

熱電発電システムを用いた 独立電源型センサーの実現性に関する調査研究

工学院大学 先進工学部 環境化学科 准教授 桑折 仁

概要

防災・減災用センサーには太陽電池とバッテリーを組み合わせた電源が使われるが、太陽光が届きにくい場所や植生の問題など長期使用時には課題が多い。そこで、メンテナンスフリーの熱電発電に着目し、センサー用の独立電源としての実現性を探る。

1. はじめに

持続可能な開発目標(SDGs:Sustainable Development Goals)には 11. 住み続けられるまちづくりを、13. 気候変動に具体的な対策を、が設定されている。つまり、都市災害あるいは自然災害と、対象は異なるものの防災・減災に関連する内容が含まれているとも言える。しかし、2030 年まで、あと 10 年を切っているが、ゴールが達成されているとは言い難い。

災害対策としては、火山や河川などにセンサーを設置し、蓄積されるビッグデータを解析し、未然に災害を防ぐあるいは被害を最小限に抑えることに繋がることが期待できる。九州や中部地方でおきた令和 2 年 7 月豪雨などの水害、土砂災害や、東日本大震災などの地震、さらに草津、新燃岳、蔵王山などの火山活動の活発化など、都市災害、自然災害の防災・減災のためには多種多様なセンサーを様々なところに設置し、センサー網を構築する必要がある。都市部に設置されるセンサーであれば、Wi-Fi 環境が整備されているため、センサーから得られるデータを低出力で発信すればよく、且つその電源も発達した電力網を利用できる場合が多いと予想される。しかし、火山や河川の上流などでは、無線通信基地局が無いあるいは距離が遠い場合もあるため、高出力で発信する必要がある。センサーおよび情報送信システムは電力網の無い環境に設置するため、その電源には独立電源が必要となる。この環境は人が普段踏み入らない環境であるため、1 年足らずで必ず交換を要する電池などは電源として利用しにくい。そこで、自然エネルギーから発電する方式の環境発電に着目した。当研究グループでは平成 30 年度下期の調査研究で明らかとなった課題の解決策として、環境発電とくに設置面積の小さく、メンテナンスフリーである熱電発電は一つの手段になり得ることが示唆された。しかし、地中熱などの深部熱源、地表熱、その他熱源を利用した熱電発電の応用例は非常に少ない。そこで、センサーの設置環境や微小温度差の取得技術に関して、他の発電方式、熱利用方法も含めて文献調査、ヒアリング調査を実施し、それらの知見を応用した熱電発電のセンサー用独立電源としての実現性を検討することをこの調査研究の目的とした。

2. 調査研究の実施内容及び方法

2-1 情報収集

本研究ではデータ収集は書籍、インターネットによる検索、国際会議による情報収集、防災・減災センサーの開発・販売メーカーや防災・減災センサーの施工メーカーへのヒアリングを行った。

2-2. 情報発信

情報発信については第 32 回傾斜機能材料シンポジウムにて発表した。

2-3. 実施体制

全体委員会委員長 兼 申請者

桑折 仁 工学院大学

副委員長

奈良松 範 琉球大学

委員

磯田幸宏 物質・材料研究機構

高井淳治 (株) ジーマックス

高際良樹 物質・材料研究機構

多田智紀 (株) ミツバ

長谷崎和洋 徳島大学

水戸洋彦 ミトラボ

ほかエコマテリアル・フォーラム 熱電発電研究会のメンバーを中心とした有識者がオブザーバーとして委員会に参加した。

なお、研究開始当初は上記委員会で実施したが、コロナ禍で調査研究は中断せざるを得ない状況となった。その間および中断後は磯田氏、水戸氏と桑折の3名で実施した。

3. 結果

3-1. 防災・減災センサーメーカーに対するヒアリング

A社は地すべり、土石流、斜面など自然災害の観測、監視システムの開発・施工を行っているメーカーである。このA社に対するヒアリングの結果、種々センサーは通常動作としてスリープと測定を繰り返し行っている。実際のセンシングデータの送信のみでなく、健全性通知も一定時間毎に行う。データの送信は測定の都度行うものもあれば定期的に測定したデータを内部メモリにストックし、毎週1回送信するものもある。データ送信部の消費電力は通信規格により異なる。

