

# 家庭用気象データ連携収集型太陽光・風力発電システムの開発

Development of the photovoltaic and wind power generator systems combined with meteorological data acquisition system for family use

丸山 晴男 \*  
Haruo MARUYAMA

## Abstract

In order to promote the application of the photovoltaic and wind power generation to the ordinary family, it is necessary to examine the influence of the daily and seasonally weather condition changes on the power generation characteristic and efficiency under the actual life environment.

In this research, three kinds of power generating systems, photovoltaic, hybrid system combining propeller type wind power and photovoltaic and hybrid of gyro mill type wind power and photovoltaic were constructed in home. The meteorological observation device was also originally set up in home. It has been demonstrated that the correlation evaluation data has been accumulated steadily for more than one year.

キーワード：太陽光発電、マイクロ風力発電、気象データ、データ収集、家庭用

Key Words : Photovoltaics, Micro wind power generation, Meteorological data, Data acquisition, Family use

## 1. はじめに

地球温暖化が叫ばれ、再生可能エネルギーの重要性がますます高まっている。世間で注目されている太陽光発電や風力発電を公共施設、オフィス、一般家庭にも普及させるためには、実際の生活環境下での長期的な発電データに基づく実生活上の発電電力量や発電効率の経年劣化等の経済性評価指標の拡充が重要である。

太陽光発電は、事業所だけでなく、ここ数年一般家庭に広がってきた。ところで、住宅の太陽光発電の経済性の評価を継続的に研究し、公表されているデータは少ない。本当にどれだけ経済的効果があるのか、環境に貢献しているかを継続的に計測することによって明らかにすることが、太陽光発電の一般家庭への普及のために特に重要である。

一方、最近マイクロ風力発電システムの設置が、身近なところで行われている。駅、住宅展示場、道の駅など住宅街や街中で見られるようになってきた。大型の風力発電システムだけでなく、身近なマイクロ風力発電システムの発電状況や経済的な効果についての知見も見られる<sup>(1)</sup>。

これまで、無線技術を利用した太陽光・風力ハイブリッドシステムの遠隔データ収集・運転制御技術の開発<sup>(2)</sup>や低風速の都市部を対象にしたマイクロ風力発電特性と気象データの相関評価研究が実施されている<sup>(3)</sup>。

太陽光や風力発電設備の一般家庭への普及を促進する上で、一般家庭で利用可能な市販の太陽光発電や風力発電装置の発電状況と気象データとの関係を実際の生活環境下で明らかにすることが望まれる。

本研究では、その第一ステップとして、家庭用の気象データ連携収集型太陽光・風力発電特性評価システムを試作し、長期的な相関データの収集を目指した。

本研究で得られた、太陽光と風力による発電関係のデータと関連する気象データとの相関解析を通じて、異なる気象条件の場所に発電装置を設置したときの長期的な経済性予測評価にも、活用可能な汎用的な知見を提供していきたいと考えている。

## 2. 開発システムの特徴

### 2.1 恵那エネルギー環境研究所の設立と概要

実生活環境下で自然エネルギーの研究を進め、結果を広く公開していくことを念頭に、「恵那エネルギー環境研究所」を設立し、Web登録した。表1にその経緯を示す<sup>(4)</sup>。

手軽に活用できる自然エネルギーを利用して発電設備として、太陽光発電、風力発電に着目し、自宅において日常的に研究できる発電・計測システムの構築を目指して、関連する発電機器と計測装置の拡充を図ってきた<sup>(5)</sup>。

2000年から2004年にかけて太陽光、風力発電設備を設置し、2005年からは関連する気象データの収集設備を設計製作し、2007年から発電データと気象データの連携収集が可能となった。気象観測データは、「恵那ライブ気象台」としてWebにも登録し、広く情報公開している。

\*1 岐阜県恵那市立武並小学校教諭  
(〒509-7122 岐阜県恵那市武並町竹折1059-91)  
e-mail: haruomaruya@yahoo.co.jp  
〔恵那エネルギー環境研究所〕  
(〒509-7204 岐阜県恵那市長島町永田414-3)  
(原稿受付: 2009年1月9日)

