

## 令和2年度 県営太陽光発電所 実証試験の考察について

(令和2年4月～令和3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。その後は、様々な実証試験を通じて、有益な情報を発信してきました。

ここでは、令和2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 <sup>×2</sup>	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] (=定格×枚数)	299.9	302.4	302.4
	【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)

(令和2年4月1日 ~ 令和3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	32,640 kWh	34,390 kWh	33,682 kWh
	比較	100.0%	105.4%	103.2%
5月	発電電力量	37,436 kWh	39,854 kWh	38,894 kWh
	比較	100.0%	106.5%	103.9%
6月	発電電力量	37,845 kWh	40,549 kWh	39,479 kWh
	比較	100.0%	107.1%	104.3%
7月	発電電力量	25,280 kWh	27,097 kWh	26,367 kWh
	比較	100.0%	107.2%	104.3%
8月	発電電力量	35,659 kWh	38,266 kWh	37,271 kWh
	比較	100.0%	107.3%	104.5%
9月	発電電力量	29,605 kWh	31,760 kWh	30,825 kWh
	比較	100.0%	107.3%	104.1%
10月	発電電力量	22,170 kWh	23,596 kWh	22,759 kWh
	比較	100.0%	106.4%	102.7%
11月	発電電力量	21,537 kWh	22,903 kWh	21,546 kWh
	比較	100.0%	106.3%	100.0%
12月	発電電力量	7,775 kWh	8,037 kWh	6,622 kWh
	比較	100.0%	103.4%	85.2%
1月	発電電力量	9,694 kWh	9,815 kWh	8,593 kWh
	比較	100.0%	101.2%	88.6%
2月	発電電力量	11,447 kWh	12,414 kWh	12,620 kWh
	比較	100.0%	108.4%	110.2%
3月	発電電力量	37,071 kWh	38,917 kWh	38,072 kWh
	比較	100.0%	105.0%	102.7%
計	発電電力量	308,159 kWh	327,598 kWh	316,730 kWh
	比較	100.0%	106.3%	102.8%
1枚当たりの発電量(実績) [kWh/枚]		A社(単結晶) 262.0 [kWh] 【100%】	B社(多結晶) 260.0 [kWh] 【99.2%】	C社(多結晶) 251.4 [kWh] 【95.9%】

(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+5.1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、パネル種別による発電電力量に大きな差は見られなかった。

なお、表-1においてC社のパネルが12月~1月にかけて発電量が極端に低下(85%~89%)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、積もった雪も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)

(令和2年4月1日 ~ 令和3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	3,069	2,897	3,166	3,052	3,118	3,091
	比較	100.0%	94.4%	100.0%	96.4%	100.0%	99.1%
5月	発電電力量	3,535	3,248	3,694	3,472	3,621	3,492
	比較	100.0%	91.9%	100.0%	94.0%	100.0%	96.4%
6月	発電電力量	3,577	3,238	3,773	3,496	3,691	3,504
	比較	100.0%	90.5%	100.0%	92.7%	100.0%	94.9%
7月	発電電力量	2,452	2,221	2,598	2,395	2,500	2,403
	比較	100.0%	90.6%	100.0%	92.2%	100.0%	96.1%
8月	発電電力量	3,410	3,217	3,609	3,439	3,516	3,435
	比較	100.0%	94.3%	100.0%	95.3%	100.0%	97.7%
9月	発電電力量	2,837	2,734	2,996	2,909	2,895	2,903
	比較	100.0%	96.4%	100.0%	97.1%	100.0%	100.3%
10月	発電電力量	2,119	2,094	2,226	2,214	2,119	2,208
	比較	100.0%	98.8%	100.0%	99.5%	100.0%	104.2%
11月	発電電力量	2,044	2,109	2,145	2,224	1,924	2,159
	比較	100.0%	103.2%	100.0%	103.7%	100.0%	112.2%
12月	発電電力量	771	855	778	897	589	841
	比較	100.0%	110.9%	100.0%	115.3%	100.0%	142.8%
1月	発電電力量	938	1,086	949	1,123	751	1,074
	比較	100.0%	115.8%	100.0%	118.3%	100.0%	143.0%
2月	発電電力量	1,125	1,412	1,181	1,510	1,089	1,553
	比較	100.0%	125.5%	100.0%	127.9%	100.0%	142.6%
3月	発電電力量	3,461	3,441	3,555	3,564	3,493	3,607
	比較	100.0%	99.4%	100.0%	100.3%	100.0%	103.3%
小計	発電電力量	29,338	28,552	30,670	30,295	29,306	30,270
	比較	100.0%	97.3%	100.0%	98.8%	100.0%	103.3%
角度別合計	発電電力量	89,314		89,117			
	比較	30度	100.0%	40度	99.8%		

