに入社後数年は量産車のエンジン制御システムを手がけ、以降は、エンジンの先行研究、F1プロジェクト、ディーゼルエンジンの噴霧燃焼研究など、未来のクルマ開発に関連する業務に携わってきた。しかも、特許では国内50数件、アメリカで30数件が登録されている。まさに自動車技術一筋に歩んできたトップエンジニアだ。

現在も研究テーマとして掲げているのは、次世代に向けた自動車技術の研究開発。環境を守り持続可能な社会の実現のため、内燃機関やハイブリッドなどの乗用車用パワープラントから発生するCO₂と有害排出ガスの低減技術について研究・開発・確立を目指す。

「どのような走り方をすれば、CO₂と排出ガスを低減させられるのかを、ヨーロッパで導入されているReal Driving Emissions(実路走行排気試験)によって検証をしていきたいと考えています。この試験は、実車に排気ガス分析計を取り付けて、一般の道路を走ってNOxやPM、CO₂などの排出量を計測するといふものです」。

また、自動車そのものだけでなく、スムーズで無駄のない交通状況を実現するための、車両運行情報の流れを最適化するための研究や、どのようなモビリティ(交通手段・移動手段としての乗り物)が地域にとってCO₂排出削減と生活レベル向上の両立を実現するのか、といった範囲にまで、先生の研究意欲は広がる。

「もちろん、エンジン本体の研究も忘れてはいません。流体や熱の移動による現象を解析する三次元ソフトを使って、有害排出ガスの少ないディーゼルエン

ジンの燃焼技術を、同じく機械・精密システム工学科の森一俊先生の研究室と共同で研究してきたと思っています」。

エンジニアとしての熱い探求心は、ホンダを離れた今もなお健在だ。

自動車業界の明日を担う人材を一人でも多く

帝京大学宇都宮キャンパスでは、2015年に工学系クラブ「帝京フォーミュラプロジェクト」が発足。学生たちが自ら設計・製作したレーシングマシンの競技会である「全日本学生フォーミュラ大会」への出場を目標としてきた。2017年に開催された全日本学生フォーミュラ大会では、大会初出場で車検を見事クリアして初走行を果たし、次の大会に向けて期待と注目が集まっている。

先生も着任後、「帝京フォーミュラプロジェクト」の担当となり、かつてホンダでインディ500やF1プロジェクトに関わった経験を活かし、学生たちと共に挑戦していく想いを強くしている。何よりも、実際に国際的なレースに参加した先生の存在は学生たちにとって心強いだろう。

さらに、今後の研究テーマとして検討している最中だが、自動車レースに関する分野として、サーキットシミュレーションやレースマネジメントについても手がけていきたいとのこと。

そして将来、自動車業界に進みたいと望む学生たちの後押しをしていきたいとも考えている。

「このプロジェクトに参加するのはその一環でもあります。モノづくりの楽しさややりがいを感じ取ってほしい。講義と実践を通じて、日本の自動車産業の明日を支えていくエンジニアを一人でも多く、宇都宮

キャンパスから生み出せたら…。それも私の夢の一つです」。

栃木県内には自動車関連企業が多く立地することから、自動車関連メーカーの技術者とのコラボレーションを積極的に行っていくことも視野に入れている。自動車業界や関連メーカーを目指す学生にとっては、この上ない条件が整っているといえるだろう。

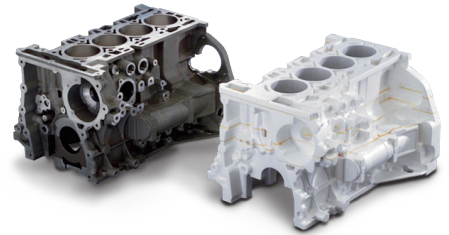
「ここから巣立っていった学生たちがエンジニアとして活躍するようになって、自動車技術の講演に来てもらったり、再びこの研究室で共同研究ができれば、こんな嬉しいことはありません。夢を持って努力する人には、私も全力で応援やサポートをしていきたいと考えています。自動車業界を大きく変えるような試みに挑んでみたいと思うなら、尻込みしないで積極的に大きな夢に向かって一緒に進んでいきましょう」。

夢の実現こそが、先生を突き動かす原動力でもある。熱い想いを持った若い力が、宇都宮キャンパスに集まってくることを先生は心から願っている。



実験で支える産業の未来

頃安先生が研究するのは、「消失模型鋳造法」。
発砲スチロールの模型をもとにして、目的のかたちの金属を製造するのだ。
しかし、「消失模型」の名の通り、金属成形が完了すると同時に、
その模型は消えてなくなる。
いったい、どんな方法なのだろうか。



頃安 貞利 ころやす さだとし

1988年、大阪府立大学大学院工学研究科化学工学専攻博士
後期課程修了。工学博士。
1989年より帝京大学理工学部助手として勤務。
2004年、同講師。2009年、同准教授。2015年より現職。

研究テーマ：アルミニウム合金の消失模型鋳造法における湯流れに関する研究
キーワード：鋳造工学、消失模型鋳造法、アルミニウム合金、流動・伝熱

発砲スチロールと金属が置き換わる

高温にして溶かした金属を、「^{いがた}鋳型」という型に入れて冷やし固め、目的の形状にすることを「^{ちゅうぞう}鋳造」という。多くの金属部品はこの方法でかたち作られており、その「鋳型」にはいくつか種類がある。

頃安先生が見せてくれたのは、複雑な模様が入った金属製と発砲スチロール製の2枚の円盤。その2枚は、まったく同じかたちと大きさをしていた。通常、鋳物をつくる場合には、鋳型を分割し、流し込んだ金属が固まった後にそれらを合わせるという操作を行う。しかし、「消失模型鋳造法」という方法の場合は、砂を満たした容器の中にこういう発砲スチロールの模型を埋め込んで、溶かしたアルミをそのまま流し込む。すると、このアルミの熱で徐々に発砲スチロールが溶けてガス化し、空洞になっていき、ここにアルミが置き換わっていく。最終的には、その発砲スチロールの模型とまったく同じかたちのものができ上がるのだ。

製造にかかる時間もコストも削減

この方法を用いれば、模型とまったく同じものができるとするのはもちろん、他にもメリットは多い。まず、これまでの鋳型を用いる方法では不可能だった複雑な形状のものをつくれること。そして、「^{きがた}ばり」といって鋳型からはみ出して薄い板状に固まってできる突出部ができないこと。また、後加工が必要ない最終的なかたちのものが一気にでき上がるため、普通の鋳造工場では必ず出る削りくずが出ないのも特長だ。さらには、鋳型の型をとる木型をつくる必要がないので、鋳型をつくるのに要していた費用とおよそ1か月という時間を節約することができる。

