

# 長岡技術科学大学 機械系 エネルギー工学研究室 (山田研)

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1  
 国立大学法人 長岡技術科学大学  
 機械系 エネルギー工学研究室  
 Email : noboru@vos.nagaokaut.ac.jp

## 1. 大学と研究室の概要

本学の特徴は全国の高専からの編入生が8割以上を占めていることです。高専生は素直で一生懸命で、ものづくりが得意です。本学では学部4年次の半年間は企業への長期インターンシップ（実務訓練と呼んでいます）が必修であり、実践的な技術者の育成を目指しています。また、本学は国連からアカデミック・インパクトSDGsゴール9（産業と技術革新の基盤をつくろう）の世界ハブ大学に任命されています。各ゴールにつき世界で1つの大学が選ばれており、日本では本学が唯一のハブ大学です。

研究室は中越地震の翌年の2005年に始まり、現在に至ります。当初は豪雪地域での太陽エネルギー研究は冷や水を浴びましたが、今では地域から多数の相談があります。研究室は機械系に所属しており、機械工学をベースとしていますが、研究は電気、材料、情報などの分野を横断する内容です。学生にはシステムインテグレーションの重要性を学んでもらいたいと考えており、システムとして実際に組み立て、稼働させて、そこから知見を得ることを重視しています。荒っぽくても良いのでスピード重視を推奨しています（日本人はこれが苦手）。研究内容は光チームと熱チームに大雑把に分かれています。以下に最近の取組みを紹介します。

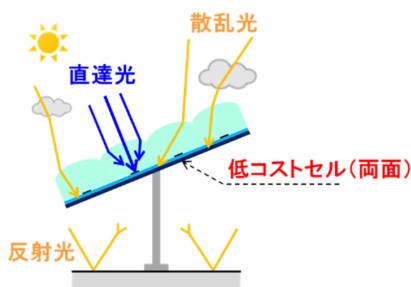


図1 ハイブリッド集光のコンセプト

## 2. 光チームの研究テーマ

**2.1 集光型太陽電池** 太陽電池は集光により変換効率が向上します。多接合太陽電池では143倍集光で47%を超える効率が報告されています。太陽光からの発電量を最大化するコンセプトとしてハイブリッド集光を提案しています。図1のように直達光をレンズで超高効率太陽電池に集光し、集められない散乱光は安価な両面太陽電池で全方位から発電するコンセプトです。図2のような我々の実験研究を皮切りに、現在ではドイツのフラウンホーファー研究所などで350W/m<sup>2</sup>超（裏面ゲイン含む）の出力を得るモジュールが報告されています。JAXAと共同で宇宙探査用の集光モジュールも開発中です。

**2.2 移動体用太陽電池** 運輸部門での脱炭素化やユーザー利便性の向上のために電気自動車等への太陽電池搭載が進みつつあります。自動車ボディは曲面であり、振動、ねじり、温度などの機械的負荷が通常の太陽光発電システムとは異なるため、信頼性向上のための研究が必要です。そこで、各種太陽電池セル、モジュールの曲げ試験、応力解析、構造設計に挑戦しています。図3は曲率半径1mの球面モジュールを設計製作した例です。モジュール内のセルは割れていません。これくらいの3次元曲面モジュールを製作したのはおそらく世界初です。

**2.3 両面受光太陽電池** 近年、両面受光太陽電池が安価に入手できるようになりました。我々は豪雪地域や営農型での設置形態として垂直両面受光設置の可能性を検証しています。大学に図4のよう

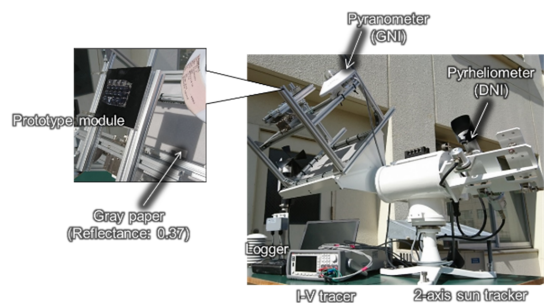


図2 ハイブリッド集光システムの実験<sup>1)</sup>

なシステムを設置し、常時計測しています（後日、報告予定）。産総研 FREA と共同で発電量推定モデルに関する研究も実施中です。また、1 軸追尾システムの最適角度制御についても研究中です。