表1 恵那エネルギー環境研究所の概要

Table 1 Outline of Ena energy environmental laboratory

年月	主な経緯
2000 4	恵那エネルギー環境研究所設置
11	太陽光発電システム設置、測定開始
2001 1	太陽光発電システム測定データ化開始
2002 8	太陽光発電測定データ集計、Webページ作成
2003 8	風力発電システム1(プロペラ型)設置
2004 2	プロペラ型パソコン、データロガー計測
8	風力発電システム2(ジャイロミル型)設置、計測開始
2005 9	恵那ライブ気象台、ネットワーク設計
2006 2	恵那ライブ気象台設置、ライブカメラシステム設置
2007 5	ネットワークシステム構築、ファイルサーバー設置
2	ネットワークLAN、ISDN/ADSL/光ファイバー再構築
2008 6	プロペラ型風力充電システム、ドメイン名取得運用

## 2.2 システムの基本構成

太陽光発電、風力発電、気象観測の各システムが単独ではなく、発電データとそれらに影響する気象データとの相関が評価しやすい計測・データ収録システムの構築を念頭に製作した。その概要を図1に示す。

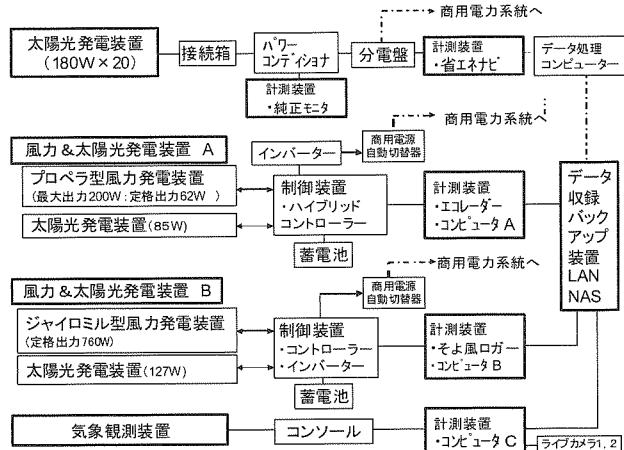


図1 装置・計測データ収集システムの基本構成

Fig.1 Basic configuration of device and measurement data acquisition system

## 2.3 太陽光発電・計測システムの特徴

### (1) 太陽電池システム構成

設置面積が小さな寄棟の屋根に、3.6 kWの発電が可能なアレイとして発電効率の高い三洋電機の製品を選定した。少ない設置面積で、多くの発電量が期待できる。

製品の仕様及びアレイの設置条件を表2に、屋根への取り付け状況を図2に示す。

表2 太陽光発電システムの仕様

Table 2 Specifications of photovoltaic generation system

太陽電池	SANYO サンテラ PVS-J4シリーズ[三洋電機]
セル構造	HIT パワー21 ハイブリッド構造セル
出力	3.6kW(モジュール:180W×4×5)
アレイ	5×4=20枚(モジュール) 電池面積 23.6 m <sup>2</sup>
重量	約300Kg(15Kg×20=300Kg) 傾斜 約24度
方位	寄屋根2面(南東:15枚⇒3ユニット) (南西:5枚⇒1ユニット)

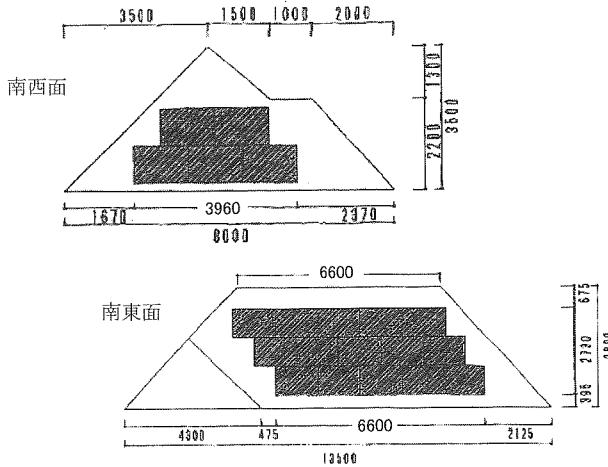


図2 屋根への設置状況

Fig.2 Installation situation on roof

### (2) 計測システム

#### a) 太陽光発電モニターによる発電電力測定

太陽光発電データ収集システムとして、純正計測装置(三洋電機社製: STK-RCS - WPCM1)を設置した。瞬間発電電力量(モニターの瞬時の値)、日・月別積算電力量、累計積算電力量の他に、CO<sub>2</sub>量換算、灯油換算表示等が可能である。毎月のデータを格納するロガー機能(2年間保持)を有する。

