

平成 27 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災 or 室内環境 or 屋外環境

研究期間：H26 ～ H27 [平成 28 年度も研究継続]

課題番号：143005

研究課題名（和文）：太陽光発電システム風荷重評価に関する研究

研究課題名（英文）：Research on the wind load acting on the solar array

研究代表者：植松 康（東北大学）

交付決定額（当該年度）： 443,000 円

※平成 27 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

近年のエネルギー不足を解消するため、枯渇する心配が無く、かつ二酸化炭素を排出しないクリーンエネルギーとして太陽光発電が注目されており、日本における太陽電池出荷量も 2001 年から 2011 年の 10 年間で 188,590kW から 2,685,573kW へ約 14 倍になるなど、需要も急激に増加している。日本国内では日本工業標準調査会が「太陽電池アレイ用支持物設計標準」(JIS C 8955, 以下 JIS と略す。)を定めており、それに基づいて設計されることが多い。JIS で規定されている設計用風荷重は風力係数に設計用速度圧とモジュールの受風面積を乗じることで算定できる。なお、風力係数は風洞実験により定めるとしているが、地上設置（単独）、勾配屋根設置型、陸屋根設置型の設置形態については、モジュールの設置勾配で表わされる式により定められる風力係数を用いても良いとしている。しかしながら、JIS の基となった実験はかなり以前に行われたものであり、当時は現在急増しているメガソーラーや大規模工場の屋上に設置される太陽光発電システムなどは想定していなかった。

本研究の目的は、国内で需要が急増しているメガソーラーや工場などの大規模建築物の屋上に設置される屋上設置型太陽光発電システムなど、多様化する設置条件下での太陽電池アレイに作用する風荷重の特性を明らかにすることにある。また、太陽光発電アレイの設置架台の設計に用いられている現行の JIS 規格における問題点を明らかにするとともに、種々の風洞実験結果を基に実情に即した風荷重を算定するための風力係数を提案する。さらに、太陽光発電システムの風荷重を想定した载荷試験を実施し、耐風性能評価のための载荷試験の手法の確立を目指す。この研究は今後更に設置の増加が予想されるメガソーラーや屋上設置型太陽光発電システムの経済的かつ合理的な耐風設計を行う上で必要不可欠かつ喫緊に取り組むべき重要な課題である。

2. 研究の方法

本研究は、平成 26 年度から進められており、初年度の平成 26 年は、太陽光発電の普及状況と今後の展望、強風被害の実態の把握、太陽光発電システムの風荷重・耐風性能評価に関する文献調査、耐風設計上の問題点の抽出、今後の課題等の整理を行った。平成 27 年度は、平成 26 年度と同様の活動をさらに進めるとともに、「太陽光発電システム耐風設計マニュアル」の策定を最終目標とした資料整理および記載内容の検討を行った。また、平成 27 年 6 月に太陽光発電システムの耐風圧性能試験を実施し、耐風性能評価のための载荷試験方法の検討を行った。

3. 研究成果

平成 27 年度の成果は次のとおりである。なお、これらの成果をもとに平成 28 年 2 月 24 日に公開研究集会「太陽光発電システムの耐風設計の要点 –耐風設計マニュアルの作成に向けて–」(参加者 99 名)を実施した。

3.1 設計用風力係数に関する文献整理

国内外の太陽光発電システムの風力係数に関する研究論文を収集した結果より、太陽光発電

システムの設置形式、モジュールの傾斜角、風向角、風力係数の種類（平均・ピーク）などの項目ごとに整理した風力係数のデータベースを作成した（図1）。

■地上設置型
 ・パネル群を対象とし、パネル単独は対象としない
 ・風洞実験または実測を対象とし、CFDは対象としない
 ・論文リストSheetの論文番号を入力
 リストから選択

