

# 人の歩行で電気を生み出す 床発電システム

武藤 佳恭 (たけふじ よしやす)

慶応義塾大学 環境情報学部 教授

小林 三昭 (こばやし みつあき) 林 寛子 (はやし ひろこ)

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)

近年、地球環境問題への関心の高まりを背景として、地球温暖化防止に向けたCO<sub>2</sub>削減への取り組みが企業に求められている。JR東日本グループでは駅・建物におけるCO<sub>2</sub>削減に向け、太陽光発電やLED照明、自然風の活用、植栽・緑化等、さまざまな環境保全技術の開発に取り組んでおり、その一つとして「床発電システム」がある。

床発電システムの開発は、2004年度よりジェイアール東日本コンサルタンツ(株)と基礎研究を開始し、2005年度のJR東京駅丸の内改札実験を経て、2007年6月から2009年3月まで、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)との共同開発として「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」事業として取り組んだ。床発電システムの大きな特徴は、人の歩行によって電気が生まれる「参加型」発電システムである点、CO<sub>2</sub>を発生せずに今まで活用されていなかった微小なエネルギーから電力が得られるため環境にやさしい点である。特に、鉄道分野では通勤・通学等により歩行者数が比較的多いという駅の特徴を活かすことができる。

さらに最近では、鉄道分野以外においても利用分野が拡がり、上海国際博覧会日本館、サッカースタジアムにおける応援スタンドへ導入されている。

## 1 床発電システム技術の概要

### (1) 発電の原理

床発電システムは、人が歩行の際に床を踏むエネルギーを電気に変換する。この技術の核は圧電素子(図1)の持つ圧電効果である。

圧電効果とは、素子に応力を加えると素子内部で分極が起こることで、浮遊電荷が発生し、素子が力から開放された際にその電荷が放出されることで電流が発生する現象である(図2)。圧電効果自体は古くから知られている現象であり、上記の逆の現象(電気を流して圧電素子を振動させる)は、ブザーやスピーカー等で一般的に利用されている。しかし、発電用途としては、発生する

浮遊電荷が極めて微量かつ一瞬であり、一定の電位差や電流を作り出せず蓄電が難しいことから、今までほとんど利用されていなかった。

### (2) 床発電システムの仕組み

床発電システムは、力や振動により発電する「圧電素子」、圧電素子を保護し応力を加える「発電ユニット」、発生した電力を集電・蓄電する「蓄電制御装置」で構成される(図3)。

床に複数の圧電素子を組み込んだ発電ユニットを敷設し、発電ユニットが踏まれることで、発生した電力が蓄電制御装置に蓄積される。そして、蓄電制御装置と設備等との接続により電力の供給が可能となる。

### (3) 開発の推移

床発電システムの開発では、微弱で瞬間的な浮遊電荷を効率よく取り出すことが重要となる。そのため、圧電素子や加圧構造、電気回路などを重点的に検討した。また、このシステムは、より多くの歩行者に踏まれ続けられるための耐久性も持ち合わせなくてはならない。その

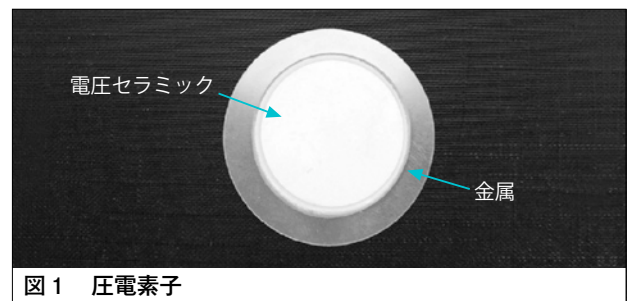


図1 圧電素子

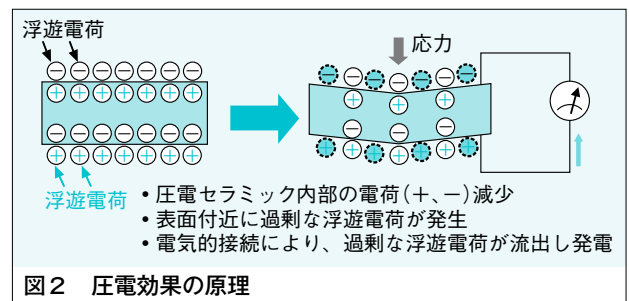


図2 圧電効果の原理

ため、システム技術の研究開発とともに、実用に耐えることを確認するための実証試験を東京駅において3回行った。

実証試験においては、発電量：改札1人通過当たり10W秒（得られた電力をICカード改札システムへの活用を想定）と耐久性の向上を目標とした。開発要素を以下に示す。

＜開発要素＞

- 圧電素子：発電用途に適した素子の材質、大きさ、厚さ、形状の検討
  - 発電ユニット：素子を保護するゴム材の構造、素子の配置、圧力分布構造の検討
  - 蓄電制御装置：回路部品、構成、電気損失の解析、インピーダンスマッチングの検討
- 各要素の開発は、検討結果を実証試験で確認し、さら

