

東京農工大学・大学院 久保研究室

Kubo Lab., Tokyo Univ. of Agri. Technol.

久保 若奈 Wakana Kubo

東京農工大学・大学院工学府先端電気電子部門, 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

Division of Advanced Electrical and Electronics Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo 184-8588, Japan

大学概要

東京農工大学は、1874年に設置された内務省勸業寮内藤新宿出張所農事修学場および蚕業試験掛をそれぞれ農学部、工学部の創基とし、1949年に大学として設置された。前身校を含めると、130年にも及ぶ歴史と伝統を有する大学である。

農学、工学およびその融合領域における自由な発想に基づく教育研究を通して、世界の平和と社会や自然環境と調和した科学技術の進展に貢献するとともに、課題解決とその実現を担う人材の育成と知の創造に邁進することを基本理念としている。

本学の農学部と工学部はそれぞれ、東京都府中市および小金井市にキャンパスを構える。筆者が所属する工学部は2019年度に改組を行い、現在、筆者の所属学科である知能情報システム工学科をはじめ、6学科が含まれる。



図1(上) 東京農工大学小金井キャンパス東門。(下左) 筆者の居室から見えるしだれ桜。(下右) キャンパス内の小道

本学最寄り駅のJR中央線東小金井駅は新宿駅から電車で約20分と都心に近いが、最寄り駅から徒歩6分の場所に位置する小金井キャンパスは、敷地面積が東京ドームの約3倍と広大である。キャンパス内には櫨をはじめ、八重・しだれ桜など数多くの樹木が植え

られており、緑豊かな美しいキャンパスである(図1)。日照りの強い真夏の舗装道路を抜けて櫨並木に入るととたんに、町中にはない森林の涼しさが感じられる。本キャンパスは、都会の中の森林オアシスだと筆者は思う。本学訪問の際は是非、キャンパス内を散策していただきたい。

研究室の沿革

筆者は、理化学研究所博士研究員などを経て2016年1月に本学工学部電気電子工学科のテニュアトラック特任准教授として着任し、研究室を立ち上げた。筆者は応用化学専攻にて、気相における酸化チタン光触媒に関する研究で学位を取得したが、理化学研究所での博士研究員時代に応用物理・電子デバイスなどの研究経験があったことから、電気電子工学科の教員として採用された。化学からほど遠い電気電子工学科によく採用されたものだと、筆者は今でも感じている。

当研究室には現在、修士5名、学部8名の学生が在籍している。当研究室は学科の中で最も厳しい研究室と、本学科学生からは評価されている。厳しいと評価されるゆえんの一部をご紹介します。

当研究室の一日の活動は、朝10時のMorning Meetingで始まる(図2)。オンライン上で一同が紹介、各自がその日のスケジュールについて2,3文程度を英語で述べる。重要なお知らせなどもこの際に通知する。英語でミーティングをするのは外国人研究者が多かった理研時代の名残である。今は学生の英語スピーキングの練習機会として重宝している。夏・冬休みを除き、平日5日、年間200回以上の英語ミーティングを実施する。スピーキング練習の効果は絶大で、4年生の時に全く英語を話すことができなかった学生が、修士1年生の秋には国際会議で英語講演を行うまでに上達した。これからの時代、英語は話せて当然なので、この英語朝礼はよい練習機会だと教員は考えているが、学部学生からは厳しい指導と映るようで残念である。

また久保研究室は10-17時のコアタイムを設けてい

る。研究では、電子線描画装置や電子顕微鏡などの大型装置の他、化学物質を扱う。コアタイムを設けて上・下級生が同じ時間に活動できるようにし、事故や怪我を防ぐことを目的としている。学生の健康と安全を守るこのルールすら、残念ながら学部学生には不評のようだ。

厳しいとの評価が根強い当研究室であるが、ルールを理解した上で配属した学生は皆とても優秀で、修士学生でもどんどん英語論文を執筆してくれるのは教員の自慢である。コロナ禍以降、当研究室の学生は予定に応じて週1, 2日の在宅学習日を取り入れ活動している。新しい研究スタイルだと筆者は思っている。



