

(様式7)

学位論文審査結果の要旨

氏名	福島 志斗
審査委員	委員長 _____ 李 相錫 _____ 印 委員 _____ 市野 邦男 _____ 印 委員 _____ 松永 忠雄 _____ 印 委員 _____ 岸田 悟 _____ 印 委員 _____ _____ 印
論文題目	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
審査結果の要旨	<p>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。</p> <p>本論文では、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 (Photovoltaic)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。本電源システムは独立型システムであるためワイヤレス・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への応用が容易である。具体的な研究内容と成果は下記の通りであり。</p> <ol style="list-style-type: none">(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ため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) 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 WSN システムを用いて EDLC の実証実験を行った。その結果、本電源システムは少ない日照時間にも関わらず 120 時間、5 日間の連続動作が可能であることを示した。(3) 水田において水の取り入れを自動に行う、木炭 EDLC によって連続的に運用される WSN システムの実現のため、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しい水位センサも開発した。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を利用していることである。作製した水位センサの検証実験結果、十分な性能を有することを明らかにした。

(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、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を明らかにした。

(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 (1kWh クラスの木炭 EDLC、定格出力 800W の PV モジュール使用) において、100W までの負荷(家電)で使用可能な新しい制御回路を設計・製作した。その充電制御回路は 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 の充電が実現できた。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の小型化が可能になった。

本研究により、再生可能なエネルギーをより有効活用するため必要な低環境負荷型独立電源システムが実現できたと考える。本研究の成果は技術的かつ研究的な観点から極めて有意義である。以上のことから、本論文は学位論文 (博士 (工学)) として十分な価値を有するものであると判定した。