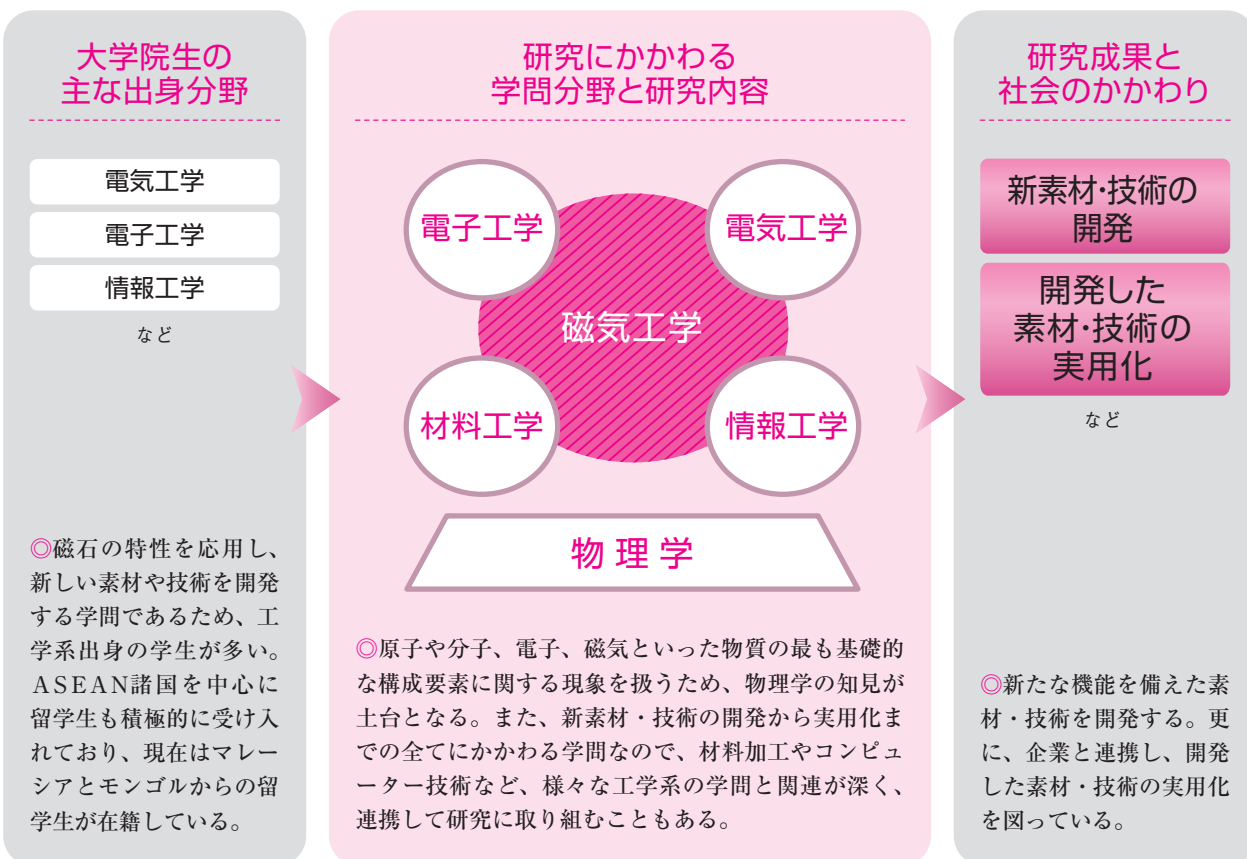


磁石を応用した新素材・技術を開発し 生活の快適性・利便性を向上させる

豊橋技術科学大大学院 工学研究科 井上^{みつてる}光輝研究室

近年、排気ガスを出さないクリーンな乗り物として、電気自動車が注目を集めている。その機動性に大きな影響を及ぼすのが、モーターに組み込まれている磁石だ。磁石はこれまでも、発電や通信など様々な製品に用いられ、人々の生活を豊かにしてきた。磁石の特性を応用し、新素材・技術を開発する、磁気工学の第一人者である豊橋技術科学大大学院工学研究科の井上光輝教授に、磁石によるものづくりの魅力を聞いた。

フローチャートで分かる井上光輝研究室



自然現象の仕組みを追究し、分析する力が求められる

磁気工学が求める学生像

自然現象に対する好奇心

実験を続ける気力と体力

新たなものを作りたいという意欲

磁気工学で研究するのは、物質に磁気が発生して磁力を持つなど、ごく微細な現象です。それは、もちろん目には見えませんが、原子や分子などと密接に関連し、物理法則の根本をなします。そのため、磁気工学を学ぼうとする人には、自然現象の仕組みを追究し、解明したいという好奇心と意欲が求められます。太陽が東から昇って西に沈む、あるいは物体が上から下に落ちるといった、ありふれた現象にも、物理法則は働いています。ただ当たり前だと感じるのではなく、「なぜか」を考えることが大切です。

