

屋根置太陽光発電実証事業

平成30年度まとめ

公益財団法人 ひょうご環境創造協会

再生可能エネルギー相談支援センター

目 次

1	まえがき	1
2	実証設備の概要	1
	(1) 設備の概要	1
	(2) 監視項目	1
3	平成30年度の発電単価について	2
4	計測日射量について	3
	(1) 三木北高等学校設置設備	3
	(2) ひょうごこころの医療センター設置設備	5
5	発電量について	5
	(1) 三木北高等学校設置設備	6
	(2) 医療センター設置設備	7
6	設備利用率について	8
7	台風等の強風の影響について	9
8	地震の影響について	11
9	発電性能の評価について	11
	(1) 年間システム発電効率の評価	11
	(2) 月間システム発電効率の評価	12
10	パネル温度と発電効率について	12
11	発電量の評価について	13
12	まとめ	15
添付1	月報（三木北高等学校）	16
添付2	月報（ひょうごこころの医療センター）	17

1 まえがき

建物の屋上(陸屋根)を活用した太陽光発電を行う際の設置コスト、防水機能への影響、安全性確保などの課題に関する知見やノウハウを得る目的で、兵庫県施設において太陽光発電実証事業を平成25年度から開始した。

実証事業は、県立三木北高等学校、県立ひょうごこころの医療センター(旧県立光風病院)の2施設の建物の屋上を活用して、それぞれ平成25年7月23日、平成25年9月20日から発電を開始した。

本レポートは、平成30年4月から平成31年3月の1年間の計測データをもとに分析、評価したものである。

2 実証設備の概要

(1) 設備の概要

設備の概要は、表1のとおり。また、外観は写真1及び写真2のとおり。

表1 設備概要

施設名		県立三木北高等学校	県立ひょうごこころの医療センター
発電規模	太陽電池	101.2kW (多結晶シリコンパネル240W×422枚)	114.6kW (多結晶シリコンパネル245W×468枚)
	パワーコンディショナー	100kW(10kW×10台)	100kW(100kW×1台)
パネル傾斜角度		5度	4度
パネル設置方位		南	南
架台		置き基礎工法 (スチール製ソーラーベース工法)	置き基礎工法 (JISコンクリート架台工法)
設備単位重量		27.3kg/m ² 設計用床積載荷重(30kg/m ²)	43.1kg/m ² 設計用床積載荷重(60kg/m ²)
発電開始日		平成25年7月23日	平成25年9月20日
遠隔監視開始日		平成25年10月6日	平成25年10月1日
年間推定発電量		104,000kWh	118,000kWh

パネル設置状況写真

写真1 三木北高等学校



写真2 ひょうごこころの医療センター



(2) 監視項目

- 日射強度(水平面)
- 発電量
- 売電量
- 太陽光パネル裏面温度
- 風速
- システムの運転状態

3 平成30年度の発電単価について

発電単価は、表2に示すとおりであり、両設備とも売電単価43.2円/kWh(消費税込み)を下回る発電単価となっている。

また、月別の発電単価と維持管理費は、表3、表4に示すとおりとなっている。

表2 発電単価の推移

■三木北高等学校設置設備

平成30年度	平成29年度	平成28年度	平成27年度	平成26年度
31.5円/kWh	29.5円/kWh	30.4円/kWh	30.7円/kWh	29.5円/kWh

■ひょうごこころの医療センター設置設備

平成30年度	平成29年度	平成28年度	平成27年度	平成26年度
27.4円/kWh	24.8円/kWh	25.8円/kWh	26.2円/kWh	25.6円/kWh

表3 月別発電単価(平成30年度)

	三木北高等学校		ひょうごこころの医療センター	
	発電量(kWh)	発電単価(円/kWh)	発電量(kWh)	発電単価(円/kWh)
平成30年4月	12,694	24.3	13,660	20.4
5月	13,496	23.6	14,126	20.4
6月	12,046	25.6	12,285	22.7
7月	13,467	23.6	14,746	19.5
8月	※1 12,763	24.9	14,030	20.5
9月	7,548	40.8	※2 7,109	39.2
10月	9,608	33.1	10,500	27.5
11月	7,534	40.9	7,703	36.2
12月	5,916	53.8	5,776	49.9
平成31年1月	6,673	47.7	6,564	43.9
2月	7,052	40.8	7,161	36.4
3月	10,093	31.5	10,320	27.9
年度合計	118,890	31.5	123,980	27.4

※1 8月26日12:06～28日14:23までパワーコンディショナー停止により発電量減少(系統側事故の影響)

※2 8月28～10月11日まで発電パネル一部切り離し(パネル修理)

(注)発電単価の計算式は次のとおり。

$((設備設置費 \div 20年) \times (稼働日数 \div 365日) + 維持管理費 \times (稼働日数 \div 365日)) \div 発電量$

■三木北高等学校設備費用 : 53,236千円 (システム費用:505千円/kW)

■ひょうごこころの医療センター設備費用 : 49,992千円 (システム費用:415千円/kW)

システム費用は、付加設備(データ計測器等)を除く設備設置工事代金を示す。

表4 維持管理費用(平成30年度)

設備名	三木北高等学校	ひょうごこころの医療センター
設備の運用にかかった電気代	47,048 円	39,415 円
損害保険料(動産、施設賠償責任)	111,320 円	124,030 円
遠隔監視システム使用料等保守経費(注)	895,204 円	714,240 円
職員監視旅費等	32,390 円	16,350 円
合計	1,085,962 円	894,035 円

(注) 医療センターの遠隔監視システム使用料等保守経費には、監視業務を含まない。

4 計測日射量について

日射量については、NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)のデータベース(国内837地点・29年間(1981～2009年)の日射量データベース)から三木市及び神戸市(中央区)の日射量を求め実証データとの比較と共に既設太陽光発電設備との比較を行った。

なお、NEDOデータベース観測地点との位置関係の違いは、表5のとおりである。

表5 NEDOデータベース観測地点と実証設備の位置関係

【三木市】	緯度	経度	地点間距離
NEDOデータ観測地点	北緯34度46' 36"	東経135度00' 48"	2.04km
三木北高等学校	北緯34度46' 39"	東経135度02' 08"	
【神戸市】	緯度	経度	地点間距離
NEDOデータ観測地点	北緯34度41' 48"	東経135度12' 42"	8.42km
ひょうごこころの医療センター	北緯34度45' 53"	東経135度10' 15"	

(1) 三木北高等学校設置設備

三木北高等学校の実証データ、NEDOデータ、既設設備データの水平面日射量及び実証データとの比較は、表6-①～③、グラフ1、グラフ2のとおりである。

実証設備の年間日射量は、NEDOのデータに比べ3%程度多いが、前年度に比べると5%減少している。これは、天候不順(日照時間減少:前年度比91%)が、影響しており、特に9月の日射時間は過去5年間で最少時間となっている。(表6-③、グラフ3参照)

また、同建物の屋上に設置されている既設設備の日射量に比べると2%程度下回っているが、これは過年度の傾向と同様である。

表6-① 月当りの日射量(三木北高等学校)

	水平面日射量(kWh/m ²)			比較(%)	
	実証データ	NEDOデータ	既設設備データ	実証/NEDO	実証/既設設備
平成30年4月	145.9	137.1	148.5	106.4%	98.2%
5月	159.0	151.0	159.0	105.3%	100.0%
6月	143.4	135.9	142.9	105.5%	100.3%
7月	167.1	147.6	165.6	113.2%	100.9%
8月	168.3	155.0	169.2	108.6%	99.5%
9月	87.2	113.4	89.3	76.9%	97.6%
10月	106.5	98.0	112.1	108.7%	95.0%
11月	80.2	73.8	84.5	108.7%	94.9%
12月	61.5	65.7	63.0	93.6%	97.6%
平成31年1月	69.7	69.1	72.4	100.9%	96.3%
2月	75.6	77.6	77.9	97.4%	97.0%
3月	110.7	106.6	113.9	103.8%	97.2%
年度合計	1,375.1	1,330.8	1,398.3	103.3%	98.3%

表6-② 年度別水平面日射量(実証データ)

	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
日射量(kWh/m ²)	1,393(100%)	1,359(98%)	1,380(99%)	1,447(104%)	1,375(99%)
					前年度比 95.0%