(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～9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た。

4月～9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、取付角度別の年間発電電力量で見ると、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、30度パネル・40度パネル共に1月上旬で、旬間平均値は30度パネルが13.6%、40度パネルが32.6%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。

12月中旬より断続的な降雪があり、取付角度の傾斜により雪は落ちるものの、溜まった積雪により雪庇が発生。まとまった降雪の折には構内除雪により、雪庇の除去を実施するものの、降雪量が多く、除去しきれない事があった。尚、除雪の実績は以下の通り。

**【業務委託】**

12月：21～24日(4日間)、1月：実績なし、2月：5日,15～19日(7日間)

**【直営作業】**

12月：18日,23日(2日間)、1月：6日,14日(2日間)、2月：5日(1日間)

例年に無い高い頻度で除雪を実施したが、前述のように雪庇を除去しきれない事もあり、取付角度の違いによる雪の落ち具合の純粋な比較とはならなかった。

(参考：過年度比較グラフおよびデータ(5)参照)

また、1日を通して発電量がゼロとなったのは下記の通り。

**【発電量ゼロ日】**

12月：14～15日,17日,19～20日,31日(6日間)、

1月：1～3日,8日,10日,12日,19日,30～31日(9日間)、

2月：3～4日,8～9日(4日間)

最大積雪量は、2月10日に観測された148cmであった。

### (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)の架台を設置している。

今季の降雪及び積雪においては、記録的な大雪となり、構内のほぼ全てのパネルに雪庇が発生してしまった。そのような中で、1.8mの架台ではパネルが雪に埋もれてしまうような状況であっても、2.0mではパネルの上に少々雪が掛かる程度で済んだ。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 令和2年度全体の傾向

今年度は降雪が多かったことから、冬期間の発電実績が計画比66%～71%と低い値で推移しており、計画値に達しなかった。ただ、年間を通して見れば、計画比112.4%となっており、計画値を上回る電力量が供給できた。

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。11月～3月の期間においては、雪の落ちやすい40度パネルの方が30度パネルに比べて発電量が多くなり、4月～9月は30度パネルの方が発電量が多くなる傾向が見られた。