#### b) 電力モニターによる売電、買電、自家消費電力測定

上記の太陽光発電モニターは月ごとのデータロガー機能しか有しない。家庭用として、毎日の売電、買電、自家消費電力の3つを測定することはできないかと工夫した。そこで電力量測定器を一方向の電流しか測定しないように改造した。図2に示すように通常の電力モニター(双方向の電流を計測)の他に、1方向の電流のみを計測する電力モニター2台を配電盤に設置した。

太陽光発電は、時間帯や発電量、家庭内の使用量により双方向に流れため、簡易的ではあるが、外部への出力(売電)電力と内部への入力(買電)電力を測定することができる。さらに、上記a)のモニターで計測される発電電力量(P)と売電(販売電力量)(S)から、自家消費電力量(A)を(1)式で評価した。

$$A = P - S \quad (1)$$

データは1分ごとに収集し、平均値を1時間ごとに記録できるように工夫した。毎日の各電力量も計測できる。



図3 計測電力モニター系統図

Fig. 3 A figure of measurement electricity monitor system

## 2.4 風力発電システムの特徴

### (1) プロペラ型風力発電システム

微風でも発電可能なマイクロ風力発電装置としてニッコー株式会社製の5枚羽根ブレードを選定した。5枚羽根は3枚羽根と比較し、ソリディティー比が大きく、風を受ける面積が増大しトルクが増える。その結果回転数が抑えられ

騒音が低くなる。この風車は、強風で電気ブレーキがかかり、風速が設定以上になると風車の向きをそらす、尾翼水平偏向方式を有する。

また、風力と太陽光の発電効率を同一の気象条件下で比較評価することを目的に、太陽電池を搭載し、図4に示すような風力・太陽光発電ハイブリッドシステムを試作・設置した。データロガー機能を有するコントローラ（エフテック株式会社製）、生活において実用可能な、ディープサイクルバッテリー、サイン波インバーター、夜間充電器、保護回路なども搭載した。

主要な構成機器の仕様を表3に示す。

表3 プロペラ型風力・太陽光発電ハイブリッドシステムの仕様

Table 3 Specifications of propeller type wind power and photovoltaic generation hybrid system

風車タイプ	水平軸(プロペラ型風車) [ニッコー(㈱):NWG-200]				
ブレード枚数	5枚	風車直径	950mm	ブレード長	360mm
定格出力	62W	定格風速	8m/s	最大出力	200W
カットイン	2.5m/s	カットアウト	12.5m/s		
太陽電池	85W(単結晶)	NT-85A1W[シャープ(㈱)]			
コントローラー	ハイブリッドコントローラー:F0230 [エフテック(㈱)]				

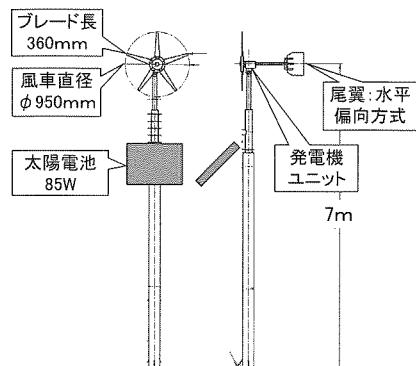


図4 ハイブリッドシステムの外観図

Fig.4 Outer view of the hybrid system

## (2) ジャイロミル型風力発電システム

水平軸プロペラ型風力発電と比較するため、垂直軸ジャイロミル型風力発電装置を設置した。ジャイロミル型は、発電出力が風向きの影響を受けない、応答性が高く、風速の変化に良く追従する。さらに、風速計を設置し、プロペラ型と比較できるように工夫した。こちらについても、風力と太陽光の効率を比較評価することを目的に、図5に示すハイブリッドシステムとした。

主要な構成機器の仕様を表4に示す。

表4 ジャイロミル型風力・太陽光発電システムの仕様

Table4 Specifications of gyro mill type wind power generation and photovoltaic hybrid system

風車タイプ	垂直軸直線翼(ジャイロミル型風車) 〔神鋼電機:そよ風(V-I :WK-16-20)〕				
ブレード枚数	4枚	風車直径	1.67m	ブレード	2.0m
定格出力	760W	定格風速	12m		
カットイン	2m	カットアウト	12.5m		
太陽電池	127W(多結晶)	風速計	三杯風速計:Davis		

