建物設置型太陽光発電システムの設計・施エガイドライン

2025 年版

技術資料:

屋根設置型太陽光発電設備の風洞実験(非住宅)

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務 (JPNP20015)「太陽光発電主力電源化推進技術開発/太陽光発電の長期安定電源化技術開発」の 結果として得られたものです。

2025年4月11日

AIST V 構造耐力評価機構

「「NEDO ^{国立研究開発法人} 新エネルギー・産業技術総合開発機構



サ 大成建設株式会社 大陽光発電協会

更新・修正履歴

- ・2024/08/28 公開
- ・2025/04/11 内容更新

屋根設置型太陽光発電設備の風洞実験(非住宅)

1. 概要

本技術資料は、「建物設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2024 年版」 の技術資料「屋根設置型太陽光発電設備の風洞実験」(以降、「技術資料 2024 年版」と呼 ぶ)の改訂版である。

技術資料 2024 年版では、2023 年度に実施した風洞実験結果をまとめたものであり、高さ が 30m のみの建物を対象としており、太陽光発電(PV) モジュールの配置については、建 物外周部から PV モジュール設置領域までの離隔距離(以降、離隔距離と呼ぶ)を 2m (JIS C 8955:2017「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法」の陸屋根設置において適用 範囲外としている領域を参考に決定)のみを対象とした風洞実験で得られた結果から陸屋 根設置型太陽光発電モジュールの設計用風力係数を提案した。技術資料 2024 年版の内容に ついては、2024 年度建築学会大会にて発表した梗概^{1),2)}に示す通りである。

今回、2024 年度に実施した風洞実験結果を追加し、陸屋根設置型太陽電池モジュールの 設計用風力係数を見直し、設計用風力係数(部位分けを含む)を再提案する。さらに、勾配 屋根(片流れ屋根)設置型の PV モジュールの設計用風力係数を新たに提案する。

なお、風洞実験手法等は、「実務者のための建築物風洞実験ガイドブック(日本建築セン ター,2008)」および建築基準法(施行令 87 条,告示第 1454 および第 1458 号)ならびに 日本建築学会の「建築物荷重指針・同解説(2015)」に準拠した。

¹⁾植松康,相原知子,高森浩治,大規模陸屋根に平行に設置される太陽電池モジュールの風 力係数 その1 実験概要および JISC 8955:2017 との比較,日本建築学会大会学術講演梗 概集(関東), pp.73-74, 2024 年 8 月

²⁾植松康,相原知子,高森浩治,大規模陸屋根に平行に設置される太陽電池モジュールの風 力係数 その2 設計用風力係数の提案,日本建築学会大会学術講演梗概集(関東),pp.75-76,2024年8月

2. 対象建物

2.1 陸屋根を有する建物

本実験で対象とした陸屋根を有する建物の寸法を表 2-1 に示す。建物タイプは①~⑨の 9 種類である。屋根面と PV の配置関係は図 2-1 に示す通りである。

建物タイプ	幅 B(m)	奥行 D(m)	高さ H(m)	辺長比 D/B	アスペクト比 <i>H / √BD</i>
1	30	30	30	1.0	1.000
2	30	60	30	2.0	0.707
3	30	90	30	3.0	0.577
4	60	60	30	1.0	0.500
5	60	90	30	1.5	0.408
6	30	30	20	1.0	0.667
\bigcirc	30	30	40	1.0	1.333
8	30	60	20	2.0	0.471
9	30	60	40	2.0	0.943

表 2-1 陸屋根を有する建物概要



・ モジュール上面の風圧測定位置 ・ モジュール下面の風圧測定位置



図 2-1 屋根面と PV の配置関係(陸屋根)

2.2 勾配屋根を有する建物

本実験で対象とした勾配(片流れ)屋根を有する建物の実大寸法を表 2-2 に、模型寸法 を図 2-2 に示す。なお、屋根面の見付け幅および奥行は実大 30m×30m である。また、屋根 面と PV の配置関係および屋根勾配の定義は図 2-3 に示す通りである。

屋根勾配	幅 B(m)	悤行 D(m)	屋根平均	最高高さ
(°)	『曲 D(III)	≫11 D(m)	高さ H(m)	H'(m)
10	29.54	30	30	32.60
20	28.20	30	30	35.13
30	25.98	30	30	37.50
40	22.98	30	30	39.64

表 2-2 勾配屋根を有する建物概要





図 2-3 屋根面と PV の配置関係(勾配屋根)

3. PV 配置計画

3.1 2023年度実施内容

想定した PV モジュールの寸法は幅 2m、奥行き 1m とし、モジュールを奥行方向に 6 枚、幅方向に 4 枚並べたアレイ (4m×12m)を 30m×30m の範囲に 12 配置することとした。 タイプ②はタイプ①の建物を 2 個、タイプ③は 3 個、タイプ④は 4 個、タイプ⑤は 6 個を組 合せる。外周および中央通路の幅は 2m、アレイ間の隙間は 0.4m である(図 3-1 参照)。



3.2 2024 年度実施内容

2023年度は、離隔距離(図 3-1 において外周通路幅と同義。図 3-2(c)参照。)が2mの みを実施したが、これはJIS C 8955の適用範囲外となる領域を意識したためである。しか し、東京消防庁では、「太陽光発電設備に係わる防火安全対策の指導基準」を定めており、 この中で、PV モジュールの設置面積が概ね 300m²以上の大規模屋根の場合、消防活動用通 路(放水、ホース延長、資器材搬送等の消防活動に使用できる、幅員が概ね 1m 以上の PV モジュールを設けない通路)をすべての PV モジュールとの距離が、24m 以内となるように 配置することや、消防活動用通路は屋根へ出入りする施設、はしご車からの寄り付き等、消 防隊員のアクセスを考慮して配置すること等の指導基準 ³⁾を定めている。そこで、2024年 度の陸屋根設置は、幅方向の PV アレイの枚数およびアレイ間の隙間(幅方向)を 2023年 度の実施ケースと合わせ、離隔距離が 0m、1m、3mの場合を想定し、図 3-2 に示すような 配置とした。ただし、離隔距離 0m(図 3-2(a)) については、東京消防庁の指導基準を満たし ていないが、部分的に離隔距離が 0m となる部位などの参考値として有効であると考える。



なお、勾配(片流れ)屋根設置については、離隔距離は 2m のみの実施であり、PV モジュールおよびアレイの寸法は 2023 年度のタイプ①(図 3-1 参照)と同じである。

図 3-2 PV アレイの配置(2024 年度,陸屋根設置)

3) 東京消防庁:太陽光発電設備に係る防火安全対策の指導基準,平成26年10月1日

4. 実験模型

4.1 実験模型概要と実験ケース

本実験では、実験内容、使用風洞、建物のサイズ等を考慮して、縮尺率1/100の実験模型とした。建物タイプ①と②においては、2023年度に屋根形状として折板を再現したものとフラット(陸屋根)の2種類を実施したが、フラットの方が安全側の評価となるため、本技術資料ではフラットのみの実験ケースを対象とする。また、実験気流の地表面粗度区分については、物流施設や生産施設を想定していることから、2023年度は地表面粗度区分II(海辺など)とIII(市街地)の2種類実施した。しかし、実験で得られたPVモジュールのピーク風力係数をJISC 8955:2017に示されたガスト影響係数で除した等価風力係数として評価することで、地表面粗度区分の影響は小さいことが明らかとなった。そのため、本技術資料にて対象とする2023年度の実験ケースは表4-1に示す10ケース(実質5ケース)とし、2024年度の実験ケースは表4-2に示す陸屋根設置型18ケースと、表4-3に示す勾配屋根設置型4ケースとする。なお、2023年度分については、地表面粗度区分IIとIIIの結果(等価風力係数)を比較し、絶対値で大きい方の値を採用する。

ケース名	建物タイプ	離隔距離	風圧測定点数	地表面粗度区分	実験風向
d2d	1		370	Π	
d3d	\bigcirc		370	Ш	
h2h	2		370	П	
h3h	2		370	Ш	00 - 2500 - 100
i2i	4	2	370	Π	$0^{\circ} \sim 350^{\circ} @ 10^{\circ}$
i3i	4	Zm	370	Ш	435~313~@43
j2j	3		556	Π	主 40 風雨
j3j	3		556	Ш	
k2k	5		556	П	
k3k	5		556	Ш	

表 4-1 実験ケース一覧(陸屋根設置型、2023年度)

ケース名*	建物タイプ	離隔距離	風圧測定点数	地表面粗度区分	実験風向
s01	6				
s0m	1				
s0h	\bigcirc	0			
r01	8	0 m			
r0m	2				
r0h	9				
s11	6				
s1m	1				0%~.250%@10%
s1h	\bigcirc	1 m	270	ш	$0^{\circ} \sim 330^{\circ} @10^{\circ}$
r11	8	1 111	570	ш	43~315 @43
r1m	2				王, 40 (武)可
r1h	9				
s31	6				
s3m	1				
s3h	\bigcirc	2 m			
r31	8	5 111			
r3m	2				
r3h	9				

表 4-2 実験ケース一覧(陸屋根設置型、2024年度)

※ケース名の1文字目は建物の平面形状(s:正方形平面、r:長方形平面)、2文字目は離 隔距離、3文字目は建物の高さ(l:20m、m:30m、h:40m)を意味している。

ケース名*	屋根勾配	離隔距離	風圧測定点数	地表面粗度区分	実験風向
p1d	10°				0%~.250%@10%
p2d	20°	2	270	ш	$0^{10} \approx 330^{8} @ 10^{10}$
p3d	30°	2 m	370	Ш	435~313~@43
p4d	40°				土 40 風印