研究では、実験を重視します。1日中装置の前に座り、同じ作業を繰り返すことも珍しくありません。更に、期待通りの結果が得られないこともしばしばです。しかし、実験で科学的に論証しなければ、どれほど優れた仮説を立てても実用化されません。根気よく実験を続ける気力と体力が不可欠です。「これまで誰も思いもよらなかった、新素材・技術を開発したい」という意欲も、実験を続けるモチベーションになるはず。また、実験はグループで行うことが多いので、コミュニケーション能力も欠かせません。

高校生・高専生へのメッセージ 大学や社会では、正解がいくつもある問題や正解がない問題に取り組むことになります。1つの模範解答に達するための学習だけでは、太刀打ち出来ません。物事を多面的に見て分析する練習を、大学入学前に始めましょう。そのためには、ジャンルにとらわれずに本を読み、視野を広げることが大切です。



井上光輝 教授

いのおえ・みつてる 豊橋技術科学大学理事・副学長。同大学院工学研究科教授。豊橋技術科学大学大学院博士課程教育リーディングプログラム「超大規模脳情報を高度に技術するブレイン情報アーキテクチャーの育成」コーディネーター。工学博士（豊橋技術科学大）。豊橋技術科学大電気・電子工学系助教を経て、現職。訳書に『フォトリソニック結晶光の流れを型にはめ込む』（共訳、コロナ社）など。

研究を志したきっかけ 電磁波を 自在に操りたいと 磁気工学を研究

磁気工学とは、磁石を用いた新しい素材や技術を開発する学問、いわば、磁石によるものづくりをするための学問です。

私は、中学時代にもものづくりの面白さに目覚めました。きっかけは、アマチュア無線です。線をつながずに遠方の人と会話できることが、不思議でした。この仕組みを解明したいと、本を読んだのはもちろん、おもちゃのトランシーバーを分解したり、キットを買ってゲルマニウムラジオやワイヤレスマイクを組み立てたりと、手も動かしました。やがて、高性能の無線機を作りたいと思うようになり、高等専門学校（以下、高専）に進みました。高専では、私が在学した1970年代当時はまだ珍しかったコンピュータに初めて触れ、情報工学に興味を持つようになりました。そして、これをもっと深く研究したいと思っていた5年生の時に、高専卒業生を中心に受け入れる本学が開学することを知り、入学を決めたのです。た

だ、入学して間もなく、考えが変わりました。基礎科目として履修した電磁気学や量子力学の授業で、電波や光といった電磁波の性質を学び、それを用いた技術開発に関心が移っていったのです。

電磁波の性質を技術開発に応用するためには、磁気工学の知見が欠かせません。例えば、発電機や変圧器などに用いられる電磁鋼板は磁気を持つ材料（磁性材料）の加工品であり、磁気工学の研究によって開発・実用化されました。そこで、電磁波を自在に操れるように、私は磁気工学の研究を志したのです。

研究概要

加工技術を開発し 磁石の応用範囲を 更に広げる

近年、磁気工学の研究は活発になっていきます。その要因の1つは、電気自動車の開発が進んだことです。電気自動車のモーターには、磁石の

加工品が組み込まれており、その性能はモーターの出力量を大きく左右します。電気自動車が、内燃エンジンによる自動車に代わる新たな自動車として注目され始めたことで、も

つと質の高い磁石で作った素材が求められるようになったのです。

高性能な磁石を作るためには、従来、ディスプレイウムやネオジウムといった金属を用いてきました。ただ、それらは原産国が輸出を制限していることなどにより、非常に高価です。使用すると費用が掛かり、実用化が難しくなります。

私たちは検討を重ねた結果、イトトリウム鉄ガーネットという磁石に注目しました。これは、汎用性が高く、今までも通信や記憶媒体など様々な技術に取り入れられてきました。透明な磁石なので光は通すのですが、光を吸収し、その明るさを弱める性質もあります。通過の前後で明るさを保つためには材料を加工する必要がありますが、従来の技術では、加工すると磁石の厚みが増し、その分だけ光が吸収されてしましました。つまり、明るいまま光を通過させる技術がなかったのです。

そこで、私たちはイトトリウム鉄ガーネットの新たな加工技術を開発しました。内部に凹凸を付けたら、表面に金属を周期的に並べたりすることによって、薄いまま磁石に手を

加え、通過させても明るい光を得られるようにしたのです。私たちは、この加工構造を「人工磁気格子」と名付け、普及を図っています。

「人工磁気格子」の開発までは失敗の連続でした。加工したイトトリウム鉄ガーネットを1ナノメートル^②〜1マイクロメートル^③の薄い膜にし、そこに光を通すという実験を、求める強さの光が出来るまで、加工の仕方を変えて繰り返ししました。苦勞しただけあって、うまくいった時の喜びはひとしおでした。実験では、光以外の電磁波や音波などへも応用できることを突き止めていますから、イトトリウム鉄ガーネットの応用範囲を更に広げることにもつながると期待しています。

研究の成果と展望

誰も予想しなかった 新素材・技術の開発が ものづくりの醍醐味

ものづくりの成果は、社会に役立てられてこそ得られると、私は考えています。そのため、開発した新しい素材や技術は積極的に実用化を図っています。最近開発したのが、「人工磁気格子」を施したイトトリウム

