

環境発電を利用した防災減災用センサーの実現可能性に関する 調査研究

工学院大学 准教授 桑折 仁

概要

防災・減災のためには、多種多様なセンサーを様々な箇所に設置しなければならない。この実現にはメンテナンスフリーのセンサー利用が不可欠であり、この実現のために環境発電を利用できないか、文献調査、ヒアリング調査を実施し、そのポテンシャルを探る。

1. はじめに

持続可能な開発目標(SDGs:Sustainable Development Goals)とは、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016年から2030年までの国際目標である。持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の誰一人として取り残さない(leave no one behind)ことを誓っている。この17のゴールの中で、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。

第5期科学技術基本計画において、我が国が目指すべき未来社会の姿としてSociety 5.0が初めて提唱された。Society 5.0で実現する社会は、IoT(Internet of Things)で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことで、これらの課題や困難を克服する。Society 5.0は、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより実現する。このSociety5.0の概念を防災・減災の分野へ当てはめると、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のが期待できる。福島第一原子力発電施設の事故、西日本でおきた平成30年7月豪雨などの水害、土砂災害、東日本大震災などの地震、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、電池など交換が必要となるもの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。しかし、環境発電で用いる自然エネルギー源としては温度差、環境光、電波、振動が挙げられるが、センサーを設置する環境において、これらのエネルギー源からセンサーが必要とする出力を得られるのか、時間変動はないのか、などの利用可能な条件をまとめている資料はない。そこで、対象となる事象に対して、防災・減災センサーの現状を把握し、環境発電を用いてどのようなセンサーが実現可能かの情報を収集し、整理・発信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、第三者機関に委託し、地方公共団体(都道府県、政令指定都市)、防災・減災センサーの製作・販売メーカー

へのアンケート調査を行った。

2-2. 情報発信

情報発信については第 29 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。

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。頻度はセンサーにより異なり毎時行うものもある。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ーにストックし、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ことが明らかとなった。

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の講演を依頼し、災害現場、センサー設置施工現場の実情のヒアリングを行った。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わかった。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ことがわかった。また、災害が発生した際に、被害者が出た地域、被害は起きなかったが住民が戻ってきた地域の住宅地上流に設置すること、これ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。

以上の内容を考慮し、アンケート調査については水位計を中心にシーズ・ニーズ調査を行うこととした。

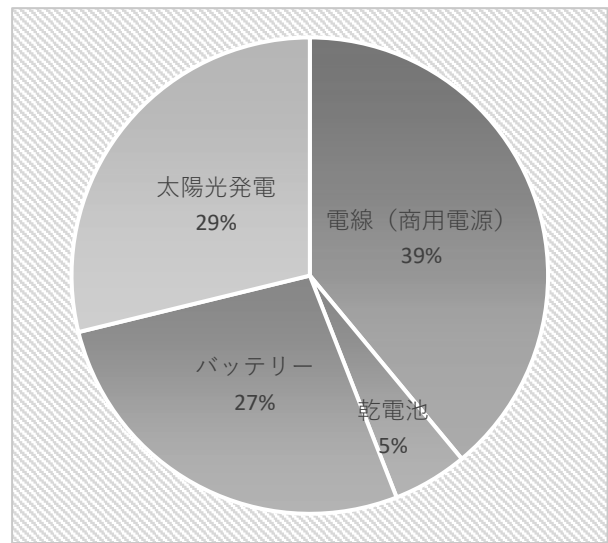
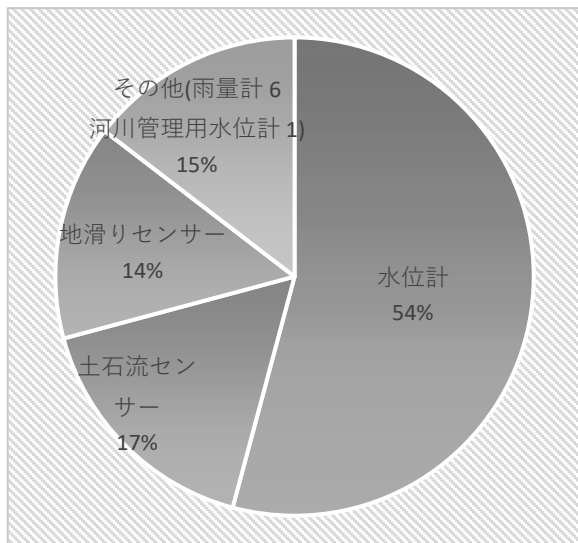
3-2. アンケート調査

