

地上設置型太陽電池アレイにおける円錐渦の影響

清水建設(株) 正会員 ○伊藤 靖晃
 清水建設(株) 正会員 野澤 剛二郎
 清水建設(株) 菊池 浩利

1. 概要

2008 年に発表された福田ビジョンでは、太陽光発電の具体的な導入目標を示した上で積極的な導入を図ることが示されている。この導入目標達成のためには、電気事業者による世界最大級の大規模太陽光発電所（メガソーラー）の全国展開が不可欠であり、近年メガソーラーが積極的に建設されるとともに、コスト削減のための技術開発も進められている。メガソーラーで用いられる地上設置型太陽電池アレイは、軽量の構造物であり、風荷重や雪荷重が主要な荷重となる場合が多い。風荷重の評価が構造物の健全性や建設コストに大きく反映されるため、風荷重の適切な評価が必要である。現在、太陽電池アレイのモジュール面に作用する風荷重は、NEDO の風洞実験¹⁾を基に規定された JIS 規格（JIS C8955:2004「太陽電池アレイ用支持物設計標準」²⁾）に基づき算定されることが多い。NEDO の風洞実験ではアレイ勾配の影響は考慮しているものの、アレイ配置や気流性状は詳細に検討されておらず、メガソーラーの建設を進める上ではこれらのパラメータの影響について詳細な検討を進める必要がある。

表 1 アレイの形状および配置

	数値流体解析	風洞実験
アレイ数	南北 4×東西 3	南北 4×東西 3
幅 B (mm)	2,300	150 (3,000)
厚さ D (mm)	50	14 (280)
奥行 L (mm)	7,500	500 (10,000)
勾配 α (度)	30	10 (10)
設置高(底面) H_b (mm)	500	37.5 (750)
基準高(軒高) H_0 (mm)	1,700	77.3 (1,550)
アレイ間隔 L_B (mm)	2,910	152.3 (3,050)

伊藤らは NEDO の風洞実験と同一形状のアレイ群を対象に数値流体解析を行い、乱れの小さい気流中で風向角を有する流れが作用する場合、アレイ端部から円錐渦が生じ、局所的に強い負圧領域が生じることを明らかにした³⁾。そこで本研究では乱れの小さい気流中で風洞実験を行い、モジュール面の風圧分布を測定し、円錐渦発生の有無を検証した。

注) 風洞実験のカッコ内は想定するフルスケールを表す

2. 解析および実験条件

風洞実験は表 1 に示した形状のアレイ群を対象に行った。アレイ勾配は 10 度であり JIS 規格の適用範囲外であるが、円錐渦が生じるという定性的な特性は数値解析の対象アレイと同一であると考えられる。模型製作の制約のためアレイ厚さは 14mm であり、1/20 の縮尺率を想定した場合の実機の厚さは 280mm となった。これは実際のアレイと比較して大きな値であるが、辺長比 B/D は 10.7 と平板に近い形状であり、アレイ厚さが流れ場に与える影響は考慮しないものとする。風洞実験は清水建設(株)のゲッチング型風洞にて行った。共和電業の多点圧力測定器 F01-6803 を用いて上面・下面各 55 点、計 110 点の圧力孔の圧力を、500Hz のローパスフィルターをかけて同時測定した。数値解析・風洞実験とも用いた気流はラフネスを設置しない一様流を想定したものであるが、対象モデルが地表面に極めて近い位置に設置されるため、実際には図 1 に示すように境界層が発達し乱れの影響を受けている。なお、風洞実験の軒高における乱れ強さは約 7% である。本報告では風向角 30 度(北北東の風)の解析・実験結果について示す。

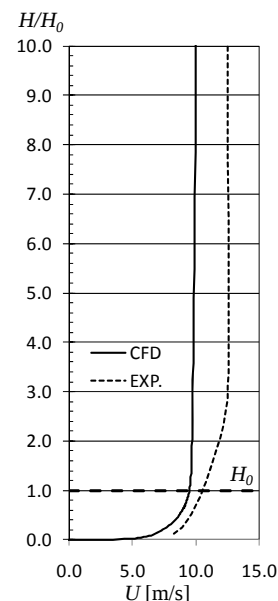


図 1 実験・解析気流

3. 数値流体解析結果

キーワード 太陽光発電, 太陽電池アレイ, 風力係数, 円錐渦

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島三丁目 4 番 17 号 清水建設(株)技術研究所 TEL03-3820-5523

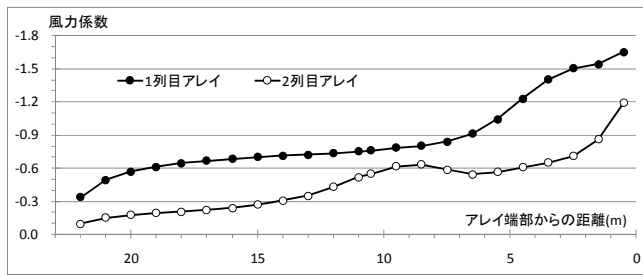


図2 各アレイの風力係数分布(CFD)

