

強誘電体薄膜のエネルギー分野への展開

6.1 強誘電体薄膜 北陸先端大堀田将、産総研飯島高志

クリーンエネルギーの確保は、地球温暖化、化石燃料の枯渇、エネルギー不足などの問題に対処するために、早急に取り組まなければならない。このような状況を踏まえ、強誘電体がこれに対して貢献できるとすれば、圧電効果、熱電効果、光電効果などを利用したエネルギーハーベスト、またイオン導電現象に基づく電荷輸送(電力輸送)などが挙げられる。本シンポジウムは、エネルギーの概念を広く捉え、強誘電体薄膜による上記課題に対する取り組みの現状及び新たな提案を紹介、議論し、今後の展開・発展を促す総合的討論の場を提供することを目的として、企画されたものである。講演件数は、招待講演 5 件、一般講演 4 件の計 9 件であり、3 月 17 日 13:45~18:00 時に行われた。

まず、本シンポジウムの世話人である飯島から開催趣旨などのシンポジウム概要説明の後、神戸大の神野伊策氏から、「圧電薄膜を用いた MEMS エナジーハーベスト」という題目で招待講演を頂いた。一番目の講演ということもあり、圧電振動発電の必要性・意義から始まり、その基本的動作原理の説明、そして自らの研究成果の報告と分かりやすいものであった。また最後には、1)特性評価の標準化、2)機械的疲労に対する耐性化、3)標準化にも繋がる応用分野の明確化など、圧電振動発電における現状の課題についても言及された。

次に、大阪府大の吉村武氏から「圧電式振動発電素子の特性向上に対する物質科学的アプローチ」という題目で招待講演を頂いた。圧電振動材料を選定、設計する上で指針となる圧電体薄膜の性能指数(Figure Of Merit : FOM)である($e^2_{31}/\epsilon_0\epsilon_r$)を基本的な方程式から導き出し、この分野の研究を開始する研究者、技術者、学生への良き指針を与えていた。また、この FOM と誘電体材料の最も重要な物理量である誘電率との関係を実験データで示し、FOM をより身近なものにしていた。この講演を受け、東京理科大の中嶋宇史 氏から、優れた可撓性と成形性のある有機圧電体 PVDF フィルムを用いた圧電発電特性に関する一般講演を頂いた。

次に、湘南工科大の眞岩宏司氏から「強誘電体材料の焦電エネルギーハーベスティングと電気熱量効果」と題して焦電効果の観点から招待講演を頂いた。廃熱からの発電の起源は、誘電体材料では焦電効果であるが、半導体材料では熱電効果である。講演では、両効果の理論的な発電効率を比較し、明らかに焦電効果の方が高いことを示され、廃熱利用における誘電体材料の優位性を強く印象付けた。続いて、物質・材料研究機構の北村健二氏から「焦電効果と光起電力効果による表面電荷の応用」と題して招待講演を頂いた。本公演では、北村氏が長年携わってきた物理量である表面電荷をキーワードに大気中、真空中における焦電効果、光起電力効果による表面

電荷の制御及びその電荷を利用したナノ金属粒子の固定、分子マニピュレーションへの応用について話を頂いた。講演中には、機知に富んだ逸話を交えるなど、難しい話であるが大変面白く聞かせて頂いた。これを踏まえて、金沢大の山崎修平氏から Nd 置換した BiFeO_3 強誘電体薄膜の分極誘起光起電力効果の発現に関する一般講演を、また、大阪府大の奥村優太氏から(111) MgO 及び(111) YSZ 基板上にヘテロエピタキシャル成長させた六方晶 YMnO_3 薄膜の光誘起電流について一般講演があり、その起源について議論が沸いた。また、大阪府大の湯川博喜氏からは、(0001)サファイア及び(111) YSZ 基板上にヘテロエピタキシャル成長させた YbFe_2O_4 薄膜の光物性、特に光誘起電流量の波長依存性について報告があり、各波長の吸収係数と電流値の間に大きな相関があることが述べられた。

最後に、岡山大の池田直氏からは「電子型誘電体の特性とエネルギー分野への応用検討」と題して招待講演を頂いた。 RFe_2O_4 ($\text{R} = \text{Y}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}, \text{Yb}, \text{Lu}$) は、層状希土類複電荷鉄酸化物であり、同数の Fe^{2+} と Fe^{3+} が存在するが、それらの存在により電子過剰域と欠損域とが自発的に現れ、電荷秩序配列を起こすことで電気分極が発生する。この全く新しい強誘電体材料を電子型誘電体と呼び、マルチフェロイック特性、バイアス電場による伝導度可変特性を示し、さらには新しい太陽電池への展開が可能であることを紹介された。

このように本シンポジウムでは、圧電、焦電、光起電力効果や、さらには新奇な電子型誘電体材料のエネルギー分野への応用展開の現状紹介などが行われたが、参加者にとっては、この分野の研究を始める、あるいはより発展させるための大きなヒントを得たのではないであろうか。当日は予想を越える 110 名程度の参加者があり、活発な質疑・応答が交わされ、絶縁体である強誘電体材料では大電力を賄うことは難しいが、日々何気なく使うポケットライト、電子スイッチ、センサなどの小消費電力の電子デバイスや機器への電力供給源としては十分可能であることが示されるなど、大変盛会であった。本シンポジウムをきっかけとして、強誘電体材料がエネルギー分野へのさらなる発展・展開に寄与することを期待して止まない。