表 4-3 実験ケース一覧(勾配屋根設置型、2024年度)

※2 文字目は傾斜角度(1:10°、2:20°、3:30°、4:40°)を意味している。

4.2 風圧模型

4.2.1 風圧測定点

2023 年度に実施した離隔距離 2m の陸屋根設置型の風圧測定点位置を図 4-1 に示す。ア レイの風圧測定点は 1 アレイにつき、表面 15 点、裏面として代用する屋根面に 15 点配置 する。表面の測定点位置はモジュールの中央あるいはモジュールとモジュールの境界に配 置し、屋根面の測定点は表面の測定点位置と 3mm ずれている。なお、2023 年度に実施した ケースでは、模型の対称性を考慮して、風圧実験模型は図 4-1 に示した測定点 1~370 まで を測定できる模型と、測定点 1~187 までを測定できる模型を組合せて用いている。残りは ダミー模型(風圧測定点を配置していない模型)とした。

2024 年度に実施した離隔距離 0m、1m、3m の陸屋根設置型の風圧測定点位置を図 4-2、 図 4-3、図 4-4 に示す。勾配屋根設置型については、図 4-1 と同様である。図 4-5 には、陸屋 根設置型の風圧模型とダミー模型の配置および風向 0° との関係を示す。 壁面に設けた測定点は、陸屋根の場合、建物高さHが 30mの時に0.8Hとなる、屋根面から実大6m下がった位 置に、勾配屋根は、高さが高い方の壁の高さをH'とする と0.8H'となる位置に配置されている。



● PV 上面の測定点位置

1171					
		100		2	1880
	4 6	6 8	1 0 1 2		1 90 1 92 1 94 1 96 1 98
			-+ 90+110+		
4	13014 15010	17	190-20 210-22		199 201 202 203 204 205 206 208
	25024 25026	2/28	²⁹ 30 ³¹ 32		2092_{210}^{211} 212_{212}^{213} 2132_{214}^{215} 2152_{216}^{217} 218_{218}^{218}
	2834 2836	2, 38	2840 41842	1	
					-239 - 232234236238
	430 450	470	490-510-		229 230 230 230 230 230
	54 56	°″ ∀ 58	60 62		240 242 244 246 248
	69-65-65	67	- 6 ⁷⁰ 71		250 252 254 256 258 249 -257 -257 -257 -1
	74+75 76+	78	80 82		
	830-1850-1	870	-1890910		269 - 970 276
93	84 80	88	90 92	ò	
94	9697 	- 100	$102^{-103}_{-104^{1}}$	95	281 - 281 - 283 - 285 - 287 - 289 - 279 - 286 - 2881 - 286 - 2881 - 286 - 28811
	106 108		-1120113-0115		2902291292929292929292929292929292929292
	H16418+	120			300-302
	127 129	131	133 135		301 303 305 307 309
	120-128-	-130	1320-1340		$310^{-3}12^{-+-3}14^{}$
	137-139		143 145		321 323 324 325 326 328
	H46H48+	-15 <mark>0</mark> 151	158 158		330 - 332 334 336 338
	d 59 d 61	d 63	1 65 1 67		342 344 346 348 350
	1680 1700	- 162 <mark>9</mark>	$164^{\circ} - 166^{\circ} - 176^{\circ}$		34D - 3430 3450 3470 - 3490
	169 171	173	175 177		352 354 356 358 360 361 363 265 367 369
	79 81	182 83	85 87		362 364 366 368 370
					340
	156			15	7
	$\Box $			Ш	

図 4-1 風圧測定点位置(離隔距離 2m)



図 4-2 風圧測定点位置(離隔距離 0m)



図 4-3 風圧測定点位置(離隔距離 1m)



図 4-4 風圧測定点位置(離隔距離 3m)



図 4-5 風圧模型とダミー模型の配置と風向 0°との関係

4.2.2 風圧算定点

個別の外圧測定 ch で得られた風圧データを建物頂部の高さにおける速度圧で基準化し、 個別の風圧係数を算定した。モジュールの風力係数は、モジュールの表面で測定された風圧 係数から屋根面で測定された風圧係数を時刻歴上で差し引いて求めた。風圧係数は面に対 して押す方向が正、モジュールの風力係数は下向きが正である。図 4-6(1)には 2023 年度実 施の離隔距離を 2m とした陸屋根設置型のケース d、h、i および 2024 年度実施の勾配屋根 設置の測定点番号を示し、図 4-6(2)には風力係数計算点番号を示す。同様に、図 4-7(1)と図 4-7(2)には 2023 年度実施の離隔距離を 2m とした陸屋根設置型のケース j、k の測定点番号 と風力係数計算点番号を、図 4-8(1)と図 4-8(2)には 2024 年度実施の離隔距離を 0m とした陸 屋根設置型のケース s0h、s0m、s0l、r0h、r0m、r0h の測定点番号と風力係数計算点番号を、 図 4-9(1)と図 4-9(2)には 2024 年度実施の離隔距離を 1m とした陸屋根設置型のケース s1h、 s1m、s1l、r1h、r1m、r1hの測定点番号と風力係数計算点番号を、図 4-10(1)と図 4-10(2)には 2024 年度実施の離隔距離を 3m とした陸屋根設置型のケース s3h、s3m、s3l、r3h、r3m、r3h の測定点番号と風力係数計算点番号を示す。

ů						° 2				188
	° 3 13 23	5 15 25	°7 17 27	9 19 29	11 21 31		189 19 199 20 209 21	1 193 1 203 1 213	195 19 205 20 215 21	7
	33 43 53	35 45 55	° 37 47 57	39 49 59	41 51 61		219 22 229 23 239 24	$1 2^{\circ}_{23}$ $1 2^{\circ}_{33}$ $1 2^{\circ}_{43}$	225 22 235 23 245 24	27
	63 73 83	65 75 85	67 77 87	69 79 89	71 81 _91_		249 25 259 26 269 27	1 253 1 263 1 273	255 25 265 26 275 27	7
93 94	96 106 116	98 108 118	100 110 120_	102 112 122	104 114 124	95	280 28 290 29 300_30	2 284 2 294 2304	286 28 296 29 306 30	279 8 98 98
	126 136 146	128 138 148	130 140 150	132 142 _152	134 144 154		310 31 320 32 330 33	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	316 31 326 32 336 33	8
	158 168 178	160 170 180	162 172 182	164 174 184	166 176 186		341 34 351 35 361_36	3 345 3 355 3365	347 34 357 35	9
156-						-157-				340

(a) 屋根面

° 4	6	8	1 0	° 12	190	192	194	196	19 8
° 14	1 6	1 8	20	22	200	202	204	206	208
–°4–	- <mark>26</mark>				210-	2°212—		-2°16-	-218
3°4	36	38	4 0	4 2	2 [°] 20	222	224	226	221
° 44	4 6	4 8	50	5 2	230	232	234	236	238
	56		 	62	240-	242-			-248
°4	°6	°8	7 0	7 2	250	252	254	256	25
7 4	7 6	7 8	80	82	260	262	264	266	26
	-86				2 ⁷ 0-	272-			-27
9 [°] 7	9 [°] 9	101	103	105	281	283	285	287	28
107	109	111	113	115	291	293	295	297	299
-117—	1 [°] 19—	-121-	-1 [°] 23-	-125		303-			-309
1 [°] 27	1 ² 9	131	133	135	311	3 [°] 3	315	3 [°] 17	319
137	1 ³ 9	1 41	143	145	321	323	325	327	32
-147—	1 [°] 49—	-1Š1	—1 Š3-	-155		333-		—3 [°] 37–	-339
159	161	163	165	167	342	344	346	348	350
169	171	1 [°] 73	175	177	352	354	356	358	36
-170-	101	_102_	-195-	-107	262	264-		-260-	-270

(b)モジュール表面

図 4-6(1) 測定点番号(陸屋根設置ケース d、h、i、勾配屋根設置、離隔距離 2m)

6Ő1 6Ő2	603	604 605	691 692	693	694 695
6 0 6 607	608	609 610	696 697	698	699 700
611-612-	613	614615_	-701-702-		
616 617	618	6 [°] 19 6 [°] 20	7 [°] 06 7 [°] 07	708	709 710
621 622	6 [°] 23	624 625	711 712	713	7°14 7°15
-6 [°] 26—6 [°] 27—	628	<u> 629 630 </u>	-716-717-	- 718 -	
631 632	633	6 [°] 34 6 [°] 35	721 722	723	724 725
6 [°] 36 6 [°] 37	638	6 [°] 39 6 [°] 40	7 [°] 26 7 [°] 27	728	729 730
641-642-	643	6 [°] 46 [°] 45	-731-732-		
6 [°] 46 6 [°] 47	648	6 [°] 49 6 [°] 50	7 [°] 36 7 [°] 37	738	739 740
651 652	653	6 [°] 54 6 [°] 55	741 742	743	744 745
656-657-	658	65°966°0_	-746747	-748-	
661 662	663	6 [°] 4 6 [°] 5	7 [°] 51 7 [°] 52	753	754 755
666 667	668	6 [°] 69 6 [°] 70	756 757	758	759 760
6 [°] 71—6 [°] 72—	6 [°] 3	6 [°] 46 [°] 5_	-7 ₆₁ -7 ₆₂		
676 677	6 [°] 8	6 [°] 79 6 [°] 80	766 767	768	769 770
681 682	683	684 685	7 [°] 1 7 [°] 2	773	774 775
	6 ⁰ 0	ေေ	776-777-		