()は、平成26年度比を示す。

表6-③ 月別水平面日射量(実証データ)と日射時間

実証設備の月別日射量(水平面)

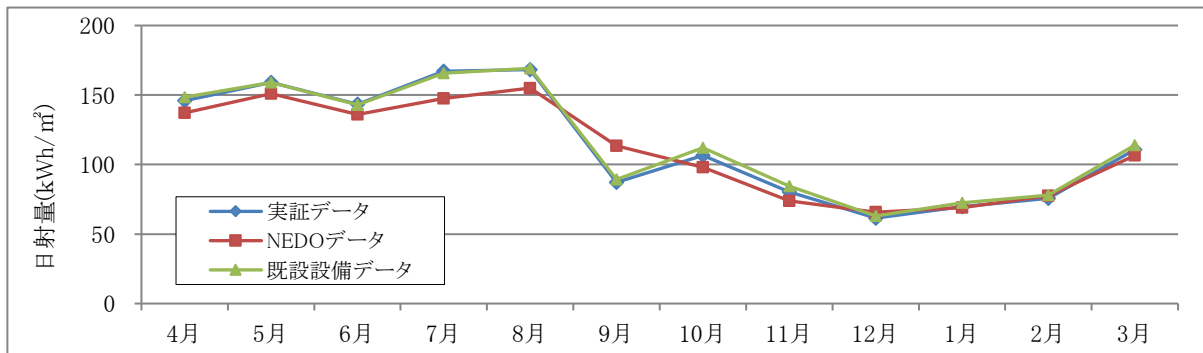
	平成29年度	平成30年度	前年比
4月	145.3	145.9	100.4%
5月	176.3	159.0	90.2%
6月	166.6	143.4	86.1%
7月	155.3	167.1	107.6%
8月	157.9	168.3	106.6%
9月	117.2	87.2	74.4%
10月	73.7	106.5	144.5%
11月	80.2	80.2	100.0%
12月	73.0	61.5	84.2%
1月	75.2	69.7	92.7%
2月	96.1	75.6	78.7%
3月	130.0	110.7	85.2%
年度計	1,446.8	1,375.1	95.0%

日照時間(気象庁データ:三木市)

	平成29年度	平成30年度	前年比
4月	204.5	202.4	99.0%
5月	241.0	199.8	82.9%
6月	215.1	164.5	76.5%
7月	178.6	248.2	139.0%
8月	219.3	258.5	117.9%
9月	162.4	90.0	55.4%
10月	102.6	181.9	177.3%
11月	182.6	158.0	86.5%
12月	174.4	120.6	69.2%
1月	166.4	143.1	86.0%
2月	176.2	116.9	66.3%
3月	212.4	150.7	71.0%
年度計	2,235.5	2,034.6	91.0%

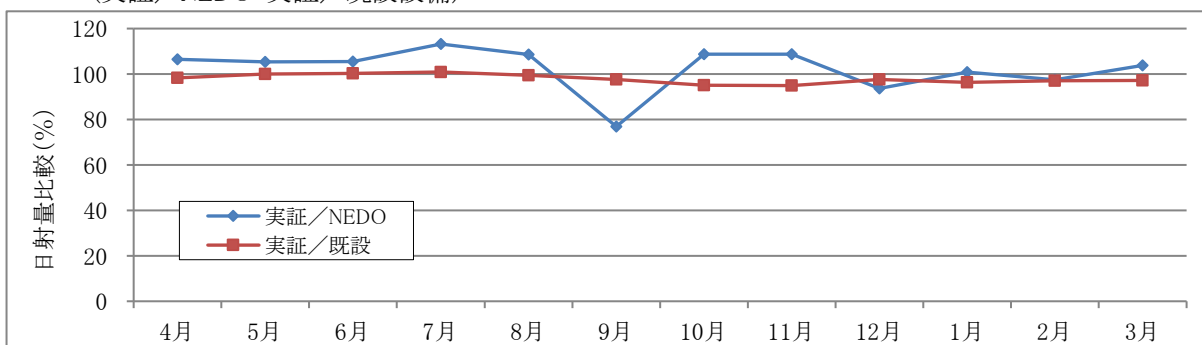
グラフ1 月別水平面日射量(kWh/m²)(三木北高等学校)

(実証データ・NEDOデータ・既設設備データ)

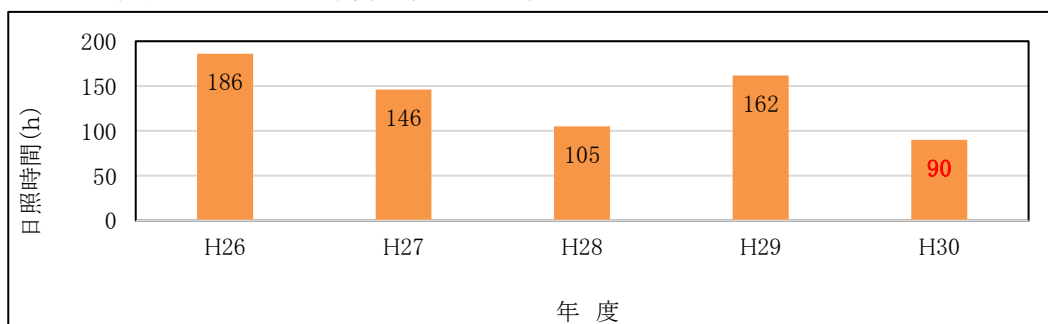


グラフ2 月別水平面日射量比較(%)(三木北高等学校)

(実証/NEDO・実証/既設)



グラフ3 三木市の9月の日照時間(気象庁データ)



(2) ひょうごこころの医療センター(以降、「医療センター」と言う。)設置設備

医療センターの実証データ・NEDOデータ・既設設備データの水平面日射量及び実証データとの比較は表7-①～③、グラフ4、グラフ5のとおりである。

年間における実証設備の日射量は、NEDOのデータより3%程度少なく、前年度の日射量に比する5%程度減少している。

これは、三木北高等学校と同様、天候不順(表-7③参照)が影響しており、特に9月の日照時間は過去5年間で最少時間となっている。(グラフ6参照)

表7-① 月当りの日射量(医療センター)

	水平面日射量(kWh/m ²)			比較(%)	
	実証データ	NEDOデータ	既設設備データ	実証/ NEDO	実証/ 既設設備
平成30年4月	140.6	138.6	152.9	101.4%	92.0%
5月	149.7	152.8	162.8	98.0%	92.0%
6月	132.4	137.7	143.2	96.2%	92.5%
7月	163.2	147.3	※3 153.6	110.8%	106.3%
8月	158.6	154.7	168.5	102.5%	94.1%
9月	79.1	113.4	85.6	69.8%	92.4%
10月	104.9	99.5	※4 39.0	105.4%	269.0%
11月	75.5	74.4	82.6	101.5%	91.4%
12月	57.5	67.0	63.4	85.9%	90.7%
平成31年1月	64.7	70.4	71.3	91.9%	90.7%
2月	69.8	79.0	76.6	88.4%	91.1%
3月	104.5	111.3	114.8	93.9%	91.0%
年度合計	1,300.5	1,346.0	1,314.3	96.6%	99.0%

※3 7月28日～7月31日の間、データ欠落

※4 10月7日～10月26日の間、データ欠落

表7-② 年度別水平面日射量(実証データ)

	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
日射量(kWh/m ²)	1,304(100%)	1,295(99%)	1,343(103%)	1,374(105%)	1,301(100%)
					前年度比 94.7%

()は、平成26年度比を示す。

表7-③ 月別水平面日射量(実証データ)と日射時間

実証設備の月別日射量(水平面)