しかし、日本の市場に出ている金属部品のうち、「消失模型鋳造法」でつくられたものはおよそ1%だ。工業用マシンのボディや水道バルブ、自動車のモーターケース、文字が浮き出たデザインの表札の類など、形状が非常に複雑なものにのみ利用されている程度に過ぎない。その一方で、中国やアメリカでは多く取り入れられている。たとえば、アメリカの大手自動車メーカー、ゼネラルモーターズの「サターン」に搭載されているエンジン部品は、20年以上前からすべてこの「消失模型鋳造法」でつくられている。日本で「消失模型鋳造法」が広がらない要因は、他の鋳造法や加工技術が発達しているから。「^{くつ}鋳物職人さんの腕がよくて、複雑なものでも器用につくってしまうんです」。今の技術で十分なものができ上がっているうえに、採算も取れている。だからあえて新しい技術を取り入れようとはしないのだという。量産される自動車にすぐに用いるのは難しいかもしれない。しかし、短期間で何度も改良が必要なF1エンジンなどに対しては、金型を起こさなくても簡単にすぐに改良できるというメリットが活かせるはずだ。

金属の温度変化を追う

メリットの多い「消失模型鋳造法」だが、実際には、アルミが流れていく過程で熱が奪われて固まってしまう、止まってしまう現象が起こることがある。頃安先生の研究室では、それを防ぐためにどうしたらいいか、実験によりその方法を確立しようとしている。発砲スチロールの模型にところどころ温度センサーを挿し込み、流れて行くアルミの温度変化を時間的に追う。模型の周りに保温性のよい断熱性コーティング剤を塗ったり、模型を埋める砂を鉄の粒にしたりと

いった対策を施し、最もよい条件を探していくのだ。実際に、保温性のあるコーティング剤を用いることで、温度の下がるスピードが2分の1になったという。さらに検討すべきポイントとして、「通気性」がある。通気性がいいとガスが抜けやすいため、速く空洞ができる。その分、アルミが速く置き換わると考えられるのだ。「断熱性ばかりが目立っていて通気のことはいわれられていませんが、そういうアプローチもひとつの方法だと思います」。

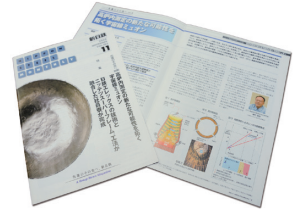
実験で常識を確かめる

この分野の研究は、工業的にどういうところが問題になっているかということを認識して、その対策として現在いわれていることを実験で確かめていくという側面が強い。たとえば、「消失模型鋳造法」では薄いものをつくるのが苦手という問題がある。薄くなっている模型の細部までアルミを流し込む必要があり、そのために従来から解決策が練られてきた。しかし、その方法で実際にやってみなければ、本当に解決できるのかわからない、と頃安先生は言う。「常識的にいわれていることが、実験をやってみて初めて、そうではなかったとわかることもあるんです」。こういった実験を行うことで、鋳造法の発展に寄与したい。頃安先生は、鋳造法の未来を静かに、しっかりと見つめていた。



モデルとシミュレーションで、見えない現象を「再現」する

目には見えない現象について考えるとき、
私たちは頭の中でさまざまな想像をめぐらせる。
しかし、篠竹先生は想像でものを語らない。
目には見えない現象を、目の前に「再現」する方法を選ぶのだ。



前職で篠竹先生の携わった仕事が掲載された社内冊子。

篠竹 昭彦 しのたけ あきひこ

1985年、東京大学大学院工学研究科反応化学専攻、修士課程修了。
1985年、新日本製鐵(株)(現・新日鐵住金(株))に入社、製鉄プロセスの研究開発に従事。
2003年、東北大学にて博士(工学)を取得。2013年4月より現職。

研究テーマ：燃焼・伝熱プロセスにおける燃料転換と効率化に関する研究
キーワード：燃焼、伝熱、環境、エネルギー、資源、製鉄、高炉、熱流体

宇宙線で、高炉内部を透かし見る

篠竹先生は製鉄の現場で長年、「高炉」の内部観察の研究に携わってきた。高炉とは、鉄の材料を高温で溶かして「銑鉄」を取り出す設備のこと。大きなものでは直径15～20m、炉本体の高さが30mもある、巨大な入れ物である。筒状の高炉の上部から、鉄の原料である鉄鉱石と還元材としてのコークスを入れ、下部では高温の空気を送り込んでコークスを燃焼させる。一番下の層では1500℃もの高温でドロドロに溶けた銑鉄がたまる。大きな高炉では、1日1万トン以上もの銑鉄が生成されている。

高炉は、一度操業を始めると、24時間運転でおよそ15～20年間、連続操業される。その間、熱などにより、炭素レングでできた高炉内部は傷み、すり減っていくため、操業を停止したときは、高炉そのものを取り替えるときだ。高炉の寿命を延ばし、安定した操業を行うことを考えたとき、高炉内部の状態を理解することは極めて重要である。しかしながら、非常に高温で鉄の原料が反応している高炉内部にはセンサーを入れることもままならず、中の様子を直接測定したり観察したりすることは困難だ。そこで、篠竹先生が得意とするモデル実験と計算機シミュレーションが有用となる。

高温になった鉄の代わりに、水モデルを用いて高炉内部の気体、液体、固体の流れ、温度分布や熱の移動を調べる実験を行う。これに、銑鉄の物性や高炉のスケールにポイントを合わせた計算機シミュレーションを行うことで、高炉内部の様子を再現することができるのだ。

篠竹先生がこれまで取り組んできた高炉内部を観察する手法のひとつとして、宇宙線「ミュオン」を用

いた内部透視観察がある。素粒子の一種であるミュオンの高い物質透過性を利用して、高炉内部の様子をレントゲンのように撮影、透視観察するというものだ。物質の密度と長さによってミュオンの透過率が異なるため、内部の構成物質やその量、構造的配置を推定・算出することができる。実際に、この手法による解析結果をもとに、現場では高炉操業の改善が図られた。

