

筑波大学 大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群 守友 浩 教授

研究題名：温度変化で充電される「三次電池」の開発

オンラインインタビュー(図1)で、助成対象テーマの内容や研究に対する考え方などをお伺いしました。

先生の研究を簡単に説明してください。

私は、熱エネルギーハーベストの研究を行っています。特に身近にある非常に質の悪い室温付近の熱エネルギー、または人体熱、昼間と夜の温度差などの小さい熱エネルギー変化を電力にかえることを、ここ数年、集中的に研究を行っています。

IoT社会ではセンサが必要となります。現在のスマートフォンなどは人が充電を行っていますが、センサの数が膨大となるトリオンセンサの時代になると、人による充電作業が難しくなることが予想されます。このときにエネルギーハーベスト電源を用いることで、充電作業が不要になると考えています。また、昨今の半導体技術の進歩で制御電圧の低電圧化も進み、周辺技術の面からも、今までの電池からエネルギーハーベスト電源に切り替わる時期に来ていると感じています。

三次電池とは何ですか？

三次電池は、外部電力で充電するのではなく、温度によって充電する電池です。この名前は我々がつけたもので、電池業界の人に三次電池と言うと否定されますが、業界外の人にはわかりやすい名前だと言われるので、この名称を皆さんにも使っていただきたいと考えています。

充電メカニズムは、電池の(+)、(-)極の電位の温度によるわずかな変化を利用します。例えば、室温で電極間の電位差がゼロであったとしても、30℃程度の温度上昇で、数十 mV 程度の熱起電力が発生することになります。これに外部回路につながれば、電流が流れるということになります。

熱で発電するデバイスとして、よく知られているのは熱電変換素子があります。熱電変換素子は、素子内部の高温部と低温部の温度差により発電しますが、三次電池は素子全体を温める／冷やすことで、発電します。更に、発電した電力を貯蔵して、熱変化のないときに利用できるという全く新しいタイプの電池ということになります。

助成研究の内容を教えてください

三次電池の性能を向上させるためには、熱起電力と放電容量(取り出せる電荷の量)を大きくすることが必要です。熱起電力は、(1)式に示す通り電極電位の温度係数 α (mV/K) に依存し、正極の係数と負極の係数の差で決まります。従って、大きな温度係数 α を持つ電極材料(α はエントロピーに依存)が必要となります。我々は、プルシャンブルー類似体に着目し、材料と温度係数 α の関係を調べてきました。その結果、図2に示す通り、構成する遷移金属を変えることで、温度係数が同じ物質系とは思えないくらい変わることがわかりました。

放電容量は、熱起電力が大きければ容量は増えますが、(2)式に示す放電曲線の電位の容量微分で割るモデルを導出しています。そして、実験で、その β 値を変えてサンプルを作成し、容量を測定すると、確かにその通りなることがわかってきました。

$$\text{熱起電力} : V_{\text{cell}} = \pm (\alpha^+ - \alpha^-) \Delta T \quad (1)$$

$$\text{放電容量} : Q_{\text{cell}} = \mp (\alpha^+ - \alpha^-) \Delta T / (\beta^+ / r + \beta^- / (1-r)) \quad (2)$$

α : 電位の温度微分、 β : 電位の容量微分、 r : 正極活物質の重量比

助成研究では、電極のパラメータ α 、 β と熱起電力と放電容量の関係を明らかにすることを目標としています。この式を利用すると、任意の電極材料に対して、三次電池の熱起電力と放電容量を最大化することができます。

この研究のきっかけと学生に伝えたいことを教えてください。

もともとは熱電変換素子の研究を行っており、その時に熱電変換素子と二次電池の特徴を併せ持つ新しいコンセプトの電池ができないかということを考えました。このコンセプトのもと、電池構造を考案し、学生が実験をしたところ、私の予想に反して良いデータが出たのが取り組みのきっかけでした。実験データを得るのに苦労しなかったという意味で、筋がよい技術かなと思いました。

学生には、誰もやっていない面白いこと、研究者としてその研究分野を推進できる人材になってほしいと思います。別に大学で研究をしようが、企業で働いても、研究を推進できる人材は必要になってきます。そのような人材になってくれればよいと思います。

後記

何か新しいものに取り組みたいという先生の想い、そして大学だからそれに取り組めるという言葉、往々にして成果が求められる昨今において、自分だけの三次電池という研究テーマを見つけ、基礎研究の領域から具現化するという事は企業にはできない、大学らしい研究であると感じました。現在は、多くの企業が先生の三次電池に興味を示しているとのこと。太陽光発電などの再生エネルギーによる発電が実現する中、熱エネルギーによる発電はいまだに発展途上だと思います。

是非、先生が考案した三次電池が実現できるよう、今後の研究の進展をお祈りしております。

(矢崎財団常務理事 砂山竜男)



図1 筑波大学 守友先生

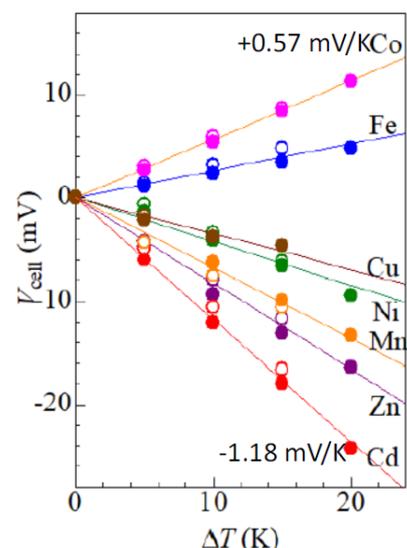


図2 遷移元素による起電力の変化