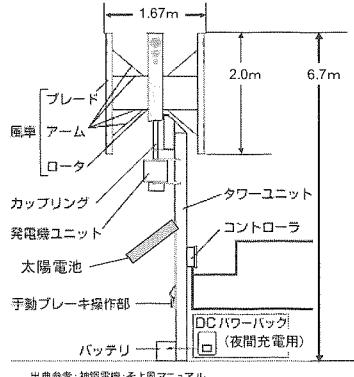


図5 ハイブリッドシステムの外観図

Fig.5 Outer view of the hybrid system

## 2.5 風力発電システムの計測システム

プロペラ型風力発電システムにおける、太陽電池および風力発電機の発電、バッテリー充放電データは、1秒周期でPC側に送出し、内部で1/30秒周期でサンプリングしその平均値を記録した。自動収録データをCSV形式で自動的にファイル保存、Excel等で詳細解析に利用可能である。図6に示すように、計測データの経時変化、相関関係をビジュアル表示してPCのモニター画面上で確認できるようにした。特徴として、a) エコ貢献換算値(図6-1)、b) 風力発電機および太陽電池の発電電圧・充電電力の経時変化(図6-2)、c) 24時間レーダーチャート:日の出から日没までの日照状況と時間帯別の風力分布(図6-3)をビジュアル表示することが可能である。

ジャイロミル型風力発電のデータは10秒周期でサンプリングし、CSV形式で自動的にファイル保存した。トレンドグラフの加工例を図7に示す。

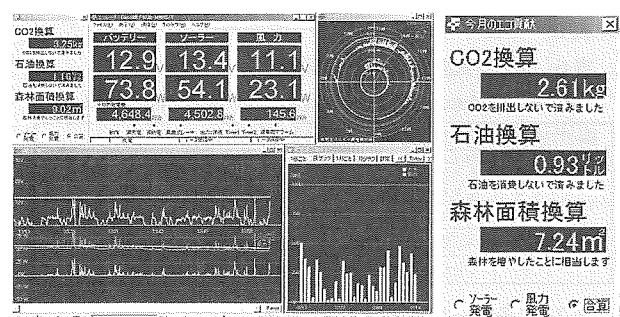


図6 モニター画面

Fig.6 Monitor screen

図6-1 エコ貢献

Fig.6-1 Eco-contribution

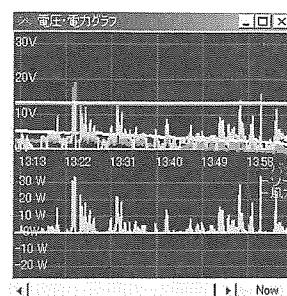


図6-2 経時変化

Fig.6-2 A change with the lapse

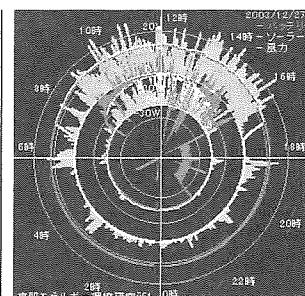


図6-3 レーダーチャート

Fig.6-3 Radar chart

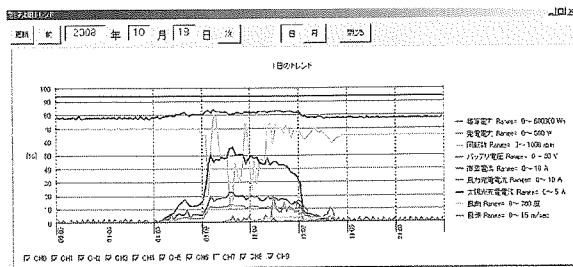


図 7 測定データとデータ表示画面

Fig.7 Measurement data and data display screen

## 2.6 気象データ収集システムの特徴

### (1) 恵那ライブ気象台の設置と経緯

太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーは、気象関係と最も密接な関係がある。そこで、太陽光や風力の実態を調べるために、太陽光発電や風力発電システムが設置してあるところに、気象データを測定できるシステムを設置することが重要だと考えた。

そこで、どのようなシステムが設置可能かを調査し、発電特性と相関評価を目的にライブ気象台を設置し、より詳細なデータ収集を工夫した。表 5 にその経緯を示す。

表 5 恵那ライブ気象台の経緯

Table 5 Details of live meteorological observatory in Ena

年	主な経緯
2005	恵那ライブ気象台設置計画、機種選定、機材準備
2006	気象台設置、データ処理システム構築、ネットワークカメラ設置
2007	ライブ気象台本格稼動、測定画面改良、Web 刷新
2008	新ドメイン <a href="http://ena-eco.jp/VWS/wx.htm">http://ena-eco.jp/VWS/wx.htm</a> 運用開始

