

酪農用風力／太陽光ハイブリッド発電システムに関する実験的研究 — 蓄電池の出力特性 —

川上克己¹⁾・関和²⁾市²⁾・小宮道士³⁾

Experimental study on a Wind-Photovoltaic Hybrid Generation System for Dairy Farms Characteristics of Battery Performance

Katsumi KAWAKAMI¹⁾, Kazuichi SEKI²⁾ and Michio KOMIYA³⁾
(May 2005)

1. 緒 論

今日、日本では人間の生活圏に於いて電気の無い地域はほとんど無いと思われるが、広大な草地を基盤として酪農が行われている北海道では、風の強い風力発電に適した地域や、また太陽光発電に適した地域がある。世界的規模で地球温暖化に対処するために風力、太陽光などの利用が国策として進められている。このような情勢の中で、年々エネルギー使用量が多くなっている酪農経営にも風力、太陽光エネルギーの利用を積極的に進める必要がある。個別の酪農経営に合った小型の風力・太陽光ハイブリッド発電システムの構築が必要である。特に北海道の冬は寒冷で、蓄電池の機能低下が問題となる。本報ではこの蓄電池システムの寒冷時と温暖時の出力特性について実験的に検討した。供試システムは酪農学園大学ハイテクリサーチセンター事業の一環で1999年11月に設置されたものである。

2. 風力・太陽光ハイブリッド発電システムの概要と解析対象期日

2.1 システム概要

システムは風力発電、太陽光発電、蓄電池、制御装置、計測装置からなる。

風力発電システムの風車はオランダLMW社製の1500型水平軸風車で、地上高12mの可倒式ポールに設置されている。ロータ直径は3.12m、プレート数は3枚、定格回転数は470rpmである。カットイン風速は2.5m/s、定格出力は1000W(10.5m/s)、最大出力は1400W(14m/s)である。発電機出

力は3相交流24Vで充電制御器により直流に変換されて蓄電池に充電される。過剰電力吸収装置として定格負荷3000Wの抵抗負荷装置がある。

太陽光発電システムの太陽電池は高さ2.5mのハウス屋上真南に40°の傾斜で設置した。電池モジュールはシャープ製のNE-H80A型、寸法は1200×530×35で、最大出力は80Wである。システムはモジュールを2直列6並列構成とし、定格出力は960Wである。蓄電池システムはドイツVHB社製で、VARTA BLOC 2410型である。容量は2V×1000Ah×12セル=24000Wh(10時間率)である。

負荷電源を100Vで利用するためにAC24Vから100Vへ変換するためのインバータが備えられている。負荷電源としては、1~3、12月は520Wの融雪マット、4~11月は550Wの照明である。蓄電池の設定電圧は上限26V、下限23.4Vである。メーカーの技術データによる設置環境の温度は-20~+50℃、性能を満足させる温度は20~25℃としている。計測システムでは蓄電池電圧、充・放電電流、インバータ電流、風力及び太陽光による発電電流の5点を10分間の移動平均値として1分毎にPCに保存される。

2.2 風況と解析対象期日

システム設置場所の気象概要は学内の気象観測装置により得ることができ、2004年1~10月の月平均気温を図1に示す。月平均気温が0℃以下になるのは冬の1、2月と12月で1月が-5℃と最も低くなり、システムの月発電量も1年間で最も少なくなった。気温の最も高くなるのは7、8月で月平均気温

¹⁾ 酪農学園大学酪農学部酪農学科農業工学研究室

Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

²⁾ 東海大学総合科学技術研究所

Reserch Institute of science and Technology, Tokai University, 1117, Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-1292, Japan

³⁾ 酪農学園大学酪農学部酪農学科畜産システム工学研究室

Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

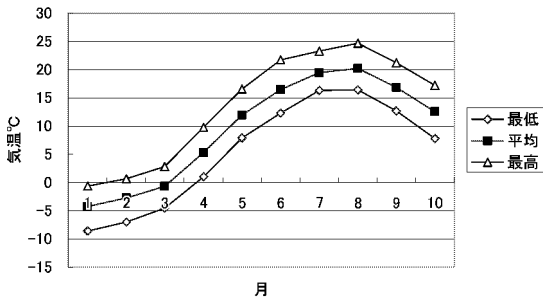


図1 2004年月平均気温

ほぼ20°Cであった。北海道の冬を除く年間平均気温は10~15°Cで、冬と比較する対象月として平均気温12°Cの5月とした。発電実績ではこの5月が年間で最も多くなった。1日又は時間単位の解析としては1月の平均気温と同じ気温の1月5日と18号台風が北海道を通過した9月8日前後とした。9月8日の平均気温は17°Cであった。