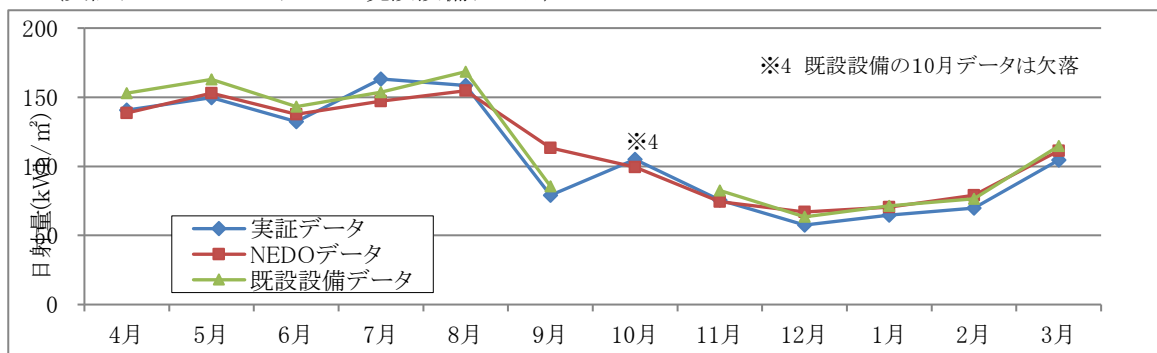
	平成29年度	平成30年度	前年比
4月	141.5	140.6	99.4%
5月	169.7	149.7	88.2%
6月	156.6	132.4	84.5%
7月	134.1	163.2	121.7%
8月	150.2	158.6	105.6%
9月	116.3	79.1	68.0%
10月	77.8	104.9	134.8%
11月	80.8	75.5	93.4%
12月	64.6	57.5	89.0%
1月	66.4	64.7	97.4%
2月	89.9	69.8	77.6%
3月	125.8	104.5	83.1%
年度計	1,373.7	1,300.5	94.7%

日照時間(気象庁データ:神戸市)

	平成29年度	平成30年度	前年比
4月	205.3	209.2	101.9%
5月	245.0	200.7	81.9%
6月	220.3	173.9	78.9%
7月	190.8	257.2	134.8%
8月	218.0	273.0	125.2%
9月	159.3	89.3	56.1%
10月	106.9	200.7	187.7%
11月	178.7	159.7	89.4%
12月	170.9	127.2	74.4%
1月	158.8	143.1	90.1%
2月	174.1	124.3	71.4%
3月	223.7	158.2	70.7%
年度計	2,251.8	2,116.5	94.0%

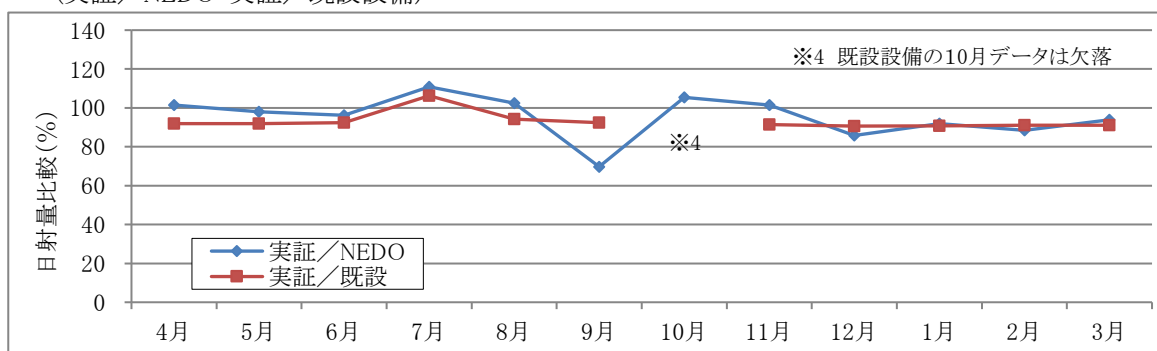
グラフ 4 月別水平面日射量(kWh/m²)(医療センター)

(実証データ・NEDOデータ・既設設備データ)

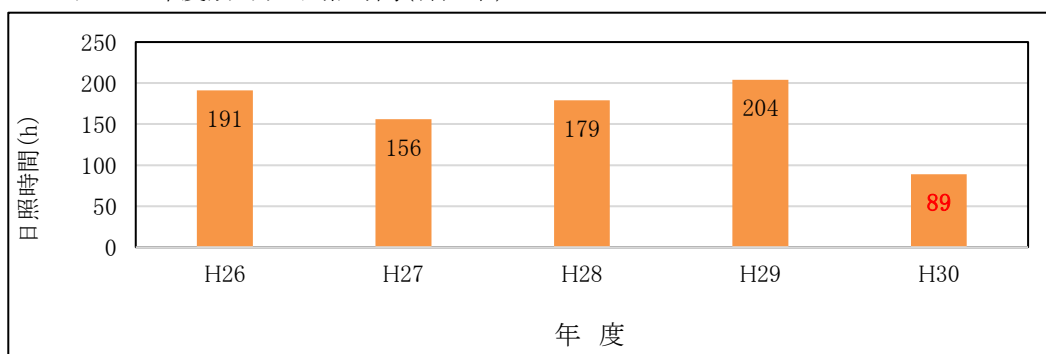


グラフ 5 月別水平面日射量比較(%)(医療センター)

(実証/NEDO・実証/既設設備)



グラフ 6 年度別9月 日照時間(神戸市)



5 発電量について

発電量については、実測積算発電量を以下4種類の方法で発電量推定値と比較した。

- ① 実測した日射量から発電量を推定
- ② NEDOデータの日射量から発電量を推定
- ③ 提案時のメーカーの推定発電量(月間積算傾斜面日射量を使用)
- ④ 既設設備の発電量から推定(既設積算傾斜面日射量からパネル出力比で算出)

なお、発電量推定値の算出は、JIS C8907:2005 太陽光発電システムの発電電力量推定方法による。

$$E_{pm}(\text{月間システム発電電力量(kWh/月)}) = K \times P_{AS} \times H_{am} \div G_s$$

$$K : \text{月別総合設計係数} = K' \times K_{pt}$$

(太陽電池モジュール出力のバラツキ補正、回路損失、機器による損失を含む。)

K' : 基本設計係数

K_{pt} : 温度補正係数

P_{AS} : メーカーのモジュール1枚当たりの標準試験条件における出力(W)

H_{am} : その月の傾斜面日射量(kWh/m²) (水平面日射量×β(補正係数))

G_s : 標準試験条件における日射強度(1kW/m²)

(1) 三木北高等学校設置設備

三木北高等学校の発電量(実証積算及び各種推定発電量)は、表8、グラフ7のとおりである。

a 実証積算発電量は、①実測日射量からの推定値②NEDOデータからの推定値③メーカー推定値④既設設備からの推定値を上回る発電量であった。

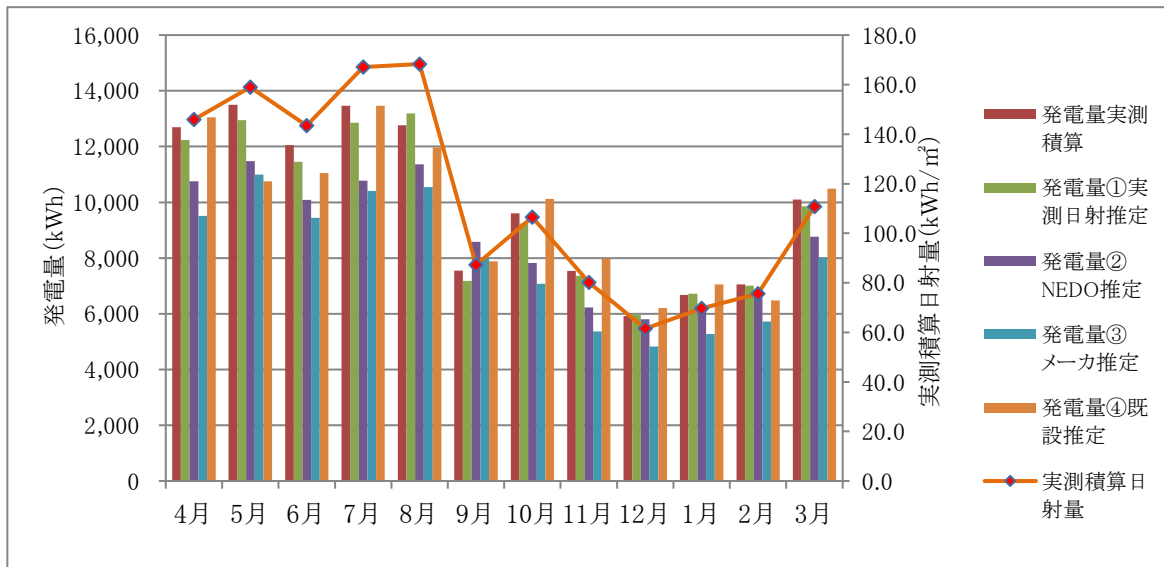
④既設設備からの推定値を上回った状態は例年にはなく、これは8月の既設設備のデータ欠落の影響によるものと考えられる。

b ③メーカー推定発電量が少ない要因は、発電パネルの劣化率を見込んでいることが影響している。

表8 月当りの発電量(三木北高等学校)