**2.4 光無線給電** 太陽電池の活用方法として光無線給電があります。様々なデバイスに光でエネルギーを伝送し、デバイス上の太陽電池で電気に変換することで給電します。太陽電池の変換効率が高い波長を使うことで給電効率を高められます。ミニ電動カーへの無線給電システムを構築して研究しています。AI 画像処理で動いている電動カーを捉え、自動追尾により光を照射して走らせ続けることが可能です。このように情報科学とメカトロニクスのエッセンスを混ぜた研究にも注力しています。

### 3. 熱チームの研究テーマ

**3.1 蓄熱材料・システム** 脱炭素化に向けて熱エネルギー貯蔵の重要性が増しています。我々は熱伝導率が高い新たな潜熱蓄熱材（PCM）を探索しています。一例は二酸化バナジウム（ $\text{VO}_2$ ）の焼結体であり、固体のまま内部の結晶構造が相転移する際に潜熱を吸収・放出します。PCM を発熱する電子チップに搭載すれば温度変化を抑制できます。 $\text{VO}_2$  は液体にならないので簡単に搭載でき、抑制効果も高いことがわかりました<sup>3)</sup>。相転移温度の異なる別の材料探索も続けています。

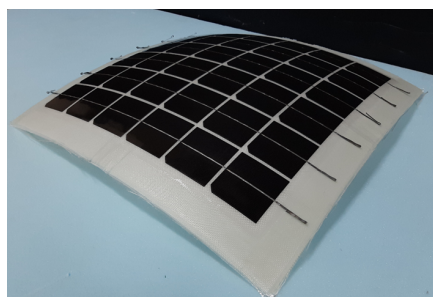


図3 曲面太陽電池モジュール（曲率半径 1m の球面）<sup>2)</sup>



図4 大学に設置した垂直両面受光太陽電池

**3.2 熱電変換** 熱を電気に変換するデバイスを研究しています。図5は温度変化で発電する焦電素子の実験例です。ゼーベック素子の場合には温度差から発電するため片方を高温に、もう片方を低温にする必要がありますが、焦電素子の場合には素子自体が温度変化するだけで発電します。定期的にデータ通信できるくらいの発電を実証しています。蓄熱材と熱電変換を組み合わせた蓄熱発電も研究中です。

**3.3 熱輸送** 熱をどのように輸送するかも重要な課題の1つです。我々は衣類のような柔軟かつ伸縮する部分での熱輸送を促進するためのヒートパイプを研究しています。高性能な空調スーツの実現に使えないか検討しています。部屋全体を空調するよりも体の周りだけを空調した方が圧倒的に省エネにならないか？を明らかにすることが目標です。

### 4. おわりに

貴重な紹介機会に感謝いたします。全国の高専からの入学をお待ちしています。専攻科生は研究室を指定して入学できます（通常は成績順で配属されます）。他大学や社会人の入学も歓迎しています。興味がありましたらご一報ください。

### 参考文献

- 1) D. Sato et al., Design and evaluation of a III-V/Si partial CPV module for maximization of power generation per unit module area, *IEEE Journal of Photovoltaics* 9 (1), 147-153, 2018.
- 2) N. Yamada, Development of 3D curved photovoltaic module, *JSAP Review*, 220402, 2022.
- 3) M. Baba et al., Temperature leveling of electronic chips by solid-solid phase change materials compared to solid-liquid phase change materials, *Int. J. Heat and Mass Transfer*, 179, 121731, 2021.

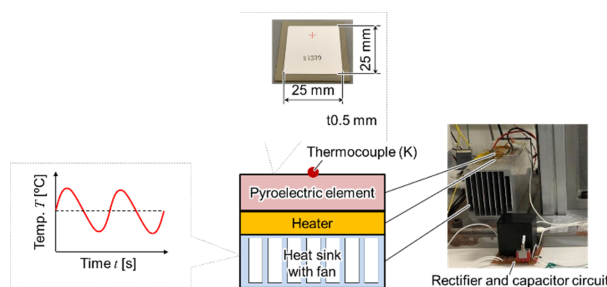


図5 焦電素子による温度変化発電の実験