

研究成果報告書

所属機関	職名	氏名
富山大学	准教授	森本勝大

研究テーマ

雨雪天候時に発電する極性摩擦帯電機を用いたエネルギーハーベスターの創出

研究報告

1. 研究の背景と目的

再生可能エネルギーの2018年全国内訳は太陽光38%、バイオマス13%、水力45%と多くの割合を太陽光発電が占めている。近年では太陽光発電の普及により急速な再生可能エネルギー割合の増加が期待されている。しかしながら、上記内訳は全国ベースでの統計であり、自然エネルギーを活用することから、それぞれの発電方式は適した気候を有する地域に偏った配置がなされている。たとえば太陽光発電は九州地方に多く建設されている。

しかし、私の居住する富山県においては、日照時間は過去30年平均で全国平均の85%であり、12-2月の冬場に限定すると57%と非常に少なく太陽光発電には不向きな気候である。2018年の降雪日数が243日と1年の3分の2が雨雪日であることを考慮すると、富山県における再生可能エネルギーは雨雪気候を無視することはできない。これは富山県に限らず、日本海側地域で広く生じる問題であり、近年の太陽光発電拡大を十分に活かしてきれていない実情がある。

そこで本研究では摩擦帯電型エネルギーハーベスターに注目した。これは環境中の摩擦帯電した電荷を効率よく収集することで発電利用するデバイスの総称であり、小型化が可能な地産地消型電源として注目されている。原理としては摩擦帯電状態を形成したのち、帯電電荷を外部回路に取り出すことで発電する(図1)。摩擦帯電型ナノ発電機の利点は簡便なデバイス構造にあり、本研究では図中の帯電体を雨雪粒に置き換えることで発電に寄与できるものと考えている。

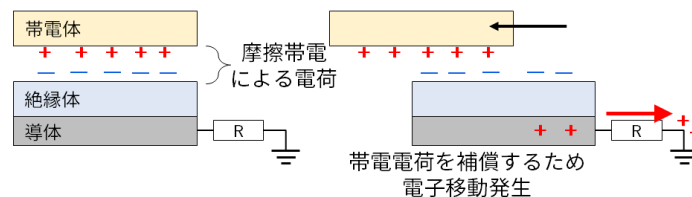


図1 一般的な摩擦帯電型ナノ発電機の発電原理

2. 研究成果および考察

本研究では帯電電荷を発生する絶縁体にポリジメチルシロキサン(PDMS)を使用した。材料毎の帯電のしやすさを表す指標に帯電列があり、PDMSは帯電列中では負に帯電しやすい材料として知られている。ガラス基板全面にAl電極、PDMSを積層した後、帯電電荷の検出電極としてAl電極をパターンニング成膜した。雨雪粒を模倣した水滴を自動ポンプにより滴下し、水滴が検出電極に接触した時の微小電流をデータロガーの内部抵抗を介して測定した(図2a)。

作製した摩擦帯電型ナノ発電機の水滴滴下に伴い、正負の出力電流が出力された。これは水滴とPDMS表面の摩擦帯電にともなう電荷に加えて、水滴内部に内包される初期電荷に起因している。水滴生成時にポンプシリンジと水滴が剥離する際、摩擦帯電と同様の現象が発生することで水滴内部へ電荷が蓄積することが既報として報告されている。水滴内部電荷と摩擦帯電により生じる電荷の正負が