### (2) ライブ気象台システム

観測機器としては、DAVIS 社のヴァンテージプロシリーズ、データ処理ソフトとしては、ヴァーチャルウェザーステーションを適用した。各種データの計測内容と計測条件を表 6, 7 に示す。

表 6 ライブ気象台システム概要

Table 6 Outline of live meteorological observatory system

観測装置	米国 DAVIS 社製
品名	ケーブル・ヴァンテージ プロ2プラス UV&日射センサー付 製品番号 6162C
型式	Cabled Vantage Pro2™ Plus with UV&solar radiation
処理ソフト	米国 Ambient Weather 社製
ソフト名	Virtual Weather Station V12.08

表 7 気象データ測定システム概要

Table 7 Weather data measuring conditions

測定項目	機能	測定範囲; 精度; 分解能
風	風向: 羅針盤表示	16方位; ±7度
	風速: 最大	1~67m/s; ±5%; 0.1m/s
温度	室内: 最高・最低	0~60°C; ±0.5°C
	室外: 最高・最低	-40~65°C; ±0.5°C
熱指数	最高値	
体感温度	風速効果, 最低	-79~54°C; ±2°C; 1°C
湿度	室内: 最高・最低	10~90%; ±5%
	室外: 最高・最低	0~100%; ±3%
露点	最高値, 最低値	
気圧	センサーは、コンソール	880~1080hPa; ±1.0hPa
降水量	日降水量	0~819mm; ±4%; 0.2mm
	総降水量	0~9999mm; ±4%; 0.2mm
日照	最高値	0~1800W/m²; ±5%; 1W/m²
UV	最高値	0~199MEDs; ±5%; 0.1MEDs

このシステムは、屋外と室内に設置し、観測値をコンピュータで処理して Web に掲載している。屋外および室内に設置してあるセンサーにて、表 7 の各データを計測する。図 8 に示すように、結果を仮想の計器パネル上に描画することで分かり易く表示するシステムを作成した。また、図 9, 10 に示すように、太陽放射、瞬間風速の経時変化をグラフ表示し、各データを比較することも可能である。その内容の一部は、インターネット上で公開している<sup>(6)</sup>。

