

平成29年度 県営太陽光発電所 実証試験の考察について

(平成29年4月～平成30年3月)

1 発電所の役割および取り組み

山形県企業局では、平成24年3月に策定された「山形県エネルギー戦略」に基づき、「卒原発社会」実現のため、再生可能エネルギーの発電量増大に向けた取り組みを積極的に推進しています。

そこで、雪国でのメガソーラー普及を支援するため、平成25年度に1,000kWの太陽光発電所を建設し、同年12月25日に運転を開始しました。今後、様々な実証試験を通じて有益な情報を発信していきます。

ここでは、平成29年度の実績を基に実証試験（パネルの種類、取付角度、架台高さ）について考察を行いました。

2 設備仕様

(1) パネルの種類（定格（カタログ値））と設置枚数

パネル種別	A社	B社	C社
	[単結晶]	[多結晶]	[多結晶]
パネルの設置枚数 [枚] ※	1176 ^{×2}	1,260	1,260
1枚当たりの発電量 [W/枚]	255	240	240
	【100%】	【94.1%】	【94.1%】
発電電力量 [kW]	299.9	302.4	302.4
(=定格×枚数)	【100%】	【101%】	【101%】

（【 】内の数値は、A社を100%とした場合の比較）

※PCS変換効率の低下を軽減させるため、入力電力量を均一にする目的で枚数を変えている。

各パネルの設置位置等については、別図（平面図）を参照

(2) 取付角度

角 度	30度 (4,504枚)	40度 (368枚)
-----	--------------	------------

(3) 架台高さ

高 さ	1.8m (298基)	2.0m (7基)
-----	-------------	-----------

3 実証試験の検証

(1) パネルの種類

パネルの種類別 発電電力量実績

(表-1)

(平成29年4月1日 ~ 平成30年3月31日)

		国産		海外
		①A社(南側) 単結晶 255W×1,176 299.9kW	②B社 多結晶 240W×1,260 302.4kW	③C社 多結晶 240W×1,260 302.4kW
4月	発電電力量	34,918 kWh	37,139 kWh	36,578 kWh
	比較	100.0%	106.4%	104.8%
5月	発電電力量	37,643 kWh	40,506 kWh	40,011 kWh
	比較	100.0%	107.6%	106.3%
6月	発電電力量	33,846 kWh	36,282 kWh	35,650 kWh
	比較	100.0%	107.2%	105.3%
7月	発電電力量	33,104 kWh	35,777 kWh	35,022 kWh
	比較	100.0%	108.1%	105.8%
8月	発電電力量	30,324 kWh	32,455 kWh	31,889 kWh
	比較	100.0%	107.0%	105.2%
9月	発電電力量	31,822 kWh	34,068 kWh	33,411 kWh
	比較	100.0%	107.1%	105.0%
10月	発電電力量	19,997 kWh	21,290 kWh	20,810 kWh
	比較	100.0%	106.5%	104.1%
11月	発電電力量	17,318 kWh	18,457 kWh	17,419 kWh
	比較	100.0%	106.6%	100.6%
12月	発電電力量	10,608 kWh	10,916 kWh	9,495 kWh
	比較	100.0%	102.9%	89.5%
1月	発電電力量	9,596 kWh	9,177 kWh	5,639 kWh
	比較	100.0%	95.6%	58.8%
2月	発電電力量	14,124 kWh	15,806 kWh	8,221 kWh
	比較	100.0%	111.9%	58.2%
3月	発電電力量	36,866 kWh	38,884 kWh	38,191 kWh
	比較	100.0%	105.5%	103.6%
計	発電電力量	310,166 kWh	330,757 kWh	312,336 kWh
	比較	100.0%	106.6%	100.7%
1枚当たりの発電量(実績) [kWh/枚]		A社(単結晶) 263.7 [kWh] 【100%】	B社(多結晶) 262.5 [kWh] 【99.5%】	C社(多結晶) 247.9 [kWh] 【94.0%】

(注) 「比較」: ①A社(南側)を100%とした場合の比率を示す。

①~③のパワーコンディショナー (PCS) 出力は250kW

1枚当たりの発電量の定格値(カタログ上の仕様)は、A社を100%とした場合、B、C社とも94.1%

◆パネルの種類別 発電電力量の検証 (表-1 参照)

年間の発電電力量としては、B社の多結晶パネルが最も発電量が多く、1枚当たりの発電量を見てもカタログ値(注 94.1%)と比較すると+5.4ポイント上回っている。

一般的に、単結晶シリコンパネルの方が多結晶シリコンパネルより発電効率は高いとされているが、現在のところパネル種別による発電電力量に大きな差は見られていない。

なお、表-1においてC社のパネルが12月~2月にかけて発電量が極端に低下(59~90%)しているが、これは冬季にかけて日照角度が小さくなるため、山に近い当該パネルは山陰の影響を受けやすくなり、パネルに積もった雪が落ちにくくなったことが原因と思われる。