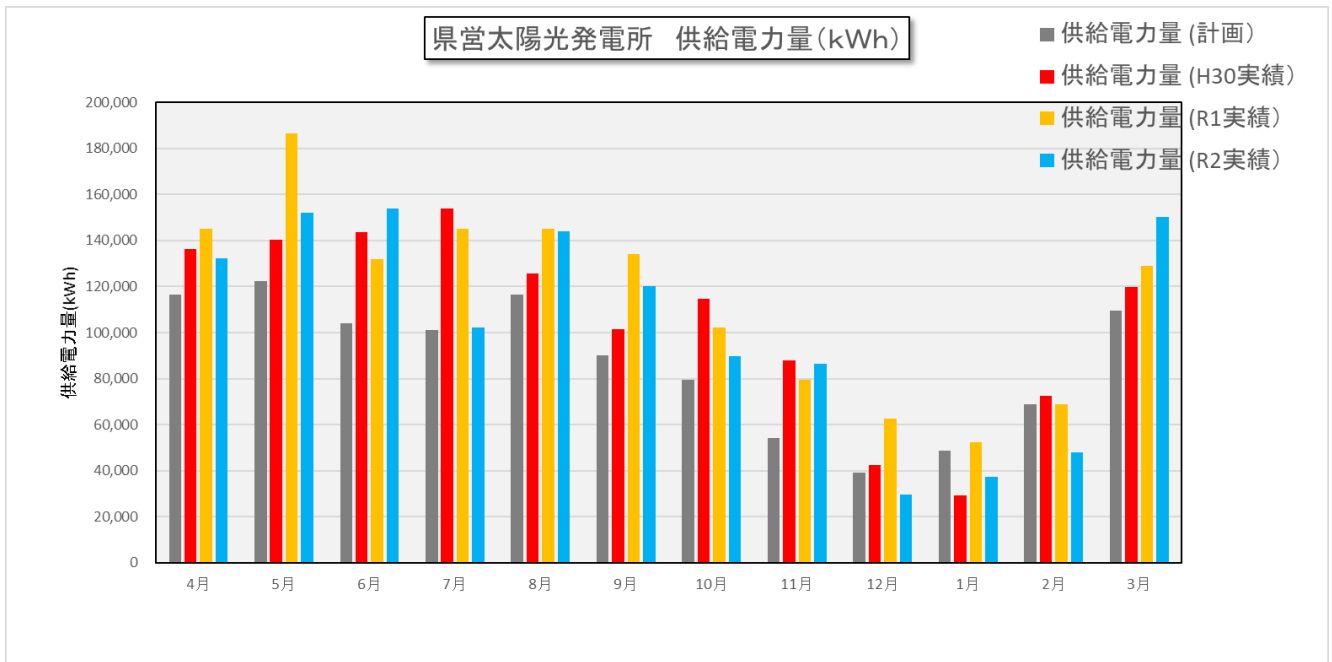
発電所構内における最大積雪量は2月に観測された148cmであり、構内除雪の実績は業務委託は計11日間、直営作業は計5日間であった。

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、43.42時間(点検1回あたり約1.81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、昼・夜の2部制に分け、1日間で実施した。(昼は変電設備、夜はパネル)事故については、波及事故<sup>\*</sup>による停電が2件、空調設備の故障による発電停止が1件であった。

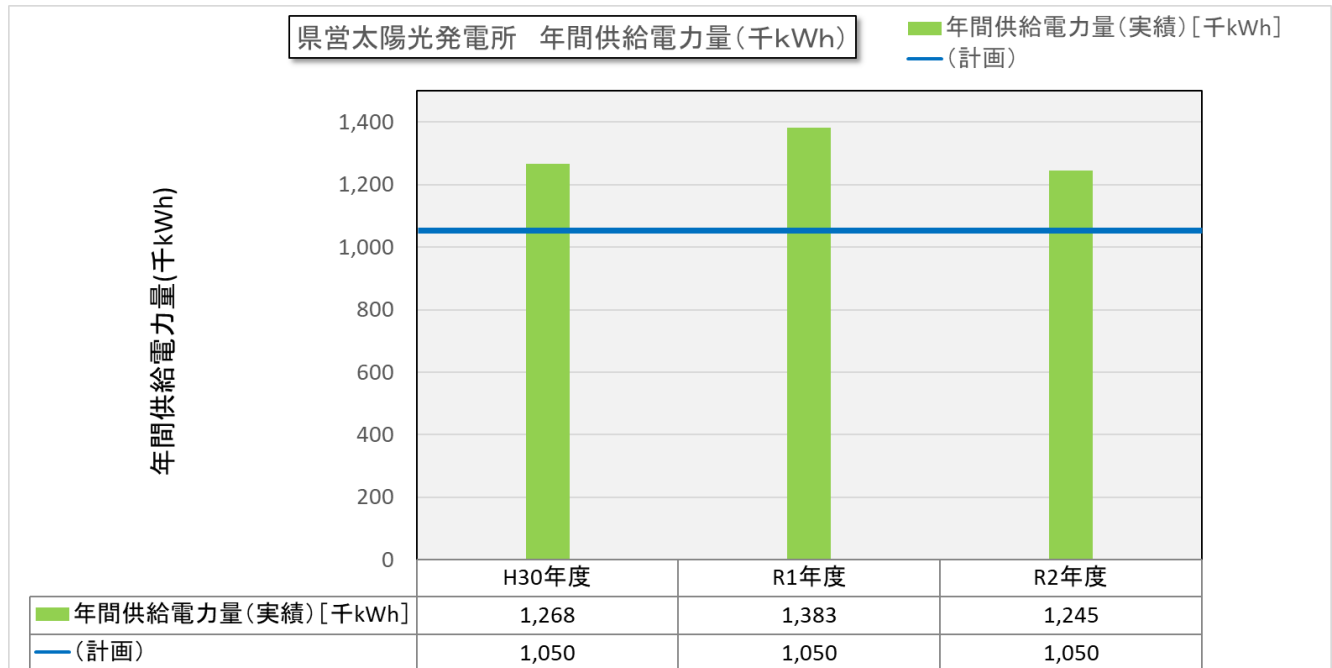
<sup>\*</sup> 波及事故とは：送配電事業者側の設備に発生した事故・停電の影響で、そこに接続されている太陽光発電所も停電となる事故。

