

有機エレクトロニクス研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/greendevic/index.html



(写真左から)

教授：中村 雅一 mnakamura@ms.naist.jp

准教授：辨天 宏明 benten@ms.naist.jp

客員准教授：小島 広孝 kojimah@ms.naist.jp

助教：Pandey Manish mpandey@ms.naist.jp

助教：趙 ヨンユン yy.cho@ms.naist.jp

“Electronics on Any Surface!” これが我々の研究の大きな目標です。どんな曲面にも曲げられる電子回路、体にまとうだけで発電する布、どこにでも貼れるフィルム状太陽電池など、様々な「表面」にこれまでなかった多様な機能を付加してゆくことで、私たちのくらしはより快適で豊かなものになります。有機固体に現れる多彩な現象のしくみを、独自開発した世界唯一の評価装置などによって解明するとともに、そこで得られた発見や幅広い知識に基づいた新奇性の高いデバイスを提案し、実証してゆきます。「世界が後から付いてくる独創的な研究」を目指します。

研究を始めるのに必要な知識・能力

学際的分野なので、固体物理学、半導体工学、伝熱工学、表面科学、量子化学、高分子化学、光化学など幅広い専門科目が基礎となります。いずれか一つに自信があれば、他は必要に応じて配属後に学んで下さい。機械・電気工作、プログラミングなどのスキルも活かせます。

研究室の指導方針

一人一人の興味と適性に応じて、物質に関わる基礎的な研究から実際に動作するデバイスまで、幅広いテーマ設定を行います。配属学生の研究に決まったパターンはありません。前例をなぞらないと不安な人は不向きかもしれません。反対に、自分で考え、教員に提案するくらいの独立心のある人を求めます。学外との共同研究や国際会議などでの発表を積極的に行い、研究者としての自主性と一流の研究マインドを養います。科学に関する幅広い知識と産業応用に向けての展望を併せ持ち、企業でも大学でも活躍できる研究者を養成することを目指しています。

この研究で身につく能力

選択した研究テーマに応じて、薄膜の構造／物性評価、有機半導体デバイスおよび熱電変換デバイスの作製と評価、精密電気計測、計測プログラミング、走査型プローブ顕微鏡によるナノスケール物性評価、半導体ポリマーやカーボンナノチューブの配向制御と構造／物性評価など、一線の電子材料研究者・技術者として働くための様々なスキルを身につけることができます。さらに、前例のない先端デバイスを開拓する研究を通じて、自ら調べ、考え、実験を準備し、研究を遂行する能力を鍛えます。

修了生の活躍の場

大学や各種研究機関、材料・エレクトロニクスを始めとする様々な分野のメーカー研究・技術職など

研究内容

・「やわらかい」熱電材料の創出

生活環境や人体からの排熱を電気エネルギーに変換する環境発電素子として、従来概念を覆す有機熱電材料やフレキシブル熱電変換素子の創出に取り組んでいます。カーボンナノチューブ間に特殊なタンパク質による単分子接合を形成することで熱伝導率が1/1000に抑制されるナノ複合材料(図1)や、当研究室で発見された有機低分子材料における巨大ゼーベック効果の機構解明と制御(図2)などについて、先端計測・物性理論・計算化学を総動員して研究を進めています。また、CNT系熱電材料を糸にしてデバイスを作り込むことで、「発電する服」を実現させる研究も行っています。

・ナノスケール熱輸送の計測・シミュレーション・制御

分子スケールでの温度や熱起電力分布を可視化する新しい走査型プローブ顕微鏡を開発しています(図3)。さらに、平衡および非平衡分子動力学シミュレーションなどによって有機固体や界面における熱輸送機構の理解を進めます。それらの知識は、熱輸送を制御する分子接合をさらに高性能化するために役立っています。

・次世代プラスチック太陽電池の開発

光を吸って電気を流す高分子材料(π 共役高分子)を用いて、次世代のフレキシブル太陽電池として期待されるプラスチック太陽電池の研究開発に取り組んでいます。ナノメートルスケールの局所空間領域における光電変換機能を可視化する独自の計測手法を駆使して太陽電池の動作機構を分子レベルで解明しています(図4)。さらに、これら基礎研究を通して得られる知見を活かして、太陽電池の高性能化を指向した応用研究も進めています。

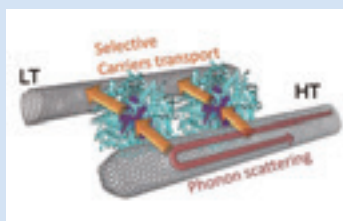


図1 カーボンナノチューブを無機粒子内包か状タンパク質で接続した熱・電荷輸送独立制御ナノ構造

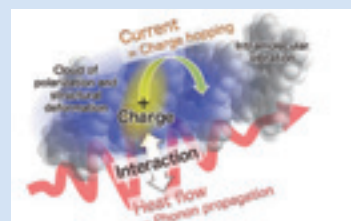


図2 巨大ゼーベック効果の概念図：分子性固体に特有の電流-熱流相互作用

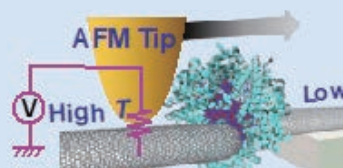


図3 熱輸送および熱起電力に対する分子スケールでの観測と制御

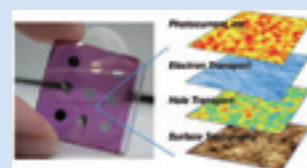


図4 プラスチック太陽電池の光電変換機能をナノ空間で“みる”

研究設備

有機材料用および無機材料用の各種蒸着装置、高真空昇華精製／気相結晶成長装置、CNT複合材料紡糸装置、ロボットディスペンサー描画装置、走査型プローブ顕微鏡(用途毎にカスタマイズしたもの5台)、熱電特性評価装置(用途毎に独自開発したもの3台)、熱伝導率／熱拡散率評価装置(用途毎にカスタマイズしたもの4台)、放射光GIXD用ドリフトフリー温度可変チャンバー、THz時間領域分光装置、触針式段差計、ソーラーシミュレータ、インピーダンス分光装置、紫外可視近赤外分光光度計、分光蛍光光度計、引張試験機、化学計算クラスターほか

研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- A.T. Hidayat et al., "Enhancement of short-range ordering of low-bandgap donor-acceptor conjugated polymer in polymer/polymer blend films", *Macromolecules* 53, 6630 (2020).
- M. Pandey et al., "Fabrication of ribbon-like films of orientation-controlled carbon nanotube/polymer composite using a robotic dispenser", *Appl. Phys. Express* 13, 065503 (2020).
- M. Suda et al., "Light-driven molecular switch for reconfigurable spin filters", *Nat. Commun.* 10, 2455 (2019).
- H. Kojima et al., "Universality of Giant Seebeck Effect in Organic Small Molecules", *Mater. Chem. Front.* 2, 1276 (2018).
- M. Ito, et al., "From materials to device design of a thermoelectric fabric for wearable energy harvesters", *J. Mater. Chem. A* 5, 12068 (2017).