今後もパネル設置場所における周辺地形の影響については、経年実績データを蓄積し比較分析する。

(2) 取付角度

1) 取付角度別 発電電力量実績

(表-2)

(平成29年4月1日 ~ 平成30年3月31日)

	単位kWh	県内A社		国産B社		海外C社	
		255W×98枚		240W×105枚		240W×105枚	
		各 24.99kW		各 25.2kW		各 25.2kW	
		30度	40度	30度	40度	30度	40度
4月	発電電力量	3,254	2,982	3,384	3,330	3,346	3,287
	比較	100.0%	91.6%	100.0%	98.4%	100.0%	98.2%
5月	発電電力量	3,526	3,169	3,717	3,573	3,679	3,529
	比較	100.0%	89.9%	100.0%	96.1%	100.0%	95.9%
6月	発電電力量	3,191	2,822	3,366	3,189	3,310	3,127
	比較	100.0%	88.4%	100.0%	94.7%	100.0%	94.5%
7月	発電電力量	3,129	2,726	3,343	3,168	3,273	3,072
	比較	100.0%	87.1%	100.0%	94.8%	100.0%	93.9%
8月	発電電力量	2,880	2,481	3,046	2,934	2,978	2,822
	比較	100.0%	86.1%	100.0%	96.3%	100.0%	94.8%
9月	発電電力量	2,995	2,679	3,147	3,133	3,090	3,040
	比較	100.0%	89.4%	100.0%	99.6%	100.0%	98.4%
10月	発電電力量	1,902	1,659	1,998	1,981	1,933	1,955
	比較	100.0%	87.2%	100.0%	99.1%	100.0%	101.1%
11月	発電電力量	1,649	1,519	1,729	1,830	1,555	1,753
	比較	100.0%	92.1%	100.0%	105.8%	100.0%	112.7%
12月	発電電力量	1,039	1,064	1,032	1,191	857	1,122
	比較	100.0%	102.4%	100.0%	115.4%	100.0%	130.9%
1月	発電電力量	939	1,096	855	1,179	455	1,027
	比較	100.0%	116.7%	100.0%	137.9%	100.0%	225.7%
2月	発電電力量	1,406	1,826	1,602	1,997	347	1,879
	比較	100.0%	129.9%	100.0%	124.7%	100.0%	541.5%
3月	発電電力量	3,426	3,424	3,548	3,543	3,471	3,592
	比較	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	100.0%	103.5%
小計	発電電力量	29,336	27,447	30,767	31,048	28,294	30,205
取付角度別合計	発電電力量		88,397			88,700	
	比較	30度	100.0%	40度	100.3%		

(注)「比較」：各社毎の30度パネル発電電力量を100%とした場合の40度の発電電力量の比率を示す。

◆取付角度別 発電電力量の検証 (表-2 参照)

4月～10月までは、30度パネルの方が発電量が多く、11月～3月までは、40度パネルの方が発電量が多い結果となっている。

4月～10月にかけては、太陽の南中高度が高く30度パネルの方がより多くの日照を得られるため、30度設置が有利と言える。また、11月～3月にかけてはパネルの雪が落ちやすい40度設置が有利と言える。

結論として、取付角度別合計の発電電力量で見ると、取付角度による差はほとんど無い。

2) パネルの雪の落ち具合※および発電所構内積雪量実績

冬期間(12月～3月)におけるパネルの雪の落ち具合※が最も悪かったのは、何れも1月下旬で旬間平均値は、30度パネルが41.2%、40度パネルが64.3%であった。

発電量ゼロの日は、12月(3日間)、1月(3日間)、2月(3日間)の計9日間あり連続した降雪(積雪)が観測された日及び10cm以上の積雪増加が観測された翌日に発生する傾向が見られた。(参考：過年度比較グラフおよびデータ(6)参照)

積雪は、12月中旬(12月下旬の数日間除く)～3月中旬まで観測され、最大積雪量は、2月中旬に観測された85cmであった。

※ パネルの露出している面積は、ITVカメラ画像(定点観測)により確認した。

パネル表面に積もった雪が自然に滑り落ち、パネルが見えている面積の割合で表している。

雪が全て落ち、パネル全面が見えている状態を100%とした。

(3) 架台高さ

県営太陽光発電所では、構内最大積雪量（1.7mを想定）を考慮し、通常より高い1.8m（一部は2.0m）の架台を設置しており、冬期間の状況を確認した。

今季の降雪及び積雪において、高さ1.8mの架台については、パネルからの落雪による雪庇除去のため、バケットサイズ0.5m³のバックホウを使用した除雪作業を業務委託で実施した。2.0mの架台については、除雪作業は不要であった。そのことから、県営太陽光発電所の設置場所では、維持管理面において2.0mの高さの架台が有利と言える。

