

技術報告

磁歪振動発電技術の開発と適用事例

Development and Application Examples of Magnetostrictive Vibration Power Generation Technology

石川 典明*
Noriaki ISHIKAWA

田邊 昌男
Masao TANABE

木村 圭一
Keiichi KIMURA

見澤 謙佑
Kensuke MISAWA

森田 充
Mitsuru MORITA

小林 孝之
Takayuki KOBAYASHI

抄 録

DXの社会的浸透に伴い利用拡大しているIoTセンサーの多くは電池が使用されている。IoTセンサーは今後さらに利用拡大すると考えられるため、電池交換が不要な環境エネルギーを用いた発電技術、かつ天候や場所に影響されない安定的な発電技術が望まれている。このニーズを受け、日鉄ケミカル&マテリアル(株)は電磁鋼板を利用した磁歪振動発電モジュールを開発した。磁歪振動発電モジュールを各種振動環境下に置いて得られる電力によって、各種無線通信を動作できることを確認した。今後の具体的な実例作りに向けて、社内外の連携を進める。

Abstract

Many of the IoT sensors, which are expanding with the social penetration of digital transformation, use batteries. As the use of IoT sensors is expected to further expand in the future, there is a demand for power generation technology that uses environmental energy and does not require battery replacement, as well as stable power generation technology that is not affected by weather or location. In response to this need, Nippon Steel Chemical & Material Co., Ltd. has developed a magnetostrictive vibration power generation module that uses electromagnetic steel sheets. We confirmed that various wireless communications can be operated using the power obtained by placing the magnetostrictive vibration power generation module in various vibration environments. We will continue to collaborate both inside and outside the company to create concrete examples in the future.

1. 緒 言

近年、モノのインターネット (Internet of Things, 以下“IoT”と略す) の普及に伴い、何兆個ものIoTセンサーが必要とされる時代へと進んでいる。それに伴い、無線通信機能を有するIoTセンサーの開発が進められているが、多くのセンサーは電源として電池が使用されているため、電池交換や充電作業等の人手による定期的なメンテナンスコストの増大や、一次電池を多用することによる環境的な問題が懸念されている。これらの問題を受け、設置場所の環境エネルギーから持続的に電力を得ることが可能で、長期間メンテナンスフリーな環境発電モジュールの開発が望まれている。このニーズに対し、屋内等、暗所にも存在する振動エネルギーに着目している。振動発電市場は今後成長することが予測されており(図1)、振動発電技術を用いた

IoTセンサーは社会の2大潮流であるDX (Digital Transformation) とGX (Green Transformation) に適合した商品と言える。そこで日鉄ケミカル&マテリアル(株)は、振動発電技術として鉄を利用した磁歪振動発電の開発を進めている。本報では、開発した磁歪振動発電技術の概要と、適用事例について報告する。

2. 本 論

2.1 磁歪振動発電技術の概要

磁歪振動発電技術は、電磁鋼板などの磁性体にひずみを加えることで、磁化の状態が変化する効果、すなわち逆磁歪効果 (Villari 効果) を活用した発電技術である。具体的には、コイル内に配置した磁性体がひずむときに生じる磁化の変化を用いることで電磁誘導の法則によりコイル両端に起電力が得られる。本報では磁歪振動発電向けの磁性体

* 日鉄ケミカル&マテリアル(株) 総合研究所 新材料開発センター 研究員 千葉県木更津市築地1 〒292-0835

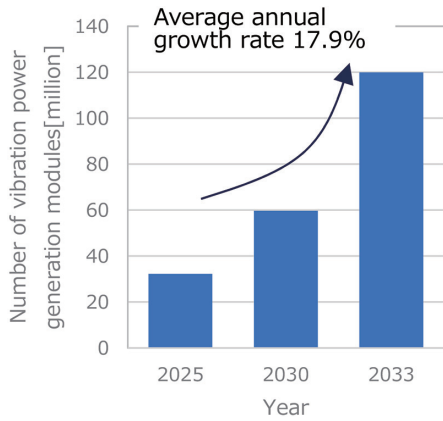


図1 振動発電市場の成長見通し
(日本能率協会資料から作成)

Growth outlook for vibration power generation market
(Created from the Japan Management Association report)

を磁歪材料と呼ぶ。ひずみに対する磁化の変化の程度を指す磁歪定数が高い磁歪材料は、ひずみに対して敏感に磁化の変化を生じさせることができるため発電効率が高い。そのため、これまで磁歪材料には磁歪定数が高いFeGa(鉄-ガリウム)、FeCo(鉄-コバルト)などが検討されてきた。しかしながら、これらの材料は希少な元素を使用しており、振動を伝えるフレームと磁歪材料を接着する樹脂が振動で剥離するという課題があった。それに対して、日鉄ケミカル&マテリアルは、従来磁歪が小さく発電材料として検討されていなかった方向性電磁鋼板(Grain-Oriented Steel Sheet:GO)を、残留応力を制御することで、ひずみに対して大きく磁化の変化を生じることを見出した。変圧器鉄心材料として広く用いられている日本製鉄(株)のGOと日鉄ケミカル&マテリアルが培ってきた金属接合技術とを組み合わせることで、GOとフレームを強固に一体化させて、耐久性の高い発電材料を開発するに至った。磁歪振動発電モジュールは、磁歪材料、振動を伝えるフレーム、磁石、および検出コイルの4つで構成される(図2)が、開発した発電材料は、磁歪材料とフレームを一体化させているため、打ち抜きや曲げ加工が可能である。