図 4-6(2) 風力係数計算点番号

(陸屋根設置ケース d、h、i、勾配屋根設置、離隔距離 2m)

°				°			188 371		3 [°] 72
	35 315 2325	°7 17 27	9 11 19 21 29 31		$1\overset{\circ}{8}9$ $1\overset{\circ}{9}1$ $1\overset{\circ}{9}3$ $1\overset{\circ}{9}9$ $2\overset{\circ}{0}1$ $2\overset{\circ}{0}3$ $2\overset{\circ}{0}9$ $2^{\circ}1$ $2^{\circ}13$	195 197 205 207 215 217		373 375 377 379 38 383 385 387 389 38 393 395 397 399 40	1
	33 35 43 45 53 55	37 47 57	39 41 49 51 59 61		$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	225 227 235 237 245 247		403 405 407 409 41 413 415 417 419 42 423 425 427 429 43	1
3	63 65 73 75 83 85	67 777 87	69 71 79 81 89.91.	0	249 251 253 259 261 263 269 271 273	255 257 265 267 275 277	279	433 435 437 439 44 433 445 447 449 45 453 455 457 459 46	1
94	96 98 106 108 116 118	100 110 120	102 104 112 114 122 124	95	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	286 288 296 298 306 308	464	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	465 4 4
	126 $128136 138146$ 148	130 140 150	132 134142 144152 154		310 312 314320 322 $324330_32_2 334$	316 318 326 328 336 338		486 488 580 582 58 506 508 510 512 51 516 518 520 522 52	4
	158 160 168 170 178 180	162 172 182	164 166 174 176 184 186		341 343 345 351 353 355 361 363 365	347 349 357 359 367 369		528 530 532 534 53 538 540 542 544 54 548 550 552 554 55	6
156-				-157			340		

(a)屋根面

$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	190 192 194 196 198	3 [°] 74 3 [°] 76 3 [°] 78 3 [°] 80 3 [°] 82
14 16 18 20 22	200 202 204 206 208	384 386 388 390 392
_24_26_28_30_32_	210-212-214-216-218	394-396-398-400-402
34 36 38 40 42	2 [°] 20 2 [°] 22 2 [°] 24 2 [°] 26 2 [°] 28	404 406 408 410 412
44 46 48 50 52	230 232 234 236 238	414 416 418 420 422
56586062	_240 <u>_242244</u> _246_248_	<u>424</u> 426 428 430 432
64 66 68 70 72	2 ⁵ 0 2 ⁵ 2 2 ⁵ 4 2 ⁵ 6 2 ⁵ 8	434 436 438 440 442
74 76 78 80 82	260 262 264 266 268	444 446 448 450 452
8486889092	270-272-274-276-278	454-456-458-460-462
97 99 101 103 105	281 283 285 287 289	4 [°] 67 4 [°] 69 4 [°] 71 4 [°] 73 4 [°] 75
107 109 111 113 115	291 293 295 297 299	477 479 481 483 485
<u>117–119–121–123–125</u>	<u>-301–303–305–307–309</u>	487-489-491-493-495
127 129 131 133 135	3 [°] 11 3 [°] 13 3 [°] 15 3 [°] 17 3 [°] 19	497 499 501 503 505
1 ³ 7 1 ³ 9 1 ⁴ 1 1 ⁴ 3 1 ⁴ 5	3 [°] 21 3 [°] 23 3 [°] 25 3 [°] 27 3 [°] 29	507 509 511 513 515
_147_149151153_155_	_331_3335337339_	517_519521523_525_
159 161 163 165 167	342 344 346 348 350	529 531 533 535 537
1 ⁶ 9 1 ⁷ 1 1 ⁷ 3 1 ⁷ 5 1 ⁷ 7	352 354 356 358 360	539 541 543 545 547
ل ¹ 79–181–183–185–187	_362-364-366-368-370	549-551-553-555-557

(b)モジュール表面

図 4-7(1) 測定点番号(陸屋根設置ケース j、k、離隔距離 2m)

6 ⁰ 1 6 ⁰ 2 6 ⁰ 3 6 ⁰ 4	605 691 692	693 69	94 695	781782	783	7 [°] 84 7 [°] 85
6 [°] 06 6 [°] 07 6 [°] 08 6 [°] 09	6 [°] 0 6 [°] 96 6 [°] 97	698 69	99 700	7 ⁸ 6 7 ⁸ 7	788	7 [°] 89 7 [°] 90
<u>611–612–613–614</u>	<u>-615</u> 701-702-		04-705	-791-792-	-793	-794-795
6 [°] 16 6 [°] 17 6 [°] 18 6 [°] 19	6 [°] 20 7 [°] 06 7 [°] 07	708 70	09 710	796 797	798	7 ⁹ 9 8 ⁰ 0
6 [°] 21 6 [°] 22 6 [°] 23 6 [°] 24	6 [°] 25 7 [°] 11 7 [°] 12	713 71	14 715	801 802	803	804 805
626 <u>627</u> 628 <u>629</u>	_630716 <u></u> 717	71871	19-720	806_807_	_808	_809_810_
6 [°] 31 6 [°] 32 6 [°] 33 6 [°] 34	635 721 722	723 72	24 725	8 [°] 11 8 [°] 12	813	814 815
636 637 638 639	6 [°] 40 7 [°] 26 7 [°] 27	728 72	29 730	816 817	818	819 820
641 <u></u> 642 <u>6</u> 43 <u>6</u> 44	_645731_732_	73373	34-735	821_822_	_823	_824_825_
6 [°] 46 6 [°] 47 6 [°] 48 6 [°] 49	650 736 737	738 73	39 740	8 [°] 26 8 [°] 27	828	8 [°] 29 8 [°] 30
651 652 653 654	655 741 742	743 74	44 745	831 832	833	834 835
<u>656–657–658–659</u> -	<u>-660</u> 7 <u>46</u> 7 <u>47</u>		49-750-	- <u>836-83</u> 7	-838-	-839-840
661 662 663 664	6 [°] 65 7 [°] 51 7 [°] 52	753 75	54 755	841 842	843	844 845
6 [°] 66 6 [°] 67 6 [°] 68 6 [°] 69	6 [°] 70 7 [°] 56 7 [°] 57	758 75	59 760	846 847	848	8 ⁴ 9 850
<u>671–672–673–674</u>	<u>-675</u> <u>761-762</u>		64-765	-851-852-	-853	-854-855
6 [°] 76 6 [°] 77 6 [°] 78 6 [°] 79	6 [°] 80 7 [°] 66 7 [°] 67	768 76	59 770	856 857	858	859 860
681 682 683 684	6 [°] 85 7 [°] 71 7 [°] 72	773 77	74 775	8 [°] 61 8 [°] 62	863	864 865
686–687 <mark>–68</mark> 8–689-	-690 L776-777-	-778-77	79-780	-866-867-	-868	_8 [°] 69_8 [°] 70_

図 4-7(2) 風力係数計算点番号(陸屋根設置ケース j、k、離隔距離 2m)

				(a)	屋根面				
-4	<u>6</u>	8	10	-1,2	190	-192-	194-	-196-	-198-
1,4	1 ,6	1,8	20	22	200	202	204	206	208
2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	210	212	214	216	218
-3,4-	—3 [°] e—	-3.8-	40	-42-	220	-222-	224-	-226-	-228-
44	4,6	4 .8	50	52	230	232	234	236	238
5,4	5,6	5,8	6 ⁰	6 <u>2</u>	240	242	244	246	248
-6 <u>4</u> -	6	-6 ⁸ -	7 <u>°</u>	-7.2	250	-252-	254	-256-	-258-
7 <u>4</u>	7°6	7,8	8°0	82	260	262	264	2 ç 6	268
8,4	8,6	88	9 [°] 0	9°5	270	272	274	276	278
-9 ^{,7} -	9°	-1 0 1-	103	105-		-283-	285	-287-	-289-
107	109	111	113	115	291	293	295	297	299
1 1 7	1 <u>1</u> 9	121	123	125	301	303	305	3 º 7	309
-127-	-1 29-	-131-	133-	135-	311	—313—	315-	-317-	-319-
137	139	1 4 1	143	1 4 5	321	323	325	327	329
147	149	151	153	155	331	333	335	337	339
-159-	-1 6 1-	-163-	165	167-		-344-		-348-	-350-
169	171	173	175	177	352	354	356	358	360
179	181	183	185	187	362	364	366	368	370

図 4-8(1) 測定点番号(陸屋根設置ケース s0、r0、離隔距離 0m)

(b) モジュール表面

	1 <mark>. 3</mark>	5	?	9	1,1	- <u>2</u>	189	191	193	195	1971	88
	13	1,5	17	19	21		199	201	203	205	207	
	23	2,5	27	2,9	31		209	211	213	215	217	
	3,3	3,5	3,7	3,9	41		219	221	223	225	227	
	43	45	47	4,9	51		229	231	233	235	237	
	53	5,5	57	5,9	61		239	241	243	245	247	
	<mark>6</mark> ,3	6 [°] 2	6 _, 7	6,9	7,1		249	251	253	255	257	
	73	7,5	77	7,9	81		259	261	263	265	267	
	83	85	87	8,9	91		269	271	273	275	277	
03	_94_	0.0	100	102	104	_9°2_	200	202	204	206	200	1 ⁹
33	90	98	100	102	104		280	282	284	286	288	
	106	108	110	112	114		290	292	294	296	298	
	116	118	120	122	124		300	302	304	306	308	
	126	128	130	132	134		310	312	314	316	318	
	136	138	140	142	144		320	322	324	326	328	
	146	148	150	152	154		330	332	334	336	338	
	158	160	162	164	166		341	343	345	347	349	
	168	170	172	174	176		351	353	355	357	359	
	178	180	182	184	186		361	363	365	367	369	
1 6	ć	-	-	-	-	167			-	-	°.	40