担当	論文番号	実験実測	相度区分	基準速度圧	風向	風力係数の種類	勾配	風力係数(第1列)	風力係数の低減	補足
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	5	1.14	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	10	1.5	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	15	2.02	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	20	2.43	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	30	2.87	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	40	3.17	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	45	3.23	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	50	3.23	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	60	3.43	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	5	-2.17	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	10	-2.58	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	15	-2.64	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	20	-2.87	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	30	-3.46	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	40	-3.31	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	45	-3.37	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	50	-3.58	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	2	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	60	-3.49	領域による低減を検討	疑似平均風力係数に相度ⅡのGf2.2を乗じた。
大竹	4	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	平均	5	0.18	領域による低減を検討	
大竹	4	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	平均	5	-0.63	領域による低減を検討	
大竹	6	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	平均	10	0.62	その他による検討	
大竹	6	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	平均	10	-0.97	その他による検討	
大竹	6	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	10	2.22	その他による検討	
大竹	6	実験	Ⅱ相当	パネル頂部高さ	風力係数最大となる風向	ピーク	10	-2.8	その他による検討	
大竹	8	実験	乱れ小	その他	風力係数最大となる風向	平均	10	0.8	アフェン等による低減を検討	
大竹	9	実験	乱れ小	その他	0°(縦風)	平均	30	-0.8	領域による低減を検討	

図1 風力係数データベース（一部）

3.2 太陽光発電システムの耐風圧性能試験の実施

風荷重の伝達経路（ロードパス）が複雑な折板屋根上に設置された太陽光発電システムを対象に耐風圧性能試験を実施した（写真1）。試験では、太陽電池モジュールと屋根葺き材の両方に載荷方法を採用し、モジュールから屋根葺き材固定部までのロードパス上の全ての部材を評価対象とした。試験の結果、モジュールの荷重と屋根葺き材の両方の荷重を受ける屋根葺き材固定部が破損し（写真2）、太陽光発電システムを屋根上に設置する場合には、屋根の耐力も考慮する必要があることが実証された。



写真1 耐風圧性能試験の様子



写真2 屋根葺き材固定部での破損状況

3.3 耐風設計マニュアルの作成

平成26年度に得られた成果をもとに、要求性能、風荷重評価、構造設計、耐力評価など、様々な側面から議論を重ね、「(仮)太陽光発電システム耐風設計マニュアル」の作成に向けた準備作業を行った。耐風設計設計マニュアルは全10章の構成とする。現時点での目次(案)を以下に示す。

- 1章 概説
- 2章 要求性能および関連法規
- 3章 太陽光発電システムの設置工法と構造
- 4章 風荷重算定の基本と留意点
- 5章 耐風設
- 6章 風洞実験等による風荷重評価計

- 7章 載荷試験による耐力評価
- 8章 設計例
- 9章 太陽電池アレイの風力係数に関する文献とその活用方法
- 10章 課題と今後の展望

なお、「太陽光発電システム耐風設計マニュアル」は平成28年度中の完成を目指す。

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 件)

[学会発表] (計 件)

[図書] (計 件)

[その他]

産業財産権, ホームページ等

5. 研究組織

(1) 研究代表者

植松 康 (東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 教授)

(2) 研究分担者

吉田 昭仁 (東京工芸大学 工学部 准教授)

高森 浩治 (日本建築総合試験所)

山本 学 (鹿島建設 技術研究所)

相原 知子 (大成建設 技術研究センター)

染川 大輔 (大林組 技術研究所)

菊池 浩利 (清水建設 技術研究所)

大竹 和夫 (竹中工務店 技術研究所)

田村 良介 (NTTファシリティーズ)

奥地 誠 (奥地建産)

西川 省吾 (日本大学理工学部)

長尾 岳彦 (太陽光発電協会)

澤田 英夫 (東北大学流体科学研究所)

松田 一俊 (九州工業大学大学院 工学研究院)

木村 吉郎 (東京理科大学理工学部)

安永 隼平 (JFEスチール)

井上 浩男 (海事協会)