

風力・太陽光ハイブリッド発電システムの発電の活用

本校の3棟屋上に風力・太陽光ハイブリッド発電システム（ゼファー製ECO-200）を2セット設置している。発電量・風速を15分おきに記録しており、平成16年8月から17年7月までのデータを分析した。



<仕様>

1基あたり	型式	仕様		最大出力
風力発電	Z-500L	プロペラ 直径 1.2m	450W 12.5 m/s	700W
太陽光発電	SM128H	多結晶シリコン 971mm × 1120mm		128W

<発電の概要>

1日の発電量	カタログ値	本校の発電量	本校の発電量/カタログ値
風力発電	960Wh	30.86Wh	3.2%
太陽光発電	844Wh	431.40Wh	51.1%
合計	1804Wh	462.26Wh	25.6%

1日の実効発電能力は2セットの合計で1804Whとなるが、本校の発電量のデータでは実効発電能力の約25%の発電量であり、風力発電の発電量はカタログ値の3.2%ときわめて小さいが、太陽光発電はカタログ値の51.1%である。

	1日発電量	月発電量	年間発電量	年間
風力発電	30.86Wh	0.92kWh	10.46kWh	261.50 円
太陽光発電	431.40Wh	12.94kWh	146.24kWh	3656.08 円
合計	462.26Wh	13.86kWh	156.70kWh	3917.58 円

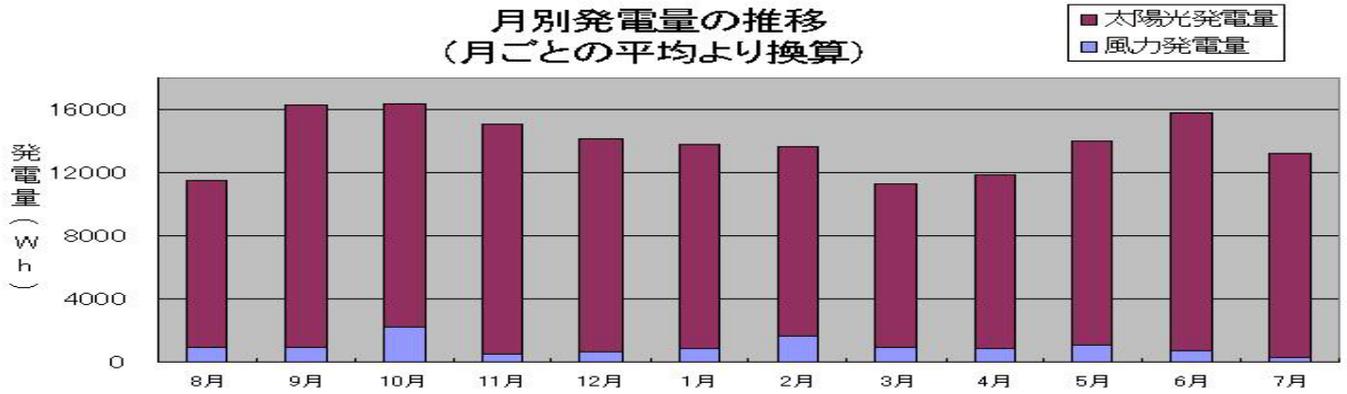
1日の平均発電量は風力・太陽光あわせて500W弱であり、一ヶ月の発電量は約14kWh、年間発電量は約150kWhとなる。年間の発電量を金額に換算すると4000円弱となる。

たとえカタログ値どおりの発電をしたとしても年間約16000円であり、このシステムの発電量で初期投資の回収や資金を得ることは難しい。

< 年間の発電量の変化 >

Wh	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
風力発電	904.4	913.0	2238.1	470.6	647.4	772.3	1567.0	894.4	771.8	1081.9	735.0	224.8
太陽光発電	10618.5	15412.3	14170.4	14618.3	13478.2	13039.4	12071.3	10456.5	11041.3	12917.4	15067.5	12946.2
合計	11522.9	16325.3	16408.5	15088.9	14125.6	13811.6	13638.3	11350.9	11813.0	13999.4	15802.5	13171.0

月別発電量の推移
(月ごとの平均より換算)