目に見えないものを、見えるかたちに

「高校時代は数学が好きだった」と話す篠竹先生。理工系に進学しようとは考えていたが、化学の道に進むことを決めたのは大学の研究室配属のときになってからだ。大学で学ぶ数学は、高校で習う数学と比べて抽象的。それよりも、現実世界に近い実学の計算に興味を向き、卒業研究には「燃焼」をテーマにした研究を選び、物体が燃えるときに起こる、液体の蒸発や連続的な燃焼、伝熱シミュレーションの研究に取り組んだ。研究対象をモデル化し、実験で得た測定値を検証に用いてシミュレーションすることで、直接調べることでできないさまざまな現象を目の前に「再現」することが可能となる。見えないものを目に見えるかたちに置き換えて理解を深める、という現在の研究でも基盤となっている視点は学生時代に培われていた。

ある先輩の紹介で製鉄工場に見学に行ったとき、化学反応の知識が役立つ分野が多くて、おもしろそうだと思い、就職先を決めた。その時点ではどんな仕事をする部署に配属されるか、まったくわからなかったが、たまたま最初に研究所に配属された。それから製鉄プロセスの研究一筋。現場に寄り添いながら、

そこで起こる事象の原理・原則を説明していく。企業での基礎研究のスタンスは自分に向いていたようだと言先生は振り返る。

マクロな視点で、未来のエネルギーフローを考える

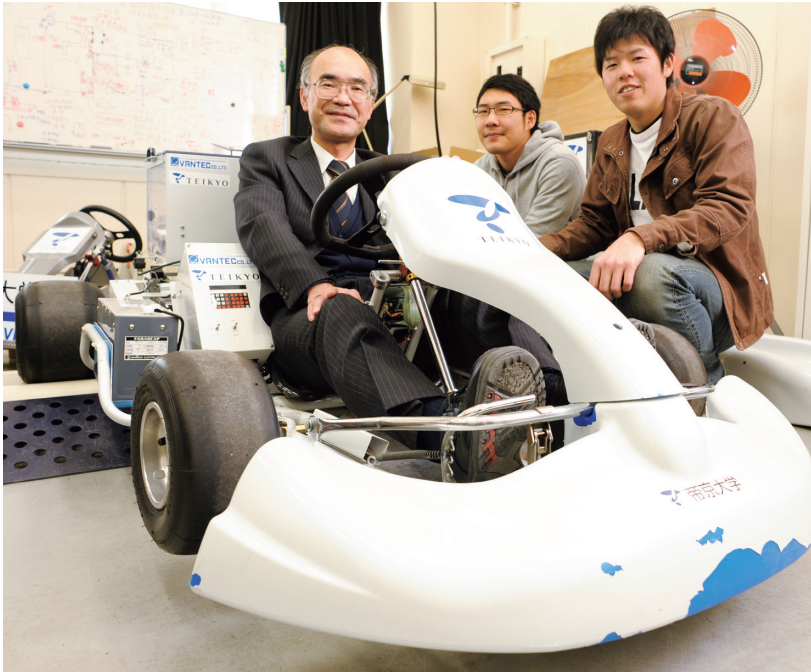
今後は、「環境・エネルギー問題の解決に取り組んでいきたい」と篠竹先生は語る。CO₂排出量の問題や地球温暖化が叫ばれるなか、原発でも火力発電でもない、新たなエネルギー生産体制の確立が急務となる。「製鉄企業では、ある過程で排出された熱を別の過程で使用するなど、すべてのエネルギーをうまく使い回しています。発電・燃料のエネルギー循環にまったく無駄がない。このしきみを社会全体に転用すれば、より効率的なエネルギー循環のしきみをつくることのできるのでは」。そのためにまずは、現代社会でエネルギー源として何がどれだけ買われ、どのように消費され、どんなふうに移動していくのかをモデル化する。そして、エネルギーの流れをどのように変化させることが社会全体での省エネ、CO₂削減につながるのか、シミュレーションにより最適なかたちを見出していく。得意のモデルとシミュレーションを駆使し、現在のエネルギー循環を可視化することで、これからの社会を支える新たなエネルギーフローの構築を目指す。

経験でしか得られない現場力が人を養う

性能は信頼できて当たり前になっている現代の自動車。

この信頼性を築き上げてきたのは、技術者たちの努力だ。そのひとりとして活躍してきた青木先生は、「卒業研究に取り組む1年間は社会人になる準備をする期間だと考えているんですよ」と語る。

最前線で磨いてきた技術者としてのセンスが、現場で通用する次世代を育て上げる。



青木 昭夫 あおき あきお

武蔵工業大学大学院を修了し、日産自動車株式会社に入社。テクニカルセンターで設計や信頼性等の技術支援に従事した後、日産自動車整備専門学校(現・日産栃木自動車学校)へ異動。また、武蔵工業大学(現・東京都市大学)で博士(工学)を取得。2006年より帝京大学理工学部勤務。現在准教授。

研究テーマ: 品質工学による水素燃料電池・モータ・バッテリーを用いた小規模移動体用駆動系の最適化

キーワード: 品質工学、水素燃料電池、カート、PEFC、スタック、モータ、電気二重層コンデンサ

新しい価値を持ったモーター駆動系の開発

自動車やバイクを動かすために必要な動力は、ガソリンを使うエンジンで生み出されるのが一般的だ。最近では、排気ガスに含まれる二酸化炭素やその他の有害物質の問題から、電気自動車やガソリンエンジンとモーターを併用するハイブリッド車など、排気ガスの問題が少ない自動車が道路を走るようになってきた。これらの乗り物に共通するのは、電気でもーターを回して動力を発生させている点だ。性能を上げる場合、電池の寿命を延ばす、発電効率を高めるといった、電気のお蓄・発電のしくみを改善していく方法が挙げられる。それ以外に、モーターの回転を効率的に推進力に変えてスピードを上げる、電気の使用量を減らすといった性能向上を目指す選択肢もある。青木先生が行っているのは後者だ。モーターの回転をうまく推進力に変えるために、駆動系の最適化を目指している。「モーターという、電気を専門にしている人がつくるといふ考えが一般的かもしれませんが、私たちの機械・精密システム工学科は、機械をつくることを専門にしている学科ですから、理にかなったかたちを出発点にして、そこに電気という要素をプラスしていくことが肝心なんです。機械の専門家として、強度や力の伝わり方といった機械としての要素を取り入れつつ、電気のことまで理解したうえでモーター駆動系をつくらうというのが、私たちの目指すところです」。現在、水素燃料電池カートの開発とハイブリッド型原付バイクの開発を行っている。水素燃料電池カートでは、栃木県の燃料電池メーカーである株式会社バンテックと協力して、水素燃料電池の電気エネルギーを効率的に使う駆動系を開発している。また、ハイブリッド型原付バイクでは、市販の原付バイクに後付けで