4 平成29年度全体の傾向

8月及び10月は天候に恵まれず、8月、10月とも日照時間は平年を大きく下回り、日射量も、計画値を下回った。特に10月においては、日照時間は平年の約59%、日射量は計画値の約82%と低く、発電実績もそれに伴い計画値を下回る結果となった。

また、2月については、日射量は計画値を上回ったものの発電電力量は計画値の71%であった。要因としては、降雪量が多く、パネルが雪で覆われている期間が長かったためである。

（H30.1.26～ 山形県豪雪災害対策本部設置）

パネルの種類別における発電電力量に大きな差はないが、取付角度別で見ると40度パネルの方が落雪し易く、冬期間における取付角度としては有利である。特に、降雪量が多い1月～2月の期間において、30度パネルと40度パネルとの発電電力量の差が顕著に表れたものの、取付角度別に発電電力量を合計してみると、取付角度による差は無かった。

発電所構内における最大積雪量は2月に観測された85cmであり、パネルからの落雪による雪庇除去を実施したのは、1.8mの架台のみで2.0mの架台は実施の必要がなかった。

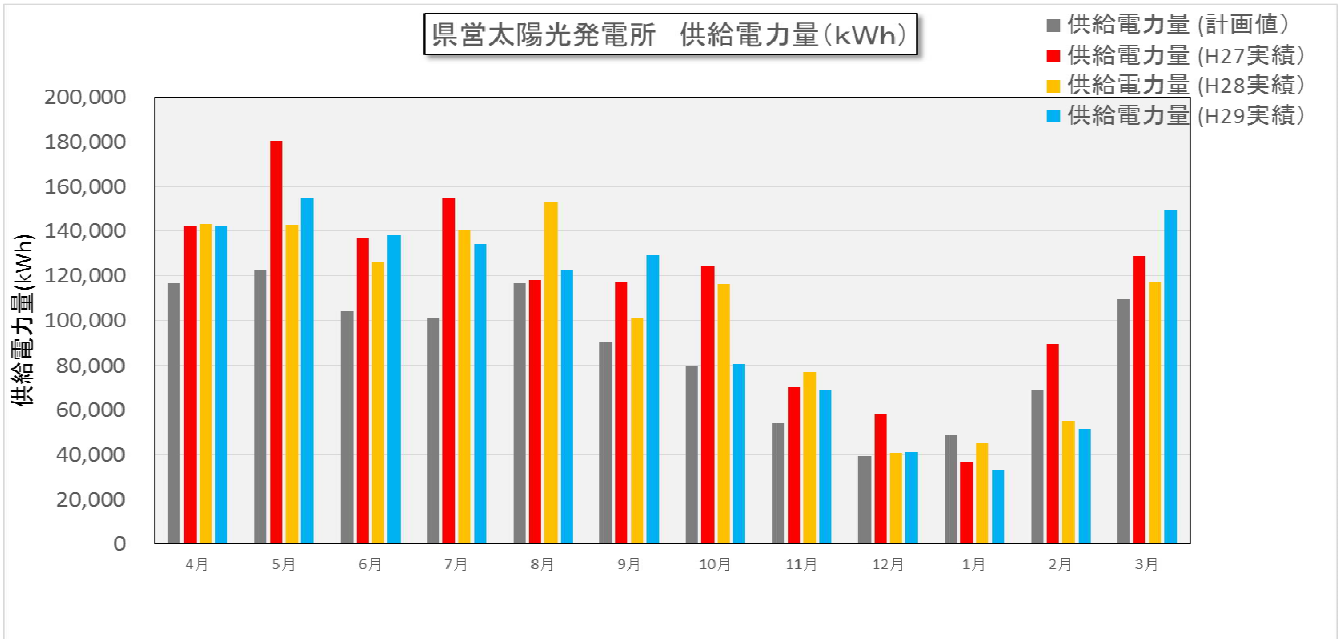
維持管理においては、停電を伴わない巡視・計測点検（2回／月）を実施し、累計時間は、56.5時間（点検1回あたり約2.4時間）であった。また、停電が必要な電気工作物点検については、発電に支障のない日没後に実施し3日間を要した。事故については、波及事故[※]が1件発生し、現場対応により復旧した。事故原因は、東北電力HPによると配電線への樹木・鳥獣等の接触により停電したものでした。