B社には土砂災害時における計測システムと電源に関する課題についてヒアリングを行った。災害現場、センサー設置施工現場の実情として、土石流センサーは砂防堰堤ができるまでの期間のみ使用するということが、一度災害が起きたところには設置せず、これから災害が起きそうな箇所に設置する。基本的には堰堤を施行する作業員を守るためであることが明らかとなった。熱電発電に関しては実際に商品がないので評価できない。新たに開発するにしても叩き台のようなものがあれば検討できる。出力については、この出力が出ないから使えないという考え方ではなく、得られる出力の範囲内で何ができるかということを検討するべきとの意見が出た。今後、当研究グループで発電システムの試作を行い、継続して検討することとなった。

熱源としては地中熱はもちろん候補であるが、それほど深い穴を掘ることが困難なこと、地表熱利用であれば、即ち、杭打ち程度の深さであれば、人力でサウンディング試験を行っていることから可能ではないか、法面の水抜き穴のような横穴の利用も可能ではないかという意見が出た。

3-2. 受熱方法の検討

東洋大学の村野らによる報告[1]によると、ブローで空気を送り込み、気流中での測定結果であるが、地表より6mほど地下では17~18℃で一定となることが示されている。

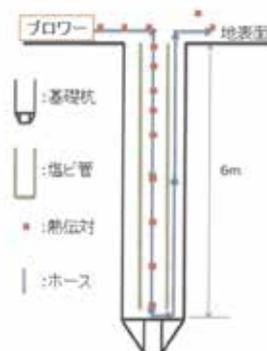


図1 地中熱実験施設

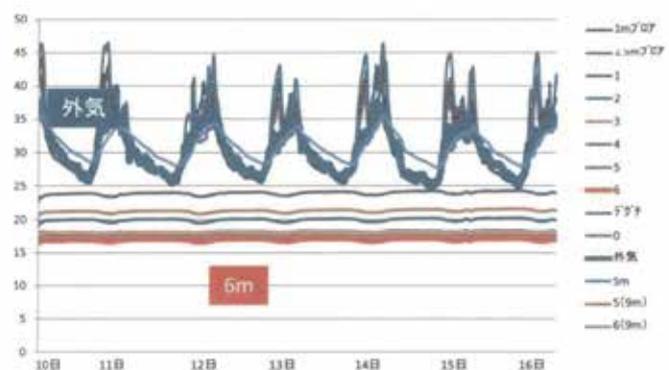


図2 夏季の地中温度測定結果

(8月10日14:50~8月16日15:40)

この応用例には空調設備があげられる。工学院大学八王子キャンパスの総合教育棟(1号館)の模式図を示す。アースピットで冷やされた空気が床面を冷却し、また、講義室内の床から空調風として抜ける構造となっている。

上記の例は空気による熱の輸送である。そこで、C社におけるヒアリングであるが、厨房設備の排気部に熱電発電素子を装着した際の

発電出力の傾向を確認したところ、高温部が300℃程度まで上がっているにも関わらず、素子に付加されている温度差は20 Kにみたないとのことであった。

空気(気体)の熱伝達では熱電発電による十分な発電量が見込めないため、液相を介した熱伝導であるヒートパイプに着目した。文献調査の結果[2]、長距離用のヒートパイプは電線の地中化などの共同坑内に溜まった熱を排出するために利用されるが、図中にあるように水平に近い状況で設置されることが多く、地中熱利用のように鉛直方向の熱の長距離輸送は想定されていない。