モーターを追加し、モーターとエンジンの使い分けによって排気ガスの排出量が少なくなるシステムの実現を目指している。実用を意識した研究が青木先生のスタイルだ。

部署の異動で鍛えた現場力

将来的に電気エネルギーで動かすものが残っていくだろうし、そのなかでも動力を生み出すモーターは重要でおもしろそうだ。そう考え、学生時代はモーターの研究に取り組んだ。卒業後に入った日産自動車株式会社では、電気・電子関係部品の設計を扱う部署に所属し、開発の日々を過ごす。

入社後5年目に転機が訪れた。部品が正しく動くように管理するのは現在では当たり前だが、当時は今ほどの管理がなされていなかった。その頃急激に進み始めた自動車の電子化に合わせて、電子製品が正しく動くことを保証する必要が求められるようになる。そこでプロジェクトメンバーのひとりとして名前が挙げたのが、電気関係に強みを持つ青木先生だった。この転属がきっかけで、以後社内外を問わず日産製品の信頼性を向上させる業務の最前線に立ち続けることになる。はじめは電子部品だけだった仕事も、気がつけば自動車全体の信頼性に関係するまでに至った。その中で、日産自動車に部品を納入していた大手メーカーの常務を相手に工程の改善点を指摘したこともあった。

目指すは、一緒に働きたいエンジニア

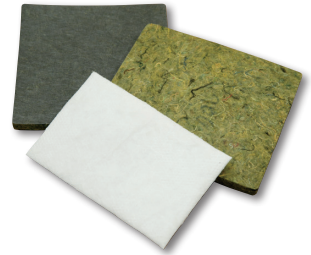
常に製品開発の最前線で働いてきた経験は、2007年から帝京大学で学生を指導する中でしっかりと生きている。あるとき、モーターなのに発電してい

るというデータを学生が持ってきた。電源から電気を供給した場合、モーターは電気を消費するのが一般的。発電するということが何か別のことが起こっているはずだ。測定器の電源を入れてすぐに計測を行ったために測定器が安定しておらず、通常なら出さずはないデータが出たことを青木先生は知っていた。しかし、解答はすぐに与えない。「理論的に起こりうることなのかと聞いてみるわけですね。理論的に起こらないのであれば、なぜ起こったのか自分で考えてみる。それでわからなければ、なぜなのかをグループで話し合ってみる。そんなふうに、なぜと聞いてみるわけです」。ひとつのことに対して、「なぜ?」と3回は聞いてみるのが先生の流儀だ。開発の最前線で活躍するようになると、自分が第一人者。上司に聞いたからといって、明確な解答が返ってくるとは限らない。そんなとき、自分自身に問う力、グループで相談する能力が必要になってくる。なぜと問うことを通して、この力を身につけてもらうのが狙いだ。現場を知り尽くしているからこそ、本当に会社で必要とされる力を学生に伝えることができる。「単なる知識ではなく、プロセスを考えることができ、それを上司と共有できる。入社したばかりでも、すぐに一緒に働きたいと思うエンジニアを育てることが目標です」。こう語る先生のもとには、新しい駆動系の開発に取り組む情熱を持ったエンジニアの卵たちが集う。



自動車が奏でる音の世界

富士重工業の自動車部門に約13年間勤務。自動車の振動、騒音問題について研究してきた黒沢先生の趣味は「音楽」。
自動車を楽器に見立て、静かで軽い、
人にも優しい構造の開発を目指している。



自動車に用いられる吸音材。

黒沢 良夫 くろさわ よしお

名古屋大学理学部数学科、筑波大学大学院物理学研究科修了。
富士重工業(株)にて振動騒音に関するCAEの研究・開発、
自動車の振動騒音に関する開発に従事。2004年に博士(工学)取得。
2012年5月より現職。

研究テーマ：自動車の静粛性、防音材の音響性能予測、弦楽器の振動、音色、防振手袋の開発
キーワード：音響、振動、自動車、防音材、CAE、FEM、弦楽器、防振

試作の前に予測する

自動車などの「もの」をつくるとき、まずは機能や性能の目標を決め、設計し、試作品をつくり、実験によって狙った機能や性能を実現しているかどうかを確認し、修正点を見つけ、また試作して……という工程をくり返す。そんななか、黒沢先生が取り組んできたのは、CAE (Computer Aided Engineering) という手法だ。コンピュータを使って、試作品をつくる前にさまざまな条件を検討して仕様を規定する、「もの」がない状態でその性能を予測し設計するというものだ。試作と実験の大部分をコンピュータシミュレーションに置き換えることによって、開発スピードが上がる、試作の回数が減ってコストの削減ができる、などのメリットがある。

黒沢先生が動いていた富士重工業の自動車部門では、レガシーやインプレッサ、フォレスター等の車種について、5～6年に1回の頻度でフルモデルチェンジを行っていた。その際、現在販売されているモデルを基本にして、新しい部品を追加したり、パネルの板厚を変更したり、などの設計変更をコンピュータ上で行い、衝突、空力、操縦安定性、乗り心地、振動、騒音などの性能がどう変化するかをシミュレーションするのだ。

1か所の変更によって、すべての項目において性能が上がればよいが、こちらを立てればこちらが立たず、ということが必ず出てくる。たとえば、サスペンションのゴムをやわらかくすれば振動は伝わりにくく(小さく)なるが、走行中の急なカーブ等では車体が大きく揺さぶられるため操縦安定性は悪くなってしまう。また、歩行者との交通事故では相手の頭がボンネットに当たる場合がある。衝突の衝撃でもエンジンブロッ

クなどのかたい部品に頭が当たらないよう十分なスペースが必要なため、吸音材を配置できなくなったりする。さらに、コストを抑え、重量を軽くして燃費をよくすることも重要だ。基本的には車内を静かにするには壁(たとえば窓ガラス)を厚くすればよいが、それでは重量・コストばかり上がってしまう。いろいろなモデルをつくって、すべての項目について目標性能をクリアできる仕様を検討していく。