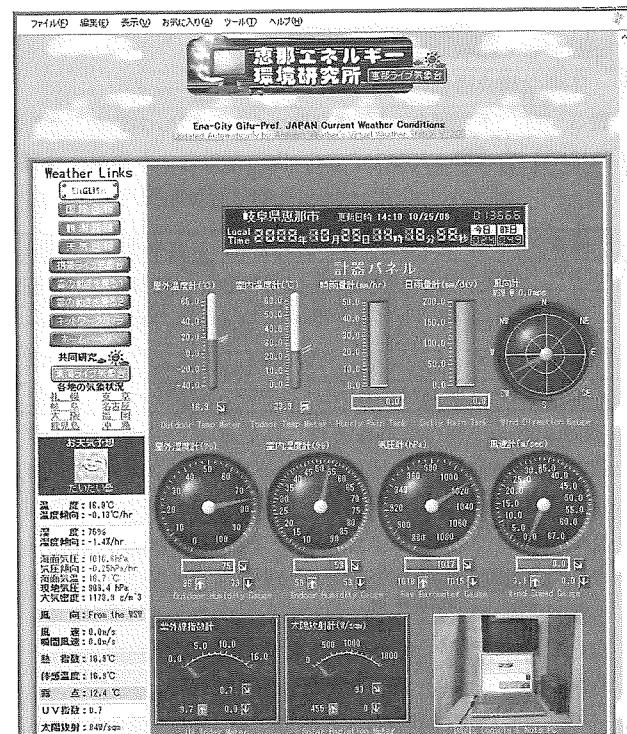


図 8 恵那ライブ気象台: Web 画面

Fig.8 Ena live meteorological observatory: Web screen

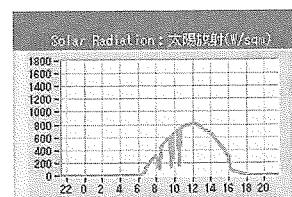


図 9 太陽放射

Fig.9 Solar radiation meter

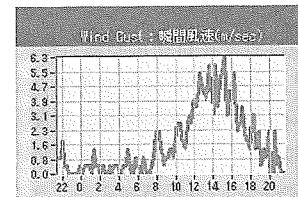


図 10 瞬間風速グラフ

Fig.10 A moment anemometer

## 2.7 データバックアップシステムの構築

長期運転時の相関データの収集と蓄積を目的に、簡便で信頼性の高いシステムを工夫した。

バックアップシステムの構成を図 11 に示す。コンピュータ内のデータをネットワーク上のファイルサーバに自動転送し、さらにデータを自動バックアップする 2 重のバックアップを可能とした。バックアップは、ミラーリング方式で、簡易的であるが信頼あるシステムを構築できた。

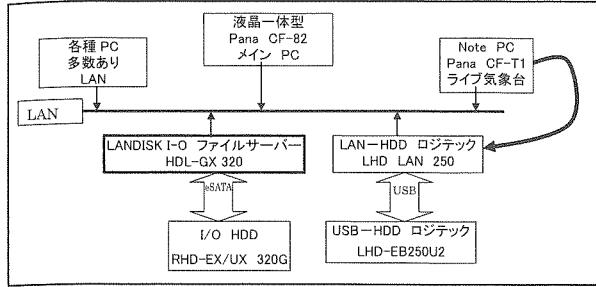


図11 バックアップシステム構成図

Fig.11 Backup system configuration

### 3. 測定結果

#### 3.1 太陽光発電・計測システム

2001年から2008年までの毎月の積算電力量の経年変化を図12に示す。夏場に対して冬場は1/2～1/3程度に低下する傾向が共通に認められるが、経年的な発電量の変化には単調な傾向は認められず、各年度の気象状況の影響が大きいことを示唆している。

図13に、電力モニターによる買電、売電の経時変化の一例を示す。3.6 kWの発電設備の導入によって、発電量として年間平均3,890 kWhの効果があるが、時刻や季節による変動が大きい。今後、発電電力量と気象データの相関関係を詳細に分析評価することにより、太陽電池アレイの経年的な特性変化等を明らかにする計画である。