《 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 (H30～R2年度)



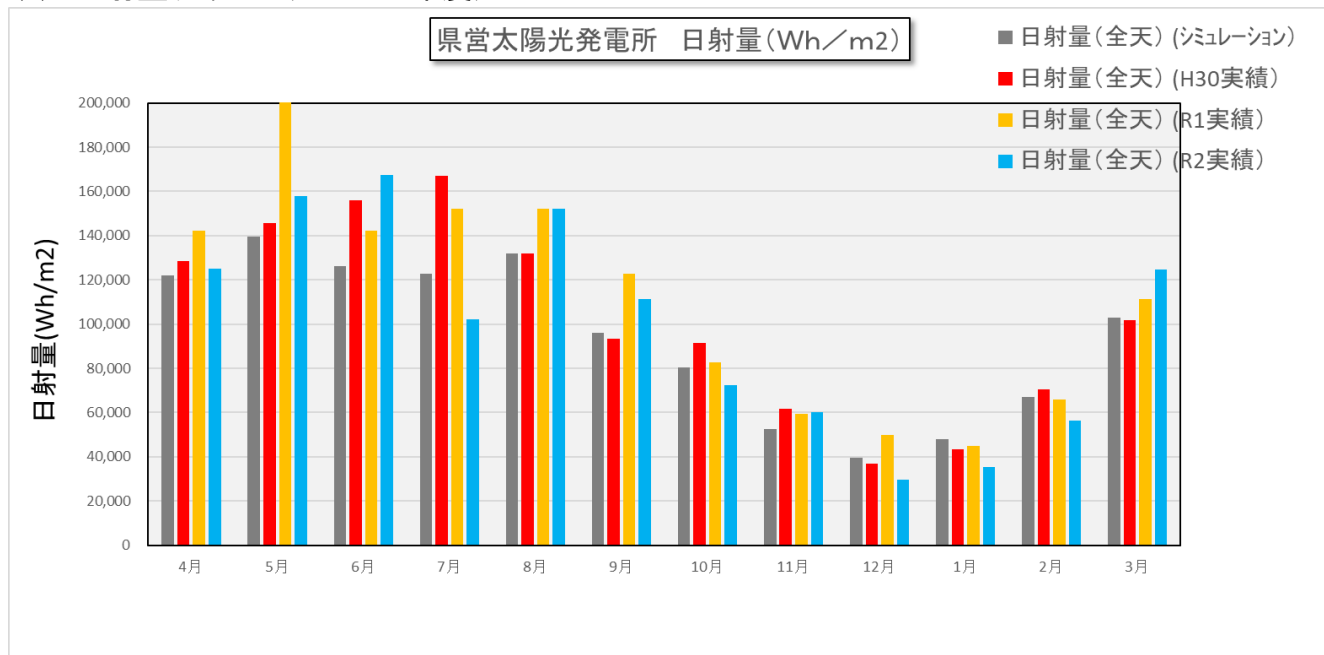
(2) 年間供給電力量グラフ (H30～R2年度)



