

## 有機高分子薄膜における伝導機構と熱電効果

### Charge Transport and Thermoelectric Properties of Organic Polymer Films

名大工 竹延 大志

Nagoya Univ., Taishi Takenobu

E-mail: takenobu@nagoya-u.jp

近年、急激な IoT 技術の発展により energy harvesting の重要性が急速に高まっている。特に、wearable electronics は IoT への適合性に優れ、今後は大量の wearable devices が市場に供給されると考えられる。よって、wearable electronics を下支えする電源の開発は焦眉の急を要する問題であり、可撓性・伸縮性を有する電源の実現が強く求められている。より具体的には、加工性に優れ、その利便性より我々の身の周りに溢れている有機高分子薄膜を用いた熱電変換素子が、極めて有望な選択肢である。しかしながら、有機高分子薄膜における熱電効果の理解は驚くほど遅れており、将来の実用化には本質的な理解が不可欠である。

有機高分子薄膜は強固な共有結合で形成されるユニット (高分子鎖) が、低エネルギーな van der Waals 結合により凝集し、多結晶薄膜を形成する。通常が多結晶薄膜とは異なり、結晶領域 (domain) 間の境界 (boundary) 領域も有機高分子鎖に繋がれ、高分子鎖・domain・boundary の三者からなる極めて不均一な物質に相当する。このような複雑性ゆえに、熱電効果のみならず、伝導機構すら十分な解釈がなされていない。通常、材料の熱電効果は伝導機構に基づき議論されるため、これら物性の包括的議論が本質的な理解と特性向上の鍵である。

そこで我々は、有機高分子薄膜における熱電効果の本質的な理解を目指し、具体的には伝導機構に基づく熱電効果の解明を試みた。まず、一般的に伝導特性・熱電特性はキャリア密度に大きく依存するため、電気化学的手法による広範かつ連続的なドーピング手法を確立した [1-3]。加えて、本手法を物性測定と融合させ、伝導度の温度依存性・磁場依存性および熱電効果 (Seebeck 係数・Power factor) のドーピング依存性を測定し、包括的議論を試みた。結果、高分子鎖の torsion・domain 内の Anderson 局在・boundary における variable range hopping などが共存するモデルに基づく有機高分子薄膜の伝導機構と熱電効果の理解に成功した [4-6]。驚くべきことに、これらの相対的な寄与は高分子材料に強く依存し、ミクロな鎖の構造がマクロな伝導特性・熱電特性に極めて大きな影響を与えている。つまり、適切な有機高分子材料の設計により劇的な特性向上が期待され、今後は物理的な理解に基づく材料設計が期待される。

#### References:

- [1] K. Kanahashi, J. Pu, and T. Takenobu, *Adv. Energy Mater.*, 1902842 (2019).
- [2] K. Kanahashi, T. Takenobu *et al. npj 2D Mater. Appl.* **3**, 44 (2019).
- [3] J. Pu, L.-J. Li, T. Takenobu *et al. Phys. Rev. B* **94**, 014312 (2016).
- [4] H. Tanaka, T. Takenobu *et al., Sci. Adv.* **6**, eaay8065 (2020).
- [5] K. Kanahashi, T. Takenobu *et al.*, submitted.
- [6] H. Ito, T. Takenobu *et al.*, submitted.