

(様式 2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 福島 志斗 印

題 目 EDLCを用いた低環境負荷型独立電源システムの開発とWSN
システムへの応用

学位論文の概要及び要旨

近年、気候変動枠組条約締約国会議(COP)や持続可能な開発目標(SDGs)などの環境対策を含む取り組みが世界的に行われ、低炭素社会を実現するため再生可能エネルギーによる発電量の増加と二酸化炭素(CO₂)の削減が求められている。

本学位論文では、発電部、蓄電部、充放電制御部及び負荷部からなる低環境負荷型独立電源システムを設計・製作し、それらの性能を実証試験によって評価することを目的とした。発電部では再生可能エネルギーの一つである PV (PhotoVolatics)モジュールを、そして蓄電部では電気二重層キャパシタ(EDLC: Electric Double Layer Capacitance)を用いた。また、充放電制御部では専用の電気電子回路の設計・製作を行い、新奇な低環境負荷型独立電源システムを開発した。本電源システムはオフ・グリッド(独立型)システムなので、ワイヤレス・センサ・ネットワーク(WSN: Wireless Sensor Network)システムや照明装置などの電源システムに応用された。これらの結果から、以下のことが明らかになった。

- (1) 低環境負荷型独立電源システムの蓄電部には、木炭 EDLC を用いた。これは化学反応を伴わないので、充放電のサイクル特性や充放電効率が優れている。木炭 EDLC の電解液には水溶液系水酸化カリウム、電極には木炭と鉄を用いた。したがって、いかなる重金属も有毒な物質も含まない。開発された蓄電部は故障や災害などで廃棄されても、木炭 EDLC は環境に影響を与えない。さらに、水酸化カリウム溶液が電解質として使用されるので、発火の危険はなく、安全である。
- (2) WSN システムは、10W の PV モジュールによる発電、25Wh の木炭 EDLC による蓄電、0.7W 程度の電力を消費するセンシングと通信システムからなっている。これらの実証試験結果から、本システムが少ない日照時間にも関わらず 120 時間、5 日間の連続動作できることがわかった。したがって、木炭 EDLC は WSN システムにおいて信頼できる安全な低環境負荷型独立電源システムの一つになると考えられる。
- (3) WSN システムは木炭 EDLC によって連続的に運用されるが、水田における水の取り入れ口によって生じる汚染物によって影響されない新奇な水位センサを開発した。その特徴は、センサ部分を汚染物から守るためにシリンダ・カバーが取り付けられていることや多重反射の影響を抑制するために多数のセンサが利用されていることなどである。これらの結果から、水田における水取り入れ口の管理に使用できる十分な性能を有することが明らかになった。
- (4) 200Wh の蓄電容量を有する木炭 EDLC を用いた屋外 Wi-Fi システムを設計・製作した。これらの実証試験の結果から、24 時間以上、連続稼働できることがわかった。さらに、木炭 EDLC の定格電圧を高く設定した方が蓄電されているエネルギーの利用効率が高いことや同容量の木炭 EDLC よりも機器を安定して稼働できることがわかった。
- (5) 現在までに開発された最大の低環境負荷型独立電源システムは 1kWh クラスの木炭 EDLC と定

格出力 800W の PV モジュールからなり、負荷部には 100W 以下の負荷(家電)を想定して新たに制御回路を設計・製作した。充電制御回路は、3 系統の降圧型 DC/DC コンバータを並列に接続して使用し、充電時の電流を構成するデバイスに分散して流すことで効率的な木炭 EDLC の充電を実現した。また、木炭 EDLC の出力電圧を安定させる出力制御回路は、2 系統の昇圧型 DC/DC コンバータを並列に接続して使用することで、電力変換効率の向上を実現した。これらの制御回路は複数で構成される DC/DC コンバータを駆動する信号の位相をずらし、回路中に急峻な電流の流れを抑制することでデバイスを小型化できることが明らかになった。

本研究で得られた研究成果は、低環境負荷型独立電源システムが現在から将来の社会に向かって必要不可欠な技術であり、再生可能なエネルギーをより有効活用するためにはより大容量の電源システムの開発が急務であると考えられる。