

植物発電による自立電源型 IoT

完全コールドスタートの実証に成功

0Vの完全放電状態から、 μW 級の微小電力だけで。電池も外部電源も人手も使わずに起動し、電源が落ちても自ら戻る無線ノード。

テキトーマードレポート No.1 | Takeit2MODE 合同会社 | 発行日 2026 年 9 月 21 日 | 実証時間 56.1 分・受信 333 件・欠落 0 件

1. 概要

植物が根から排出する糖を微生物が分解する際に生じるエネルギーを電力に変える「植物発電」。その出力は μW （マイクロワット）級と極めて小さく、一般的な無線機器をそのまま動かすには到底足りません。私たちは、この微小な電力を **MPPT（最大電力点追従）** 制御によって効率よく取り出して充電用キャパシタに蓄え、**0Vの完全放電状態から、電池・外部電源・人手を一切使わずに起動する無線ノード**を試作し、実機での連続動作を実証しました。

起動後は **毎分約 6 回**のデータ送受信を欠落なく継続し、入力が途絶えても**自ら復旧**します。人の手が届かない場所に置きっぱなしにできる自立型 IoT デバイスの前提条件を、実機で満たしたことになります。

RESULT 01

MPPT を駆使した コールドスタート

0Vの完全放電状態から、 μW 級の微小電力のみで起動。実機では**結線から約 64 秒**でシステムが自律起動しました。一次電池・外部電源はいずれも使用していません。

RESULT 02

電源断からの 自動復旧

入力が 223 秒間途絶えても、再接続のみで自動的に送信を再開。実機計測でも送信時の一時的なリセットを観測しましたが、約 4 秒で人手を介さず復帰しました。

RESULT 03

毎分約 6 回の データ送受信

56.1 分間で 333 件を受信、欠落は 0 件。定常時の送信間隔は平均 9.17 秒と安定していました。

2. システム構成

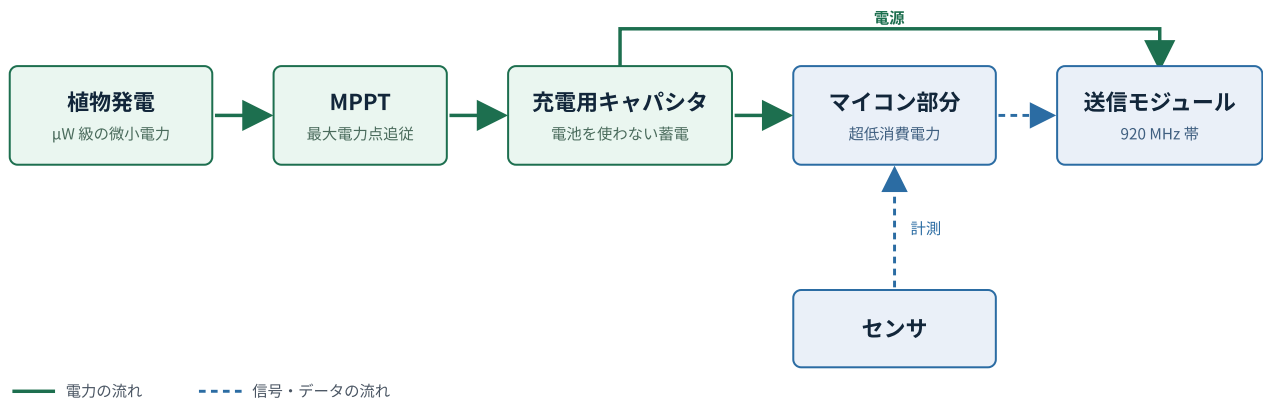


図1 システム構成。植物発電の微小電力をMPPTで取り出し、充電用キャパシタに蓄えてマイコン部分と送信モジュールを動かします。電源は充電用キャパシタのみで、電池は使用していません。

3. 実証の枠組み

植物発電セル（植物の根圏と電極で構成）を唯一の入力源とし、蓄電は充電用キャパシタのみ、起動と送信の制御は超低消費電力マイコンが担う構成です。実証は**実際の植物発電セルを接続した状態**で行い、完全放電（0V）から系全体が立ち上がるまでの電圧推移を計測しました。起動操作は一切なく、機器は結線のみで自律的に起動します。植物発電セルの電圧は、開放時 1.74V に対し、結線直後は負荷のため 0.3V まで低下、蓄電の進行に伴って 0.5V、システムの起動後は 1.7V まで回復しました。