-601-	-602-	-603-	604		691	—692—	693-	-694-	-695-
<mark>60</mark> 6	6 07	60 ⁸	609	6 1 0	696	6 <mark>9</mark> 7	698	699	7 0 0
611	612	613	614	615	701	702	703	704	705
-616-	-617-	-618-	6 <u>1</u> 9	-620-	706	—7°7—	7 <u>0</u> 8-	-709-	-710-
621 °	622	623	624	62 <mark>5</mark>	711	712	713	714	715
626	627	628 °	629	630	716	717	718	719	720
-631-	-632-	-633-	634	-635-	721	-7 <u>2</u> 2-	7 ² 3-	-724-	-725-
636	637	638	639	640	726	727	728	729	730
6 4 1	642	643	644	645	731	732	733	734	735
-646-	-647-	-648-	649	650-	736	—737—	7 ³ 8-	-739-	-740-
651	652	653	654	655	741	742	743	744	745
656	657	658	659	<mark>دۋ</mark> ٥	746	747	748	749	750
-661-	-6°5	-6ê3-	664		751	-7 <u>5</u> 2-	753-	-754-	-755-
666	6 <mark>6</mark> 7	668	669	670	756	757	758	759	760
671	672	673	674	675	7 ₆ 1	7 <mark>6</mark> 2	763	764	765
-676-	-677-	-678-		-680-	766	-767-	768	-769-	-770-
681	682	683	684	685	771	772	773	774	775
<mark>68</mark> 6	687	688	689	6 <mark>9 0</mark>	776	777	778	779	780

図 4-8(2) 風力係数計算点番号(陸屋根設置ケース s0、r0、離隔距離 0m)

図 4-9(1) 測定点番号(陸屋根設置ケース s1、r1、離隔距離 1m)

				(a) <u>j</u>	至	根面				
4	- <u></u> 6	8	-1,0-	-1,2-		-190-	-192-	194	-196-	-198-
1,4	1,6	18	20	22		200	202	204	206	208
2,4	2,6	2,8	3,0	3,2		210	212	214	216	218
-34-	—3 ^{6—}	3.8	<u>4</u> 0-	-4°5-		-220-	-2\$2-	224	-226-	-228-
44	4 6	4.8	50	52		230	232	234	236	238
5,4	5,6	5,8	6 0	6 <u>2</u>		240	242	244	246	248
-6 <u>4</u> -	6°	<u>б</u> 8	—7 <u></u> 0—	-7°5-		-250-	-252-	254	-256-	-258-
7,4	7°6	7.8	8 [°] 0	8°3		260	262	264	266	268
8,4	8,6	88	9 ⁰	92		270	272	274	276	278
-97-	_9°	101	-1º3-	-105-		-281-	-283-	285	-287-	-289-
107	109	111	113	115		291	293	295	297	299
117	119	121	123	125		301	303	305	307	309
-127-	-129-	-131	-133-	-135-		-311-	-313-	315	-317-	-319-
137	139	141	143	145		321	323	325	327	329
147	149	151	153	155		331	333	335	337	339
-159-	-161-	163	-1¢5-	-167-		-342-	-344-	346	-348-	-350-
169	171	173	175	177		352	354	356	358	360
179	181	183	185	187		362	364	366	368	370

(b) モジュール表面

= +6

[¹ -						-\$-					1
	3	5	?	9	1 1		189	191	193	195	197
	13	15	17	19	21		199	201	203	205	207
	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1		209	211	213	215	217
	3,3	3,5	3,7	3,9	41]	219	221	223	225	227
	43	45	47	49	51		229	231	233	235	237
	53	5,5	5,7	5,9	6 1		239	241	243	245	247
	<mark>6</mark> 3	6 ⁵	6,7	6,9	7,1]	249	251	253	255	257
	73	75	77	79	81		259	261	263	265	267
	83	8,5	8,7	8,9	91	0.5	269	271	273	275	277
3, 94	96	98	100	102	104	95	280	282	284	286	288
	106	108	110	1 <u>1</u> 2	1 <u>1</u> 4		290	292	294	29 [°] 6	298
	116	118	120	122	124		300	302	304	30 [°] e	308
	126	128	130	132	134]	310	312	314	316	318
	136	138	140	142	144		320	322	324	326	328
	146	148	150	152	154		330	332	334	336	338
	158	160	162	164	166]	341	343	345	347	349
	168	170	172	174	176		351	353	355	357	359
	178	180	182	184	186		361	363	365	367	369

_601—602—	603		_691—692—		
606 607	608	609 610	696 697	698	699 700
611 612	<mark>61</mark> 3	614 615	701 702	703	704 705
_616—617—	618	-619-620-	706-707-	7°8	<u>709</u> 710
621 622	623	624 625	711 712	713	714 715
626 627	628	629 630	716 717	718	719 720
631-632-	-633	634-635	721-722-	-723	
636 637	638	639 640	726 727	728	729 730
6 41 6 4 2	643	644 645	731 732	733	734 735
646-647-	648	649-650	-736737	738	-739-740-
651 652	653	654 655	741 742	743	744 745
656 657	658	<mark>659 66</mark> 0	746 747	748	749 750
-661662		664-665	751-752-	753	
6ç6 6ç7	668	669 670	756 757	758	759 760
671 672	673	674 675	7ç1 7ç2	763	7 <mark>64</mark> 765
67 <u>6</u> 677	678	679-680-	766-767-	768	<u>769</u> 7707
681 682	683	684 685	771 772	773	774 775
686 687	688	689 690	776 777	778	779 780
L			<u>.</u>		

図 4-9(2) 風力係数計算点番号(陸屋根設置ケース s1、r1、離隔距離 1m)

図 4-10(1) 測定点番号(陸屋根設置ケース s3、r3、離隔距離 3m)

(b)モジュール表面

4	6	8	— <u>1</u> 0—	—1 <u>2</u> —	-190-	-192-	-194-	-196-	-19
14	16	18	20	22	200	202	204	206	20
24	26	28	30	32	210	212	214	216	21
-34-	-36-	-38-	-40-	-42-	-220-	-222-	-224-	-226-	-22
44	46	48	50	52	230	232	234	236	23
54	56	58	60	62	240	242	244	246	24
64	-66-	-68-	-70-	-72-	-250-	-252-	-254-	-256-	-25
74	。 76	78	80	82	260	。 262	264	266	26
84	86	8,8	9 ⁰	92	。 270	。 272	。 274	。 276	27
-97-	-99-	-101-	-103-	-105-	-281-	-283-	-285-	-287-	-28
107	109	, 111	113	115	291	293	295	297	29
117	119	121	123	125	301	303	305	307	30
_127-	-129-	-131-	-133-	-135-	-311-	-313-	-315-	-317-	-31
137	139	141	143	145	321	323	325	327	32
147	149	151	153	155	331	333	335	337	33
-159-	-161-	-163-	-165-	-167-	-342-	-344-	-346-	-348-	-35
169	171	173	175	177	352	354	356	358	36
179	181	183	185	187	362	364	366	368	37
Ľ	-	-	-	-		-	•	•	

ļ.						2						188
	3	5	?	9	11		189	191	193	195	197 °	
	13 2°3	15 2°5	17 2°7	19 2°9	21 3°1		199 209	201 211	203 213	205 215	207 217	
	3,3	3,5	3,7	3,9	4 1		219	221	223	225	227	
	43 53	45 5°5	47 5°7	49 5°9	51 61		229 239	231 2Å1	233 243	235 245	237 247	
	63	65	67	6,9	71		249	251	253	255	257	
94	73 8°3	75 8°5	77 8°7	79 8°9	81 9°1	95	259 269	261 271	263 273	265 275	267 277	270
93,-,-	96 106	98 108	100 110	102 112	104 114	o	280 290	282 292	284 294	286 296	288 298	
	116	118	120	122	124		300	302	304	306	308	
	126 136	128 138	130 140	132 142	134 144		310 320	312 322	314 324	316 326	318 328	
	146	148	150	152	154		330	332	334	336	338	
	158 168	160 170	162 172	164 174	166 176		341 351	343 353	345 355	347 357	349 359	
	178	180	182	184	186		361	363	365	367	369	
156						157						240
156						157						

601-	-602-	-603-	-604-	-605-	691- °	-692-	-693-	-694-	-695-
606	607	608	609	610	696	6 9 7	698	699	7 0 0
611	612	613	614	615	701	702	703	704	705
616-	-617-	-618-	-619-	-620-	706-	-707-	-708-	-709-	-710-
621	622	623	624	625	711	712	713	714	715
626	627	628	629	630	716	7 1 7	718	719	720
631-	-632-	—633—	-634-	-635-	721-	-722-	-7 ² 3-	-724-	-725
636	637	638	639	640	726	727	728	729	730
641	642	643	644	645	731	732	733	734	735
646-	-647-	-648-	-649-	-650-	-736-	-737-	-738-	-739-	-740-
651	652	653	654	655	741	742	743	744	745
656	657	658	659	660	746	747	748	749	750
661-	-662-	-6 <u>6</u> 3-	-664-	-665-	751-	-752-	-753-	-754-	-755
666	667	668	669	670	756	757	758	759	760
671	672	673	674	675	761	762	763	764	765
676-	-677-	-678-	-679-	-680-	-766-	-767-	-768-	-769-	-770
681	682	683	684 °	685	771	772	773	774	775
686	687	688	689	690	776	777	778	779	780