3. 実験結果と考察

3.1 日解析

温暖時の蓄電池出力特性として9月8日の台風通過時を選んだ。3日前の9月5日0時から9日までの1回当たり充電量と充電開始日及び充電に要した時間を図2に示す。X軸目盛りは9月5日0時から経過日数である。台風で風力発電による充電が開始されたのはX軸目盛り表示の3.2日目(8日5時頃)で、連続充電量は6158 Wh、充電時間は10.6 hrであった。またX軸目盛り表示の1.64日目時は5日間で最も充電量が少なく、充電時間が最も長く要したのは、充電電流が少ないからである。4.2日目までの充電回数は6回で、充電サイクルの平均時間は16.8 hrとなった。

9月5~9日に於ける蓄電池からの放電量は充電量にほぼ等しいが、1回当たりの充電量は台風があったことにより1012.8~6158.3 Whと大きく変動した。台風通過時間帯の風力による時間毎の発電

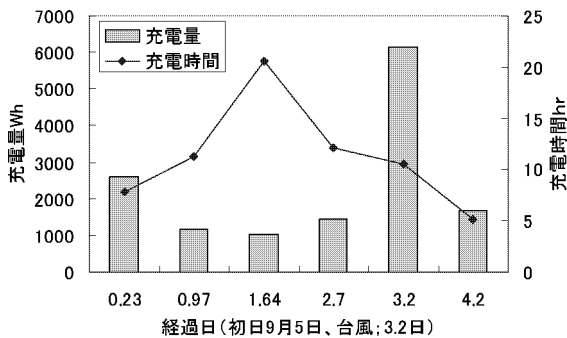


図2 9月台風時の充電量と充電時間

量と時間毎の平均風速を図3に示す。発電量は前1時間の電力量、風速は前1時間の平均風速である。1時から20時までの平均風速は1.7~14.6 m/s、時間毎の発電量は77~828 Whとなった。風車出力は風速10.5 m/sで定格1000 W、風速14 m/sで最高出力1400 Wであるが、最大風速となった9時の風速は14.6 m/sで、発電量は828 Whと最高出力よりかなり小さくなった。この原因は発電量が大きいため過剰な電力がダンプロードで吸収されたものと考えられる。21時以降はカットイン風速(2.5 m/s)以下のためほとんど発電量は無かった。

台風当日は晴天のため、風力の他に太陽光からの発電量があり、11時には当日最大の日射量で2.77 MJ/m²、発電量も当日最大で721 Whであった。また9~12時の風力・太陽光の時間毎合計発電量は1066(9時)~1253 Wh(10時)であった。この日の蓄電池の充・放電は台風で風力による発電量が多いため、インバータから負荷電源へ470 Wを連続的に出力しながら行われた。

図4に蓄電池の充・放電流と電圧変化を示す。各値は前1時間の平均値である。蓄電池の最大制御電圧は26 Vであるが、充電量が最大となる11時には27.7 Vまで上昇し、電流は37 Aであった。その後電圧は徐々に低下し、17時以降は風力・太陽光の発電量が急減したため、インバータからの出力を継続するため放電を始めた。台風のあった9月5日は充電