目立つ音を抑えれば「うるさくない」

静かなほうがいいとはいえ、「まったく音の聞こえない」自動車の実現は無理だろう。そこで、ただ「静か」にするのではなく、「音色のいい」「うるさく感じない」自動車をつくる、という方向性も大切だ。「音量よりも、実は周波数(音の高さ)が大事なんです」と黒沢先生は言う。人間の耳が敏感な周波数は1000～4000Hz。この範囲に含まれる音は目立つため、うるさく感じやすいのだ。さらに、聞こえやすい周波数には個人差があり、年齢によっても違いがあるという。「年齢が高くなると、高い周波数の音が聞こえにくくなるのです。各車種にはだいたいこれくらいの年齢の人が乗る、というターゲットの年齢層が決まっているので、それに合わせて特にどの周波数の音を抑えるべきか考えます」。また、走行中ずっと回転しているタイヤからの騒音より、アクセル操作で音量が変わるエンジン音の方が目立ちやすい。そのため、タイヤからの騒音を抑えるより、エンジン音を抑えたほうが、うるさく感じにくかったりするのだ。

バイオリンが鳴るしくみを研究に重ねて

小さいときから趣味で音楽に親しみ、大学ではバイ

オリンを弾くようになった。もともと、自動車や振動の研究に関心があったわけではないが、自動車もバイオリンと同じようなしくみで音が出ていることに気づいてからは、見える世界が変わった。バイオリンは弦の振動が駒へ、そして表板・裏板へ伝わって本体の空間と共鳴して音が放射される。自動車も、タイヤからサスペンション、ボディパネルへと振動が伝わり、ボディパネルから車室空間へ音が放射されており、振動と音が複雑に作用している。また、バイオリンは弓の毛が弦の上を滑ったり引っかかったりする「スティックスリップ」により弦が振動するが、プレーキの「鳴き」やワイパーのびびり振動も「スティックスリップ」が原因だ。「ただ、バイオリンは同じ強さで弾いたら大きい音が出る方がよい楽器ですけど、自動車は入力される振動が同じなら出る音は小さい方がいいです。どちらも『心地よい音』にできるのがよいですね」と黒沢先生は笑う。

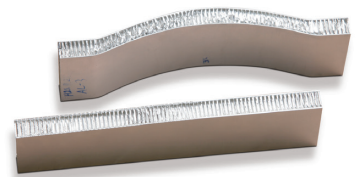
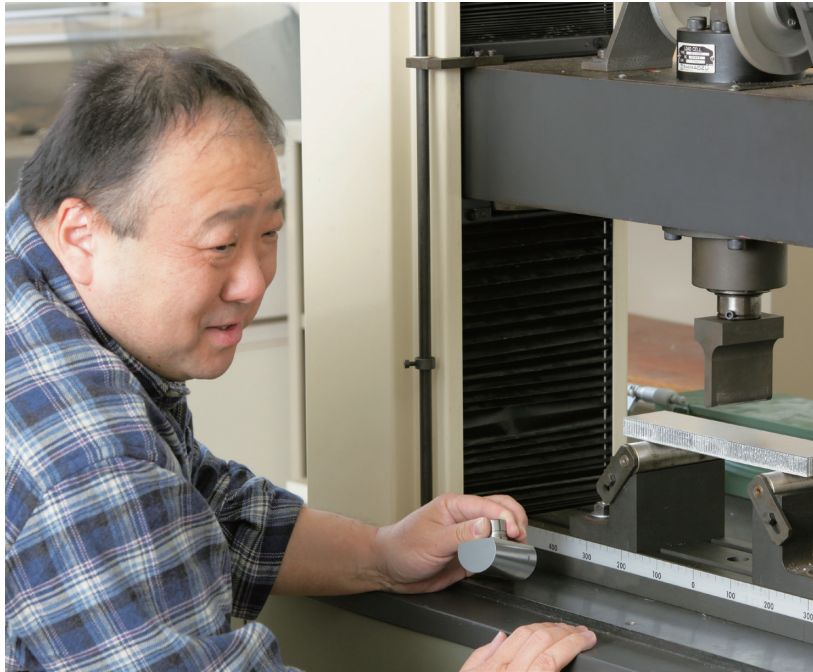
今後は、自動車の騒音予測をCAEの計算によって実現したい、と考えている。この素材の吸音材をエンジンルームのここに貼ると、この周波数の音がこれだけ抑えられる、とか、この形状のパネルにはこういう吸音材を積層すると振動も音も抑えられる、といったことをモデル化し、計算するのだ。「素材を重ねたりすると吸音できる周波数が変わってきたり、まだまだわからないことがたくさんあります」。黒沢先生は研究に趣味を重ねて楽しんできたが、プログラミングが好きな人、自動車をいじるのが好きな人も楽しめる研究なのだ。

加工技術で世界に先駆ける

すっきりと片付けられた広い机。

背の高い本棚には、ぎっしりと専門書が並んでいる。

学生とのゼミも行うという研究室でにこやかな笑顔とともに迎えてくれた日野先生は、大学から未来の技術者が育つことを願っている。



日野先生の研究材料、ハニカム材。

日野 裕 ひの ひろし

1984年、宇都宮大学大学院工学研究科機械工学専攻を修了。
(株)シャープにて半導体開発に従事。

1989年より帝京大学理工学部に勤務。現在に至る。

研究テーマ：セル構造体の精密塑性加工、ハニカム構造材の曲げ加工
キーワード：セル構造体、アルミニウム合金、ハニカム材、曲げ加工、塑性加工

将来を見据えて選んだハニカム材

日野先生の研究室では、アルミハニカム材の「曲げ加工」について研究を行っている。「ハニカム」構造とは、ハチの巣のように薄い壁の正六角形がすきまなく並べられている状態。それが板状になっているものをハニカム材という。同じ体積の金属板と比べ、正六角形の穴が開いている分、軽くなる。飛行機の翼や胴体の部分などに用いられているのだが、そのように滑らかなカーブを持ったハニカム材をつくりたい場合、最初からそのカーブに合わせてつくる。しかし、自動車のボディのようにもっと大きく複雑な加工が必要な際には、まっすぐなハニカム材を目的のかたちに曲げることが必要だった。ところが、ただ単に力をかけて一気にぎゅっと曲げてしまうと、一部分だけへこんだり歪んだりして、きれいに曲がらない。それを簡単に効率よく、低コストでできるように曲げ加工の条件を検討しているのだ。