4. 実機のコールドスタート（電圧トレンド）

実際の植物発電セルに結線した瞬間を 0 秒としたときの電圧推移です。蓄電電圧は 0V から上昇し、約 64 秒でマイコンへの給電が始まり、約 130 秒で蓄電が満了（4.2 V）しました。稼働後は約 9.2 秒ごとに自動送信を続けており、送信のたびに蓄電電圧は一時的に低下します。計測中に 1 回だけマイコンがリセットしましたが、約 4 秒後には人手を介さず次の送信を再開しました。

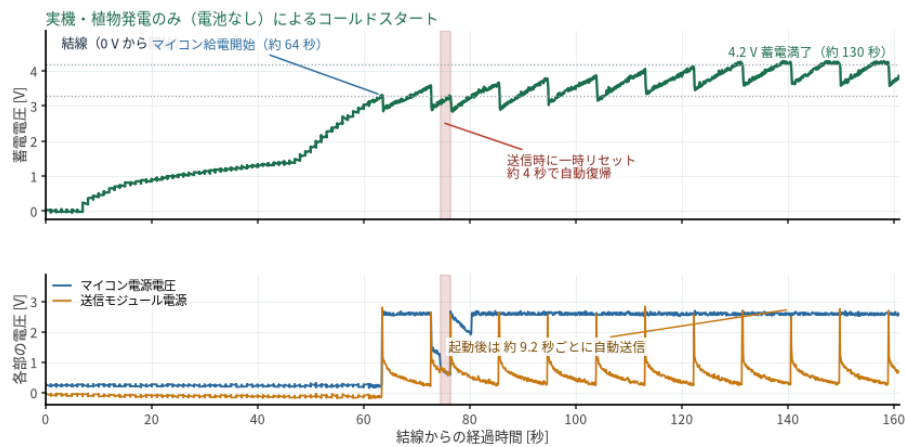


図2 実機（実際の植物発電のみ／電池なし）のコールドスタート。上段：蓄電電圧、下段：マイコンと送信モジュールの各部電圧。赤い帯は送信時の一時的なリセット区間。

5. 送受信トレンド

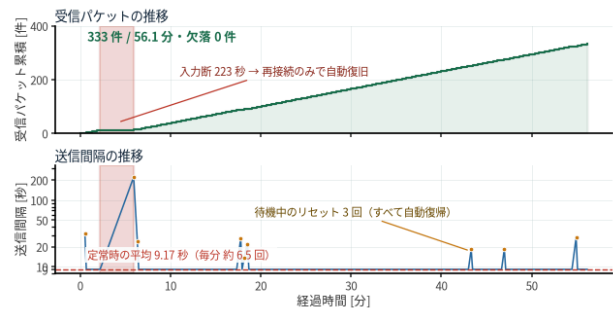


図3 56.1分間の送受信トレンド（上段：受信パケット累積／下段：送信間隔・対数表示）。

受信パケットは 56.1 分間にわたりほぼ一定の傾きで増加を続け、欠落は 0 件でした。送信間隔は定常時 平均 9.17 秒（最小 9.156／最大 9.194 秒）の狭い範囲に収まり、毎分 約 6.5 回の送信が安定して成立しています。図中の赤い帯は、接続ケーブルが外れて 223 秒間データが途絶えた区間です。給電は完全に停止していましたが、再接続のみでリセット操作を一切行わずに送信が再開しました。起動そのものよりも難しい「一度落ちたあとに、誰もいない場所でどう戻るか」を、人の操作も復旧コマンドもなしに満たしています。

6. 主要な実測値

項目	実測値
実証時間	56.1 分（2026 年 9 月 21 日 14:26～15:22）
受信パケット数	333 件（欠落 0 件）
コールドスタート	0V から結線のみで自律起動（約 64 秒でマイコン給電／約 130 秒で蓄電満了）
植物発電セルの電圧	開放 1.74 V → 結線直後 0.3 V → 蓄電中 0.5 V → 起動後 1.7 V へ回復
送信間隔／頻度	定常時 平均 9.17 秒（最小 9.156／最大 9.194 秒・n=323）＝ 毎分 約 6.5 回
電源断からの復旧	入力断 223 秒 → 再接続のみで自動復旧／送信時の一時リセットも約 4 秒で自動復帰
送信バースト	約 100 ms／回（その間もマイコン電源電圧 2.57～2.68 V を保持）／受信電波強度 -87～-65 dBm
取得データ	土壌水分センサの値（校正・精度評価は本実証の対象外）
電源	電池なし（充電用キャパシタのみ）

本レポートについて（公開範囲）

本レポートは実証結果の公開用であり、回路定数・部品選定・ファームウェア・動作点の設計など、再現に必要な技術ノウハウは含んでいません。植物発電セルには株式会社ニソールの電極技術を活用しています。技術的なご相談は個別にお問い合わせください。