

学位論文審査の結果の要旨

氏名	LI ZHI
審査委員	<p>主査 谷野 章 (印)</p> <p>副査 喜多 威知郎 (印)</p> <p>副査 荊木 康臣 (印)</p> <p>副査 森本 英嗣 (印)</p> <p>副査 上野 誠 (印)</p>
題目	Development of a greenhouse dynamic shading system using a semi-transparent photovoltaic blind
<p style="text-align: center;">審査結果の要旨 (2,000字以内)</p> <p>近代的な温室栽培では、高度な栽培環境管理によって、作物の収量と品質を向上させることができる。温室栽培の利点を発揮させるための環境制御技術は、化石燃料や商用電力の供給に依存している。そのようなエネルギー資源への依存を減らすために、その場で得られる再生可能エネルギーを温室環境制御に活用する研究が行われている。その中でも、太陽光発電技術は、環境制御設備に電気エネルギーを供給することを期待されている。しかしながら、どちらも太陽光を必要とする太陽光発電と栽培を同じ場所で実施すると、より高位置の一方がより低位置の他方に影を生じてしまうため、両者を同時に成立させることは困難である。他方で、遮光カーテンを展張して夏期の強すぎる日射を遮りながら温室栽培が行われていることもまた事実である。そこで、適度な透過性を有する太陽電池を遮光資材として機能させることができれば、栽培と発電が共存できる可能性がある。本論文では、半透過型太陽電池モジュールを用いたブラインド型の温室自動遮光制御システムの開発について述べられている。半透過型太陽電池モジュールをブラインド材として用いることで、適切な遮光制御と電力生産を実現できる。日射強度に応じて屋根面に配備した太陽電池ブラインドの傾斜角度を自動的に制御することで、温室内の日射変動を安定させることができる。この制御動作に必要な電気エネルギーは、太陽電池ブラインド自身の発電エネルギーで賄える。</p> <p>本研究では、モジュール面積 0.1 m²、最大出力 1.5 W、発電効率 1.5%の半透過型太陽電池モジュールがブラインド材として使用された。一枚の太陽電池モジュール内には、直径 1.2 mm の球状太陽電池が 13,764 粒疎らに埋設されている。その粒間を光が透過することで半透過性が実現された。この太陽電池モジュールへの垂直入射光の遮光率は 39.3%である。日射の強弱により自律的にブラインドの受光角度を調節できるモーター駆動回路が学位申請者によって開発された。開発初期の短期間実験では、一枚の太陽電池ブラインドからなるプロトタイプシステムがガラスのない温室屋根面に設置された。システムの動作に要する電気エネルギーは太陽電池ブラインドの発電エネルギーから供給された。強日射時には、太陽電池ブラインドを温室の屋根面と平行させることで温室内の日射が緩和された。曇天時のような低日射時には、太陽電池ブラインドを温室の屋根面と直交させることで、日射が温室内に導入された。しかし、開発したモーター駆動回路</p>	

の消費電力が大きかったため、検証実験期間中のブラインドシステムの自己消費エネルギーを発電エネルギーで完全に賄うことはできなかった。その後、システムの電力生産を増加させるため、プロトタイプシステムにもう一枚の太陽電池モジュールが追加された。さらに、待機時の消費電力を低減させるように、モーター駆動回路が改良された。太陽電池モジュール2枚を使用した改良システムが南北棟ガラス温室の東向きの屋根の下に取り付けられた。太陽電池ブラインドが屋根面と平行するとき、温室ガラスと太陽電池ブラインドの光透過率はそれぞれ91%と58%であった。早春に実施した2か月間の実証実験では、改良システムは自ら生産した電気エネルギーで動作し、余剰電力量が生産された。その後、太陽電池モジュールを3枚に増やしたシステムでは、駆動回路をさらに改良して、回路の自己消費エネルギーを大幅に削減することができた。5か月間の連続運転を経て、システムは2125 kJの余剰電気エネルギーを発生した。実験期間と同じ日照条件を仮定して試算した結果、年間で7.8 kWh m⁻² yr⁻¹の余剰電力量が得られることが明らかとなった。このことから、本太陽電池ブラインドシステムを温室屋根へ適用すれば、太陽電池の発電エネルギーを温室内の他の環境制御設備に供給することができ、その結果化石燃料や商用電力への依存を減じることができる。

本論文は、温室の環境自動制御のために必要な電気エネルギーを、温室がある場所で生産するという理念に基づいて開発された、太陽光発電機能を有するブラインドシステムの性能について述べている。その太陽電池ブラインドには半透過性があるため、発電しつつも適度な光透過を確保している。尚且つ、屋外の日射強度に応じて自動的にブラインドの受光角度を変えることにより、低日射時に温室内の作物に光を届けることにも配慮している。遮光制御に要するエネルギーは自給でき、余剰の電気エネルギーが生産された。このような概念のシステムは新規であり、論文の学術的価値は高く、将来的には開発したシステムの産業応用も期待できるため、本審査委員会は本論文を学位論文として十分価値があるものと判定した。