数年前、最初にこの研究に取りかかった学生がまずやったのは、機械にかけてアルミハニカム材を押しつぶしてみることに。まずはどのようにつぶれていくかを見てみようと考えたのだ。その結果、ハニカムの六角形を構成している薄いアルミ壁の高さと薄さの関係によって、つぶれ方が違ってくるということがわかった。「ハニカム材そのものは古くからある材料であるため、力学的な考察はある程度でき上がっているんですが」と専門書のページをめくりながら話を続ける。「それは、大きくぐにゃっと曲げてしまうと、べしゃんこになってしまうとか、そういう大きな変形については想定されてなかったようなんです」。そのため、加工の条件をシミュレーションしようにも、使える力学モデルというのがまずない。そのため、現在は実際に

やってみてデータを集めている段階だ。

最近、燃費や使い勝手などの向上のため、より軽量な材料を使おうという動きがあるが、コストの関係もあって自動車のボディなどにハニカム材が使われている例はない。しかし、将来ハニカム材がその材料の候補に上がった場合、日本だけがそういう加工技術の指針を持っていれば、世界に先駆けて利用することができる。「ちょうど、ハイブリッド車で日本が世界を先駆けたように」。だから、ハニカム材が加工できるという事実とその方法を示しておきたいのだ。

技術者を育てる

「中小企業の方たちが苦勞しているんです。すごい技術があるんですけど、なかなか世間様に評価されない」。以前、新聞記事でパラボラアンテナのカーブをきれいに曲げて出すなど深絞りのような技術やオリンピックの砲丸投げで使う砲丸をつくる技術など、日本の技術者が紹介されているのを見てうれしく思ったという。

砲丸は、鉄のかたまりを丸く削り出してつくる。外国製のものは機械で削り出しているのだが、金属は完全に均一ではないため、日本では職人がひとつひとつ手作業で行っているのだという。球の重心がどこにあるか、職人は加工しながらそれを知ることができるため、少しずつ調整して球の真真中に重心がある砲丸をつくることができるのだ。日本製の砲丸が、最もよく飛ぶのだという。オリンピックのときに日本製のものを十数個会場に送ったら、各国の選手が気に入って持ち帰ってしまい、ひとつも残らなかったそう。「そういうふうなもののづくりに、ちょっと元気になってほしいな、という気持ちがあります」。技術力のある

人間を育てるのには、かなりの時間を要する。その割にはあまり評価されていないという現状を変え、この分野に参加する人たちを増やしたいと考えている。

大学の仕事は「地図を描く」こと

アルミハニカム材に着目した理由は、「まだ世間から注目されていないから」。ただ、単純に世間で注目されたら大学では研究しない、というわけではなさそう。大学と企業での研究には、ある程度棲み分けがあると日野先生は考えている。「大学の研究者がやるのは、企業の方と競り合うということではないと思います。強いて言うなら大まかな地図を描くような作業ですね。その地図をもとにお宝を探しに行くというのが、企業の人の責任です」。ある材料の加工方法を開発すること、それで生じた問題点と解決策を明らかにすること。これを学会や論文で発表しておけば、後は、企業の人々がそういう知識が必要になった場合にそれを使うことができる。

日本の機械系の企業がいつでも利用できるような知識を大学でたくさん蓄えて、日本の国力を高めるような方向にもっていくことが目標だ。近い将来、日野先生の研究室からも研究成果が示された「宝の地図」が生まれるだろう。



「歩く」を極める

テレビなどで見かけるロボットは、どれも電気エネルギーを使って動いている。しかし、世の中には電気エネルギーを使わずに動けるロボットが存在する。池俣先生が研究を進める受動歩行ロボットは、その仲間のひとつだ。



池俣 吉人 いけまた よしと

2006年3月、名古屋工業大学大学院工学研究科修了、博士(工学)を取得。
2006年4月より同大学に研究員として勤めた後、
2008年5月より、同大学トヨタロボティクス・ハブティクス研究所特任助教。
2011年6月から筑波大学大学院システム情報工学研究科助教。
2012年1月より現職。

研究テーマ：受動歩行ロボットに関する研究、受動歩行原理に基づいた歩行支援機の開発
キーワード：歩行ロボット、受動歩行、歩行原理、平衡点解析、歩行支援機

電源がいらない歩行ロボット

二足歩行で立派に動く ASIMO のようなヒューマノイドロボットに憧れてロボットを研究しようと思った池俣先生がいま取り組んでいるのは、電気エネルギーを使わずに歩行を再現できる受動歩行ロボットの研究だ。自分で動力源を持たずに歩くことから「受動」歩行という名前がついている。

私たちが歩くとき、脚の上げ下げがどうしても必要になる。電動歩行ロボットはこの動きを電気エネルギーで行っている。一方、受動歩行ロボットはゆるい傾斜のついた坂や、ルームランナーのような健康器具に設置すると、ロボットの電源を入れなくても歩くのだ。とても軽快に右、左と交互に動く足は、まさに人が歩いている様子を思わせる。実は、池俣先生はこの不思議なロボットの世界記録保持者である。2010年に世界で最も長く歩いた受動歩行ロボットとして世界ギネスに認定されているのだ。そこに行き着くには、「歩く」という動作を極めようとする挑戦の日々が隠されていた。

ギネス記録認定までの道のり

現在、一般的に見られる歩行ロボットは、からだにかかる力や状態をセンサーで感知して、関節の角度や、どのくらいの速さで関節を動かすかといったことを制御している。これを左右の足で、交互にくり返すことでバランスをとって歩いているのだ。一方、受動歩行ロボットはセンサーを利用することなく、つまりからだの状態を制御せずに、転ばない安定な状態を維持して歩くことができる。実は、歩くことでバランスをとっているのだ。たとえば、ゆるい下り坂にロボットを置いたとしよう。立っていると、前に倒れるように力

が働く。すると、片方の足が前に出る。前に出した足が地面に着くと、その足の方に重心が移動する。そのまま次の足が出てこないと倒れてしまうが、ちゃんと次の足が出てくるので今度はそちらの足に重心が移動する。これをくり返すことで、ロボットが前に歩くというわけだ。この研究の歴史はまだ浅く、1990年にカナダの Tad McGeer 博士が実験的に証明したのが初めてだ。