年間の発電電力量は、計画値を上回っており良好な運転状況であった。

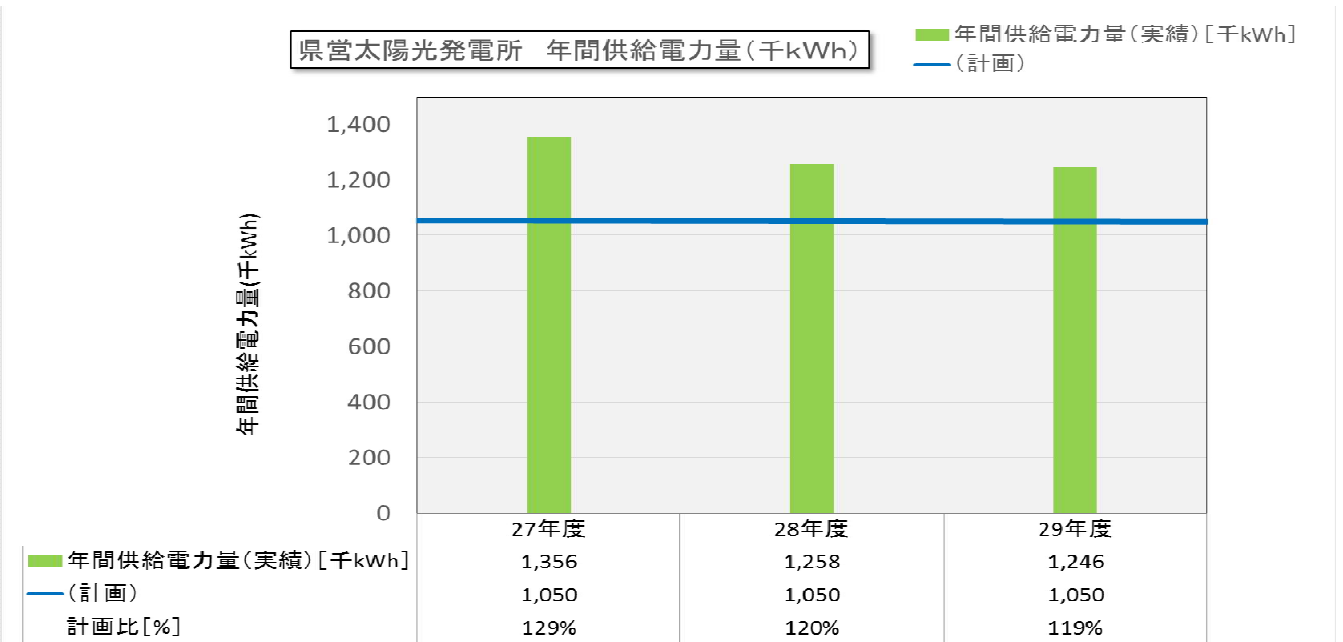
※ 波及事故とは：東北電力(株)の設備(配電線等)に発生した事故・停電の影響で、そこに接続されている太陽光発電所も停電となる事故

《 参考：過年度比較グラフおよびデータ 》

(1) 供給電力量グラフ (H27~29年度)