図2 朝礼直前の学生居室の様子。東京農工大学の広報活動の一環である研究室定点観測24時動画に採用された。

研究テーマ

当研究室は、電磁波を操作して電磁波エネルギーを抽出・活用する研究を行っている。光・熱エネルギーを抽出するのに用いるのが電磁メタマテリアルである。

メタマテリアルは電磁波の吸収・反射特性などを任意に設計できる人工材料である。入射電磁波の波長と比較し、1/10程度の厚さ・大きさながら、高い電磁波吸収特性を示す点が魅力と言える。メタマテリアルは、吸収した電磁波エネルギーを局所的な熱に変換する特性も示す。光学的な観点からはこの発熱特性は損失と捕らえられてきたが、効率的な発熱をサーマルセラピーに応用するなど、最近はこの発熱特性を有効活用する研究も多い。

近年我々は、電磁波を吸収して発熱するメタマテリアル吸収体を利用して、温度勾配が存在しない均一な温度環境下でも熱電発電が可能な熱電デバイスを計算的に提案し¹⁾、現在ではそれを実験的に実現した。熱エネルギーを電気に変換する熱電変換素子は、物体内の温度差が電位差に変換されるゼーベック効果によって駆動することから、素子内の温度勾配が消失するような環境、たとえば温水中や恒温炉内では熱電発電をすることができない。

駆動原理上、従来は発電できなかった均一温度環境における熱電発電を実現するにあたり我々は、熱電デバイスの片側電極上のみメタマテリアルを形成した。

片側の電極上に形成した赤外吸収メタマテリアルは周囲環境が放出する赤外線(=熱輻射)を吸収して局所的に熱を生成する。その局所的な熱は、メタマテリアル下層の電極を介して熱電変換素子に伝搬し、熱電変換素子上に新たな温度勾配を形成する。その結果、温度勾配が存在しない均一な温度環境に置かれた熱電変換素子でも熱電発電が生じる。研究の詳細は別の機会に紹介したい。

上述のとおり、一般にメタマテリアルのサイズは、入射波長と比較し1/10程度のサイズとなる。可視～赤外域をターゲットとする当研究室で作製するメタマテリアル構造のサイズは、およそ100nm～数 μm になる。一般的な光露光装置では作製できないサイズ領域のため、研究では電子線描画装置を使用する。微細構造アレイをトップダウン手法で作製する際はとにかくプロセス数が多い。レジスト基板準備、描画露光、現像、薄膜蒸着、リフトオフ等ノウハウがたっぷり詰まった行程を経る必要があるが、当研究室の厳しいルールを難なく突破してきた頼りがいのある修士学生らがしっかりとノウハウを遵守して作業を行い、また後輩を指導してくれるおかげで、設計通りの吸収特性を持つメタマテリアル周期構造が得られる(図3)。

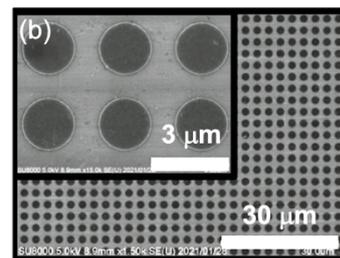


図3 赤外吸収メタマテリアル配列構造の電子顕微鏡写真。

おわりに

研究では、メタマテリアルの電磁界計算的設計、メタマテリアルの作製、デバイスへの搭載、デバイス特性評価、解析と、取り組む項目は多岐にわたる。ほぼすべての学生がメタマテリアルの設計から解析まで一貫して担当する。博士学生でもたいへんだと思う研究内容であるが、当研究室の学生は黙々とこなしている。特に修士学生のパワーは、当研究室の研究成果の源である。日頃研究に邁進している学生の皆さんにこの場を借りて感謝を申し上げたい。

参考文献

- 1) S. Katsumata, T. Tanaka, and W. Kubo* "Metamaterial perfect absorber for intensifying thermal gradient across thermoelectric device", Optics Express, 29 (2021), 16396-16405.