鉄ガーネットによる光マイクロチップです。それを用いれば、従来の1000倍以上速く情報を処理でき、コンピュータによる高度な計算を効率良く行えるようになります。

企業と連携した開発にも、力を入れています。磁石を用いた記憶媒体は、その1つです。完成すれば、2時間の映画なら約2000本と、半導体などによる記憶媒体よりもはるかに大きな容量を収録できるようになります。また、最近では、磁石による3次元映像のディスプレイを世界で初めて開発しました。現在は静止画の段階ですが、更に研究を重ねて動画を表示できるようにしたいと考えています。

私は、誰も行っていない研究に取り組んできました。先事例がないため、うまくいくかどうかは分かりませんが、それだけに、新たな分野を自分で切り開いているという実感は常に得られました。今後も開拓精神を持ちながら、研究を続けていきたいと考えています。先人が考え付かなかったことを実現できる。そのことに、ものづくりの最大の醍醐味を感じています。

用語解説

① 内燃エンジン

燃料を燃焼させてエネルギーを得るエンジン。

② 1ナノメートル

10億分の1メートル。

③ 1マイクロメートル

100万分の1メートル。

④ 磁場

磁力の働いている空間。磁石や電流の周りに生じる。

スピン波を自在に操り より良い製品を作りたい



金澤直輝 さん

かなざわ・なおき 豊橋技術科学大大学院工学研究科電気・電子情報工学専攻博士後期課程1年。神戸市立工業高等専門学校卒業。

Q なぜこの分野に進んだのですか

A 大学に入った当初は、コンピューターに興味がありました。中学生の頃からプログラミングに熱中し、高専時代には自動車に搭載する映像認識装置の研究をしてきたからです。しかし、大学で井上教授による量子力学の授業を受けたことがきっかけで、もっと物質の根幹にかかわる研究に取り組みたいと考えられるようになりました。

量子力学の授業では、原子や分子

など、物質を構成する基礎について学びました。私が最も関心を抱いたのは、電子の自転運動であるスピンです。それは、原子に磁場を発生させる源であり、古くからその存在は知られていたものの、ナノテクノロジーが発達する近年まで、あまり研究されていませんでした。ここに未知の可能性が秘められていると感じた私は、スピンの研究を行う井上教授の研究室の門をたたいたのです。

Q 井上教授の研究室での研究内容を教えてください

A スピンによって出来た波「スピン波」を情報処理に応用する技術について、グループで研究しています。研究を進めるには、スピン波を自在に操作できるようにする必要がありますので、スピン波の流し方や制御の仕方を変えながら、シミュレーション通りに流せるまで実験を続けます。スピン波の制御には、「人工磁気格子」を用います。

1回の実験で予測通りの結果を得られることは、正直、ほとんどありません。しかし、だからこそ面白いと、私は考えています。うまくいかない要因を検討し、新たに工夫を凝

らす。そのどの過程にも発見や気があり、知見が増えるからです。私たちの研究によって、スピン波を「人工磁気格子」内に閉じ込められるようになりました。スピン波を自由に操作する第一歩です。スピン波による情報処理が実現すれば、電気よりもエネルギー効率が高く、快適に使える製品、例えば、今よりも長時間使用でき、いくら使っても発熱しない携帯電話も作れるでしょう。ものづくりで人々の生活を豊かにする、その夢に向かって、今後とも努力を続けたいと考えています。

Q 高校生・高専生へのメッセージをお願いします

A 私は、ものづくりをするために、大学に進学しました。

今の研究は、入学当初に行いたいと考えていた研究とは違いますが、取り組む目的は同じです。大学の授業は、高校よりも内容がずっと難しくなりますし、主体性も求められます。何のために学ぶかがあいまいだと、ただ授業を受けるだけになり、内容がなかなか身に付きません。皆さんにも、大学で何がしたいのか、しっかり考えてほしいと思います。「やりたいことが分からない」という人には、今まで経験していないことに挑戦することを勧めます。課外活動や習い事など、何でも構いません。心を動かされることが、きっと見付かるでしょう。それが、大学で学びたいことを見付けるヒントになると思います。

私の高専時代

論証も作図も工夫した 実験実習のレポート作り

●高専3年生になると、週1回のペースで実験実習が行われるようになり、事後には必ずレポートが課されました。私は、誰にも負けないレポートを書くという意気込みでした。実験内容をよく理解できると思ったからです。実験の過程・結果を詳しく考察するために専門書を参照したり、グラフや図をきれいに、そして正確に作れるように、作成ソフトにもこだわったりしました。

先生から返却されたレポートには、修正指示だけでなく、「分かりやすくまとめたな」といった励ましのコメントが毎回書かれていました。努力が認められた気がして、私は更に整理されたレポートを作ろうと、論証や図・グラフの作成に工夫を凝らしました。

高専時代に分かりやすく、詳細なレポートを書く練習をしたことは、大学入学後、もっと高度な内容についての緻密なレポートや論文を書く上で、とても役立っています。