◆過去3カ年 年間供給電力量の傾向

- 令和2年度：1,245,000 [kWh]
- 令和元年度：1,383,000 [kWh]
- 平成30年度：1,268,000 [kWh]
- 計 画 値：1,050,420 [kWh]

### (3) 日射量グラフ (H30～R2年度)



#### ◆過去3カ年 日射量の傾向 (シミュレーションとの比較)

令和2年度：106 [%]  
 令和元年度：118 [%]  
 平成30年度：109 [%]

### (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 (R2年度)

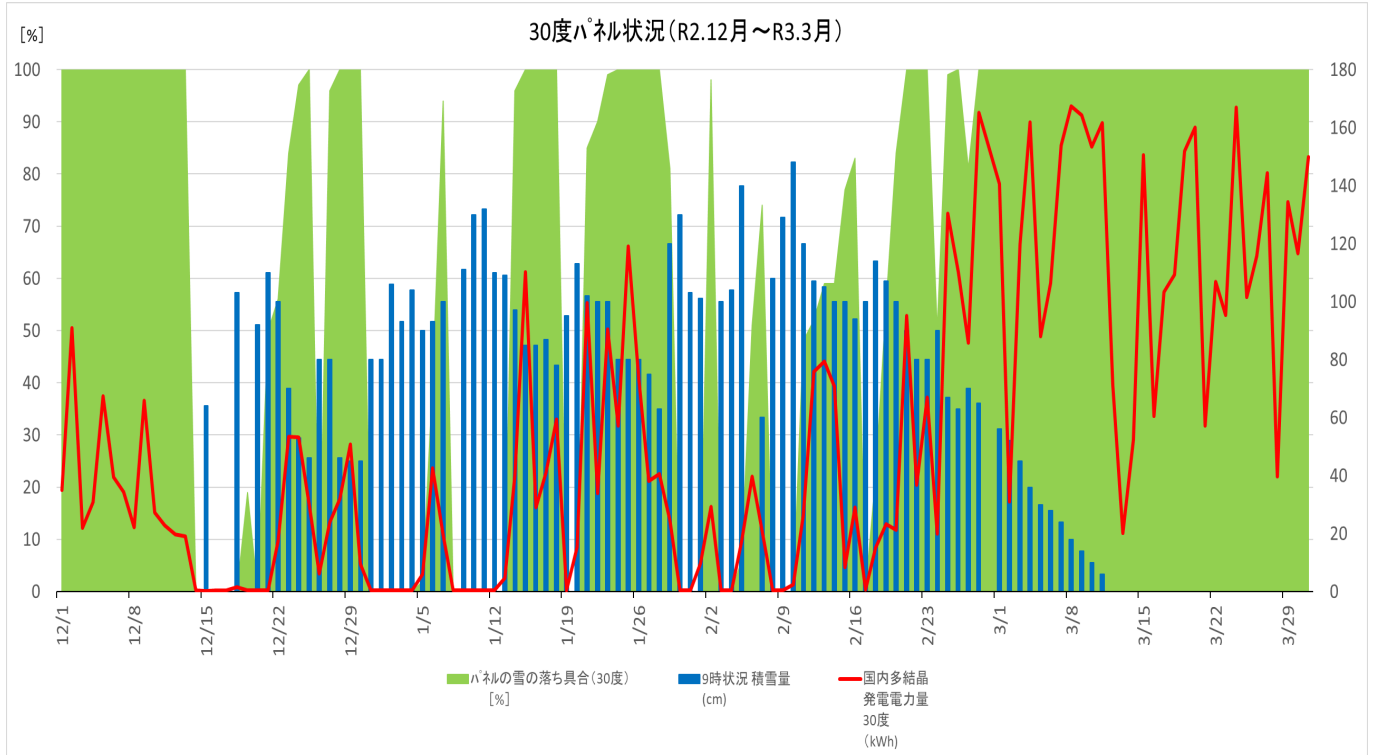
項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計(平均)	
発電電力量 (kWh)	R2実績(a)	133,366	153,771	155,990	104,170	146,875	121,757	90,460	87,080	29,763	37,504	48,331	150,987	1,260,054	
	計画(x)	124,016	130,164	111,125	107,891	123,976	96,005	84,877	57,872	42,772	52,548	73,316	116,416	1,120,976	
	計画差(a-x)	9,350	23,607	44,865	-3,721	22,899	25,752	5,583	29,208	-13,009	-15,044	-24,985	34,571	139,078	
	計画比(a/x)	108%	118%	140%	97%	118%	127%	107%	150%	70%	71%	66%	130%	(112.4%)	
供給電力量 (kWh)	R2実績(a)	132,208	151,995	153,773	102,381	144,081	119,993	89,569	86,512	29,484	37,331	48,003	150,146	1,245,476	
	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)	15,721	29,644	49,670	1,335	27,631	29,957	10,040	32,494	-9,856	-11,392	-20,834	40,646	195,056	