固相の長距離熱輸送については報告例を見出せなかった。

以上より熱電発電を独立電源として利用する防災・減災センサーの実現に向けては受熱方法が課題であり、熱源としては地表熱、あるいは法面を利用した水平方向の地中熱などが有望であることが導き出された。

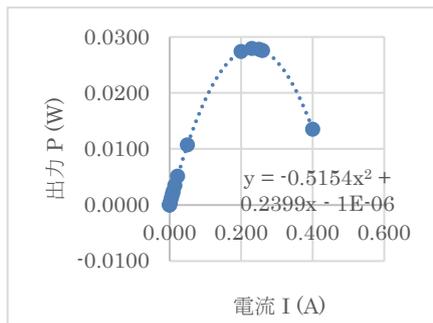
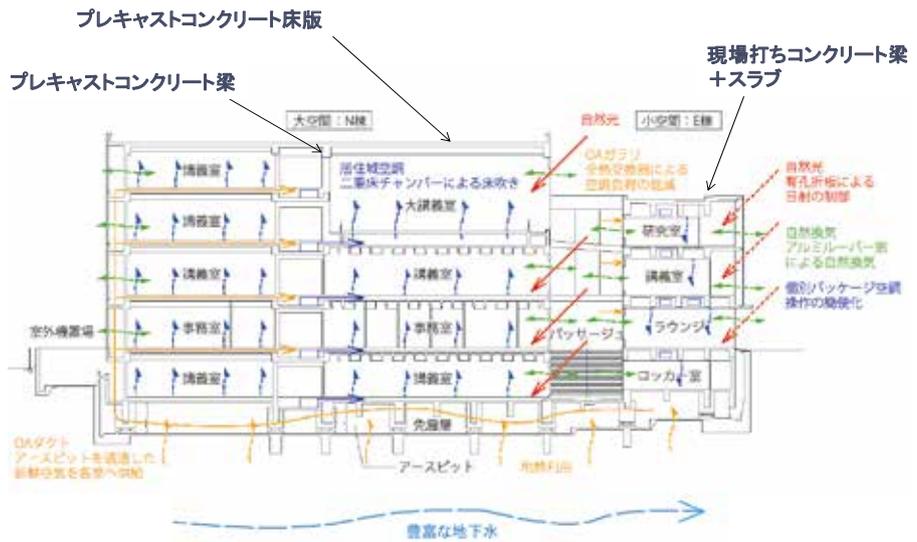


図4 熱電素子出力



適材適所に使い分けた構造形式、設備方式

図3 工学院大学総合教育研究等における地熱利用模式図

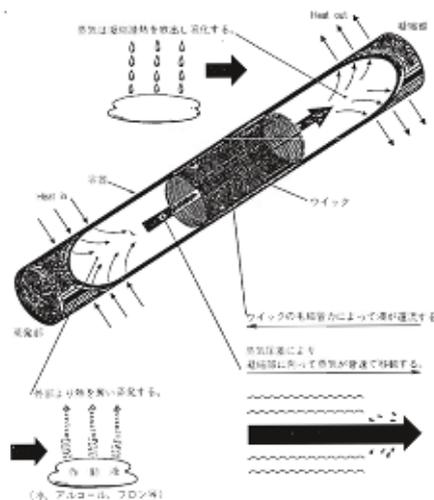


図5 ヒートパイプの構造と動作原理

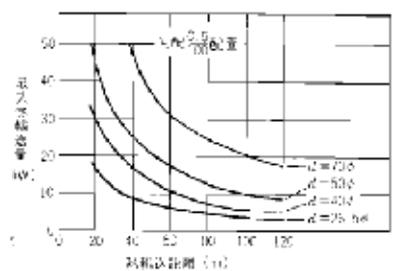


図6 コルゲート型ヒートパイプの熱輸送距離と最大熱輸送量の関係

参考文献

- [1] 村野 昭人ら, 東洋大学工業技術研究所報告 34 (2012) pp. 45-48.
- [2] Leyre Catalan et.al., Energy Conversion and Management 200 (2019) 112061.