月ごとの合計発電量の推移を見ると最低(3月)と最大(10月)で5 kWh・1.5倍の差がある。風力発電の最低(11月)と最大(10月)では5倍以上の差があるが、風力発電の発電量そのものが小さいので月ごとの差は太陽光発電の変動が大きな原因となっている。

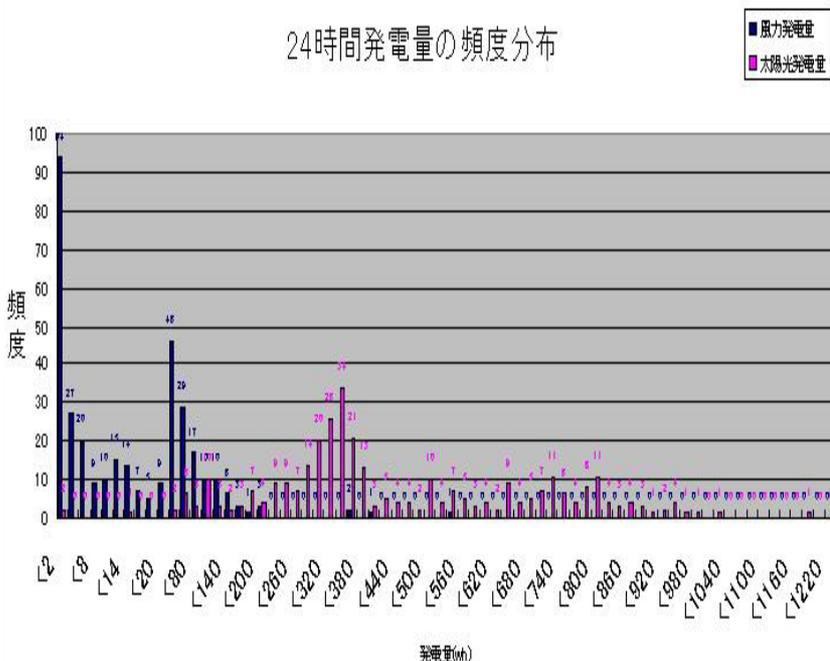
太陽といえば夏のイメージが強いが、太陽光発電に関して夏は好条件とは言えない。原因として太陽電池パネルの設置角度が夏向きでないためとパネルの温度上昇による発電能力の低下、発電のピークの時間帯に降る夕立によるものと思われる。

1年間で風力発電が太陽光発電を上回ったのは10/8、19、20、26、12/4、2/16のわずか6日間であった。しかも最大発電量ですら約500Whでカタログ値の55.4%である。太陽光発電の平均発電量を約100Wh上回るだけであり、太陽光発電の最大発電量の半分以下である。

< 24時間発電量の比較 >

24時間	~ 100Wh	発電量0Wh	~ 200Wh	~ 400Wh	400Wh ~
風力発電	92.04%	55日	6.78%	0.89%	0.29%
太陽光発電	7.08%	2日	5.60%	46.02%	41.30%