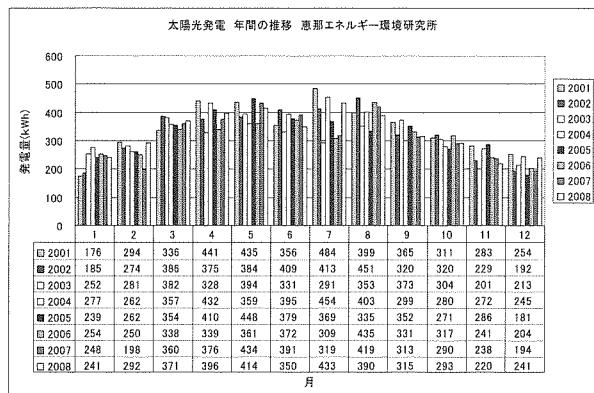


図12 太陽光発電(3.6kW)の積算電力量経時変化

Fig.12 Monthly change in photovoltaic generation power

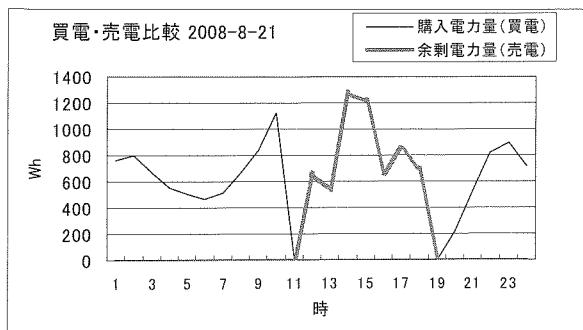


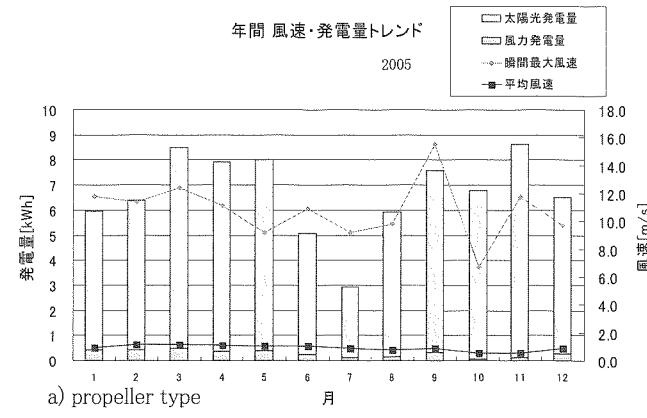
図13 購入電力量、余剰電力量比較グラフの例

Fig.13 Example of trend graph for purchase and surplus electric power energy

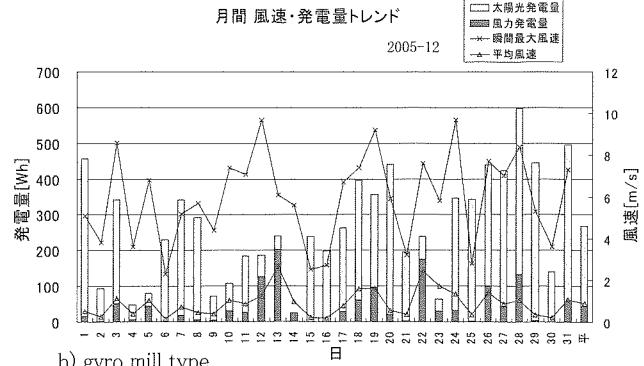
#### 3.2 ハイブリッド発電・計測システム

月ごとの平均や最大風速、風力や太陽光発電量、総発電量の作表が可能である。さらに、風力と太陽光発電の比率や発電電力と風速との相関を示すトレンドグラフを作成することができ、この発電・計測システムは正常に動作していることを示すことができた。

収録データに基づき、毎日の平均・瞬間最大風速、風力・太陽光発電量、総発電量、風力と太陽光発電の比率や発電電力と風速との相関を示すトレンドグラフの作成が可能である。プロペラ型及びジャイロミル型風力発電データの測定例を図14に示す。さらに、ジャイロミル型風力発電では、図15に示す風速と回転数及び発電電力の相関グラフや、風速出現率等のグラフの作成も可能であり、相関分析に必要なデータが正常に収録できることを確認した。



a) propeller type



b) gyro mill type

図14 発電データの測定例

Fig.14 Example of generation data

風速と回転数、発電電力の相関

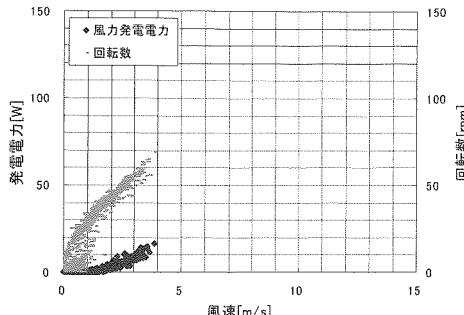


図15 風力発電相関データの表示例

Fig.15 Example of graphical representation of correlation data

### 3.3 気象データ収集システム

気象データは、開発したパソコンロガーシステムにより、各ホルダを自動生成し各種データを格納することができ、正常に稼動していることが確認できた。前述のロガーのデータと比較することで、詳細なデータ解析が可能である。