アンケート対象の企業は水位計メーカーを中心に抽出した。地方公共団体は河川管理団体である都道府県および政令指定都市を対象とした。設置している防災・減災センサーの種類と電源の現状と課題の抽出および環境発電の一つとして期待される熱電発電についての可能性について調査した。

地方公共団体に関するアンケート調査結果の抜粋を以下に示す。

防災・減災対策としてどのような環境センサーを設置していますか？

設置したセンサーの電源はどのように供給していますか。



センサー用の電源に対して要望はありますか？

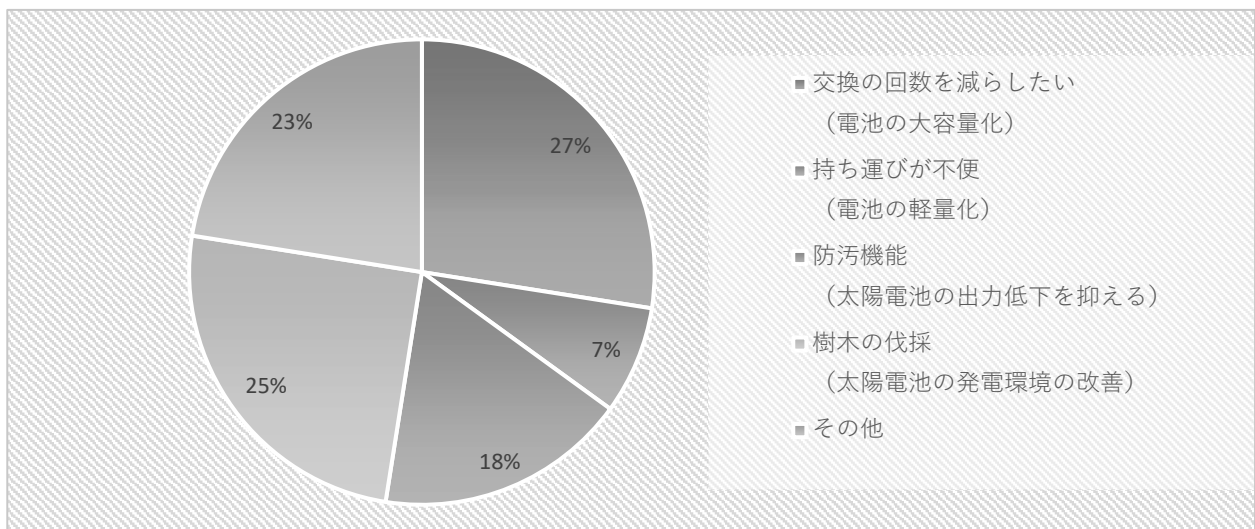
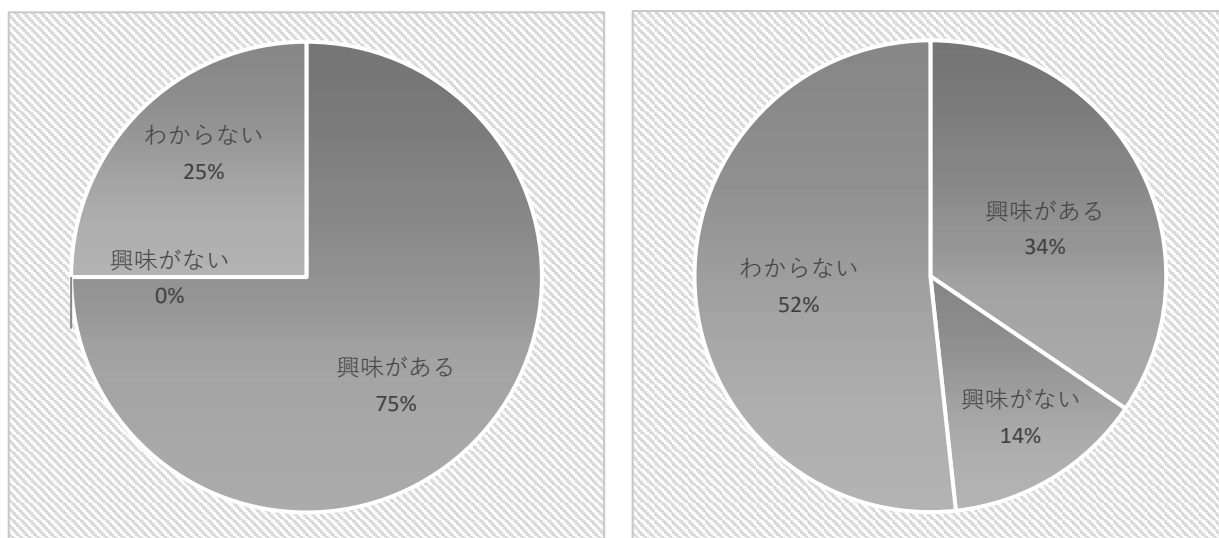