	実測積算 日射量 (kWh/m ²)	発電量(kWh)				
		実証積算	① 実証日射量 からの推定	② NEDOデー タからの推定	③ メーカ ーの推定	④ 既設設備 からの推定
平成30年4月	145.9	12,694	12,233	10,754	9,509	13,049
5月	159.0	13,496	12,946	11,476	10,990	10,753
6月	143.4	12,046	11,452	10,084	9,443	11,056
7月	167.1	13,467	12,856	10,774	10,413	13,466
8月	168.3	12,763	13,188	11,364	10,545	11,975
9月	87.2	7,548	7,180	8,581	7,991	7,886
10月	106.5	9,608	9,233	7,829	7,082	10,122
11月	80.2	7,534	7,363	6,226	5,364	7,975
12月	61.5	5,916	5,960	5,801	4,832	6,210
平成31年1月	69.7	6,673	6,725	6,092	5,275	7,049
2月	75.6	7,052	7,009	6,634	5,720	6,485
3月	110.7	10,093	9,855	8,768	8,020	10,492
年度合計	1,375.1	118,890	116,000	104,383	95,184	116,518

グラフ7 月別発電量(三木北高等学校)



(2) 医療センター設置設備

医療センターの発電量(実証積算及び各種推定発電量)は、表9、グラフ8のとおりである。

a 実証積算発電量は、①実測日射量からの推定値④既設設備からの推定発電量を下回り、②NEDOデータ推定発電量、③メーカー推定発電量を上回る発電量となった。

この状況はこれまでと同じ傾向である。

b ③メーカー推定値は、三木高等学校と同様にパネルの劣化率を見込んでいるため、発電量が少なくなっている。

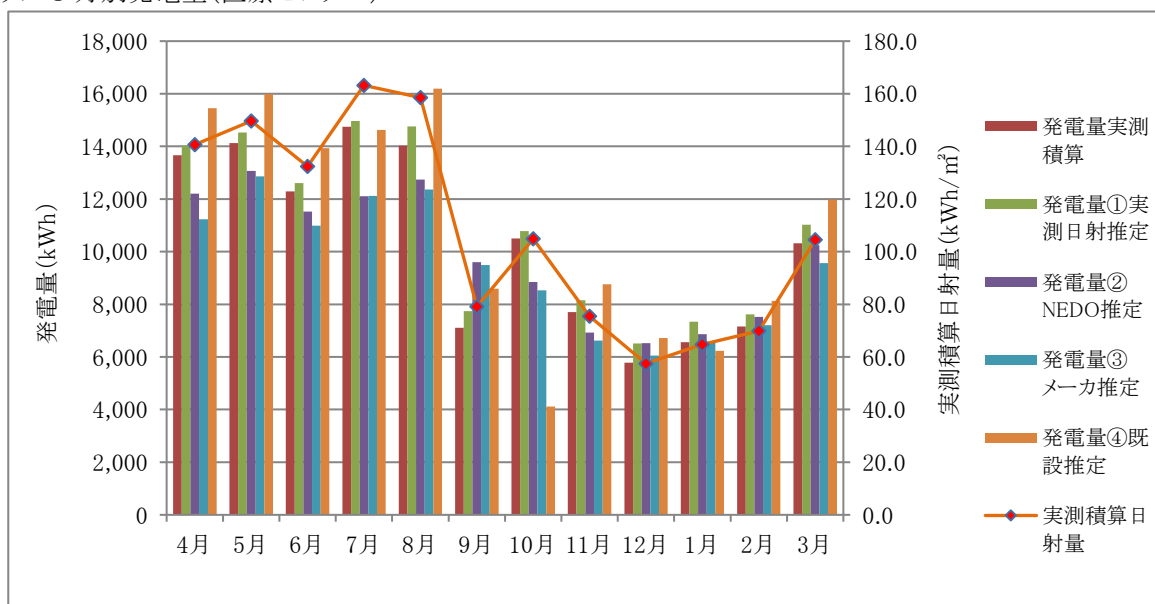
- c ④既設設備(20KW)の太陽光発電設備より推定した発電量を下回っているが、これはパネル傾斜角の違い、および架台方式の違いと西側建物の影の影響が考えられる。

表9 月当りの発電量(医療センター)

	実測積算 日射量 (kWh/m ²)	発電量(kWh)				
		実証積算	① 実測日射量 からの推定	② NEDOデー タからの推定	③ メーカー の推定	④ 既設設備 からの推定
平成30年4月	140.6	13,660	14,027	12,209	11,226	15,456
5月	149.7	14,126	14,527	13,072	12,863	15,991
6月	132.4	12,285	12,602	11,520	10,990	13,937
7月	163.2	14,746	14,967	12,104	12,120	14,622
8月	158.6	14,030	14,758	12,740	12,368	16,199
9月	79.1	7,109	7,740	9,607	9,490	8,590
10月	104.9	10,500	10,777	8,845	8,533	4,120
11月	75.5	7,703	8,153	6,931	6,622	8,764
12月	57.5	5,776	6,517	6,518	6,054	6,717
平成31年1月	64.7	6,564	7,336	6,863	6,541	※5 6,228
2月	69.8	7,161	7,615	7,518	7,203	8,126
3月	104.5	10,320	11,028	10,242	9,561	11,973
年度合計	1,300.5	123,980	130,047	118,169	113,571	130,723

※5 1月6日～2月1日の間、既設設備の発電電力量データ欠落

グラフ 8 月別発電量(医療センター)



6 設備利用率について

平成30年4月から平成31年3月までの設備利用率は、表10、グラフ9のとおりであった。

太陽光発電の年間設備利用率は、一般的に13%程度と言われており、同程度のレベルにある。

今年度は、日射量が前年度に比べ減少(5%減)したことから発電量が減少し、三木北高等学校で13.4%(前年度比▲5.6%)、医療センターで12.3%(前年度比▲4.7%)となり、前年度より若干下がった。

また、三木北高等学校と医療センターの差は過年度と同程度であり、この差の要因は医療センターの設備が夕方近くになると屋上西側にある建屋の影の影響により発電量が減少するためと考えられる。

$$\text{設備利用率(\%)} = \text{発電量} \div (\text{パネル容量} \times \text{日数} \times 24) \times 100$$

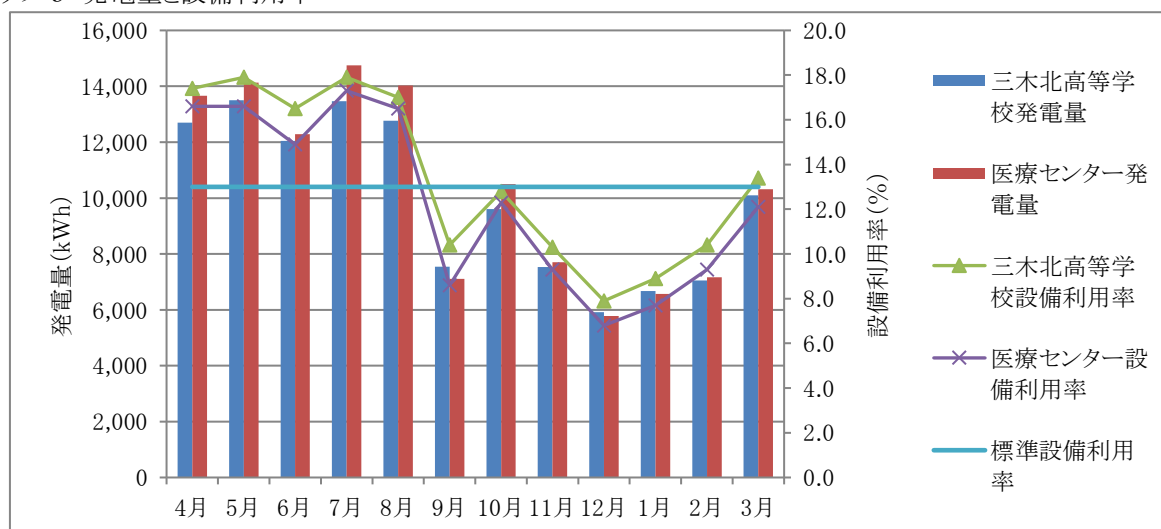
表10 設備利用率

	三木北高等学校		医療センター	
	発電量(kWh)	設備利用率(%)	発電量(kWh)	設備利用率(%)
平成30年4月	12,694	17.4	13,660	16.6
5月	13,496	17.9	14,126	16.6
6月	12,046	16.5	12,285	14.9
7月	13,467	17.9	14,746	17.3
8月	12,763	17.0	14,030	16.5
9月	7,548	10.4	7,109	8.6
10月	9,608	12.8	10,500	12.3
11月	7,534	10.3	7,703	9.3
12月	5,916	7.9	5,776	6.8
平成31年1月	6,673	8.9	6,564	7.7
2月	7,052	10.4	7,161	9.3
3月	10,093	13.4	10,320	12.1
年度合計	118,890	13.4	123,980	12.3