気象データに関しては、図 16, 17 に示すように太陽放射やUV指数の経時変化データも収集・蓄積している。

太陽光発電量の経時変化データとの相関関係を分析評価することにより、太陽電池アレイの経年的な特性変化について検討を進める計画である。

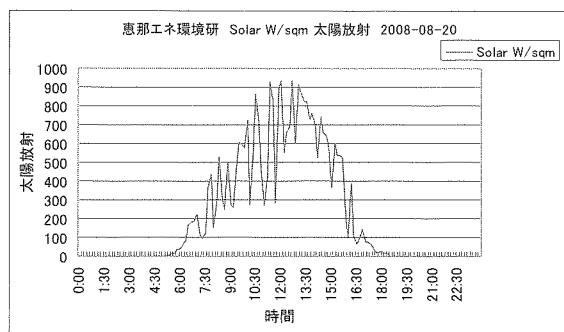


図 16 太陽放射の経時変化グラフ

Fig.16 Time change of solar radiation

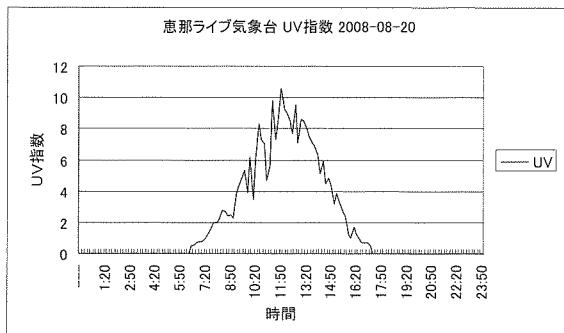


図 17 UV 指数の経時変化グラフ

Fig.17 Time change of UV index

### 4. 計測データの活用計画

家庭において太陽光、風力発電と気象データを連携収集するシステムを構築し、長期的にデータを収集・蓄積することが可能となった。

今後、収集した観測データに基づき、以下の相関関係について、詳細な分析評価を進める予定である。

- (1) 太陽光発電電力量と気象データ（太陽放射、UV指数等）との相関分析
- (2) 一定の気象条件下における太陽光発電電力効率の経年変化、発電パネル仕様の影響の評価
- (3) 風力発電電力量と気象データ（風速、等）との相関分析
- (4) 一定の気象条件下における風力発電効率の経年変化、風力発電方式の影響の評価
- (5) 気象条件を考慮した、最適な太陽光と風力発電の組み合わせ方式の評価

### 5.まとめ

- (1) 家庭用発電設備として、太陽光発電装置単独(3.5 kW)、プロペラ型風力発電(62W)と太陽光発電(85W)のハイブリッド化装置、ジャイロミル型風力発電(760W)と太陽光発電(127W)のハイブリッド化装置の3種類の設備を設置し、運転を開始した。
- (2) 発電特性の評価に必要な気象データを同一の場所で採取するための気象観測装置（ライブ気象台）を設置し、運用を開始した。
- (3) 発電データと気象データを、長期にわたって連携収集・蓄積するデータバックアップ機能付きのデータ収録システムを開発し、運用を開始した。
- (4) 1年以上の連携運用により、開発システムが正常に機能すると共に、日常の生活環境下での自然エネルギー利用の経済性評価データの収集・蓄積・評価に活用可能であることを確認した。

### 6. 謝辞

この研究の一部は、独立行政法人：日本学術振興会 科学研究費補助金（奨励研究：番号 16919159, 17918047）の補助金の交付を受けて実施した。

風力発電の設置運用に当たり、ニッコー(株)、ニ吉建設(株)、エフティック(株)の各会社、データ処理ソフト開発にあたり、グリーンヒルエンジニアリング、ライブ気象台設置運用ソフト開発にあたり、東海ライブ気象台にそれぞれご協力をいただいた。また、論文の執筆に当たり、大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所 朝倉大和教授のご支援をいただいた。心から深く感謝申し上げます。

なお、本研究所とライブ気象台は、ドメイン名【ena-eco.jp】を取得し、インターネット上の下記 Web ページで公開している。

- ① 恵那エネルギー環境研究所：<http://ena-eco.jp>
- ② 恵那ライブ気象台：<http://ena-eco.jp/VWS/wx.htm>

### 7. 参考文献

- (1) 「特集：環境創造を目指す身近な小型風車・ハイブリッド風車」、日本風力エネルギー協会、Vol. 32, No. 3, pp7-72 (2008).
- (2) 佐藤義久、吉田尚嗣、田辺幸典、一色正男、鳴田隆一；「Bluetooth を用いた小型風力・太陽光発電ハイブリッドシステムの運転・制御データ収集システムの開発」、日本太陽エネルギー学会、Vol. 32, No. 4, pp81-87 (2006).
- (3) 西村伸也、伊與田浩志、松尾 淳、野邑泰弘；「低風速都市沿岸域に適したマイクロ風力発電システムの開発 第1報 代表的都市沿岸域の風況・発電特性」、日本太陽エネルギー学会、Vol. 33, No. 1, pp35-43 (2007).
- (4) 丸山晴男、「恵那市の太陽光発電と風力・太陽光ハイブリッドシステム」、ソーラーシステム：ソーラーシステム研究所、No. 99, PP41-46, (2005).
- (5) 丸山晴男、「自然エネルギー利用でよりよい環境をつくりだすために」、ソーラーシステム：ソーラーシステム研究所、No. 100, PP85-89, (2005).
- (6) 丸山晴男、「恵那ライブ気象台でわくわく学習」、コンピュータ活用実践事例アイディア集、(社)日本教育工学振興会(JAPET)、Vol. 16, PP90-91, (2008).