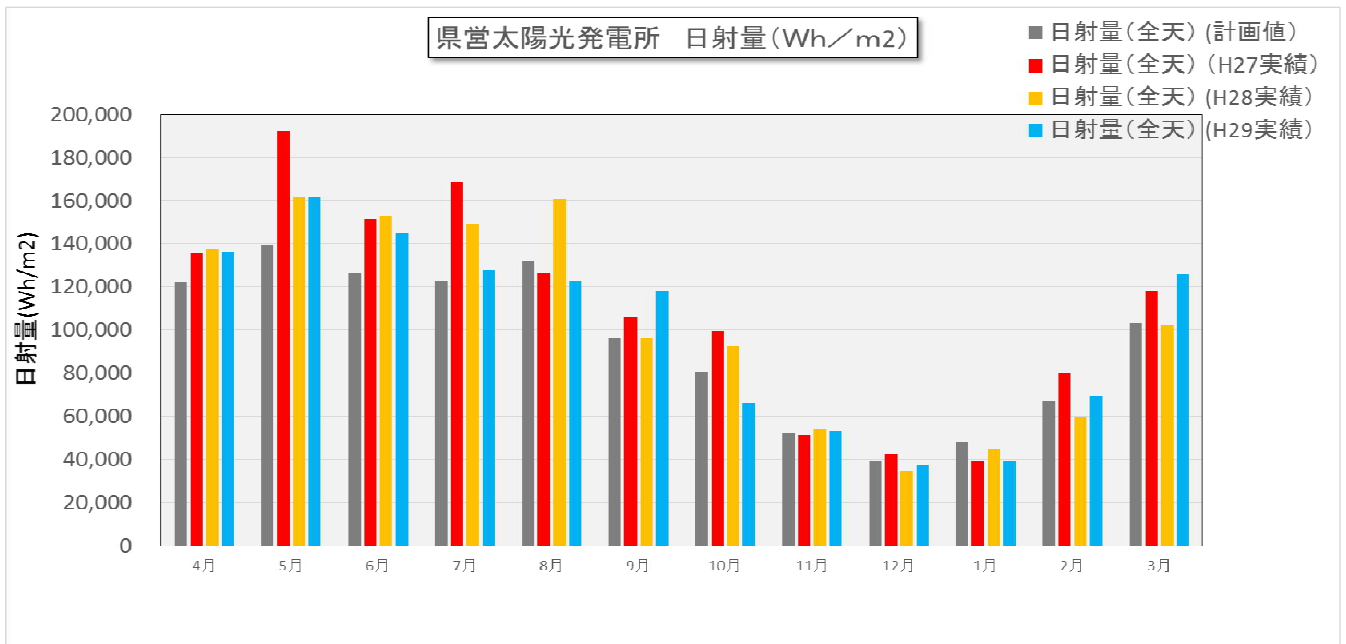
(2) 年間供給電力量グラフ (H27~29年度)



◆過去3カ年 年間供給電力量の傾向

平成29年度：1,246,262 [kWh]
 平成28年度：1,257,992 [kWh]
 平成27年度：1,356,338 [kWh]
 計 画 値：1,050,420 [kWh]

(3) 日射量グラフ (H27~29年度)



◆過去3カ年 日射量の傾向 (計画値との比較)

平成29年度 : 107 [%]
 平成28年度 : 110 [%]
 平成27年度 : 116 [%]

(4) 発電電力量、供給電力量、設備利用率、日照時間、日射量等の比較一覧表 (H29年度)

項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計(平均)
発電電力量 (kWh)	H29実績(a)	143,760	156,370	139,845	137,215	125,004	131,002	81,880	69,923	41,381	33,503	51,875	150,563	1,262,321
	計画(x)	124,016	130,164	111,125	107,891	123,976	96,005	84,877	57,872	42,772	52,548	73,316	116,416	1,120,976
	計画差(a-x)	19,744	26,206	28,720	29,324	1,028	34,997	-2,997	12,051	-1,391	-19,045	-21,441	34,147	141,345
	計画比(a/x)	116%	120%	126%	127%	101%	136%	96%	121%	97%	64%	71%	129%	(112.6%)
供給電力量 (kWh)	H29実績(a)	142,593	154,581	137,962	134,330	122,457	128,984	80,743	69,263	41,047	33,221	51,565	149,516	1,246,262
	計画(x)	116,487	122,351	104,103	101,046	116,450	90,036	79,529	54,018	39,340	48,723	68,837	109,500	1,050,420
	計画差(a-x)	26,106	32,230	33,859	33,284	6,007	38,948	1,214	15,245	1,707	-15,502	-17,272	40,016	195,842
	計画比(a/x)	122%	126%	133%	133%	105%	143%	102%	128%	104%	68%	75%	137%	(118.6%)
設備利用率 (%)	H29実績(a)	19.8%	20.8%	19.2%	18.1%	16.5%	17.9%	10.9%	9.6%	5.5%	4.5%	7.7%	20.1%	14.2%
	計画(x)	16.2%	16.4%	14.5%	13.6%	15.7%	12.5%	10.7%	7.5%	5.3%	6.5%	10.2%	14.7%	12.0%
	計画差(a-x)	3.6%	4.3%	4.7%	4.5%	0.8%	5.4%	0.2%	2.1%	0.2%	-2.1%	-2.6%	5.4%	2.2%
供給÷発電	H29効率(%)	99.2%	98.9%	98.7%	97.9%	98.0%	98.5%	98.6%	99.1%	99.2%	99.2%	99.4%	99.3%	98.7%
日照時間 (時間)	H29実績(a)	175.6	209.5	163.8	175.0	127.6	166.1	76.7	87.9	52.4	58.6	100.0	183.9	1,577
	平年(d)	179.9	203.5	183.4	157.5	177.2	150.2	130.8	84.3	61.5	61.8	90.8	138.3	1,619
	平年比(a/d)	97.6%	102.9%	89.3%	111.1%	72.0%	110.6%	58.7%	104.3%	85.2%	94.8%	110.1%	133.0%	(97.4%)
日射量 (Wh/m ²)	H29実績(a)	136,251	161,789	145,161	127,749	122,723	117,967	66,170	53,256	37,417	39,181	69,608	125,906	1,203,177
	計画値(d)	121,961	139,648	126,183	122,928	132,057	96,137	80,575	52,516	39,487	47,907	67,184	103,032	1,129,616
	計画比(a/d)	111.7%	115.9%	115.0%	103.9%	92.9%	122.7%	82.1%	101.4%	94.8%	81.8%	103.6%	122.2%	(106.5%)
日射量当たりの発電電力量 (Wh/(Wh/m ²))	H29実績(a)	1055.1	966.5	963.4	1074.1	1018.6	1110.5	1237.4	1313.0	1106.0	855.1	745.2	1195.8	12,641