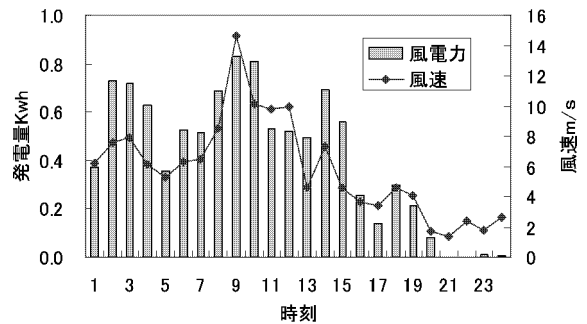


図3 9月8日台風時の風力発電量と風速

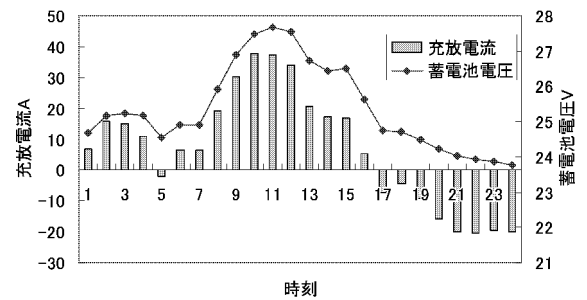


図4 9月8日台風時の充放電流と蓄電池電圧の変化

から放電への移行は1回であった。

寒冷時の1回当たり充電量と充電開始時間及び充電に要した時間の状況として、1月5日の事例を図5に示す。X軸目盛りは5日0時からの経過時間である。0時から17.7時までの充電回数は7回で、充電サイクルの平均時間は2.5hrとなり、温暖な9月5日に比較してほぼ8分の1になった。この日は風もなく太陽光のみの発電で、充電量は33.2~241.8Whと比較的少なく、充電時間は0.18~1.9hrと充電量にほぼ比例した状況であった。放電量は9月5日の事例と異なり変動が大きく、不安定であった。1月5日のインバータへの出力は、風力・太陽光による発電量が少ないため蓄電池の放電時のみであった。図6に蓄電池の充・放電流と電圧変化を示す。蓄電池上限電圧の26V未滿で充・放電が頻繁に繰返され、インバータからの出力が不安定となった。この原因は気温が低いため、蓄電池の電流の流れが低下したためと思われる。従って寒冷時に蓄電池を利用する場合は設置場所を考慮する必要がある。

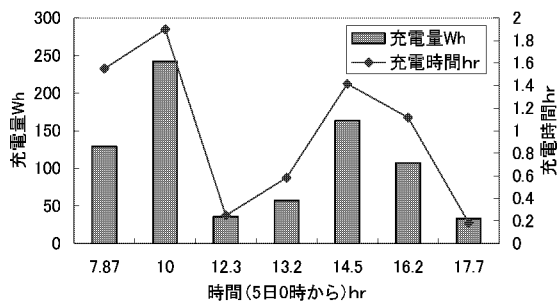


図5 1月5日の充電量と充電時間

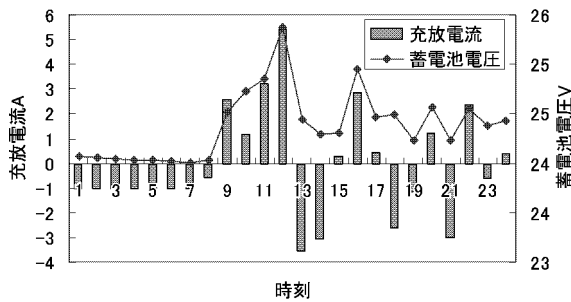


図6 1月5日の充放電流と蓄電池電圧の変化

3.2 月解析

1年間で最も気温の低い1月と冬を除く3~11月のほぼ平均気温に相当する5月のインバータからの出力特性について解析した。各月の積算日射量・平均風速と発電実績を表1に示す。冬の1月は5月に比べ風速は弱く、日射量も少なく風力/太陽光発電にとって適した気候ではなかった。風力・太陽光発電量の合計は1月が98.3kWh(風力46%)、5月が187.3kWh(風力55%)で1月の総発電量は5月のほぼ半分であった。年間の実績によると1月が最も少なく、5月が最も多い。

5月の日毎のインバータ出力を図7に示す。出力が翌日に継続される場合は分割して翌日の出力とした。5月の平均日出力は7kWhで2kWh未滿が4日間あった。5月のインバータ出力回数は20回で、月に何度か2日間を通じて出力した事になる。出力時間の度数分布を図8に示す。X軸は前5hrからの時間である。出力時間が24時間を超えれば翌日に継

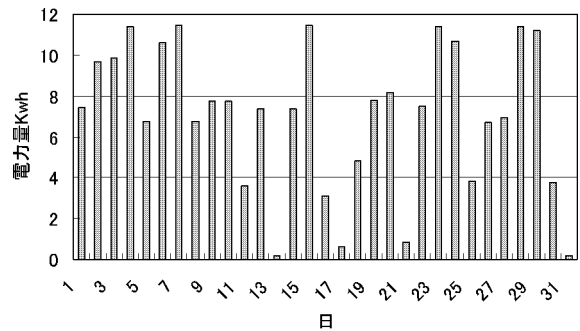


図7 5月のインバータ出力

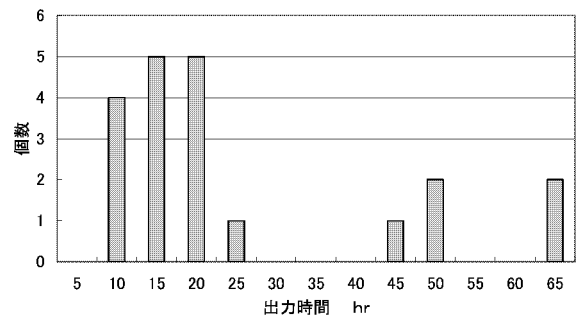


図8 5月のインバータ出力時間の度数分布 (20回)