【参考】

	三木北高等学校		医療センター	
	発電量(kWh)	設備利用率(%)	発電量(kWh)	設備利用率(%)
平成29年度	125,785	14.2	129,216	12.9
平成28年度	119,501	13.5	124,194	12.4
平成27年度	118,058	13.3	122,419	12.2
平成26年度	121,004	13.7	125,383	12.5

グラフ 9 発電量と設備利用率



7 台風等の強風の影響について

強風を受けた場合に架台の浮き上がりやズレを生じないか検証するため、架台設置角にマーキングし、強風発生後に目視確認することとしている。

平成30年4月から平成31年3月の間に、それぞれの設置場所で計測された最大風速と設備への影響は、次のとおりであった。

(1) 三木北高等学校設置設備

平成30年8月23日 23時～24時 最大瞬間風速 30.5m/s
(台風20号) 最大風速 22.7m/s

[参考] 気象庁データ(三木市)

最大瞬間風速 38.1m/s
最大風速 22.4m/s

《強風の影響》

架台（ソーラーベース）のズレ、浮き上がりは無かったが、防風カバーの一部に剥がれが生じた。剥がれの原因は、場所が一部のエリアに偏っていたことから、当該部分の取付ネジの緩みによる外れ、或いは、締め付け過ぎによるネジの破断（施工上の問題）が発生し、防風カバーが外れたものと推測された。



《復旧処置》

- ①架台の防風カバーの剥がれた箇所の修理については、ネジを4mmから5mmに変更した。
- ②その他の防風カバーのネジ全数について、緩みのないことを確認した。

《再発防止措置》

- ①架台全体の防風カバーの取付強度アップを目的に、全ての防風カバーの取付ネジを4mmから5mmに全数変更する計画とした。

(2) 医療センター設置設備

平成30年8月23日 23時～24時
(台風20号)

最大瞬間風速 25.2m/s

最大風速 データなし

[参考] 気象庁データ (神戸市) (三田市)

最大瞬間風速 32.6m/s 36.2m/s

最大風速 20.5m/s 20.3m/s

※瞬間最大風速が気象庁データより医療センターが低い要因は、医療センターが山に囲まれて風が弱まっているためと思われる。

《影響》

特定の場所（風下側パネル直後に建物があるエリア）において、パネルの固定金具が外れた（1箇所）ため、パネルが裏返りケーブルでつながるパネルの数枚も固定金具から抜けて、位置ずれを起こした。パネル固定金具の外れた原因は、強風下において風下の建屋により強い逆風が発生し、この強風を受けたパネルが振動したことにより、固定金具が外れたものと推察された。固定金具のネジは強風を受ける前から緩みが起きていた可能性がある。



《復旧処置》

- ①パネルの復旧に合わせ、固定金具全数について取付ネジに緩みのないことを確認した。

《再発防止措置》

- ①取付ネジに緩みがないことを確認できるよう、全てのネジにマーキングを付けた。
- ②パネルの裏返り、ズレを抑制できるよう各固定金具をワイヤーでつなぐ方法について、検討することにした。

8 地震の影響について

地震発生に対して架台がズレないことを検証するため、架台設置角にマーキングし、地震発生後に目視確認をすることとしている。

平成30年4月から平成31年3月の間において、設置場所に近い気象庁観測地で計測された地震は、両地点ともに最大震度が1から4の範囲であったが、架台のズレは発生しなかった。

■気象庁の地震データ

三木市 (三木北高等学校)		神戸市北区 (医療センター)	
最大震度 4	平成30年06月18日07時58分	最大震度 4	平成30年06月18日07時58分
最大震度 1	発生6回(発生日時省略)	最大震度 2	平成30年11月02日16時53分
		最大震度 1	発生10回(発生日時省略)

9 発電性能の評価について

システム性能、経年変化を見る上では、システム発電効率が有効であり、これについて考察する。

■システム発電効率

= インバーター出力電力量 ÷ (傾斜面日射量 × アレイ面積)

〔 太陽光電池の単位面積当りの発電効率を示すもので、単位面積に降り注ぐ日射量の内、どれくらいのエネルギーを電力に変換(発電)できたかを示す値である。 〕

(1) 年間システム発電効率の評価

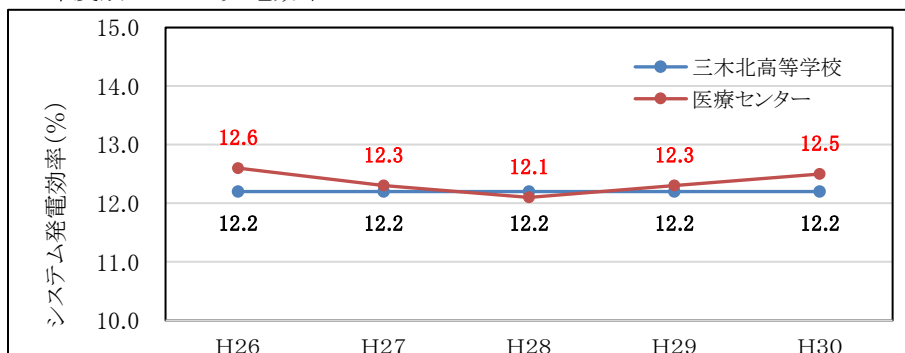
年間システム出力係数と発電効率は、表11、グラフ10に示すとおりである。

表11 年間システム発電効率

	三木北高等学校	医療センター
平成30年度	12.2	12.5
平成29年度	12.2	12.3
平成28年度	12.2	12.1
平成27年度	12.2	12.3
平成26年度	12.2	12.6
* 参考値	11.4	

*参考値は、「平成25年度新エネルギー技術フィールドテスト事業太陽光発電新技術等フィールドテストに関する運転データ分析 評価業務－発電性能等の分析・評価報告書」(平成26年2月(株)三菱総合研究所)の多結晶型太陽光発電3件の平均値を示す。

グラフ10 年度別システム発電効率



平成30年度のシステム発電効率は、三木北高等学校、医療センター共に参考値を若干上回った水準となっている。

三木北高等学校のシステム発電効率は、運転開始以降12.2%を継続しており、安定した性能を維持している。

医療センターのシステム発電効率は、平成28年度まで低下傾向を示していたが、平成29年11月に実施したパネル清掃以降、回復傾向を示し、平成30年度の発電効率は平成26年度と同水準になっている。

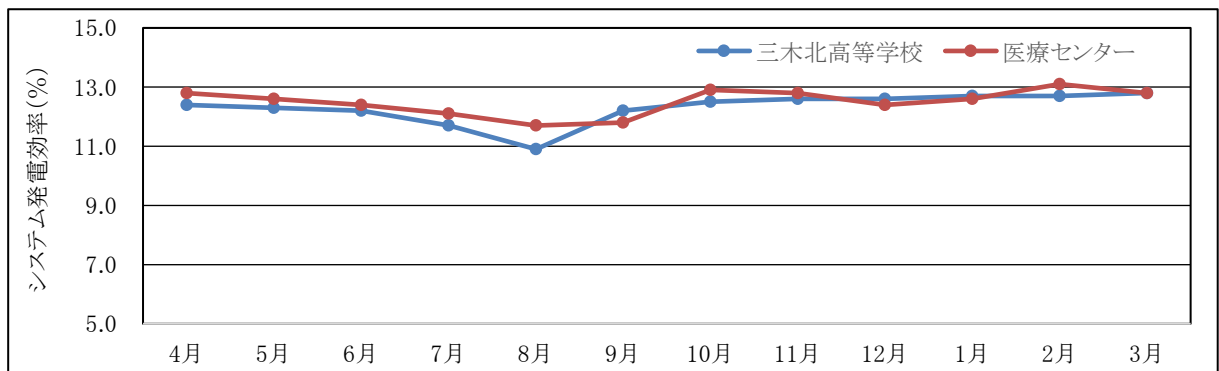
(2) 月間システム発電効率の評価

システム発電効率の月別推移は、表12、グラフ11に示すとおり夏季が低く、冬季は高くなる傾向にあり、毎年同様の傾向を示している。これは、パネル温度が高くなる夏季は太陽電池の変換効率が下がり、冬季は温度が下がるため、変換効率が上がると考えられる。