(5) 積雪量とパネルの雪の落ち具合※及び発電電力量 (H29年度)

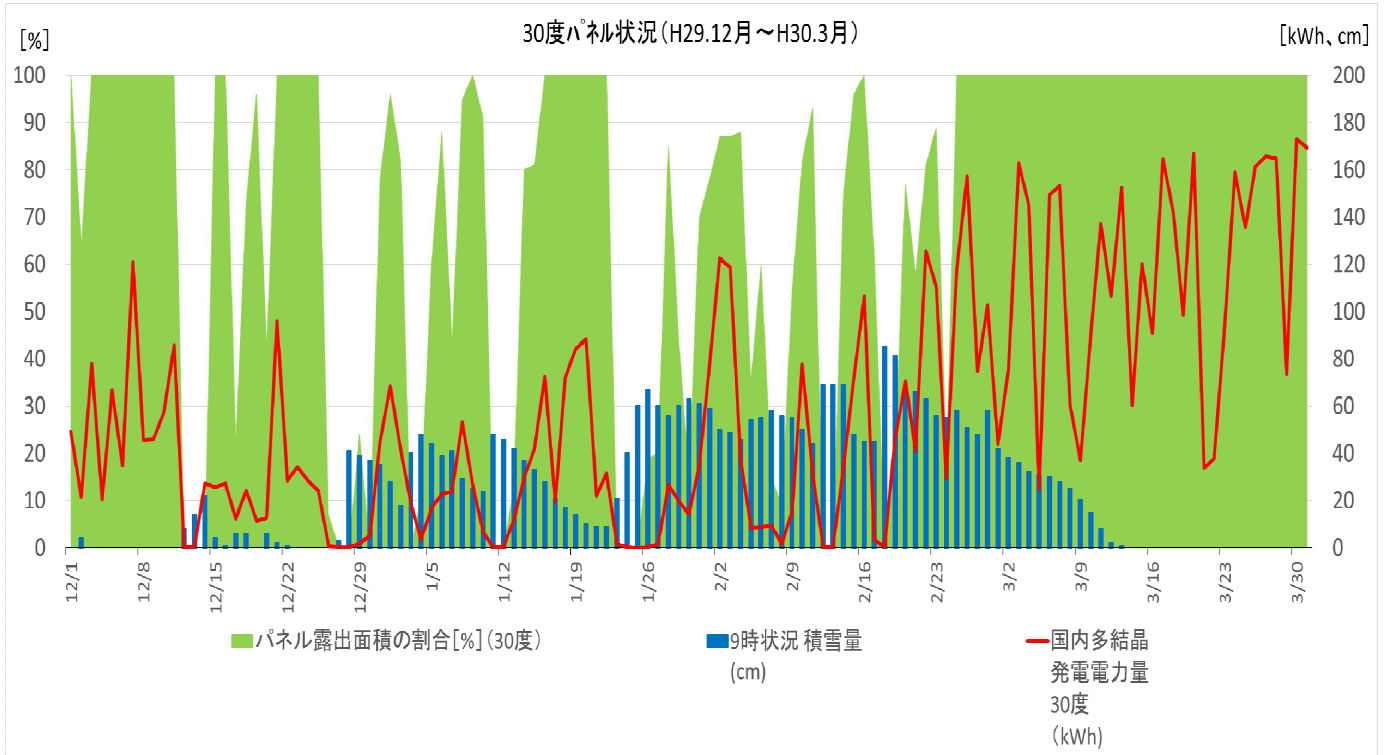
※ パネルの露出している面積は、ITVカメラ画像(定点観測)により確認した。

パネル表面に積もった雪が自然に滑り落ち、パネルが見えている面積の割合で表している。

