

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	建材一体型太陽光発電モジュールの加飾に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	足立零生
Author(English)	Leo Adachi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第350号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:和田 裕之,荒井 創,平山 雅章,稲木 信介,鈴木 耕太,近藤 道雄
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第350号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	足立 零生	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	和田 裕之	准教授	鈴木 耕太	准教授
	審査員	荒井 創	教授	近藤 道雄	特定教授
		平山 雅章	教授		
		稲木 信介	教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「建材一体型太陽光発電モジュールの加飾に関する研究」と題し、日本語で書かれ、6章で構成されている。

第1章「背景」では、再生可能エネルギーの中でも特に太陽光発電が注目されており、持続可能な社会の実現に向けた重要な技術であると説明されている。建材一体型太陽光発電 (BIPV) モジュールは、土地利用の効率化や美観との調和といった利点を有する一方、デザイン性と発電効率の両立が課題として挙げられている。本章では、BIPV の概念とその課題、ならびに既存の太陽電池モジュールにおける色調制御技術の現状と課題が整理されており、本研究の目的である高効率な加飾技術の開発の必要性について述べられている。

第2章「光学薄膜による加飾技術」では、光学薄膜を用いた加飾技術の有効性が検討されており、光学シミュレーションを活用した設計と真空蒸着による試作について説明されている。特に、先行研究では注目されていない白色化の加飾による発電効率低下を抑えるための新たな設計手法が提案されている。通常、白色太陽光発電モジュールのためには、カバーガラスにおいて可視光領域全体の反射光が必要であるが、本提案ではある反射光とその補色関係にある反射光を利用することで、太陽電池に届く可視光の低下を最小限に抑え、更に、光入射角の変化によりブルーシフトする2つの反射光の色相変化を相殺することにより角度依存性を低減した加飾が実現可能であることを示している。併せて、反射ピーク数、色相、膜層数などが異なる場合においてもこの設計手法の有効性が示されている。

第3章「マイカ顔料による加飾技術」では、マイカ顔料を活用した加飾技術が検討されている。白色系マイカ顔料を用い、加飾を目的とした設計が行われたほか、テクスチャ加工との組み合わせが提案されている。マイカ顔料の粒子サイズや濃度、テクスチャの粗さが白色度と発電効率に与える影響が明らかにされている。マイカ顔料とテクスチャ加工を組み合わせることで、面内における色相の均一性や高実度を実現できることが示され、これらは BIPV の普及に向けた設計の柔軟性を高めるものであるとしている。

第4章「木材成分の光学特性」では、持続可能な材料であるセルロースナノファイバー (CNFs)、および、リグノセルロースナノファイバー (LCNFs) の光学特性が検討され、特に、レーザー照射を利用した CNFs 製造の可能性が示されており、環境負荷を抑えた製造プロセスの構築に向けた基礎的な結果が説明されている。波長 355 nm のレーザー照射が特定成分 (キシラン、リグニン) に

選択的に作用することや、これにより CNFs が生成される新たなプロセスが明らかにされている。

第 5 章「ナノセルロース材料による加飾技術」では、CNFs およびマイクロフィブリル化セルロース (MFCs) を活用した太陽光発電モジュールの加飾技術について詳細に説明されている。ナノセルロース材料の膜厚や物理的特性が明度、および、発電効率に与える影響が示されている。併せて、太陽光発電モジュールを作製するための封止による材料の変色や劣化に関する評価が行われ、MFCs が優れた耐久性を持つことが示されている。これらにより、ナノセルロース材料が、第 3 章で使用されたテクスチャ加工の代替として機能し得ることや、BIPV モジュールに対する高いデザイン性と効率性を兼ね備えた加飾の可能性が示唆されている。

第 6 章「結論と展望」では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結論と共に今後の研究の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は光学薄膜、マイカ顔料、テクスチャ構造、セルロースナノファイバーを用いて白色太陽光発電モジュールを作製と評価を行い、建材一体型太陽光発電モジュールの可能性を提案したものであり、カーボンニュートラル実現のための再生可能エネルギー導入加速の観点から、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。