図 4-10(2) 風力係数計算点番号(陸屋根設置ケース s3、r3、離隔距離 3m)

5. 使用風洞および実験気流

5.1 使用風洞

本実験に用いた風洞は大成建設(株)技術センターの風洞である。風洞の仕様および機能を 表 5-1 に示す。

形 式	室内回流式エッフェル型風洞
測定部寸法	幅:3.2m、高さ:2.0m、長さ:23.8m
ターンテーブ ル	直径:3.0m
最大風速	23m/s
送風機	軸流送風機6台

表 5-1 使用風洞の仕様・機能

5.2 風洞気流

一般に平均風速の鉛直分布は次式で表わされる。

$$U_z = U_r \left(\frac{Z}{Z_r}\right)^{\alpha}$$
 (5.1)

ただし、 U_z:高さ Z(m)における平均風速(m/s) U_r:基準高さ Z_r(m)における平均風速(m/s) α:風速のべき指数分布のべき指数

べき指数 α が平均風速の分布形状を決定づける定数であり、建設省告示第 1454 号(平成 12 年 5 月 31 日)及び日本建築学会の建築物荷重指針・同解説(2015)(以下荷重指針と呼 ぶ)には地表面粗度の状態に応じて定められている(表 5-2~表 5-3 参照)。

本実験では建設省告示に従い、建設地の地表面粗度区分をⅡ(2023 年度実施分のみ)およびⅢとし、

α=0.15(粗度区分II)およびα=0.20(粗度区分III)

を目標として風洞気流を作成した。

建設省告示には風の乱れに関する規定が定められていないため、風速の乱れの度合い を表す指標である乱れの強さ、渦の平均的な大きさを表す指標である乱れのスケールにつ いては、荷重指針に準拠した気流を風洞内に作成した。

実験気流の平均風速と乱れの強さの鉛直分布を図 5-1 に示す。乱れの強さは、高さ 30m 相当で 16.3%(粗度区分 II)および 19.7%(粗度区分 III)、であった。平均風速の鉛直分布 指数は、粗度区分 II の場合風洞床上高さ 140cm 以下、粗度区分 III の場合 80cm 以下において 目標値に近似している。また風速のスペクトルは、図 5-2 に示すように荷重指針の乱れのス ケール Lu を 1/100 (本実験の模型縮尺率)としたパワースペクトルとよく対応している。 なお、乱れのスケールは 30m 高さ相当で 98.7cm(粗度区分 II)および 95.6cm(粗度区分 III) であった。

実験風速は実験内容等を勘案して、高さ 30m 相当で 11.0m/s(粗度区分Ⅱ)および 9.5m/s (粗度区分Ⅲ)とした。

26

地表面粗度区分		α
Ι	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がないものとして特 定行政庁が規則で定める区域。	0.10
Ш	都市計画区域外にあって地表面粗度区分Iの区域以外の区域(建築物 の高さが13m以下の場合を除く。)又は都市計画区域内にあって地表 面粗度区分IVの区域以外の区域のうち、海岸線又は湖岸線(対岸まで の距離が1,500m以上のものに限る。以下同じ。)までの距離が500m 以内の地域(ただし、建物高さが13m以下である場合又は当該海岸線 若しくは湖岸線からの距離が200mを超え、かつ、建築物の高さが31m 以下である場合を除く。)	0.15
III	地表面粗度区分I、II又はIV以外の区域	0.20
IV	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行 政庁が規則で定める区域。	0.27

表 5-2 地表面粗度区分 (平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号)

地表面	粗度区分	建設地および風上側地域の地表面の状況	$Z_{\rm b}({\rm m})$	$Z_{\rm G}({\rm m})$	α
滑	Ι	海面または湖面のような、ほとんど障害物のな い地域	3	250	0.10
Î	Π	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物が ある地域、樹木・低層建築物などが散在している平 坦地	5	350	0.15
Ļ	III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは 中層建築物(4~9階)が散在している地域	10	450	0.20
粗	IV	中層建築物(4~9階)が主となる市街地	20	550	0.27
	V	高層建築物(10 階以上)が密集する市街地	30	650	0.35

表 5-3 地表面粗度区分(荷重指針、2015年)



6. 実験方法

6.1 実験条件

風圧実験条件を以下に示す。

実験風向:0°~350°(10°ピッチ)+45°~315°(45°ピッチ)の40風向 模型状況 写真 6-1、写真 6-2、写真 6-3 参照 実験風向の定義は図 6-1 に示す通りである。



写真 6-1 実験ケース(2023年度)



写真 6-2 実験ケース(陸屋根設置型, 2024 年度)



写真 6-3 実験ケース(勾配屋根設置型、2024年度)



※勾配屋根の場合は、高さの高い側の壁面に正対する風向が0°

図 6-1 実験風向の定義

6.2 測定方法

6.2.1 測定装置

風圧の測定には表 6-1 に示す機器を用いたシステムを使用した。本システムは 576 点まで 同時に風圧を測定することが可能である(図 6-2 参照)。

表 6-1 測定に用いた機器

設計装置	メーカー、型番	諸元	備考
風圧センサ	(株) クローネ	定格±1,250Pa、センサ出力±3.5V、応答時間 1ms	半導体センサ 576ch
基準圧発生機	Druck PEACE6000	±6.86kPa、分解能<0.005%FS	正E·負圧用外部圧力源
A/D 変換器	Power DNA/DRA	分解能 16bit、max4KHz sampling	24ch×24 台、同期接続



図 6-2 多点同時風圧計測システムのハード構成図

6.2.2 圧力導管の周波数応答特性

風圧は圧力タップ(内径 1mm、長さ 10mm)、ビニールチューブ(内径 1.4mm、2023 年 度は長さ 1100mm、2024 年度は長さ 1000mm)を介して圧力計のセンサに導かれる。したが って、これら圧力導管において共振現象(Helmholtz 共振)を生じるため、これを補正する 必要がある。本実験では圧力導管の周波数応答特性(図 6-3 参照)をあらかじめ調べておき 風圧測定後に補正した。この際、150Hz のローパスフィルターを施した。時間の縮尺率 λ_t、 長さの縮尺率 λ_l、風速の縮尺率 λ_uには

 $\lambda_t = \lambda_l / \lambda_u$ (6.1)

の関係があり、本実験では $\lambda_l = 1/100$ 、 $\lambda_u = 1/3.5$ 程度(設計風速は $V_0 = 34$ m/sを想定)となり、 $\lambda_t = 1/28$ であるので、実大相当で周波数7Hz程度までの変動が測定できていることになる。


6.2.3 測定条件

図 6-4 には風洞ならびに風圧測定システムをブロック図として示す。模型に作用する風圧 は風洞内の静圧(基準静圧)との差圧として次のサンプリング条件で測定した。

- ・ サンプリング間隔: 0.001s (1,000Hz)
- ・ サンプリング時間:131s(131,072data/ch)



図 6-4 風洞ならびに風圧測定システム

6.3 解析方法

風洞実験で測定されたパネルの表面と裏面(屋根面)の外圧 P_e は外圧係数 C_{pe} として評価した。パネルに作用する風力 P_f は、パネルの表面圧と屋根面圧の差圧を風力係数 C_f として評価した。

6.3.1 外圧係数

外圧係数は風洞実験による外圧を次式で無次元化したものである。

 $C_{pe} = (P_e - P_s) / q_{He}$ ここに、 C_{pe} :外圧係数、 P_e :外圧、 P_s :基準静圧、 q_{He} :建物頂部高さ(実大 20m、30m、40m)における速度圧

実験では、差圧計により(*P_e* - *P_s*)を直接測定した。外圧係数は風速変動等により時々刻々と変化する値(瞬時風圧係数)であり、その平均値等を次のように呼ぶ。

平均外圧係数 C_{pem}:瞬時外圧係数の平均値 変動外圧係数 C_{pes}:瞬時外圧係数の標準偏差 最大外圧係数 C_{pemax}:瞬時外圧係数の正圧側の最大値 最小外圧係数 C_{pemin}:瞬時外圧係数の負圧側の最大値 また、C_{pemax}、C_{pemin}を総称してピーク外圧係数 Ĉ_{pe}と呼ぶ。

本実験では、評価対象である太陽電池モジュールのサイズを 1m×2m (2m²) 程度とし、 平均化時間を 0.2 秒、統計値を評価するデータ長さは実物換算で 10 分相当とした。測定デ ータは実大約 60 分に相当するので、*C_{pe s}、C_{pe max}、C_{pe min}、C_{pm} を 6 波のアンサンブル平均 (10 分毎に分析した結果の平均)として評価した。*

6.3.2 風力係数

風力係数は風洞実験によるパネルの表面圧と裏面圧(屋根面圧)との差圧を無次元化した ものである。

 $C_f = C_{pe} - C_{pi}$

ここに、*C_f*: 風力係数、*C_{pe}*: 表面の外圧係数、*C_{pi}*: 裏面(屋根面)の外圧係数、外圧係数と同様に、風力係数についても平均、変動、最大、最小、ピーク風力係数がそれぞれ *C_f*m、*C_{fs}、C_{fmax}、C_{fmin}、Ĉ_fとして定義される。*