雪が全て落ち、パネル全面が見えている状態を100%とした。

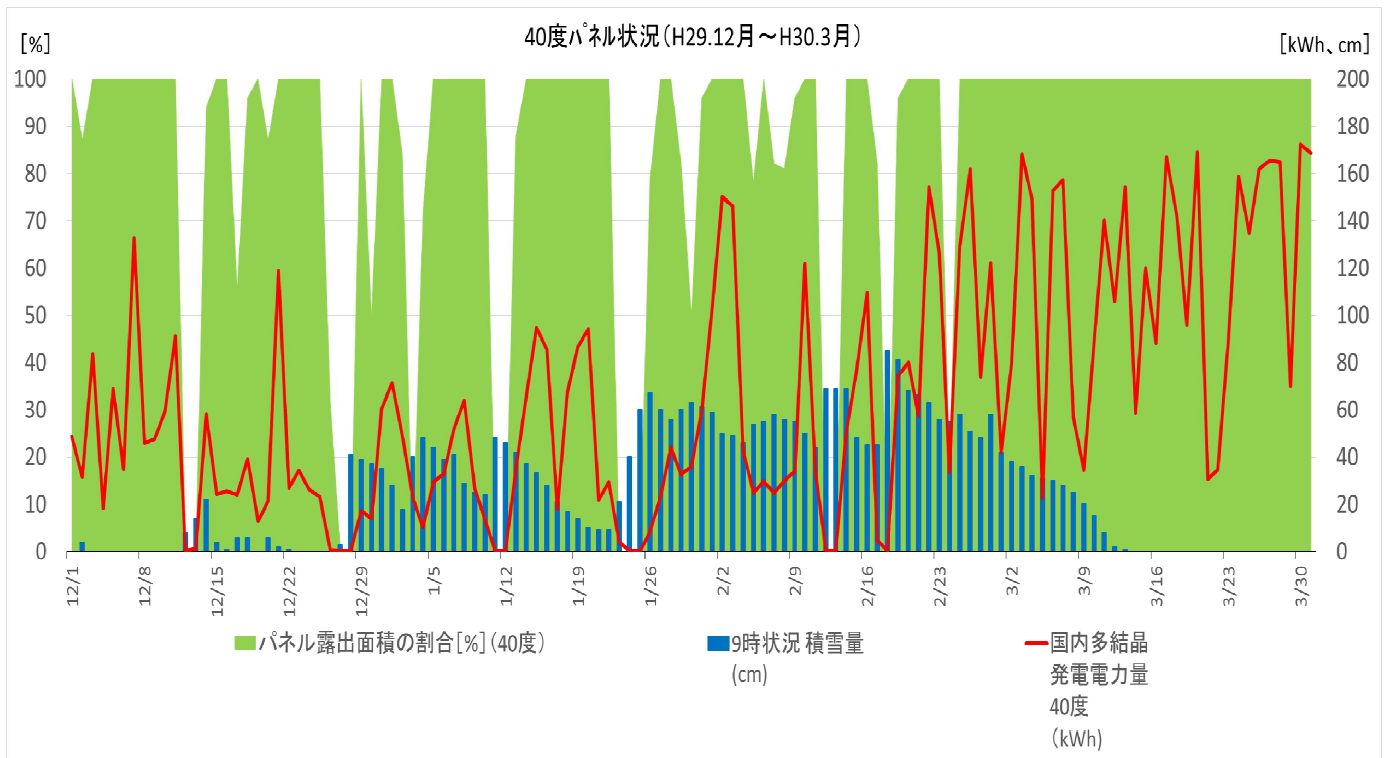
(30度パネル)

(平成29年12月1日 ~ 平成30年3月31日)



(40度パネル)