24時間発電量の頻度分布

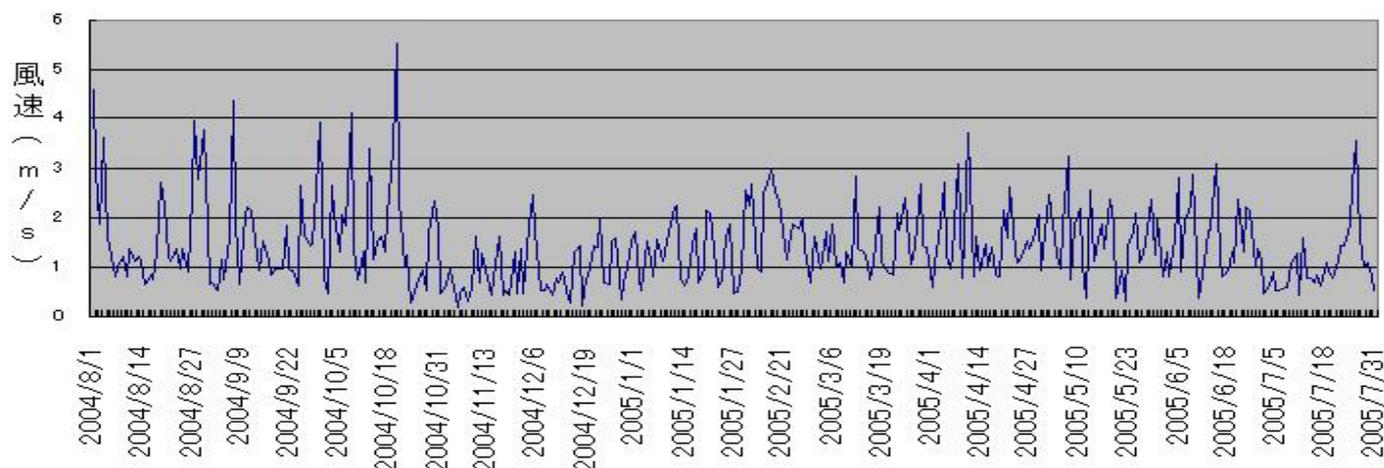


風力発電では90%以上の期間で100Wh未滿の発電しかなく、発電量が0Whの日は風力発電では55日間もあったが、太陽光発電ではわずか2日間であった。風力発電で太陽光発電の平均発電量の約400Whを超えたのは台風接近の日のみであった。太陽光発電で100Wh未滿の発電しかなかった期間は10%以下であり、約40%の期間(梅雨、夏の夕立、雪、春雨の期間以外)で400Whを超える発電が行われた。

<風速の概要>

	24 時間	1 時間	15 分間
平均風速	1.42 m/s	1.43 m/s	1.42 m/s
最大風速	5.54 m/s	12.18 m/s	14.70 m/s

24時間平均風速



NEDO のホームページによる南八幡高校近辺の地上 30mの平均風速は約 3.9m/s である。しかし観測データでは平均 1.4 m/s であり、台風が来た日ですえ風力発電に適するといわれている 6m/s を越えることはなく、5.5 m/s であった。台風接近時には 1 時間最大風速は約 12.2m/s、15 分間最大風速は 14.7m/s もあった。

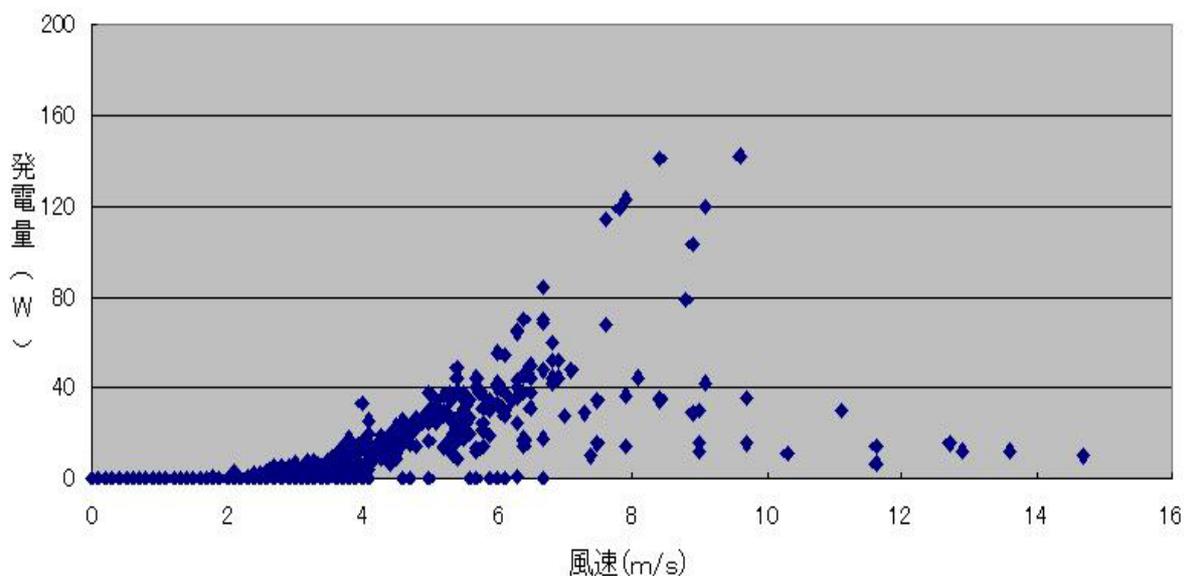
15 分平均風速	= 0 m/s	0 ~ 3m/s	3m/s ~	6m/s ~	10m/s ~	12m/s ~
割合	11.82%	74.15%	13.144%	0.856%	0.015%	0.013%
累計	11.82%	85.972%	99.117%	99.972%	99.987%	100%