	計画比(a/x)	113%	124%	148%	101%	124%	133%	113%	160%	75%	77%	70%	137%	(118.6%)	
設備利用率 (%)	R2実績(a)	18.4%	20.4%	21.4%	13.8%	19.4%	16.7%	12.0%	12.0%	4.0%	5.0%	7.1%	20.2%	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)	2.2%	4.0%	6.9%	0.2%	3.7%	4.2%	1.3%	4.5%	-1.3%	-1.5%	-3.1%	5.5%	2.2%	
供給÷発電	R2効率(%)	99.1%	98.8%	98.6%	98.3%	98.1%	98.6%	99.0%	99.3%	99.1%	99.5%	99.3%	99.4%	98.8%	
	日照時間 (時間)	R2実績(a)	169.2	188.8	190.4	73.3	225.7	130.7	88.6	105.4	29.6	58.3	82.6	175.7	1,518
		平年(d)	179.6	213.4	183.3	167.6	185.8	145.9	130.5	86.6	60.8	59.4	90.6	141.9	1,645
平年比(a/d)		94.2%	88.5%	103.9%	43.7%	121.5%	89.6%	67.9%	121.7%	48.7%	98.1%	91.2%	123.8%	(92.3%)	
日射量 (Wh/m <sup>2</sup> )	R2実績(a)	125,187	157,789	167,275	102,094	152,324	111,411	72,309	60,369	29,624	35,185	56,524	124,826	1,194,917	
	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)	102.6%	113.0%	132.6%	83.1%	115.3%	115.9%	89.7%	115.0%	75.0%	73.4%	84.1%	121.2%	(105.8%)	
日射量当たりの発電電力量 (Wh/(Wh/m <sup>2</sup> ))	R2実績(a)	1065.3	974.5	932.5	1020.3	964.2	1092.9	1251.0	1442.5	1004.7	1065.9	855.1	1209.6	1287.9	