実は McGeer 博士の試作機を参考に池俣先生の受動歩行ロボット開発は始まった。それほど難しいことではないのかと思って始めたロボット開発だが、困難を極めた。「いざ研究を始めてみると、ロボットの重さや歩き出しのバランスを保つのがいかに難しいことであるかを思い知らされました」と当時を振り返る。そんな実験の日々を重ねるなかで、「ロボットを試行錯誤的に開発するのではなく、受動歩行がなぜ歩けるのかをまず理解し、その歩ける原理に基づいてロボットを開発すれば安定に歩くのではないか」という考えに至った。そこで、池俣先生は受動歩行の歩ける原理について解析を始めたが、ロボットの開発以上の困難が待ち受けていた。「いろいろな解析を行っても、なかなか原理がわからず、あっというまに1年半が過ぎた」と当時を振り返る。「研究の大きな突破口となったのは、ある本の一文『複雑に考えるな。単純明快に考えろ!』との出会い」だという。研究の突破口やヒントは、身近にあるのかもしれない。原理に基づいて簡単な部品を加えた受動歩行ロボットは、見事に傾斜のある床の上を35分間、ゆうゆうと歩いた。それが2005年。それから4年後、池俣先生の努力の結晶である受動歩行ロボットは13時間45分(約10万歩)の連続歩行を達成し、同記録はギネス世

界記録に認定された。

人を知り、人の社会に活かす

「受動歩行の動きを観察していると、人の歩き方によく似ていると思うんですよ。そこで、人の歩き方をもっと研究してロボットに活かすことでより安定して長い時間歩けるようになるのではないかと考えています」と池俣先生は言う。現在は人の歩行を観察して、ロボットの動きに活用する研究や、歩くということを3次元で考えたときに、どのような力がひざや足にかかっているかということを調べる基礎研究を進めている。その成果を、将来的には歩行支援や義足の技術への応用を考えているそうだ。

池俣先生は、社会に役立つロボットの研究・開発には横断的な研究が必要になってくると考えている。社会で問題になっていることを解決するために、いろいろな分野の研究者が力を合わせることで、ひとりでは考えつかなかったアイデアが浮かぶこともある。たとえば、歩行で考えてみても、ロボットの研究者とからだの運動機能の研究者では見方が違うだろう。こうした、違う分野どうしの研究者が交わることがますます重要になると考えているのだ。学生と刺激し合いながらお互いの成長を促せる環境をつくりたいという先生のもとから、新しい歩行ロボットと未来のロボット研究者の卵が生まれてくるのが楽しみだ。

微細な世界を切削加工で浮き彫りにしていく

技術を追求していくことで、未知の世界を目の当たりに。

まったく異なる切り口が、自身が追い求めていたものの道しるべとなった。

大野先生は最先端の研究を通じて、誰も足を踏み入れたことのない領域を目指していく。



大野 威徳 おおの たけのり

東京電機大学大学院先端科学技術研究科 博士後期課程修了。工学博士。

津山工業高等専門学校機械工学科講師、九州産業大学工学部機械工学科講師を経て、2014年より現職。

研究テーマ：硬脆材料の微細曲面加工

キーワード：光学ガラス、ボールエンドミル切削、集束イオンビーム加工

ナノテクノロジーでも注目を集める切削

日本がモノづくりに関して、世界でトップクラスにあることは皆さんもよくご存知だろう。クルマや家電は改めて説明する必要もないと思うが、工作機械や光学機器においても他を圧倒する品質を誇っている。その理由としては、製造に携わる人々の技量や意識の高さはもちろん、切削加工の技術や治具・工具・装置の水準が高い点も挙げられる。職人魂とテクノロジーの見事な融合ということだ。

「切削加工」とは文字通り、刃物で素材を切ったり削ったりして加工するという意味で、極めて古典的な機械加工である。工業高校の機械科出身の人なら、旋盤などで金属部品を作る様子を思い浮かべるかもしれない。

だが、樹脂やガラス、セラミックの切削加工の需要は増えてきており、作り出された部品は、電子機器や医療機器には欠かせないほど。特にガラスは、ハードコンタクトレンズや、カメラの光学レンズといった身近な用途も多い。切削加工は実に幅広い分野で必要とされている技術なのだ。そのうえ、ナノテクノロジーの領域でも注目を集めている。

大野先生が研究しているのは、まさにそのジャンル。微細加工やガラスをはじめとした硬く脆い素材（硬脆材料）の加工であり、精密な部品を安定的かつ容易に生産するための技術で、実験を通じて検証していくというものだ。従来、マイクロからナノといったサイズでは、半導体の製造技術に応用した化学反応や感光材による加工が主流で、機械や治具による切削加工は難しいとされてきた。

しかし近年、工作機械や治具、測定器などの性能向上により、切削加工の可能性がクローズアップされてきている。もっとも、実用化の例はまだ少なく、加

工作業をする人の経験や勘に基づいているため、先生の研究は、未知なる領域への挑戦ともいえる。

切削加工が広げてくれた研究への道

そもそも先生は、切削加工や製造に関心があったわけではない。

「技術に対する探究心ではなく、マイクロやナノといった微細な世界に興味があったんです。原子レベルではどういうしくみになっているのか、解き明かしたいと思っていました」。大学院で恩師に勧められたのをきっかけに様々な研究にトライした中で、可能性の大きさを感じたのが切削加工だ。

「初めのうちは、あまり乗り気ではなかったんですが、長年にわたって調べてきたことが切削を通じて明らかになりました。しかも、予想していた以上に広がりのある研究テーマだということにも気づいたんです」。つまり、切削加工が微細な世界への案内をした形になり、それ以降、先生の興味の対象となったことはいうまでもない。

現在先生は、半球状の先端を持った切削工具を使って、ガラスに曲面状の溝を加工する研究を進めている。どのようにすれば、割れずに曲面を加工できるのか解明するために、「刃先の形状」「切削面の状況」「切削時間・温度・摩擦・振動の影響」など、多面的な観察と分析を行っているのだ。さらに、研究対象は素材や工作機械にも及び、数学や化学など基礎的な学問の知識も必要となる。

「もちろん、随時新しい発見もされているので、私自身が日々勉強をしながら研究を進めています。また、できるだけ学会や雑誌に研究成果を投稿して、他の研究者の意見にも耳を傾け、新たな着眼点やアイデアを見つけるようにしています」。一方向だけを見てい

たのでは答えの出ないこともある。幅広い研究内容や知識がその突破口になるのだ。実際は試行錯誤の連続だが、迷いや失敗があっても決してあきらめない。それが先生のモットーだ。

世の中を一新するような新発見を

まずはガラスの切削技術を確立させたいと先生は語る。「表面に亀裂を生じさせずに短時間でガラスを加工できれば、後の仕上げ工程を省略でき、製造コストも下がります。技術で社会に貢献したいですね」。