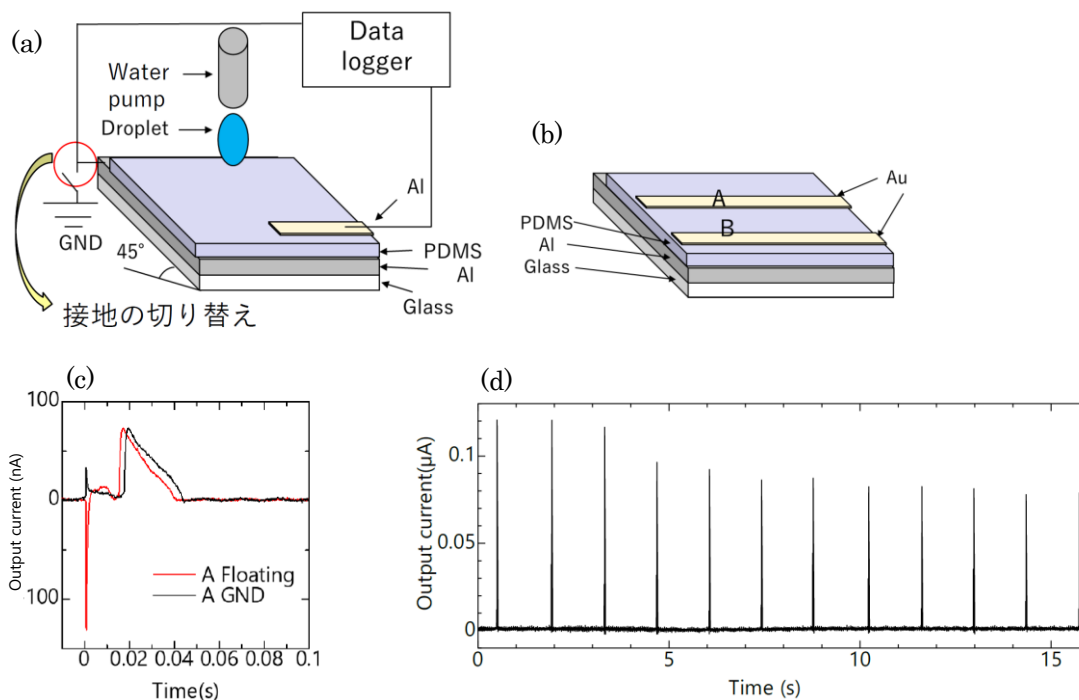


図2 摩擦帯電型ナノ発電機の(a)測定系概略図、(b)改良型素子構造。水滴滴下に伴う出力電流の(c)素子依存性、(d)改良型素子による特性。

異なることで、取出し電荷量が減少してしまう。そこで、水滴内部電荷を外部へ排出するため検出電極A、Bの2つに改善し、検出電極の材質を酸化被膜等のないAu電極へ変更した(図2b)。接地された検出電極Aから水滴内部電荷を排出することで、電極AB間での摩擦帯電に伴う電荷を検出電極Bで検出した。その結果、電極Aの接地により負電流の出力は抑制され、正電流のみの検出が可能となった(図2c)。正電流のみ出力が可能となったため、摩擦帯電に起因する電荷のみの取り出しに成功したと考えている。純水水滴45 μL を連続で滴下した時の出力電流(図2d)の時間積分から、摩擦帯電電荷量は平均で270 pC/滴と算出された。

PDMSはシリコン樹脂であり疎水性であることが知られている、一方で親水性のセルロース材料やアクリル樹脂を帯電材料として使用することで、出力電荷量が異なることを確認した。今後は純水だけでなく、弱酸性水溶液条件や温湿度の異なる環境下での評価を実施することで、気候変動時の発電性能評価へつなげる。

3. 将来展望

水滴を利用した摩擦帯電型ナノ発電機は素子構造が単純構造であり、簡便に作製可能な点が大きな利点となる。1つの素子サイズは10 cm以下と小型化が可能であり、複数の素子を並列・直列接続することで出力電流や電圧の制御が可能である。近年では非常に簡便な装置により、水滴から100 V以上の出力を得た報告例(W. Xu et al. Nature, 578, 392 (2020))もあり、簡便かつ有用な再生可能エネルギーとして注目されている。

本研究はナノ発電機に重点を置いているが、原理としては表面科学やトライボロジーが関係している。水滴と絶縁体界面における摩擦帯電現象は未解明な部分が多く、今後も本研究を通じて界面摩擦現象の解明に寄与できると考えている。

4. 研究発表

・令和4年度 応用物理学会北陸・信越支部学術講演会 発表予定