表1 1月と5月の発電実績

月	発電量			インバータ出力 kWh	負荷電力量 kWh	積算日射量 Mj/m ²	平均風速 m/s
	風力 kWh	太陽 kWh	合計 kWh				
1月	45.4	52.9	98.3	106.6	77	212.6	1.9
5月	102.8	84.5	187.3	218.2	160.7	508.4	3.1

続されるのは当然であるが、24時間以下でも出力開始時刻によっては翌日に継続される。60～65時間が2回あり、3日間連続して出力した事になる。5～20時間が全体の70%であった。

1月について図9, 10に日毎のインバータ出力と度数分布を示す。X軸は前10分からの時間である。1月の平均日出力は3.5kWhで5月の2分の1, 1kWh未達が3日間あった。14日に14kWh以上になったのは台風並の暴風があった為である。1月の全出力回数は157回で、0～30分が全体の70%, 2時間を超える場合が11%(18回)あった。5月に比べ蓄電池の充電容量が非常に少ない事になる。

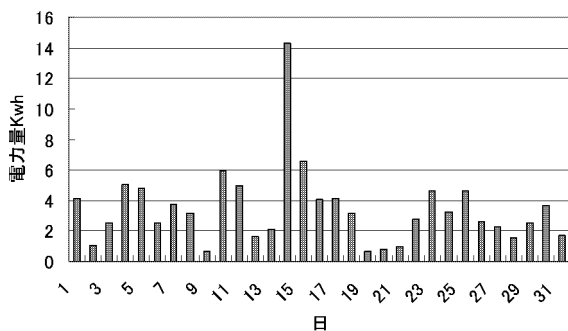


図9 1月のインバータ出力

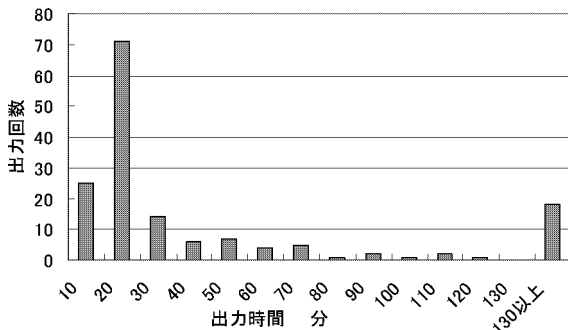


図10 1月のインバータ出力時間の度数分布 (157回出力)

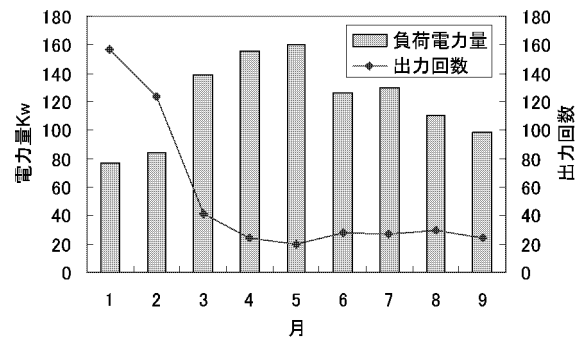


図11 負荷電力量とインバータ出力回数

2004年1～9月の月毎のインバータ出力回数と負荷電力量を図11に示す。出力回数が減少して安定するのは気温が0℃以上になる4月以降となった。2002年解析¹⁾では12月出力回数が60回以上であった事を考慮すると、本システムで蓄電池の機能低下は1～3, 12月に生じる。実際の利用に際してはこの様な蓄電池機能の低下を考慮する必要がある。

4. 摘要

風力・太陽光ハイブリッド発電システムの蓄電池性能について、気温の影響を実験的に明らかにした。実験は0℃以下の1月と5月, 9月に実施した。1月の平均気温は-5℃, 5月が12℃, 9月が17℃であった。

1ヶ月の発電実績は5月が年間最大の187.3kWh, 1月が年間最小の98.3kWhであった。気温が0℃以下の1月の蓄電池性能は涼しい5月, 9月に比べ極端に低下した。この結果から蓄電池性能が安定するのは4月から11月となる。

引用文献

1) 川上克己, 関 和子, 酪農用風力/太陽光ハイブリッド発電システムに関する実験的研究, 2002, 日本風力エネルギー協会誌, Vol. 26-3, P 99-104.

Summary

The effect of air temperature on the performance of a battery used in a wind-photovoltaic hybrid generation system was clarified experimentally. Effects of air temperature on performance of the battery were examined in January, when temperatures are below freezing point (average temperature:-5℃), and in May and September, in which the average temperatures are 12℃ and 17℃, respectively. The generation rates were highest in May (187.3 kWh) and lowest in January (98.3 kWh). The performance of the battery during the period of subzero temperatures (January) was greatly reduced compared to that in cool months (May and September). The results indicate that the performance of the battery is stable during the period from April to November.