## (5) 積雪量とパネルの雪の落ち具合※及び発電電力量 (R2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。

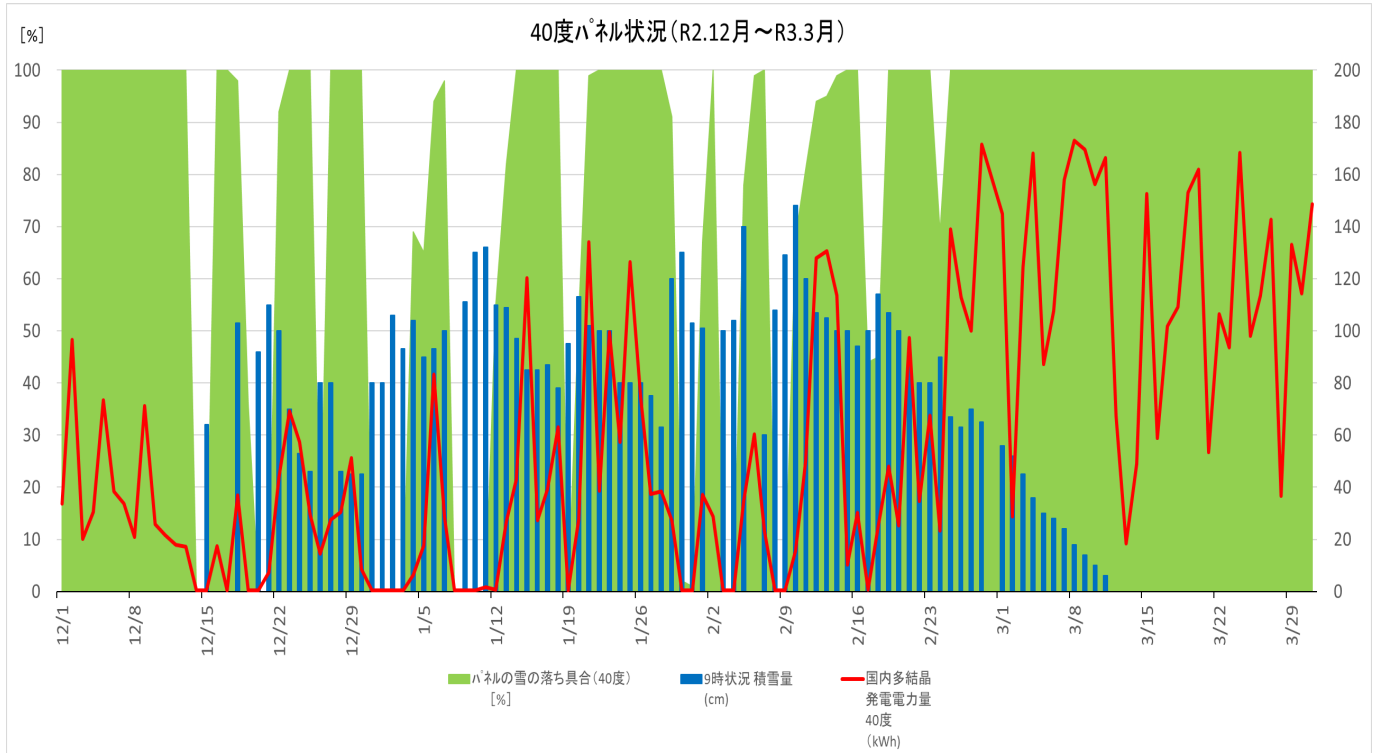
(30度パネル)

(令和2年12月1日 ~ 令和3年3月31日)



(40度パネル)