7. 実験結果

7.1 ピーク風力係数

各測定点における PV の全風向中最大および最小のピーク風力係数(表面圧-屋根面圧) の分布図を図 7-1~図 7-32 に示す。図 7-1~図 7-10 は、2023 年度に実施した離隔距離を 2m とした陸屋根設置型 PV の結果であり、地表面粗度区分 II の結果とIIIの結果を示している。 図 7-11~図 7-28 は 2024 年度に実施した離隔距離を 0m、1m、3m とした陸屋根設置型 PV の 結果であり、地表面粗度区分 III の結果を示している。図 7-29~図 7-32 は 2024 年度に実施し た離隔距離を 2m とした勾配屋根(片流れ屋根)設置型 PV の結果であり、地表面粗度区分 III の結果を示している。なお、図中の各測定点に示された数値(黒字)はピーク風力係数に 100 を乗じた値である。図 7-1~図 7-32 の図中には、図 7-33 および図 7-34 に示す領域の定 義に従い、部位 I、部位 II、部位 III、部位 III、部位 IVの 4 領域において各部位で最大および最小とな る値を示している。



図 7-1 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース d2d、粗度区分Ⅱ)



図 7-2 全風向中最大・最小のピーク風力係数 (ケース d3d、粗度区分皿)





図 7-3 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース h2h、粗度区分 II)











(b) 全風向中最小値 図 7-7 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース j2j、粗度区分Ⅱ)





図 7-8 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース j3j、粗度区分Ⅲ)



注:図中の数字はピーク風力係数×100,カッコ内の数値は発生風向



図 7-9 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース k2k、粗度区分 II)



注:図中の数字はピーク風力係数×100,カッコ内の数値は発生風向



図 7-10 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース k3k、粗度区分皿)



図 7-11 全風向中最大・最小のピーク風力係数 (ケース s0h, 粗度区分皿)





図 7-13 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース s01、粗度区分皿)









図 7-16 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース r01、粗度区分皿)



図 7-17 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース s1h、粗度区分皿)





図 7-19 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース s11、粗度区分Ⅲ)



注:図中の数字はピーク風力係数×100,カッコ内の数値は発生風向



図 7-20 全風向中最大・最小のピーク風力係数 (ケース r1h、粗度区分Ⅲ)



注:図中の数字はピーク風力係数×100,カッコ内の数値は発生風向



全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース r1m、粗度区分II)

図 7-21





図 7-22 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース r11、粗度区分III)





図 7-23 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース s3h、粗度区分Ⅲ)



図 7-24 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース s3m、粗度区分Ⅲ)





図 7-26 全風向中最大・最小のピーク風力係数 (ケース r3h, 粗度区分Ⅲ)





64





図 7-28 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース r31、粗度区分Ⅲ)



図 7-29 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース pld、粗度区分皿)



図 7-30 全風向中最大・最小のピーク風力係数 (ケース p2d、粗度区分Ⅲ)



図 7-31 全風向中最大・最小のピーク風力係数 (ケース p3d、粗度区分Ⅲ)



図 7-32 全風向中最大・最小のピーク風力係数(ケース p4d、粗度区分Ⅲ)



図 7-33 領域の定義(陸屋根設置型 PV)



図 7-34 領域の定義(勾配屋根設置型 PV)
7.2 領域別の等価風力係数

JISC 8955:2017「太陽電池アレイ用支持物の設計用風荷重算出方法」では、アレイ(3m×4.5m) を対象とした値であるが、工場・倉庫などの屋根では、モジュール1枚毎に固定されること から、本検討ではアレイの寸法を考慮した面積平均値は用いず、点のピーク風力係数につい て整理する。

まずは、2023 年度に実施したケースについて、表 7-1 に領域別のピーク風力係数を示し、 表 7-2 には領域別のピーク風力係数を JIS C 8955 に示されたガスト影響係数(粗度区分Ⅱの 場合は 2.07、Ⅲの場合は 2.23)で除した等価風力係数を示す。表 7-2 に示した等価風力係数 ②は、等価風力係数①において粗度区分ⅡとⅢの値を比較し、絶対値が大きい方の値を示し たものである。等価風力係数に換算すると、地表面粗度区分が等価風力係数に与える影響は 小さいことから、2024 年度は地表面粗度区分Ⅲのみで実験を行うこととした。ただし、2023 年度の結果については、表 7-2 に示す等価風力係数①の粗度区分Ⅲの結果を用いる。

た フタ		粗度				ピーク層	風力係数				
ケース名	建物タイプ	位反		最大	大値		最小値				
		区力	部位 I	部位 Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	
d2d	1	=	4.35	3.79	2.36	2.52	-1.40	-1.26	-1.36	-1.35	
d3d	1	=	5.02	3.94	2.57	2.93	-1.58	-1.49	-1.63	-1.70	
h2h	2		4.22	4.08	1.87	2.79	-1.58	-2.31	-1.32	-2.11	
h3h	2	=	5.03	4.80	2.14	3.09	-1.64	-2.58	-1.35	-2.12	
i2i	4		5.09	4.69	1.34	3.24	-1.36	-2.00	-1.33	-2.19	
i3i	4	=	5.46	4.91	1.54	3.17	-1.69	-2.16	-1.34	-2.21	
j2j	3		4.67	4.65	1.90	3.26	-1.57	-2.72	-1.25	-2.27	
j3j	3		5.14	5.10	2.10	3.43	-1.83	-2.96	-1.58	-2.56	
k2k	5	II	5.11	4.94	1.88	3.27	-1.70	-2.31	-1.31	-2.38	
k3k	5	=	5.66	5.07	2.36	3.43	-1.70	-2.60	-1.44	-2.52	

表 7-1 陸屋根設置型 PV の領域別ピーク風力係数(2023 年度、離隔距離 2m)

表 7-2 陸屋根設置型 PV の領域別等価風力係数(2023 年度、離隔距離 2m)

				等価風	り係数①				等価風力係数②							
ケース名		最大	大値		最小値			最大値				最小値				
	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV
d2d	2.10	1.83	1.14	1.22	-0.68	-0.61	-0.66	-0.65	2.25	1.83	1 1 5	1 31	-0.71	-0.67	-0.73	-0.76
d3d	2.25	1.77	1.15	1.31	-0.71	-0.67	-0.73	-0.76	2.23	1.05	1.15	1.51	-0.71	-0.07	-0.15	-0.70
h2h	2.04	1.97	0.90	1.35	-0.76	-1.12	-0.64	-1.02	2.26	2.15	0.06	1 20	0.76	1 1 6	0.64	1 02
h3h	2.26	2.15	0.96	1.39	-0.74	-1.16	-0.61	-0.95	2.20	2.15	0.90	1.55	-0.70	1.10	0.04	1.02
i2i	2.46	2.27	0.65	1.57	-0.66	-0.97	-0.64	-1.06	2.46	2.27	0.69	1 5 7	-0.76	-0.97	-0.64	-1.06
i3i	2.45	2.20	0.69	1.42	-0.76	-0.97	-0.60	-0.99	2.40	2.21	0.05	1.57	-0.70	-0.57	-0.04	-1.00
j2j	2.26	2.25	0.92	1.57	-0.76	-1.31	-0.60	-1.10	2 30	2.20	0.94	1 5 7	-0.82	-133	-0.71	-1 15
j3j	2.30	2.29	0.94	1.54	-0.82	-1.33	-0.71	-1.15	2.50	2.25	0.54	1.57	-0.02	-1.55	-0.71	-1.15
k2k	2.47	2.39	0.91	1.58	-0.82	-1.12	-0.63	-1.15	2.54	2 30	1.06	1 5 8	-0.82	-117	-0.65	-115
k3k	2.54	2.27	1.06	1.54	-0.76	-1.17	-0.65	-1.13	2.54	2.35	1.00	1.00	-0.02	-1.17	-0.05	-1.10

続いて、2024 年度に実施した陸屋根設置型 PV の領域別ピーク風力係数を表 7-3 に、等価 ピーク風力係数を表 7-4 に示す。なお、ピーク風力係数を等価風力係数に換算する際に用い たガスト影響係数は、建物高さが 20m、30m、40m に対して 2.37、2.23、2.10 である。

	建物	離隔	ピーク風力係数									
ケース名	建初 タイプ	距離		最7	く 値		最小値					
	~ 1 /	(m)	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV		
s0h	6		3.40	2.53	2.00	2.12	-7.90	-6.66	-4.00	-4.40		
s0m	1		3.70	2.54	2.04	2.15	-8.09	-6.72	-4.10	-4.41		
s0l	1	0	3.47	2.44	1.95	1.93	-8.16	-6.45	-3.97	-4.49		
r0h	8	0	3.79	2.85	2.57	2.30	-9.48	-7.69	-4.52	-5.56		
r0m	2		3.77	2.63	2.16	2.31	-8.74	-7.89	-4.32	-5.36		
r0I	9		3.73	2.31	2.01	2.61	-8.21	-6.75	-4.05	-4.56		
s1h	6		4.98	3.96	2.70	3.74	-2.32	-2.26	-1.54	-2.14		
s1m	1		4.76	3.85	2.65	3.64	-2.30	-2.44	-1.68	-2.42		
s1l	7	1	4.74	4.13	2.63	3.46	-2.33	-2.49	-1.70	-2.39		
r1h	8	1	4.84	4.19	2.02	3.83	-3.18	-3.95	-1.99	-3.05		
r1m	2		5.10	4.09	1.91	4.23	-2.83	-3.66	-1.86	-3.08		
r1l	9		4.80	3.97	1.69	3.87	-2.64	-3.10	-1.80	-2.88		
s3h	6		4.60	4.54	3.16	2.59	-1.57	-1.85	-1.90	-1.58		
s3m	1		4.65	4.29	3.40	2.76	-1.74	-1.85	-1.93	-1.67		
s3l	1	3	4.80	4.02	2.96	2.68	-1.70	-2.03	-1.85	-1.67		
r3h	8		4.95	4.64	3.37	3.21	-2.00	-2.71	-1.85	-2.68		
r3m	2		4.97	4.61	3.31	2.93	-1.98	-2.50	-1.88	-2.28		
r3l	9		4.96	4.38	3.08	2.92	-1.81	-2.45	-1.88	-2.09		