さらに今後は、歯科医で使われるセラミックスの切削加工で成果を出し、医療の世界でも役立ちたいという。

「私自身は、新たな発見をすることに研究の魅力を感じています。与えられたテーマを既存の発想で解決することに心は動きません」。何ごとにもとらわれず、自由な発想で研究を進め、新発見で常識を打ち破る。常に前向きな研究者でありたいと先生は願っている。

そして、この考え方は講義にも反映させていきたいそう。

「私自身がそうだったように、学生にも常に好奇心を忘れずにいて欲しいと思います。ですから、自分の専門外だから、苦手分野だからと食わず嫌いをせずに、一歩踏み出すことも大切。それによって視野が広がりますし、チャンスも増えます。たとえ研究者にならなくても、社会に出た時にそういう考え方が求められるシーンはたくさんあります」。自分で自分の可能性を狭めることだけはして欲しくないという。必ず自己実現につながる何かがある。そう信じて歩いていく人材を育成することも先生のもうひとつの夢だ。

人と環境に優しいクルマ社会の構築を目指して

日本のクルマ産業の最前線にある、研究開発の現場。
そこで先進の技術と知識を学んだ牧田先生。
現在の夢は、人と環境にやさしいクルマ社会の実現。
医学との連携や産学官との連携も視野に入れている。



牧田 匡史 まきた まさし

1993年、帝京大学理工学部機械・精密システム科卒業。同年、(株)ショーワに入社し、油圧・電動パワーステアリングの開発に従事。その後、日産自動車(株)で、衝突安全車体、乗員保護装置、後突頸部傷害軽減技術、乗り心地技術の研究開発に従事し、一般社団法人自動車工業会後突頸部傷害WG委員を兼務。2014年に博士(工学)取得。自動車技術会フェロー。

研究テーマ：自動車の衝突と乗り心地に関する研究
キーワード：機械力学、材料力学、衝突安全、生体工学、人間工学、工学と異分野の融合

クルマの研究開発を実践で学んだ会社員時代

ここ帝京大学理工学部の機械・精密システム工学科第一期生である牧田先生。もともとクルマに興味を持っていたため、卒業後は自動車部品メーカーへ就職。そこでは取引先であるHondaの開発チームとともに、パワーステアリングの開発を担当していた。

「安全性はもちろん、運転していて楽しいと感じられるクルマづくりを目指していました」と先生。実際にハンドルを握ってテストコースを走り、その所感や印象をもとに自社の部品の性能を検討することも珍しくはなかった。エンジニアの先輩方からクルマづくりのノウハウを教わることも多く、仕事が楽しくて仕方がなかったそうだ。

その一方で、自動車メーカーでクルマを一から手掛けてみたいという夢も日ごとに大きくなっていった。その頃、日産自動車(株)でエンジニアの募集を行っていることを知る。走りに重点を置いた同社のクルマづくりに共感していたので、すぐさま応募。今度は、衝突時の車体の安全性や、乗員の安全を守る技術の研究に携わることとなる。

「これまでとは異なる分野だったので、基礎から学ぶことも少なくありませんでした。しかしここでの経験がなければ、今の自分はなかったと思います」。上司は外国人で、世界でも指折りの「超エリート校」の出身者だったが、誰に対しても平等に、モノ(研究対象)の見方や、エンジニアの心構えを徹底的に仕込んでくれた。「わからない点については必ず質問してほしいと常に言われていました」。時にはレクチャーが深夜に及ぶほど熱のある職場環境だった。

そこではさまざまな研究成果が実を結んだが、その一例として、国土交通省と自動車事故対策機構が

行っている自動車アセスメント(＝自動車の安全性能評価)の一つである「後面衝突頸部保護(鞭打ち症軽減)性能試験」において、アセスメント開始年度で日産のクルマがトップの成績を収めた。部品の形状や材質には意味があり、クルマがあらゆる研究成果の結集であることを改めて実感した。先生が博士号を取ったのも、同社に勤めていた頃だった。

交通事故による悲劇をなくす技術開発がテーマ

自動車の研究開発に携わり、知識と経験を積み重ねていくうち、先生はまた新たな夢を持つ。「たしかにクルマをつくる仕事は大きなやりがいがありますが、自動車の衝突や乗り心地を理解するための技術を研究し、発展させることで、クルマ社会の進歩に貢献できたらと思うようになりました」。研究者としての道を志すようになり、縁あって、母校に講師として着任した。研究テーマを『自動車の衝突と乗り心地』とし、これまでに培ってきた研究経験や技術的な知識をもとに技術の開発を目指す。

「日本国内の交通事故による死者数は減少傾向にあります。しかし依然として、一年間に4000人を超える方が不幸にも交通事故で命を落とされています。数値目標で簡単に語れる話ではありませんが、日本政府の掲げる目標(2018年を目標に2500人以下)を達成する意味においても、早急な対策が求められています」と、研究の重要性を先生は説く。

先生の研究室では主にコンピュータ・シミュレーションを用い、自動車が衝突したときに車体や部品がどのように変形していくかを可視化するとともに、その現象を定量化して衝突現象を理解していく。また、交通事故の要因として最も多いとされるのが、眠気を

はじめとした、認知力・判断力低下によるヒューマンエラーだ。それを防ぐため、人体とシートの相互作用に着目し、ドライバーの身体疲労・精神疲労を減らすための基礎技術を追求していく。つまり、これが乗り心地に関する研究だ。

さらに、自動車乗車時の乗員の状態や負荷を理解するうえで、医学との連携は欠かせない。幸い帝京大学には医学部があるので、医学と工学が連携した共同研究も先生は視野に入れている。将来的には、産学官連携での研究に発展することも十分に考えられる。社会への貢献度から考えても、大きな意味を持つ研究と言えるだろう。

「自分流」で将来の目標を見つけてほしい

「これまでは、人と環境に優しい『クルマづくり』に携わってきました。これからは、人と環境に優しい『クルマ社会の実現』が夢です」と牧田先生。実社会と接点のある研究を通して、そのようなクルマ社会を目指すエンジニアを一人でも多く育てていきたいと考えているそうだ。

「帝京大学の理念である『自分流』の歩み方でここまで来ました。学生の皆さんにも、ぜひ将来の目標を『自分流』で見つけてほしい。その手助けができればと思っています」。最後に先生は、頼りになる先輩としての横顔も見せてくれた。