表12 月別システム発電効率

	三木北高等学校	医療センター
平成30年4月	12.4%	12.8%
5月	12.3%	12.6%
6月	12.2%	12.4%
7月	11.7%	12.1%
8月	10.9%	11.7%
9月	12.2%	11.8%
10月	12.5%	12.9%
11月	12.6%	12.8%
12月	12.6%	12.4%
平成31年1月	12.7%	12.6%
2月	12.7%	13.1%
3月	12.8%	12.8%

グラフ11 月別システム発電効率



10 パネル温度と発電効率について

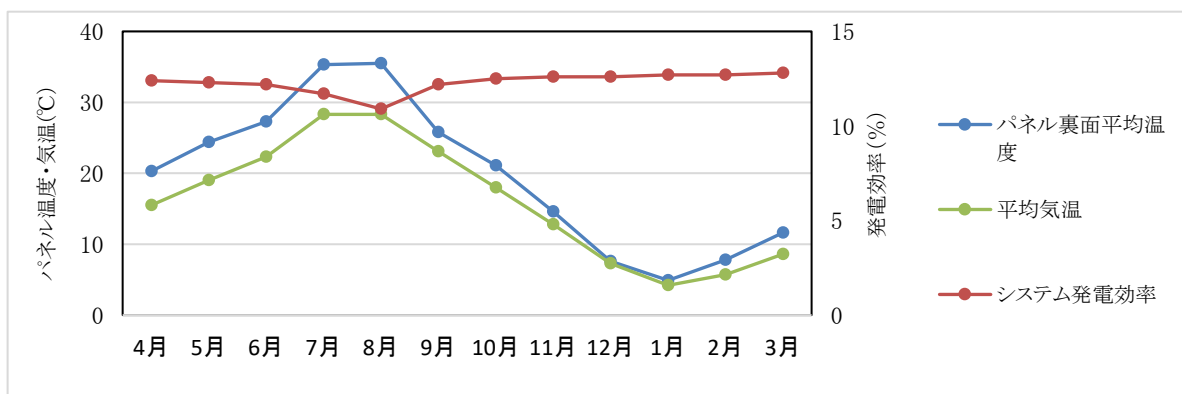
パネル温度と発電効率の関係は、表13、グラフ12、グラフ13のとおりであり、前年度と同様の傾向を示している。パネル温度は、気温との相関を示し、夏季は高く、逆に発電効率は低くなる傾向を示していることから、パネルの特性を表している。なお、パネルの表面温度は、温度センサー取付箇所ホットスポット発生の問題から温度センサーを外しているため、パネル裏面温度により評価した。

表13 パネル裏面温度と発電効率

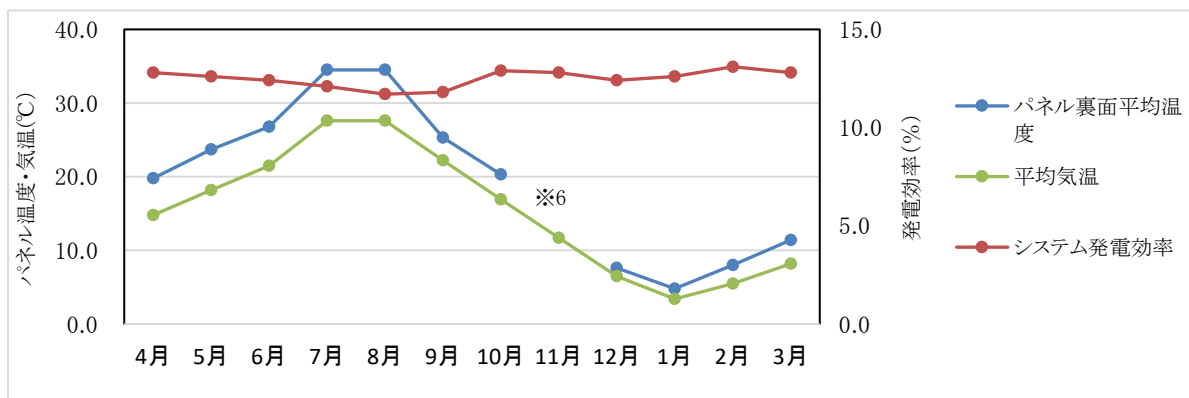
※6 11月2日～12日の間、データ欠落

	三木北高等学校			医療センター		
	パネル裏面温度(°C)	システム発電効率(%)	月平均気温(°C)	パネル裏面温度(°C)	システム発電効率(%)	月平均気温(°C)
平成29年4月	20.3	12.4	15.5	19.8	12.8	14.8
5月	24.4	12.3	19.0	23.7	12.6	18.2
6月	27.3	12.2	22.3	26.8	12.4	21.5
7月	35.3	11.7	28.3	34.5	12.1	27.6
8月	35.0	10.9	28.3	34.5	11.7	27.6
9月	25.8	12.2	23.1	25.3	11.8	22.2
10月	21.1	12.5	18.0	20.3	12.9	16.9
11月	14.6	12.6	12.8	※6	12.8	11.7
12月	7.6	12.6	7.3	7.6	12.4	6.5
平成30年1月	4.9	12.7	4.2	4.8	12.6	3.4
2月	7.8	12.7	5.7	8.0	13.1	5.5
3月	11.6	12.8	8.6	11.4	12.8	8.2

グラフ12 パネル裏面温度、システム発電効率(三木北高等学校)



グラフ13 パネル裏面温度、システム発電効率(医療センター)



11 発電量の評価について

表14、グラフ14に平成29年度の月別発電量とパネル容量1kW当りの発電量を示した。

三木北高等学校と医療センターのパネル容量1kW当りの発電量は、各月共に前年度と同様、三木北高等学校の設備が上回っている。

これは、太陽光パネルの傾斜角度の違い(三木北高等学校5度、医療センター4度)と医療センター屋上建屋の影による影響が考えられる。

表15、グラフ15,16に年度別の発電量と推移を示した。

三木北高等学校と医療センター共に平成29年度の発電量が平成26年度以降、最大となっていたが、30年度には、28年度以前の状態に戻った。(29年度は、天候に恵まれ日射量が26年度以降で最大となっていた。)

表14 月当りの発電量比較

	発電量 (kWh)		パネル容量1kW当りの発電量	
	三木北高等学校	医療センター	三木北高等学校	医療センター
平成29年4月	12,694	13,660	125	119
5月	13,496	14,126	133	123
6月	12,046	12,285	119	107
7月	13,467	14,746	133	129
8月	12,763	14,030	126	122
9月	7,548	7,109	75	62
10月	9,608	10,500	95	92
11月	7,534	7,703	74	67
12月	5,916	5,776	58	50
平成30年1月	6,673	6,564	66	57
2月	7,052	7,161	70	62
3月	10,093	10,320	100	90
年度合計	118,890	123,980	1,175	1,082

グラフ14 発電量比較(パネル容量1kWh当りの売電量比較)