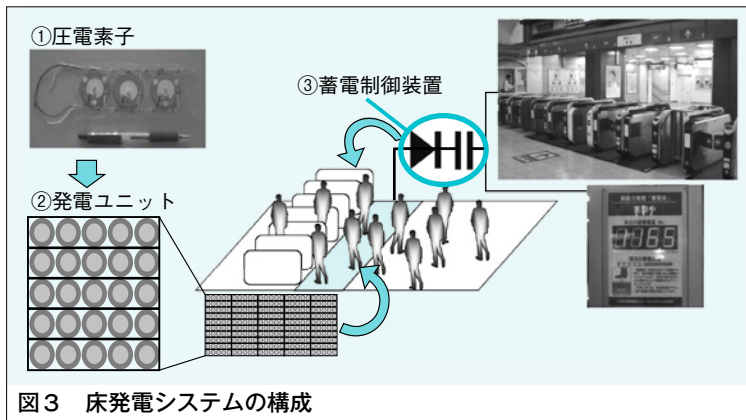


図3 床発電システムの構成



図4 床発電システム東京駅実証試験風景

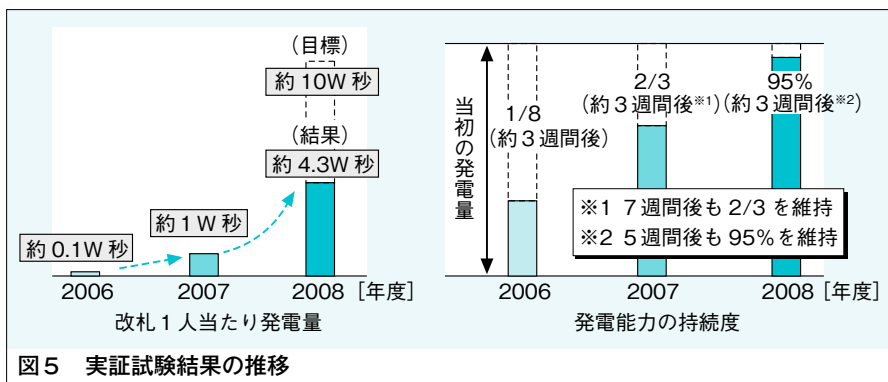


図5 実証試験結果の推移

なる改良を加える流れで、3回の実証試験を通して改良を重ねた。

各実証試験の様子を図4に示す。実証試験1では圧電素子をゴムマットに挟んだ簡単な構造であったが、実証試験3では駅の設備同様の石材を用いた構造になっている。また、実証試験における発電量と耐久性の推移を図5に示す。最終的に、発電量は実証試験1の約40倍、耐久性は試験開始から約3週間経過後も発電量の95%維持することができた。

## 2 一般施設での床発電システムの利用

開発した床発電システムをベースに、一般施設向けに改良され展開した事例を紹介する。

### (1) 上海国際博覧会日本館への導入事例

床発電システムの展示は、日本の新しい技術のひとつとして、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の推薦のもとジェイアール東日本コンサルタンツが実施した。

出展においては、半年間という長期間の展示である点、日本館1日の来場者数が2万人にのぼるといふ点を考慮し、補修が容易で耐久性を持たせつつ来場者のスムーズで安全な流動を確保できる展示にする必要があった。そこで、設置方法、表示方法を工夫した。

設置方法については、床発電システムが“振動を伝えて発電する”特性を持つため、石材と発電ユニットを固定しつつシステムが上下に動くことを可能にし、さらに段差等で歩行を妨げないように発電ユニットと石材を4隅で固定する止め金具を開発し、ユニット間の目地は弾性コーキング処理を実施した。これにより、上下方向の可動性および耐久性を確保した。また、発電ユニット1枚単位での交換も可能とした。

表示方法については、来場者が床発電システムを通行しながら発電量等を確認できるよう、設置部分の上部に46インチの液晶モニターを設置し、瞬間発電量、環境指数の2画面を表示した。また、発電時に足元のLEDを点灯させ、発電を体感しやすくした。実際の展示状況を図6に示す。