表 7-3 陸屋根設置型 PV の領域別ピーク風力係数(2024 年度、地表面粗度区分皿)

表 7-4 陸屋根設置型 PV の領域別等価風力係数(2024 年度、地表面粗度区分皿)

	建物	離隔		等価風力係数																								
ケース名	生物	距離		最大	大値			最/	卜値																			
	~ 1 /	(m)	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位 II	部位Ⅲ	部位IV																		
s0h	6		1.62	1.20	0.95	1.01	-3.76	-3.17	-1.90	-2.10																		
s0m	1		1.66	1.14	0.91	0.96	-3.63	-3.01	-1.84	-1.98																		
s0I	1	0	1.46	1.03	0.82	0.81	-3.44	-2.72	-1.68	-1.89																		
r0h	8	0	1.80	1.36	1.22	1.10	-4.51	-3.66	-2.15	-2.65																		
r0m	2		1.69	1.18	0.97	1.04	-3.92	-3.54	-1.94	-2.40																		
r0l	9		1.57	0.97	0.85	1.10	-3.46	-2.85	-1.71	-1.92																		
s1h	6		2.37	1.89	1.29	1.78	-1.10	-1.08	-0.73	-1.02																		
s1m	1		2.13	1.73	1.19	1.63	-1.03	-1.09	-0.75	-1.09																		
s1l	7	1	2.00	1.74	1.11	1.46	-0.98	-1.05	-0.72	-1.01																		
r1h	8		T	2.30	2.00	0.96	1.82	-1.51	-1.88	-0.95	-1.45																	
r1m	2		2.29	1.83	0.86	1.90	-1.27	-1.64	-0.83	-1.38																		
r1l	9		2.03	1.68	0.71	1.63	-1.11	-1.31	-0.76	-1.22																		
s3h	6		2.19	2.16	1.50	1.23	-0.75	-0.88	-0.90	-0.75																		
s3m	1	3																			2.09	1.92	1.52	1.24	-0.78	-0.83	-0.87	-0.75
s3l	1		2.03	1.70	1.25	1.13	-0.72	-0.86	-0.78	-0.70																		
r3h	8		2.36	2.21	1.60	1.53	-0.95	-1.29	-0.88	-1.28																		
r3m	2		2.23	2.07	1.48	1.31	-0.89	-1.12	-0.84	-1.02																		
r3l	9		2.09	1.85	1.30	1.23	-0.76	-1.03	-0.79	-0.88																		

2024 年度に実施した勾配屋根(片流れ屋根)設置型 PV の領域別ピーク風力係数を表 7-5 に、等価ピーク風力係数を表 7-6 に示す。なお、ピーク風力係数を等価風力係数に換算する際に用いたガスト影響係数は、屋根平均高さが 30m に対して 2.23 である。

已把方面				ピーク層	虱力係数				
座സ勾配 ⊖(°)		最大	大値		最小値				
0()	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	
0	5.02	3.94	2.57	2.93	-1.58	-1.58	-1.63	-1.70	
10	5.26	4.44	2.72	3.12	-1.78	-2.22	-1.78	-2.00	
20	3.59	4.06	2.90	3.01	-1.77	-2.01	-1.83	-2.03	
30	1.78	3.10	2.94	2.20	-1.26	-1.92	-1.53	-2.02	
40	2.04	2.69	2.84	1.98	-1.37	-1.97	-1.66	-1.76	

表 7-5 勾配屋根(片流れ屋根)設置型 PV の領域別ピーク風力係数 (2024 年度、離隔距離 2m、地表面粗度区分皿)

表 7-6 勾配屋根(片流れ屋根) PV の領域別等価風力係数 (2024 年度、離隔距離 2m、地表面粗度区分Ⅲ)

尼相 力配				等価風	力係数				
		最大	大値		最小値				
0()	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位IV	
0	2.25	1.77	1.15	1.31	-0.71	-0.71	-0.73	-0.76	
10	2.36	1.99	1.22	1.40	-0.80	-1.00	-0.80	-0.90	
20	1.61	1.82	1.30	1.35	-0.79	-0.90	-0.82	-0.91	
30	0.80	1.39	1.32	0.99	-0.57	-0.86	-0.69	-0.91	
40	0.91	1.21	1.27	0.89	-0.61	-0.88	-0.74	-0.79	

2023 年度に実施した離隔距離 2m における陸屋根設置型 PV の領域別等価風力係数 (表 7-2 の等価風力係数②)を図 7-35 に示す。 I、II、III、III、III(図 7-33 参照)を意味している。辺長比 (D/B) が 1 の場合 (正: \blacktriangle 、負: \checkmark)、アスペクト比 (H/\sqrt{BD}) による変化は小さいが、辺長比が 1.5~3 の場合 (正: \spadesuit 、負: \diamondsuit)、アスペクト比が小さくなるほど等価風力係数の絶対値が大きくなる傾向がみられた。

2024 年度に実施した離隔距離 0m、1m、3m における陸屋根設置型 PV の領域別等価風 力係数(表 7-4 参照)を図 7-36 に示す。辺長比1の場合は、離隔距離を 2m とした場合(図 7-35)と同様に、アスペクト比による変化は小さいが、辺長比2の場合、離隔距離 2m の場 合とは異なり、アスペクト比が小さくなると等価風力係数の絶対値が小さくなる傾向がみ られた。2023 年度に実施した離隔距離 2m の場合、建物高さを一定(実大 30m 相当)とし、 辺長比1.5、2、3と変化させた結果であるが、2024 年度に実施した離隔距離 0m、1m、3m の 場合は、辺長比を2 で固定し、建物高さを実大 20m、30m、40m と変化させた結果であるこ とから、アスペクト比だけでなく、平面辺長比の変化も等価風力係数に影響を与えているも のと考えられる。



図 7-35 陸屋根設置型 PV の等価風力係数(2023 年度実施、離隔距離 2m)



図 7-36 陸屋根設置型 PV の等価風力係数(2024 年度実施、離隔距離 0m、1m、3m)

2024年度に実施した離隔距離 2m における勾配(片流れ)屋根設置型 PV の領域別等価風 力係数(表 7-6 参照)を図 7-37 に示す。 I、II、II、III、IIVは部位(図 7-34 参照)を意味して いる。なお、図 7-37 の屋根傾斜角度 0°には 2023年度に実施した離隔距離 2m の陸屋根の 結果を参考に示している。負側の等価風力係数は、部位や屋根の傾斜角度による変化が小さ い傾向がみられた。正側については、部位III、部位IVの等価風力係数は屋根の傾斜角度によ る影響が小さいが、部位 I、部位 II は傾斜角度が大きくなるにつれ大きくなる傾向がみられ た。



図 7-37 勾配屋根設置型 PV の等価風力係数(2024 年度実施、離隔距離 2m)

7.3 領域別風力係数の実験値と JIS との比較

JIS C 8955:2017 で与えられる風力係数は、風洞実験で得られたピーク風力係数の最大値 および最小値を建設省告示 1454 で与えられるガスト影響係数 Gf で除した値であり、「屋 根周辺部に設置する場合は、適用範囲外とする。屋根周辺部とは、屋根端部からそれぞれ長 辺の 10%以内の範囲とする。ただし、辺長の 10%が 2m を超える場合は、2m とする。」と 風力係数の適用範囲が示されている。そこで、本節では、前節で示した離隔距離 2m の等価 風力係数(表 7-2 の等価風力係数②)と JIS C 8955:2017 の風力係数を比較する。

JISC 8955:2017 の風力係数 Ca (端部アレイおよび中央部アレイ) はパネル角度 θ の関数 として以下の式で与えられるが、 $\theta \leq 10$ 度においては定数で定義されている。

陸屋根設置 順風(正圧)

端部アレイ: Ca = 0.75 (ただし、 $\theta \leq 10$ 度) 中央部アレイ: Ca = 0.6 (ただし、 $\theta \leq 10$ 度) 陸屋根設置 逆風(負圧) 端部アレイ: Ca = 0.6 (ただし、 $\theta \leq 10$ 度) 中央部アレイ: Ca = 0.6 (ただし、 $\theta \leq 10$ 度)

図 7-38 に実験で得られた領域別の等価風力係数と JIS の風力係数を示す。横軸はアスペクト比である。アスペクト比が 1.0 の場合、実験で得られた等価風力係数と JIS の風力係数 は、正側の部位 I、部位 II を除き、大きな差は見られないが、アスペクト比が小さくなるほど差が大きくなる傾向がみられる。これは、JIS の陸屋根設置の基となっている実験が辺長 比1の結果であること、評価面積がアレイ (3m×4.5m)であることが要因と考えられる。な お、JIS の勾配屋根設置の風力係数は、切妻屋根および寄棟屋根を有する低層住宅を対象としており、本資料における勾配屋根設置型 PV の等価風力係数とは屋根形状だけでなく建物 規模も異なるため比較は行わない。