2.2 適用事例

本報では、図3に示す通り、振動モードを弾き振動と連続振動の2種類に区分して紹介する。弾き振動は、低サイクルで大きなひずみを磁歪材料にかかる振動モードであり、手などでドアを開閉する動作や、押す・踏む動作で生じるような振動が該当する。一方、連続振動は高サイクルで小さなひずみを磁歪材料にかかる振動モードであり、モーター等の周期的な動作によって生じる振動が該当する。

開発した磁歪発電材料の特性を、弾き振動と連続振動の2つのモードで検証した。弾き振動実験では、 V_{p-p}^{*1} で約

*1 交流電圧の最大電圧と最小電圧の差を表す。

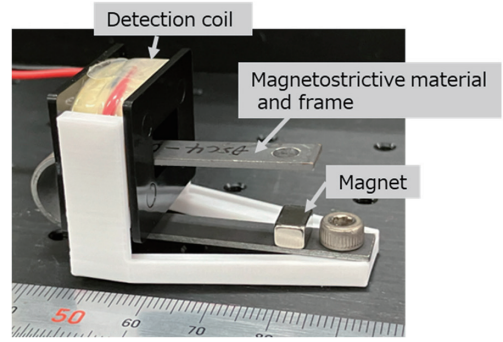


図2 磁歪振動発電モジュール例

Example of magnetostrictive vibration power generation module

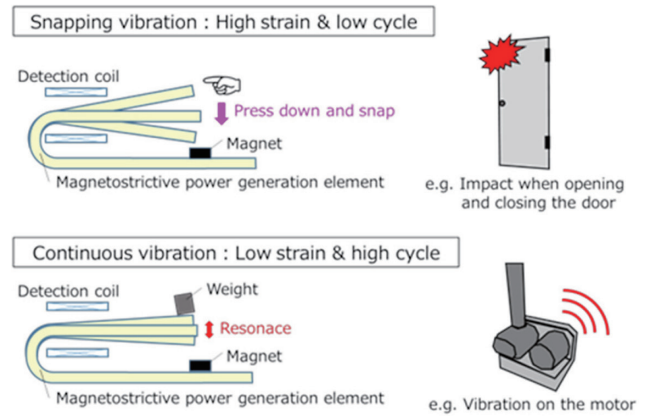


図3 弾き振動と連続振動

Snapping vibration and continuous vibration

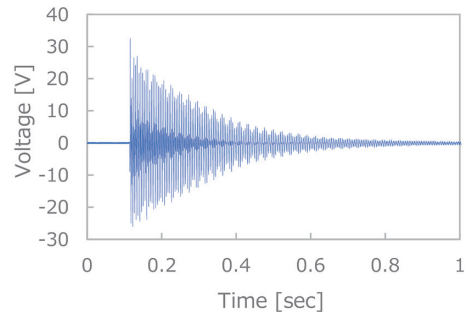


図4 弾き振動による発電波形

Waveform of power generated by snapping vibration

59V、電力量に換算すると最大6.2mWsの発電量が得られた(図4)。この発電量において、Zigbee^{®*2}やBluetooth^{®*3}通信を用いて無線通信できることを確認した。連続振動実験では、真空ポンプ上の連続振動環境に磁歪振動発電モジュールを置き、蓄電回路を組み合わせた無線通信モジュール(エイブリック(株)/蓄電機能付電源およびプライベートLoRa通信モジュール)を用いて、無線通信可否を検証した(図5)。その結果、モーター上の加速度約15m/s²、周波数100Hzのときに、磁歪振動発電モジュールに

*2 ZigbeeはConnectivity Standards Allianceの登録商標である。

*3 BluetoothはBluetooth SIG, Inc.の登録商標である。

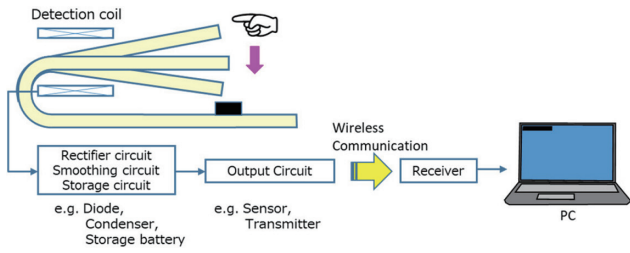


図5 磁歪振動発電を用いた無線通信
Wireless communication using magnetostrictive vibration power generation

よる発電で30分蓄電した後に、プライベートLoRa通信によって無線通信できることを確認した。

3. 結 言

今後の市場成長が見込まれる環境発電として、日鉄ケミカル&マテリアルは鉄を利用した磁歪振動発電技術を開発した。試作したプロトタイプにて得られた発電によって、無線通信機器 (Zigbee®, BLE*4, プライベートLoRa) を動作させることに成功した。この結果を踏まえて今後、広く社内外のフィールドに対して磁歪振動発電モジュールを提案していき、SDGsで掲げられている“すべての人が、安くて安全で現代的なエネルギーをずっと利用できる”社会の実現に貢献したい。

*4 Bluetooth Low Energy は Bluetooth SIG, Inc. の登録商標である。



石川典明 Noriaki ISHIKAWA
日鉄ケミカル&マテリアル(株)
総合研究所 新材料開発センター 研究員
千葉県木更津市築地1 〒292-0835



見澤謙佑 Kensuke MISAWA
日本製鉄(株)
先端技術研究所 新材料研究部
主任研究員



田邊昌男 Masao TANABE
日鉄ケミカル&マテリアル(株)
事業開発企画部 ゼネラルマネジャー



森田 充 Mitsuru MORITA
日本製鉄(株)
先端技術研究所 新材料研究部
上席主幹研究員



木村圭一 Keiichi KIMURA
日鉄ケミカル&マテリアル(株)
総合研究所 新材料開発センター
主任研究員



小林孝之 Takayuki KOBAYASHI
日本製鉄(株)
先端技術研究所 新材料研究部
上席主幹研究員