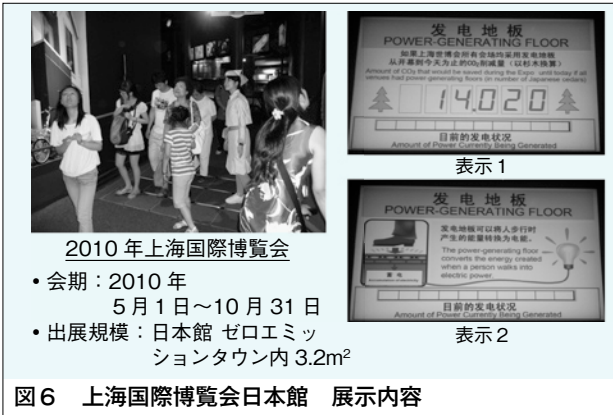


図6 上海国際博覧会日本館 展示内容



図7 スタジアム向け床発電システム

## (2) サッカースタジアムへの導入事例

サッカー等のスポーツ業界では、環境に配慮した地域貢献活動が積極的に行われている。サッカースタジアムへの床発電システム導入は、ヴィッセル神戸の運営会社((株)クリムゾンフットボールクラブ)の「サポーターの応援時のジャンプで発電させたい」という要望を発端としてスタートされた。

導入においては、サポーターの応援により発電させるためにスタジアムの観客席に設置することとなった。そのため、観客席1席に1枚発電ユニットを設置し、発電量の表示パネルは発電ユニット設置位置から離れたスタンド外の通路内に設置した。設置に際しては、狭い座席間(約40cm)にコンパクトかつ確実に固定できるよう発電ユニット4枚を1セットにした止め具を開発して固定した(図7)。また、発電ユニット設置部分と発電量表示パネルが離れており、発電を視覚的に確認することができないため、別途、発電ユニットとLEDライトを用いた光るパネルで構成する体験機を製作し、床発電システムを体感しやすくした(図8)。

この取り組みは、多数のメディアにも取り上げられ、サポーター達も楽しんで床発電システムを体感している。また、試合中の発電量ログの解析により、発電量がゴール等のタイミングに追従していることがわかる。これは、今まで定量的に把握できていないスポーツ応援の



図8 体験用パネル

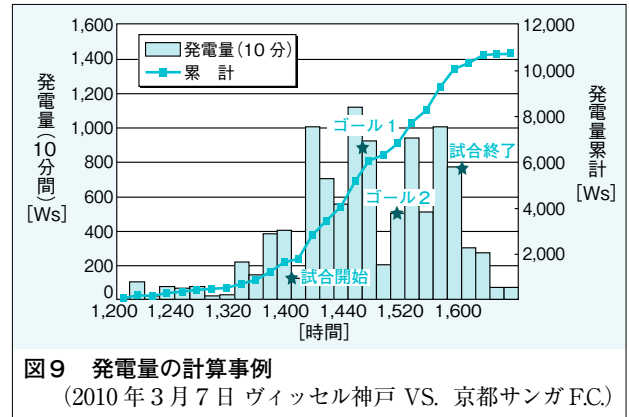


図9 発電量の計算事例

(2010年3月7日 ヴィッセル神戸 VS. 京都サンガFC.)

バロメーターとして考えられ、新たな利用展開の可能性が見出せた(図9)。

床発電システムは、太陽光発電や風力発電に比べ、その発電量は微小である。しかし、電源配線工事を行わなくとも電気や情報のやり取りが行えるメリットがあることから、仮設物の電源や、ビル・建物内の通路、入退管理ゲート、電子ペーパー、照明、センサー等設備への電力供給が期待できる。また、他に類を見ない「参加型」の発電技術という特徴から、スポーツ観戦等イベント的な利用方法で注目を集め、床発電を楽しんでもらいながらエコ活動に対する意識を向上させる等特有の効果が発揮された。

このように床発電システムは、

- 踏むことで簡単に発電が体感できる
- 今まで活用されていなかったエネルギーから電力を生む

という特徴より、新たな環境保全技術の1つとして、また、環境への取り組みに対する意識の醸成やPR等に有効であるといえる。

今後は、発電された電力の蓄電技術の向上や計測技術との連携により、駅・建物等の省エネ化を促進するための無電源センサー技術への応用など、さまざまな場面において床発電システムが活用されていくことを目指していく。