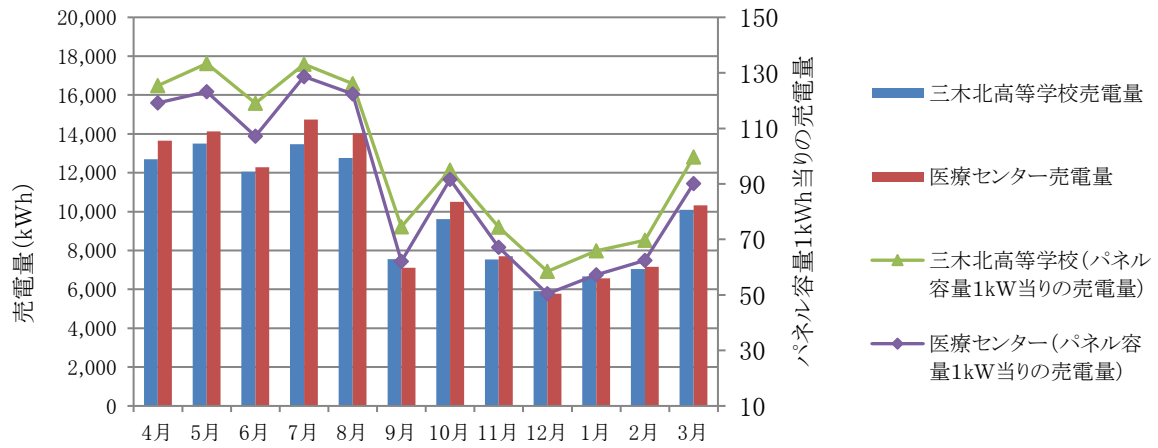
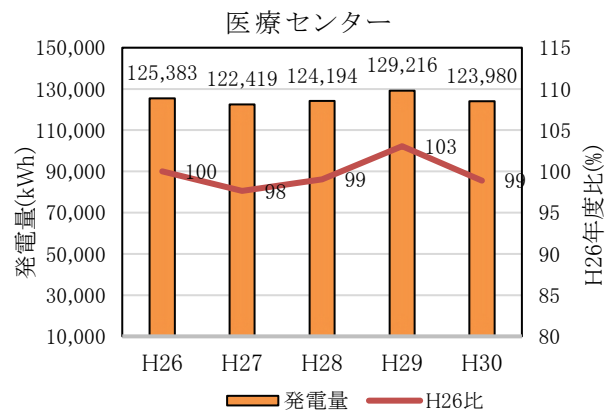
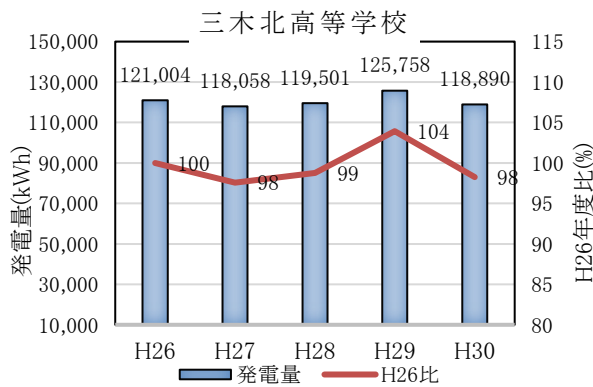


表15 年度別発電量比較

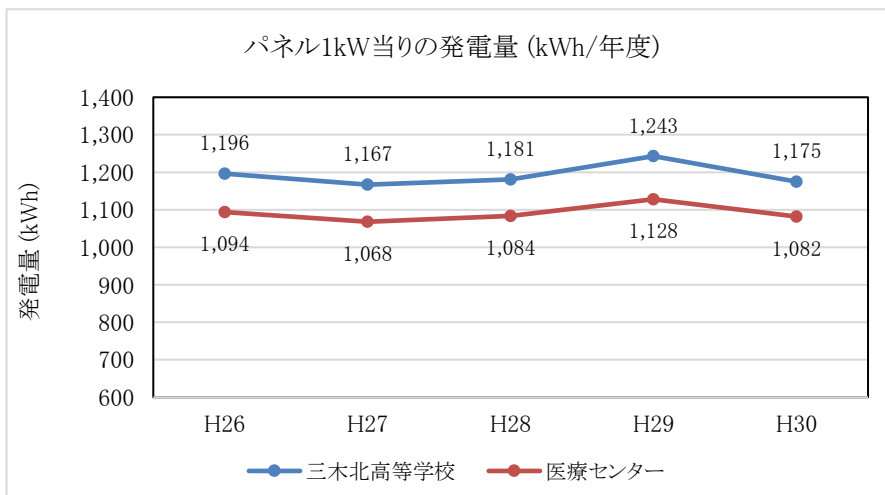
(単位：kWh)

		H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
発電量	三木北高等学校	121,004	118,058	119,501	125,758	118,890
	医療センター	125,383	122,419	124,194	129,216	123,980
パネル1kW当りの発電量	三木北高等学校	1,196	1,167	1,181	1,243	1,175
	医療センター	1,094	1,068	1,084	1,128	1,082

グラフ15 年度発電量推移



グラフ16 パネル1kW当りの発電量



12 まとめ

平成30年度の三木北高等学校及び医療センターの年間発電量は、平成29年度に比べ5%程度減少したが、これは天候不順(日照時間の減少)の影響によるもので、平成28年度以前の発電量の水準にあり、引き続き良好な発電状態を維持できている。

発電性能に係るシステム発電効率については、三木北高等学校は変動がないが、医療センターについては、低下傾向を示していたものが、平成29年度に実施した発電パネルの清掃後、回復傾向を示し、平成30年度は以前の水準まで回復した。

置き基礎工法による発電パネルの強風に対する影響については、台風20号による強風によって、両地点とも設備被害(防風カバーの剥がれ、取付金具外れによるパネルの裏返り、ズレの発生)が発生した。この被害については、設置施工上の問題(取付ネジの緩み、締付け過ぎによる破断)が影響したものと考えられることから、ネジ径の変更、ボルト緩みの全数チェック(ボルトのマーキングを含む)を対策として実施した。

また、地震による影響については、最大震度4の地震を受けたが、発電パネルのズレ等、不具合はなく、影響は無かった。

以上

月報 (三木北高等学校)

発電容量 101.2kW パネル面積=1.64×422 m²

設備施設 三木北高校
(年報:月毎収集データ)

年	月	温度				風速			日射量 (計算) (kWh/m ²)	売電量 (精算)		発電量 (精算) (kWh)	発電量/日 射量/発電 容量	システム 出力係数	システム 発電効率	
		最高 (°C)	最低 (°C)	平均 (°C)	裏面 最高 (°C)	最低 (°C)	最大 (m/s)	瞬間最大 (m/s)		最大 (kWh)	合計 (kWh)					
2018	4	20.5	-1.9	20.1	57.3	-2.2	10.6	15.0	0.98	77.2	12,485	78.7	12,694	0.860	0.850	12.4%
2018	5	24.6	4.3	24.2	60.1	3.8	8.7	13.4	1.00	79.6	13,278	79.6	13,496	0.839	0.838	12.3%
2018	6	27.4	10.9	27.1	62.4	10.3	10.3	16.1	1.02	77.3	11,858	78.8	12,046	0.830	0.833	12.2%
2018	7	35.5	21.1	35.1	69.5	20.6	14.5	17.2	0.95	71.8	13,292	72.9	13,467	0.796	0.798	11.7%
2018	8	35.2	4.9	34.8	68.4	4.5	22.7	30.5	0.95	69.9	12,595	70.9	12,763	0.749	0.743	10.9%
2018	9	25.9	11.3	25.6	61.0	10.6	11.5	18.3	0.88	69.7	7,428	70.8	7,548	0.855	0.838	12.2%
2018	10	21.3	5.8	20.9	56.2	5.3	11.9	18.3	0.85	72.0	9,463	73.1	9,608	0.892	0.851	12.5%
2018	11	14.8	-1.8	14.4	48.6	-2.4	6.3	9.1	0.70	63.6	7,414	64.7	7,534	0.928	0.861	12.6%
2018	12	7.7	-8.2	7.4	37.4	-8.7	8.5	12.2	0.54	54.0	5,801	54.8	5,916	0.951	0.864	12.6%
2019	1	5.1	-6.6	4.7	33.7	-7.3	6.3	10.1	0.61	69.7	6,543	58.0	6,673	0.947	0.871	12.7%
2019	2	7.9	-7.3	7.6	42.5	-8.0	7.7	11.6	0.76	67.6	6,914	68.8	7,052	0.922	0.871	12.7%
2019	3	11.8	-5.2	11.4	47.4	-5.8	7.4	11.7	0.85	71.7	9,907	72.9	10,093	0.901	0.873	12.8%
	合計									1,375.1	116,978		118,890			
	平均				69.5			22.7	1.02	78.1	13,292	79.6	13,496	0.907	0.841	12.3%
	最大							30.5		81.5						
	最小									61.5						

