

研究成果報告書

研 究 題 目		電界カーテン付き太陽電池パネルの発電実証実験	実 施 年 度
			2022-2023 年度
代 表 研 究 者	所 属	鳥取大学工学部電気情報系学科	
	氏 名	西村 亮	印

1. 研究の目的・背景

乾燥地での太陽光発電は太陽電池パネル受光面上に砂じんが飛来し、太陽電池表面の損傷および堆積により発電性能を低下させる。乾燥地であるため、淡水で太陽電池表面を手作業で洗浄して砂塵を除去することは水資源の有効利用および人件費の観点から望ましいことではない。そこで「水を用いない砂じん除去」方法を開発する必要がある。電界カーテンは例えば図1のように絶縁体中に複数の電極を埋め込んだ物である。例えば電極の1,4,7..., 2,5,8..., 3,6,9...を接続して3組の電極群を作り、それに3相交流を印加することで進行波電界を発生させ、帯電粒子を移動させるものである。太陽電池受光面に電界カーテンを設置すると想定した場合、その消費電力は同一面積の太陽電池の定格発電電力の1.2~2%程度[1]と究めて小さく、太陽電池パネルのカバーガラスに交流電圧を印加する電極を透明導電材料で作成したものを埋め込むことで「水を用いない、低消費電力、メンテナンスフリーの砂じん除去能力」を持たせることができる。

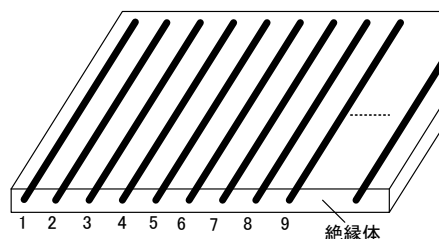


図1 電界カーテン

本研究では実際に透明電極材料を用いた上記の「電界カーテン付き太陽電池用カバーガラス」を作成し、その性能を調査した。

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

【透明電極材料を用いた電界カーテンの作成と砂じん除去性能実験】

一辺が225 mmのガラス板に透明電極材料(GZO, ガリウム添加酸化亜鉛)で平行電極を設けて図2の三相交流用電界カーテンを作成した。各電極の幅は2 mm, 電極間隔は10 mmである。透明電極には金属点極を接触させ、外部から三相交流を印加する。一辺が45 cm程度のカバーガラスを持たない太陽電池に適用することを想定した



図2 透明電極材料を用いた電界カーテン

場合、この電界カーテンを4枚で1組とすればよい。

この電界カーテンに鳥取砂丘の砂を散布し、電極に三相矩形波電圧を印加して砂じん除去実験を行った。図3に隣り合う2枚の電界カーテンに直径212 mm以下の砂3.00 gを水平に設置した電界カーテン上に散布し、8 kV、0.167 Hzの矩形波電三相電圧を2分間印加した場合の電圧印加前後の電界カーテン上の砂の状態の例を示す。この条件で10回の試行を行って重量除去率を算出し、最小と最大を除いた8回分の平均除去率は69.9%であった[2]。



(a) 電圧印加前



(b) 電圧印加後

図3 電界カーテン動作前後の砂の分布（8 kV、0.167 Hzの矩形波電三相電圧を2分間印加）

【考察】

この実験では除去後の砂が2枚組電界カーテンの中央に集中している。砂の移動方向は三相交流の相順によって変化することが後日判明したので砂の移動方向はコントロールすることが可能である。したがって複数の電界カーテンを組み合わせる場合に高い除去率を得るためには印加電圧の相順を考慮することが必要であると言え、上記の実験条件においても除去効率はさらに改善されると思われる。

【問題点とその解決】

測定中に透明電極と金属電極の接合部で火花放電が発生して透明電極が破損し、電界カーテンとして機能しなくなる不具合が頻発した。火花放電の発生は印加電圧波形の影響を受けることはよく知られており、本研究での火花放電は所望の電圧をステップ的に印加する際に発生し、電圧を徐々に上昇させた場合には発生しなかった。そこでインバータ回路の各出力と電界カーテンの対応する電極間にRC直列回路を挿入することで電圧上昇に適切な時定数を持たせることで火花放電は極めて弱くなり、電極破損の不具合を低減することができた。

【まとめ】

上記の放電による不具合が頻発し、その対策に時間を要し、当初の目的であるこの電界カーテンを取り付けた場合の発電実証実験を実施することが現状ではできていない。火花放電による電極破壊を抑制する方法のめどが付いたことから現在実証実験の準備中である。

【文献】

- [1]竹形祐毅, 西村 亮, 「乾燥地に設置する太陽電池を想定した電界カーテンによる砂の除去実験」太陽エネルギー259号 (Vol.46, No.5), pp. 57-62 , (2020 年 11 月)
- [2] GZO 透明電極を用いた太陽電池カバーガラス用電界カーテンの砂じん除去実験, 谷口晴光, 西村亮, 気関連学会中国支部連合大会 (2023 年 10 月, オンライン), R23-7-6

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

研究開始時には当初購入を予定していた「カバーガラスなし太陽電池パネル」および「透明電極材料で作成した電界カーテン」は採択決定前に別予算が付き、それで購入することができたが、上記電界カーテンは異常放電により頻繁に破損するため経費で 2023 年度に追加購入した（660,879 円）。他の経費は透明電極材料をはさんで「電界カーテン付き太陽電池カバーガラス」を作成するためのガラス板（157,476 円）、電界カーテンを制御するためのシステム構築用部品（電子部品、電源等 227,145 円）、制御システム系における絶縁・静電シールド用のプラスチック材料および金属材料（65,836 円）、「電界カーテン付き太陽電池カバーガラス」において、ガラスの透明度を保ちながら電界カーテン電極間の絶縁を確保するためにガラスと透明電極材料間に注入するシリコンオイルおよびその除去用材料（51,674 円）、研究補助者（大学院生）の学会参加費（成果発表、3,220 円）材料加工のための道具（2,893 円）、として使用している。他に間接経費が 217,500 円である。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

砂じんが除去されること、火花放電による電極破壊を抑制する方法のめどが付いたことから現在実証実験の準備中である。実証実験が成功し、大量生産等による電極材料のコスト削減を達成できれば実用化が可能であると思われる。また NASA の Mars2020 プロジェクトで探索機の太陽電池に火星の砂の堆積し、発電電力が低下して探査機が活動を終了したことが報道された。本研究の成果はこのような宇宙開発における太陽光発電の問題解決にも応用できる。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

GZO 透明電極を用いた太陽電池カバーガラス用電界カーテンの砂じん除去実験, 谷口晴光, 西村亮, 気関連学会中国支部連合大会（2023 年 10 月, オンライン）, R23-7-6（電気学会中国支部奨励賞受賞）

2024 年 11 月に開催される航空宇宙学会において発表予定