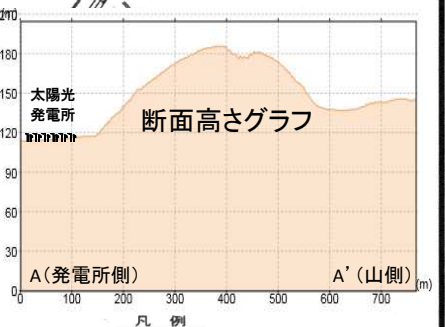
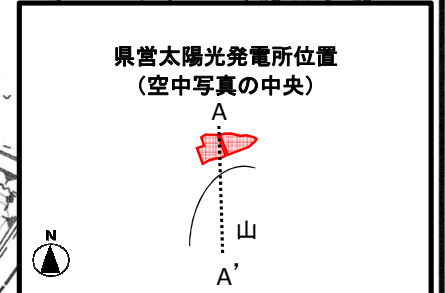
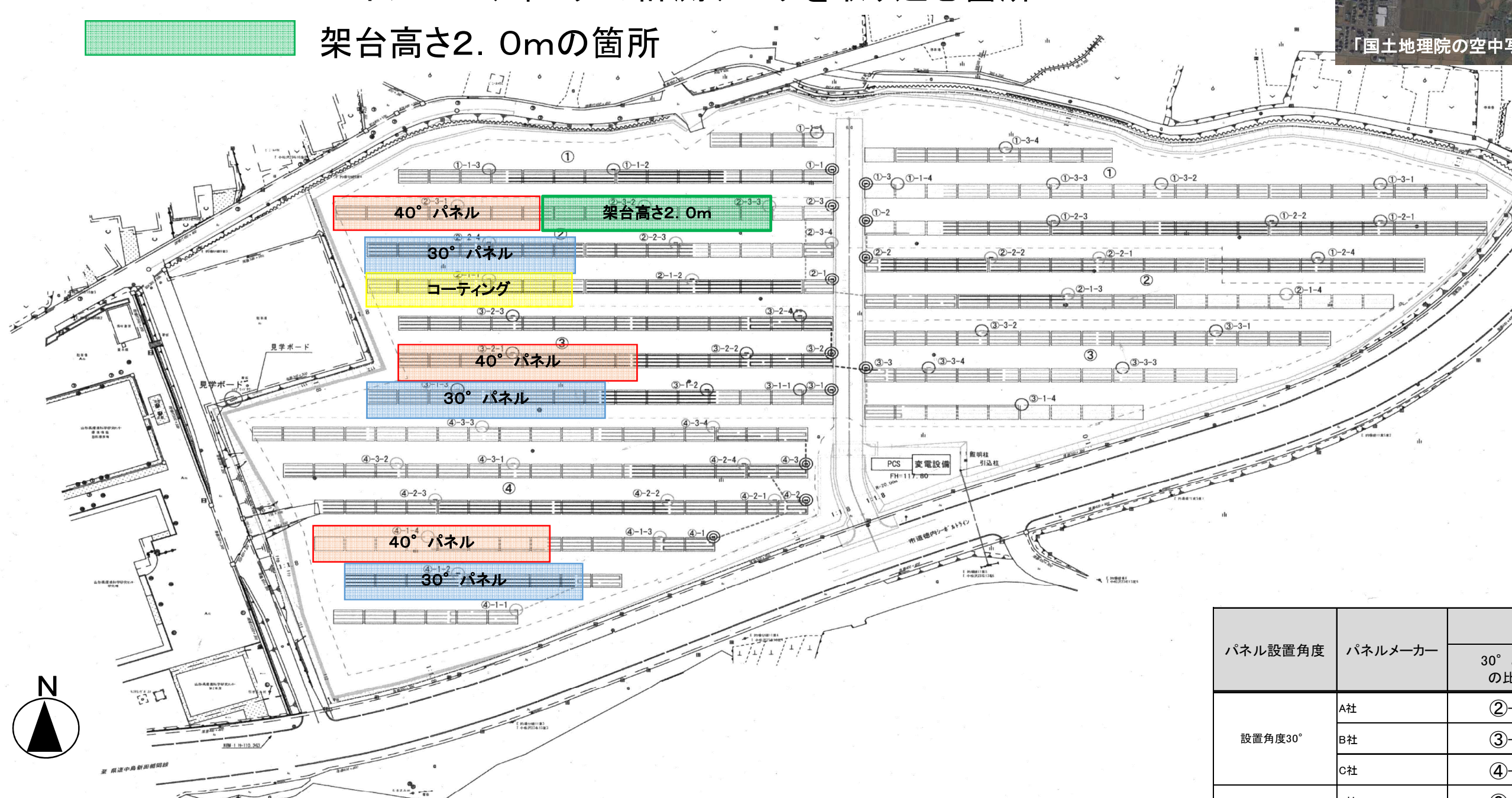
(平成29年12月1日 ~ 平成30年3月31日)



(別図)

県営太陽光発電所 平面図

- 40° のパネル設置位置
- 30° の計測データを取り込む箇所
- パネルコーティングの計測データを取り込む箇所
- 架台高さ2.0mの箇所



記号	名称
	用地境界線
	ヤード内砕石舗装
	進入道路 (W=6.0m)
	フェンス (H=1.8m)
	門扉 (W=6.0m)
	門扉 (W=1.0m)
	アレイ
	ケーブルトラフ



パネル設置角度	パネルメーカー	接続箱No.		備考
		30° と40° の比較用	パネルコーティング用	
設置角度30°	A社	②-2-4	②-1-1	7台
	B社	③-1-3		8台
	C社	④-1-2		8台
設置角度40°	A社	②-3-1		7台
	B社	③-2-1		8台
	C社	④-1-4		8台