注意事項 システム係数、システム発電効率を計算するときの傾斜面日射量については、測定日射量に下表の係数を乗じた値とする

三木北高校における傾斜面日射量と水平面日射量の関係(NEDO日射量データ/三木より)

傾斜角度	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
5	1.087	1.058	1.032	1.011	1.001	0.996	0.998	1.008	1.021	1.047	1.077	1.101

(推定値との比較)

年	月	水平面日射量(kWh/m ²)		発電量(kWh)		実証/推定	実証/推定	実証/推定	設備利用率
		実証	NEDO	実証	推定				
2018	4	145.9	137.1	1.06	12,694	9,509	1.33	17.4%	
2018	5	159.0	151.0	1.05	13,496	10,990	1.23	17.9%	
2018	6	143.4	135.9	1.06	12,046	9,443	1.28	16.5%	
2018	7	167.1	147.6	1.13	13,467	10,413	1.29	17.9%	
2018	8	168.3	155.0	1.09	12,763	10,545	1.21	17.0%	
2018	9	87.2	113.4	0.77	7,548	7,991	0.94	10.4%	
2018	10	106.5	98.0	1.09	9,608	7,082	1.36	12.8%	
2018	11	80.2	73.8	1.09	7,534	5,364	1.40	10.3%	
2018	12	61.5	65.7	0.94	5,916	4,832	1.22	7.9%	
2019	1	69.7	69.1	1.01	6,673	5,275	1.27	8.9%	
2019	2	75.6	77.6	0.97	7,052	5,720	1.23	10.4%	
2019	3	110.7	106.6	1.04	10,093	8,020	1.26	13.4%	
年度合計		1,375.1	1,330.7	1.03	118,890	95,186	1.25		

設備利用率 13.4%

(発電単価の算定)

年	月	稼働日数 (日)	発電単価	
			稼働日数	発電量 (円/kWh)
2018	4	30	12,694	24.3
2018	5	31	13,496	23.6
2018	6	30	12,046	25.6
2018	7	31	13,467	23.6
2018	8	31	12,763	24.9
2018	9	30	7,548	40.8
2018	10	31	9,608	33.1
2018	11	30	7,534	40.9
2018	12	31	5,916	53.8
2019	1	31	6,673	47.7
2019	2	28	7,052	40.8
2019	3	31	10,093	31.5
	計	365	118,890	31.5

設備設置費 53,235,894 円
維持管理費 1,085,962 円

注) 発電単価の計算式は以下の通り。

$$\left(\frac{\text{設備設置費} \div 20 \text{年}}{\text{稼働日数}} \right) \times \left(\frac{\text{稼働日数} \div 365 \text{日}}{\text{稼働日数}} \right) \div \text{発電量}$$

設置施設	ひょうごごころの医療センター	11.4.6kW	パネル面積=1.6×468 m ²
(年報:月毎収集データ)		発電容量	

年	月	気温			湿度			表面			風速 (m/s)	日射強度 (kW/m ²)	日射量 (積算)		発電量 (積算)		発電量 (日射量×発電容量)	システム出力 係数	システム発 電効率	
		平均 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	平均 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	最高 (°C)			最低 (°C)	最大 (kWh)	合計 (kWh)	最大 (kWh)				合計 (kWh)
2018	4	14.8	25.9	0.0	19.8	56.0	-2.9	18.1	0.92	140.6	13.841	88.0	13,660	0.848	0.839	12.8%				
2018	5	18.2	29.4	6.8	23.7	60.2	4.2	13.7	0.97	149.7	14.296	90.0	14,296	0.823	0.822	12.6%				
2018	6	21.5	33.3	11.4	26.8	62.2	9.1	12.1	0.97	132.4	12.443	89.0	12,285	0.810	0.812	12.4%				
2018	7	27.6	37.1	20.7	34.5	65.9	20.5	15.8	0.91	163.2	14.949	85.0	14,746	0.788	0.791	12.1%				
2018	8	27.6	37.4	16.7	34.5	67.3	13.8	25.2	0.95	158.6	14.226	83.0	14,030	0.772	0.767	11.7%				
2018	9	22.2	33.6	12.6	25.3	67.8	9.9	20.9	0.83	79.1	7.214	75	7,109	0.784	0.771	11.8%				
2018	10	16.9	26.9	7.8	20.3	54.4	4.9	12.6	0.77	104.9	10.661	80.0	10,500	0.873	0.840	12.9%				
2018	11	11.7	18.1	0.0	11.7	33.7	-6.7	7.2	0.58	75.5	6.60	66.0	7,703	0.890	0.839	12.8%				
2018	12	6.5	20.1	-3.6	7.6	30.0	-6.1	11.2	0.56	57.5	5.882	63.0	5,776	0.876	0.809	12.4%				
2019	1	3.4	10.7	-3.0	4.8	30.0	-6.1	9.6	0.61	64.7	6.686	67.0	6,564	0.885	0.826	12.6%				
2019	2	5.5	14.9	-2.2	8.0	38.5	-5.6	13.8	0.72	69.8	7.285	77.0	7,161	0.896	0.855	13.1%				
2019	3	8.2	19.5	-0.7	11.4	44.3	-4.2	14.6	0.80	104.5	10.479	85.0	10,320	0.862	0.839	12.8%				
	合計									1,300.5	125.797	108	14,949.0	0.842	0.818	12.5%				
	平均									43.0	40.8	33.0	473.8	0.842	0.818	12.5%				
	最大									37.4	68.9	25.2	163.2	91.0	14,949.0	90.0	14,746.0	0.896	0.855	13.1%
	最小									-3.6	-6.7	0.0	57.5	5.882.0	77.2	5,776.0	77.2	0.767	11.7%	

注:システム係数、システム発電効率を計算するときの傾斜面日射量については、測定日射量に下表の係数を乗じた値とする

傾斜角度	傾斜面日射量/水平面日射量											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
4	1.072	1.048	1.028	1.010	1.001	0.997	0.997	1.006	1.018	1.039	1.061	1.083

年	月	水平面日射量 (kWh/m ²)		発電量 (kWh)		実証/推定	実証/推定	実証/推定	設備利用率
		実証	NEDO	実証	メカ推定				
2018	4	140.6	138.6	1.01	13,660	11,226	1.22	16.6%	
2018	5	149.7	152.8	0.98	14,126	12,863	1.10	16.6%	
2018	6	132.4	137.7	0.96	12,285	10,990	1.12	14.9%	
2018	7	163.2	147.3	1.11	14,746	12,120	1.22	17.3%	
2018	8	158.6	154.7	1.03	14,030	12,368	1.13	16.5%	
2018	9	79.1	113.4	0.70	7,109	9,490	0.75	8.6%	
2018	10	104.9	99.5	1.05	10,500	8,533	1.23	12.3%	
2018	11	75.5	74.4	1.02	7,703	6,622	1.16	9.3%	
2018	12	57.5	67.0	0.86	5,776	6,054	0.95	6.8%	
2019	1	64.7	70.4	0.92	6,564	6,541	1.00	7.7%	
2019	2	69.8	79.0	0.88	7,161	7,203	0.99	9.3%	
2019	3	104.5	111.3	0.94	10,320	9,561	1.08	12.1%	
年度合計		1,300.5	1,346.0	0.97	123,980	113,571	1.09	12.3%	

設備利用率 12.3%

年	月	稼働日数 (日)	発電単価	
			発電量 (kWh)	発電単価 (円/kWh)
2018	4	30	13,660	20.4
2018	5	31	14,126	20.4
2018	6	30	12,285	22.7
2018	7	31	14,746	19.5
2018	8	31	14,030	20.5
2018	9	30	7,109	39.2
2018	10	31	10,500	27.5
2018	11	30	7,703	36.2
2018	12	31	5,776	49.9
2019	1	31	6,564	43.9
2019	2	28	7,161	36.4
2019	3	31	10,320	27.9
	計	365	123,980	27.4

設備設置費	49,992,382 円
維持管理費	894,035 円

注) 発電単価の計算式は以下の通り。
 (設備設置費÷20年)×稼働日数÷365日
 +維持管理費×稼働日数÷365日)÷発電量