図 7-38 領域別等価風力係数(離隔距離 2m)と JIS 風力係数比較

8. 設計用風力係数の検討

風洞実験で得られた等価風力係数(ピーク風力係数をガスト影響係数で除した値)を整 理すると、陸屋根設置型 PV モジュールの等価風力係数は、辺長比1の場合はアスペクト比 の変化による影響は小さく、辺長比が大きくなると、アスペクト比の変化の影響を受けるこ とが分かった。しかし、離隔距離を 2m とした 2023 年度の結果では、辺長比が 1.5~3 の場 合、アスペクト比が小さくなるほど等価風力係数の絶対値が大きくなる傾向がみられ、離隔 距離を 0m、1m、3m とした 2024 年度の結果では、辺長比が 2 の場合、アスペクト比が小さ くなるほど等価風力係数の絶対値が小さくなる傾向がみられた。そこで、辺長比が 1 の場合 とそれ以外の場合に分け、表 8-1 に示すように領域別に最も安全側(絶対値で大きい)値を 参考に設計用風力係数を検討し、陸屋根設置型 PV モジュールの設計用風力係数は、表 8-2 に示すように各領域の等価風力係数が「部位 I ≧部位 II」、「部位 III ≧部位 IV」となるよう に設定した。領域の定義は図 7-33 に示す通りである。

離隔	辺長比	アスペクト比		Ī	E		負					
距離	D∕B	H/\sqrt{BD}	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ		
Om		0.7 ~ 1.3	1.7	1.2	1.0	1.0	-3.8	-3.2	-1.9	-2.1		
1m	1	0.7 ~ 1.3	2.4	1.9	1.3	1.8	-1.1	-1.1	-0.8	-1.1		
2m	I	0.5~1.0	2.4	2. 2	1.2	1.4	-0.8	-1.0	-0.7	-1.0		
3m		0.7 ~ 1.3	2. 2	2. 2	1.5	1.2	-0.8	-0.9	-0.9	-0.8		
Om	2	0.5 ~ 0.9	1.8	1.4	1.2	1.1	-4.5	-3.7	-2.2	-2.6		
1m	2	0.5~0.9	2.3	2.0	1.0	1.9	-1.5	-1.9	-0.9	-1.5		
2m	1.5~3	0.4~0.7	2.5	2.3	1.1	1.5	-0.8	-1.3	-0.7	-1.1		
3m	2	0.5~0.9	2.4	2. 2	1.6	1.5	-1.0	-1.3	-0.9	-1.3		

表 8-1 陸屋根設置型 PV モジュールの等価風力係数

離隔	辺長比	ፖス^ [°]		Ī	E		負					
距離	D∕B	H/\sqrt{BD}	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ	部位 I	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅳ		
Om		0.7 ~ 1.3	1.7	1.2	1.0	1.0	-3.8	-3.2	-2.1	-2.1		
1m	1	0.7 ~ 1.3	2.4	1.9	1.8	1.8	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1		
2m	I	0.5~1.0	2.4	2. 2	1.4	1.4	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
3m		0.7 ~ 1.3	2. 2	2. 2	1.5	1.2	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8		
Om	2	0.5 ~ 0.9	1.8	1.4	1.2	1.1	-4.5	-3.7	-2.6	-2.6		
1m	2	0.5 ~ 0.9	2.3	2.0	1.9	1.9	-1.9	-1.9	-1.5	-1.5		
2m	1.5~3	0.4~0.7	2.5	2.3	1.5	1.5	-1.3	-1.3	-1.1	-1.1		
3m	2	0.5~0.9	2.4	2. 2	1.6	1.5	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3		

ただし、この設計用風力係数の適用範囲は次の通りである。

- 建物の高さH:20m~40m 程度
- ・ アレイの寸法: 短辺 4m 程度、長辺 10~30m 程度(モジュール間の隙間なし)
- アレイ面の傾斜角度:0度(水勾配程度の屋根面と平行)
- アレイの高さ:屋根面から 0.3m 程度
- アレイ間の隙間:0.4m 程度

- 通路幅:0m~6m
- 離隔距離:0m~3m
- 辺長比(D/B):表 8-2 参照
- アスペクト比(H/√BD):表 8-2 参照
- ・ 評価面積:モジュール1枚分(2m²)程度

勾配屋根(片流れ屋根)設置型 PV モジュールの領域別の等価風力係数は表 8-3 に示す通 りである。負の等価風力係数は負の等価風力係数は屋根勾配による影響は小さい。なお、表 8-3 には参考として屋根勾配 0°(陸屋根)の結果も示している。表 8-3 を参考に、表 8-4 に 示すように、正の設計用風力係数は、陸屋根設置型と同様に各領域の等価風力係数が「部位 I ≧部位 II」、「部位 III ≧部位 IV」となるように設定し、負の設計用風力係数は屋根勾配に よらず同じ値(-1.0)とした。領域の定義は図 7-34 に示す通りである。なお、JIS C 8955:2017 に示されている勾配屋根設置は正側が屋根勾配によらず 1.14、負側が 1.35 (屋根勾配 10°) ~0.9 (屋根勾配 40°)である。

表 8-3 勾配屋根設(片流れ屋根)置型 PV モジュールの等価風力係数

屋根	辺長比	アスペクト比		Ī	E		負				
勾配	D/B	H/\sqrt{BD}	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ	
0°	1.0	1.0	2.4	2. 2	1.2	1.4	-0.8	-1.0	-0.7	-1.0	
10°	1.0	1.0	2.4	2.0	1.2	1.4	-0.8	-1.0	-0.8	-0.9	
20°	1.1	1.0	1.6	1.8	1.3	1.3	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9	
30°	1.2	1.1	0.8	1.4	1.3	1.0	-0.6	-0.9	-0.7	-0.9	
40°	1.3	1.1	0.9	1.2	1.3	0.9	-0.6	-0.9	-0.7	-0.8	

表 8-4 勾配屋根設(片流れ屋根)置型 PV モジュールの設計用風力係数

版创办中	辺長比	アスペクト比			正		負					
傾斜角度	D/B	H/\sqrt{BD}	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ	部位 I	部位Ⅱ	部位Ⅲ	部位Ⅳ		
10°以下	1.0	1.0	2.4	2. 2	1.4	1.4						
20°	1.1	1.0	1.8	1.8	1.3	1.3	-1.0					
30°	1.2	1.1	1.4	1.4	1.3	1.0						
40°	1.3	1.1	1.2	1.2	1.3	0.9						

ただし、この設計用風力係数の適用範囲は次の通りである。

- ・ 屋根平均高さH:30m程度
- ・ アレイの寸法:短辺 4m 程度、長辺 12m 程度(モジュール間の隙間なし)
- ・ アレイ面と屋根面との相対角:0°(屋根面と平行)
- 屋根勾配:40°以下
- ・ 屋根とアレイの隙間: 0.3m 程度
- アレイ間の隙間:0.4m 程度
- 通路幅: 0m~6m 程度
- 離隔距離:2m程度

- 辺長比(D/B):表 8-4 参照
- アスペクト比(H/√BD):表 8-4 参照
- ・ 評価面積:モジュール1枚分(2m²)程度

なお、本資料で示した陸屋根設置型 PV モジュールの設計用風力係数は、JIS C 8955:2017 に示されているアレイ面の風力係数(陸屋根設置)よりも絶対値で大きな値となっている。 これは、評価対象がアレイ(13.5m²)よりも面積の小さいモジュール(2 m²程度)の方が、 局所的に発生する風力を捉えているためと考えられる。勾配屋根については、本資料で示し た片流れ屋根設置 PV モジュールの設計用風力係数と JIS C 8955:2017のアレイ面の風力係 数(勾配屋根設置)は共に PV モジュールを対象としているが、JIS の勾配屋根設置は切妻 屋根および寄棟屋根を有する低層住宅を対象としているため、建物規模や屋根形状が異な っている。

太陽電池モジュールの風圧荷重は、屋根面との固定部に集中荷重として作用し、太陽電池 モジュールの下にある屋根面には、屋根面が風によって受ける風圧荷重も同時に作用する。 屋根面の風圧荷重(風荷重)については、太陽電池モジュールが設置されていることによる 影響は含まれていないが、日本建築学会の「建築物荷重指針・同解説(2015)」に示された 屋根面のピーク風力係数を用いて算出することができる。モジュールやアレイの風圧荷重 が正(下向き)であっても、屋根面の風圧荷重は負(上向き)であることに注意する必要が ある。

9. 実験写真



(a) ケース i2i、地表面粗度区分 II (2023 年度)



(b) ケース d3d、地表面粗度区分皿(2023 年度)



(c) ケース s1m、地表面粗度区分Ⅲ(2024 年度)写真 9-1 状況写真(風洞全体)



(a) ケース d2d、d3d

(b) ケース h2h、h3h



(c) ケース i2i、i3i

(d) ケース j2j、j3j



(e) ケース k2k、 k3k写真 9-2 状況写真(実験模型、陸屋根、2023 年度)



写真 9-3 状況写真(実験模型、陸屋根、2024 年度)



(a) ケース p1d (屋根傾斜角度 10°)

(b)ケース p2d (屋根傾斜角度 20°)





(c) ケース p3d (屋根傾斜角度 30°)
(d) ケース p4d (屋根傾斜角度 40°)
写真 9-4 状況写真 (実験模型、勾配屋根、2024 年度)

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務 (JPNP20015)「太陽光発電主力電源化推進技術開発/太陽光発電の長期安定電源化技術開発」の結果 として得られたものです。