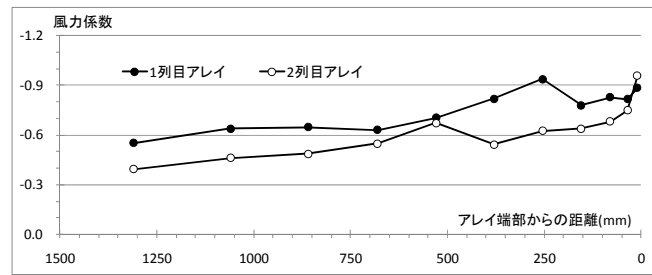


図4 各アレイの風力係数分布(風洞実験)

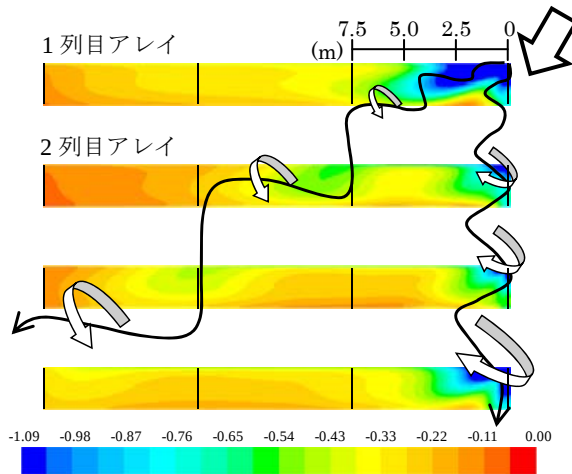


図3 モジュール上面の風圧係数分布(CFD)

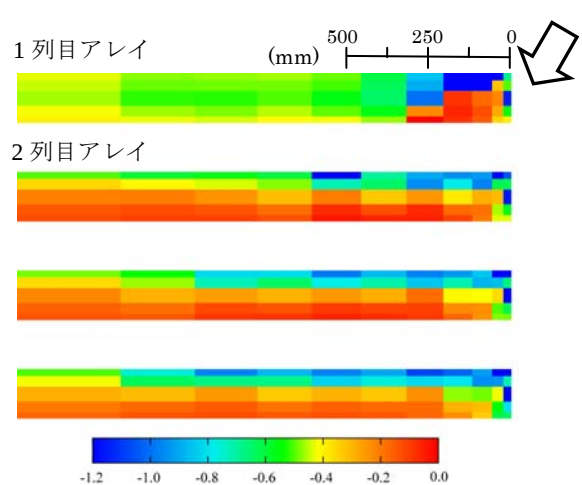


図5 モジュール上面の風圧係数分布(風洞実験)

アレイ勾配 30 度のアレイ群を対象に行った数値解析より算出した 1 列目アレイおよび 2 列目アレイの風力係数分布を図 2 に、モジュール上面の風圧係数分布を図 3 に示す。図 3 から 1 列目アレイ端部で生じた円錐渦が流下することにより、2 列目アレイ中央部付近に強い負圧領域が存在することが確認できる。この負圧領域のため 2 列目アレイの風力係数は端部から 9m 程度の位置に風力係数のピークを有する。

4. 風洞実験結果

アレイ勾配 10 度のアレイ群を対象に行った風洞実験より算出した各アレイの風力係数分布を図 4 に、モジュール上面の風圧係数分布を図 5 に示す。数値解析で確認された 2 列目アレイの風力係数のピークは風洞実験でも確認された。モジュール上面の風圧係数分布も数値解析結果と定性的に良く一致しており、円錐渦の発生により強い負圧領域が生じていると考えられる。また風洞実験では 1 列目アレイの端部からわずかに離れた位置に強い負圧領域が生じ、この領域で風力係数の絶対値が最大となることも確認された。

JIS 規格は、NEDO の風洞実験で用いられた奥行き 7.5m 相当のアレイのモジュール面に作用する平均風力係数が基になっており、本実験で確認された円錐渦による局所的な負圧領域は想定していないと考えられる。また JIS 規格ではアレイを複数設置の場合、中央部の風力係数を 1/2 としてよいと規定されているが、アレイ配置によっては端部で生じた円錐渦により中央部の風力係数が低減されないことも考えられる。このため風力係数を決定する際には端部から生じる円錐渦の影響を適切に考慮する必要があると考えられる。

5. 結論

太陽電池アレイ群を対象とした数値流体解析および風洞実験により、アレイ端部から円錐渦が発生し局所的に強い負圧領域が生じることが確認された。JIS 規格はモジュール面の平均空気力を基に規定されているため、端部から生じる円錐渦がモジュール面の風力係数に与える影響を適切に考慮する必要がある。

参考文献 1) 榊関電工, 太陽光発電システム実用化技術開発「太陽光発電利用システム・周辺技術の研究開発太陽電池架台の研究開発」, 平成 4 年度 NEDO 受託業務成果報告書, 1993 2) JIS C 8955, 太陽電池アレイ支持物設計標準, 2004 3) 伊藤他, 地上設置型太陽電池アレイの空力特性に対する風向角の影響, 第 24 回数値流体力学シンポジウム, 2010