15 分ごとの風速のデータによると無風の時間は約 12%あった。風力発電機が発電を開始するカットオフ風速である 3m/s 以上の風速は約 14%である。発電する割合が約 20%というのは小さいようだが、売電用の大型風車も稼働率は 20%程度であり、この数字はそれほど悪いものではない。しかし発電に適する風速が 6m/s を超える割合は 1%にも満たず、10m/s を超える割合はわずか 0.015%であった。本校の風況は強風の割合が極めて少ない。24 時間単位で風速の平均を出すと、最大風速は 5.54m/s であり、6m/s を割り込んでしまう。

< 風速と風力発電の関係 >

15分あたり	= 0W	発電率	0 ~ 25W	25W ~	50W ~	100W ~
風力発電	82.22%	17.78%	17.24%	0.45%	0.07%	0.02%
累計			99.46%	99.91%	99.98%	100%
純発電率			96.94%	2.56%	0.41%	0.10%
太陽光発電	53.28%	46.72%	18.71%	17.13%	6.47%	4.40%
累計			71.99%	89.13%	95.60%	100%
純発電率			40.06%	36.67%	13.84%	9.43%

風速と風力発電量の相関



本校の風況は上記のため風力発電の発電量が 0Wh の時間が多く、発電率は約 18%である。カットイン風速である 3m/s 以上の割合の 14%とほぼ同じとなっている。発電の内容も 1 時間あたり 100Wh (15分あたり 25W) に満たない時間が 99%を超えており、風速から予想される発電量となっている。

風速と発電量の相関を見ると、たとえ風が吹いたとしても安定した風でなければ風速に見合った発電がなされていないことが見て取れる。

太陽光発電では夜間や朝夕の時間帯に発電は無理なので発電率は 50%以下となるが、100Wh 以上発電した割合が約 30%もある。発電した時間に限定しても風力発電では 100Wh に満たない時間が 96%を超えるが、太陽光発電ではほぼ 60%で 100Wh 以上発電している。400Wh (15分あたり 100W) を超える時も約 10%ある。

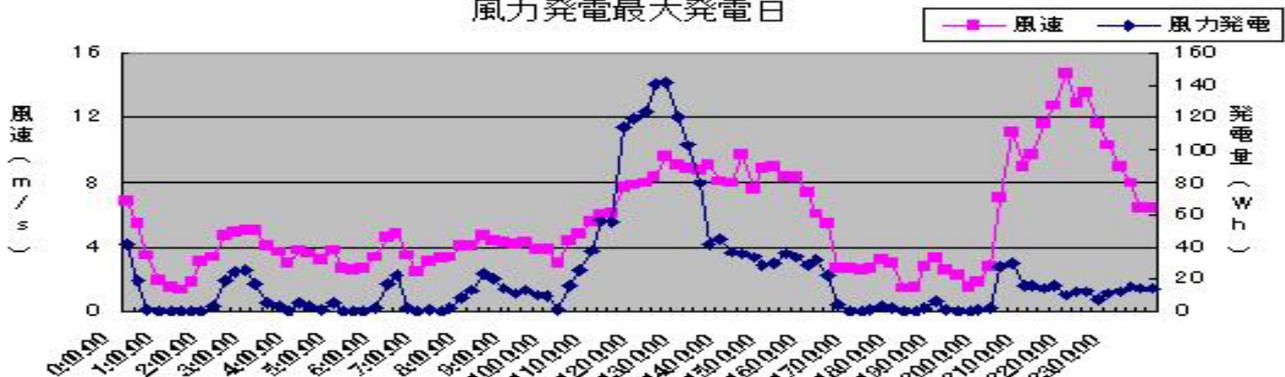
風力発電のエネルギー源である風の不安定さと太陽光発電のエネルギー源である太陽光の安定の違いが発電量に明確に現れている。

