

有機固体素子科学研究室

http://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

助教：小島 広孝 kojimah@ms.naist.jp

特任助教：Jung Min-Cherl mcjung@ms.naist.jp

“Electronics on Any Surface!”これが我々の研究の大きな目標です。丸めて持ち運べる電子機器、体にまとうだけで発電する布、目的ごとに最適な色の光で発電するシート状太陽電池など、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解明し、有機エレクトロニクスとして応用することでこれらを実現させます。研究室で独自開発する世界唯一の評価装置や理論計算による、独創的な研究アプローチも特徴の一つです。

研究を始めるのに必要な知識・能力

物性物理学、電子工学、表面科学、高分子物性学、分子科学など幅広い学問領域が基礎となります。いずれか一つの知識がすでにあれば、他は入学後に学べます。機械・電気工作、プログラミングなどのスキルも活かれます。

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。また、国内外の研究機関との共同研究や国際会議での発表などを通じて、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、有機/無機ハイブリッド材料の構造制御、分子動力学シミュレーションなど、一線の研究者・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。

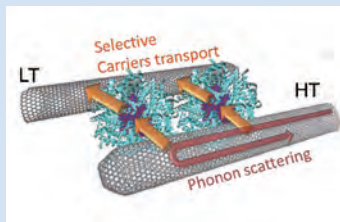


図1 カーボンナノチューブを無機粒子内包かご状タンパク質で接続した熱/電荷輸送独立制御ナノ構造

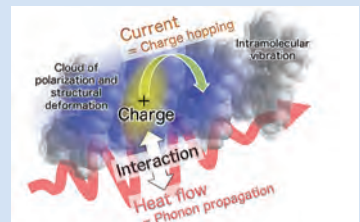


図2 巨大ゼーベック効果の概念図：分子性固体に特有の電流-熱流相互作用

・有機半導体材料におけるキャリア輸送過程の解明

AFMポテンショメトリなどの世界唯一の評価法を開発するとともに、有機半導体や有機無機ハイブリッド半導体の構造と電子機能に対する真の理解を進めるための研究を行っています。

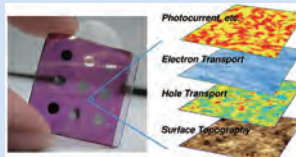


図3 プラスチック太陽電池の光電変換機能をナノ空間で“みる”



図4 ローラブルなマトリクス型THz波センサによるセキュリティチェックのイメージ図

・次世代プラスチック太陽電池の開発

次世代のフレキシブル太陽電池として期待されるポリマー太陽電池の研究開発に取り組んでいます。特に、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性の高い研究を行っており、それによっ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3)。

・FET構造を応用したテラヘルツイメージングデバイスの創出

有機半導体や有機無機ハイブリッド半導体の薄膜に現れる特有の現象を利用した新しいテラヘルツ (THz) 波イメージングデバイスの実現に取り組んでいます。THz波センシングの素過程を確認するなど、応用を指向した基礎的研究を行っています(図4)。

研究設備

【独自開発装置】 有機無機多元蒸着装置、高真空昇華精製/気相結晶成長装置、高速分子線蒸着実験装置、ハイブリッドペロブスカイト用真空蒸着装置、CNT複合材料紡糸装置、原子間力顕微鏡ポテンショメトリ、グローブボックスタイプ走査型プローブ顕微鏡(光照射c-AFM)、超高真空 in-situ熱電特性評価装置、粉末試料/モジュール用熱電特性評価装置、熱伝導率評価装置(3 ω 法)、放射光GIXD用ドリフトフリー温度可変チャンパー、THz時間領域分光装置ほか
【汎用装置】 UHV RFマグネトロンスパッタ装置、金属用真空蒸着装置、自動ディスプレイロボット、各種グローブボックス、走査型プローブ顕微鏡(汎用)、クロスプレータイプ走査型プローブ顕微鏡(光照射c-AFM用)、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、熱伝導率評価装置(TWA法)、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

- 1.M.-C. Jung et al., Diffusion and influence on photovoltaic characteristics of p-type dopants in organic photovoltaics for energy harvesting from blue-light, *Org. Electron.*, **52**, 17 (2018).
- 2.M. Ito et al., From materials to device design of a thermoelectric fabric for wearable energy harvesters, *J. Mater. Chem. A*, **5**, 12068 (2017).
- 3.H. Bente et al., Recent research progress of polymer donor/polymer acceptor blend solar cells, *J. Mater. Chem. A*, **4**, 5340 (2016).
- 4.H. Kojima et al., Giant Seebeck effect in pure fullerene thin films, *Appl. Phys. Express*, **8**, 121301 (2015).
- 5.R. Matsuura et al., "Mobility limiting factors in practical polycrystalline organic thin films" in "Electronic Processes in Organic Electronics: Bridging Nanostructure, Electronic States and Device Properties", pp. 185-225, Springer (2014).