Fig.1 地方公共団体に対するアンケート結果

以上の結果より、地方公共団体では水害対策に重点を置いていることが明らかとなった。また、その電源については太陽光発電とバッテリーの組み合わせ、商用電力がほとんどであることがわかった。自由記述欄に記載されたコメントで、それぞれの電源に関する問題点も明らかとなった。商用電源については停電時にセンサーの機能維持をどうするか、太陽光発電については日照をどう確保するかが課題である。具体的には樹木の伐採の必要性、さらに民地であればそれも困難であること、日本海側の地域では北斜面になることなどが問題点となる。これらの解決策として、環境発電は一つの手段になり得ることが示唆された。

以下に熱電発電の可能性に関するアンケート調査結果を示す。

わずかな温度差で発電できる熱電発電という発電方式があります。この方式はメンテナンスフリーであり、独立電源としての応用が期待できます。このような新規の電源に興味がありますか？



防災・減災センサーメーカー

地方公共団体

Fig.2 防災・減災センサーメーカーおよび地方公共団体に対するアンケート結果

熱電発電は実績がないため、地方公共団体には認識が薄いですが、センサーメーカーは興味を示していた。自由記述欄には太陽電池の発電量は面積に比例するため、設置面積がある程度必要であること、植生の問題、メンテナンス費用の予算確保の問題などが問題点としてあげられており、設置面積の小さく、メンテナンスフリーである熱電発電を活用できる余地のあることが示唆された。

3-3. インターネットおよび国際会議による情報収集

インターネットを活用し、また、委員会での情報を踏まえ調査を行ったところ、地表と地中の温度差を利用した熱電発電に関する報告が確認された。この報告[1]から、地表から3～6mの温度は15～18℃、6～9mの温度は17～18℃で安定すること、地表から2m以下は5～25℃と変化することがわかった。季節による変動はあるもののいずれも温度差は発生しており、熱電発電でもバッテリーとの組み合わせで十分センサー用電源として実現可能であることが示唆された。

国際会議においてはスペインのグループから自律型火山監視ステーションの研究プロジェクトを開始したことが紹介され、すでにいくつかの論文[2]が公開されている。火山の地中の熱をサーモサイフォンで地表に移動し、その熱源と外気温との温度差で熱電発電機を動作させるという内容であった。しかし、火山地域は火山性ガスによる腐食などの課題が多々存在することが報告された。

以上より、地中と地表あるいは外気温との温度差を利用した熱電発電は動作可能であり、その電力量が不足する場合でも、センシングあるいはデータ送信時までにバッテリーに蓄電することにより動作可能であることが示唆され、環境発電を利用した防災・減災用センサーは実現可能であることが明らかとなった。

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.