< 風力発電 >

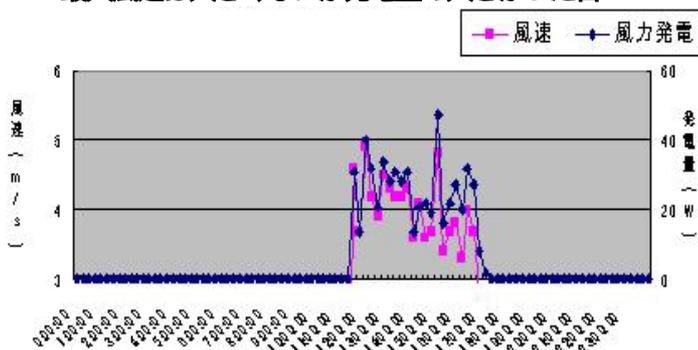
風力発電の発電最大の日(10月20日)1日の発電量の変化を見る。発電最大の日(10月20日)は台風が上陸した日で合った。台風が最接近した時間帯の発電量のグラフを見ると強風を発電に充分活かしている様子がみられる。台風通過後は発電量が落ち込む。この理由としては発電した電気をいったんバッテリーに蓄えるシステムため、バッテリーが充分充電された後は過充電を防ぐために発電にブレーキがかかったことや夜間に負荷(発電した電気は図書館のPCに利用)がないために発電が抑制されたものと思われる。

あまり風速が大きいが発電量の大きかった12月1日の風速と発電量の相関を見るとR2乗の値は0.96と極めて大きな相関を示している。風速が瞬間的に大きくなっても3m/s以上の風速が持続すれば安定した発電を行うことがわかる。

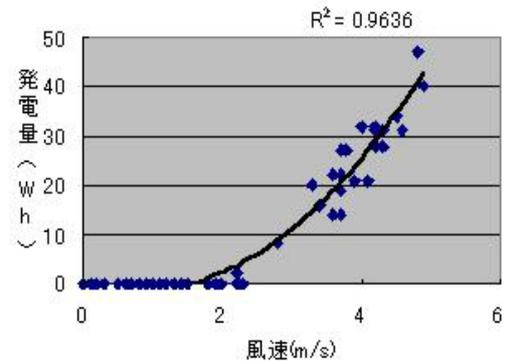
風力発電最大発電日



最大風速は大きくないが発電量の大きかった日



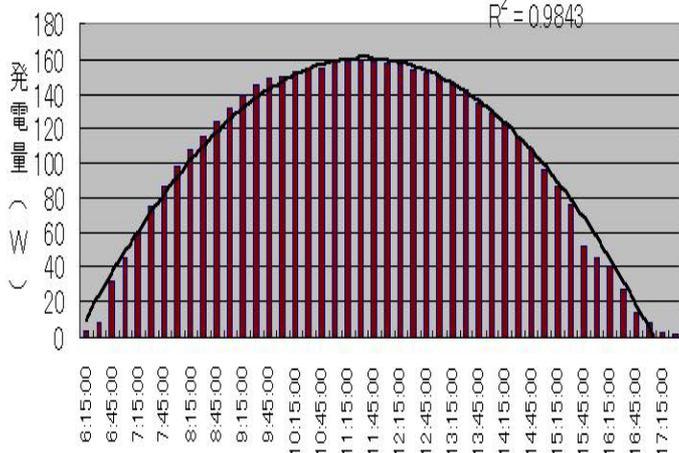
予想以上発電日の風速と発電量



< 太陽光発電の詳細 >

$$y = -0.3308x^2 + 14.776x - 4.5498$$

$$R^2 = 0.9843$$



太陽光最大発電日(9月15日)の日の出は5:40、日の入りは18:04であった。発電は6:15から17:30まで行われ、日の出・日の入りの前後30分は発電していない。これは太陽の高度が低く、太陽電池パネルに十分に光が当たらないためである。

発電量が100Wを超えるのは8:15から14:45までの6時間30分間であり、太陽高度は40度以上である。150Wを超えたのは10:00から13:00までの3時間であり、太陽高度は60度以上である。発電した6:15から17:30までの発電量だけを抜粋して近似曲線をとるとR2乗の値は0.98と極めて大きな相関を示し、1日の太陽光発電量の変化の推測が可能となる。