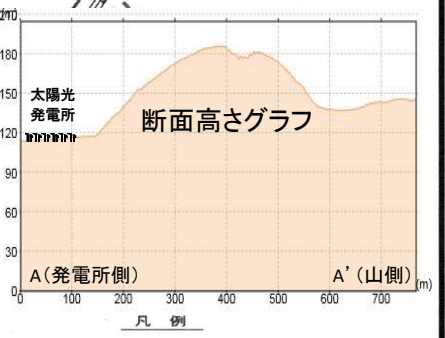
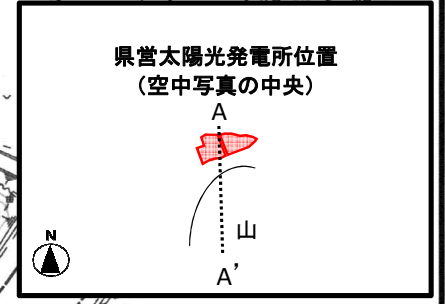
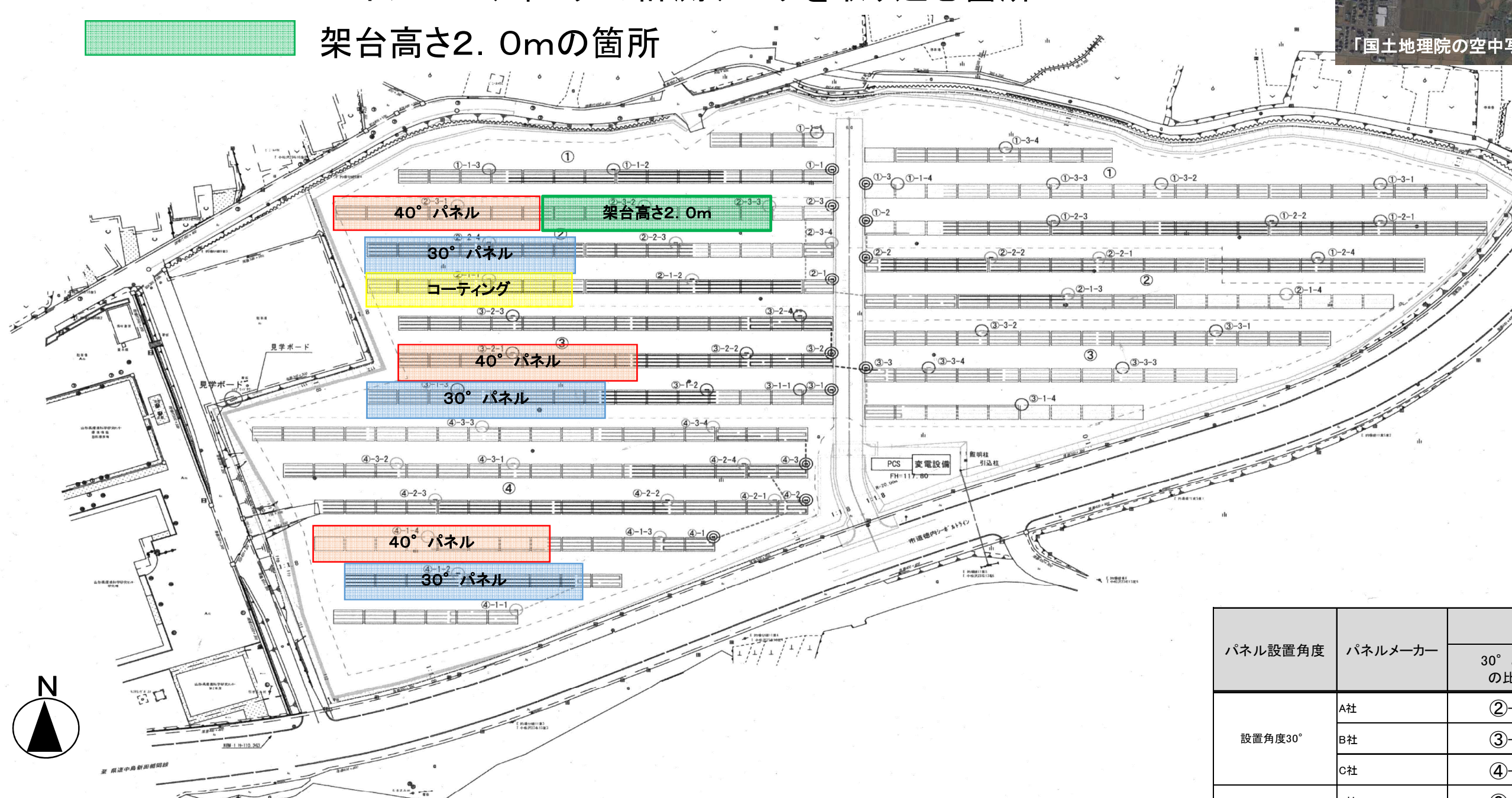
(令和2年12月1日 ~ 令和3年3月31日)



(別図)

# 県営太陽光発電所 平面図

- 40° の計測データを取り込む箇所
- 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