

平成 29 年度
電気自動車中古バッテリー
リユース実証試験
報告書

電気自動車中古バッテリー リユース実証試験

プロジェクトチーム

平成 30 年 3 月

目次

第1章 実証試験の概要	3
1-1 目的及び背景	3
(1) 事業の概要	3
(2) 事業の背景	3
① 国の動向	3
② 次世代自動車の普及と中古バッテリーのリユースについて	3
③ 山口県の現状	5
1-2 実施体制	6
(1) 実施期間	6
(2) 実施場所	6
(3) 実施主体	6
第2章 実証試験のデータ分析	7
2-1 産技センター試験棟での試験について（電子負荷装置なし、1時間ごとの電力データ）	7
(1) 試験の概要	7
(2) 蓄電池の運転条件	9
(3) 収集データ項目	10
(4) データ解析結果	11
① 実証試験に対する評価の観点および指標	11
② 分析1：モード同士の比較	12
③ 分析2：季節間の比較	20
2-2 山口県産業技術センターでの試験について2（一般家庭による電力消費の模擬）	29
(1) 試験の概要	29
(2) 実験システムの概要	29
(3) 一般家庭モデルの概要	32
(4) 実験方法	32
(5) システムの検証	33
① 1時間消費電力量の比較	33
② 1分平均消費電力の比較	33
(6) データ解析結果（1時間データの解析）	35
① 評価の観点および指標	35
② 冬季（2017年12月）における結果	36
(7) データ解析結果（短時間データの解析）	40
① 1分データ解析	40
(8) 家庭モデルにおける試験に関する小括	42
① システム構成について	42
② 本家庭モデルでの示唆	42
2-3 美祢青嶺高校大気測定局での試験について	44
(1) 試験の概要	44

(2) 蓄電池の運転条件	46
(3) 収集データ項目	46
(4) データ解析結果	48
① 評価の観点および指標	48
② 春季（2017年5月）における結果	49
③ 夏季（2017年8月）における結果	53
④ 秋季（2017年10月）における結果	57
⑤ 冬季（2018年1月）における結果	61
⑥ 省エネ等の効果	65
⑦ 美祢青嶺高校大気測定局の実証実験に関する小括	68
第3章 まとめ	69
3-1 実証試験の成果及び課題	69
(1) 中古バッテリーの定置型蓄電池としての有効性の検証	69
(2) 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証	69
① 日照条件	69
② 蓄電池の容量	69
③ 蓄電池の運転モード	69
(3) エネルギーの地産地消（自家消費）モデルとしての最適使用の検討	70
3-2 今後の取組	72

第1章 実証試験の概要

1-1 目的及び背景

(1) 事業の概要

電気自動車（以下「EV」という）の中古バッテリーを太陽光発電と連携した定置型蓄電池としてリユースし、省エネ効果等の実証試験を実施し、有効性を検証するとともに、リユース中古バッテリーの有効活用を検討することを目的とする（事業の全体イメージは図1-1-1）。

【実証項目】

- 中古バッテリーの定置型蓄電池としての有効性の検証
- 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証
- エネルギーの地産地消（自家消費）モデルとしての最適使用の検討

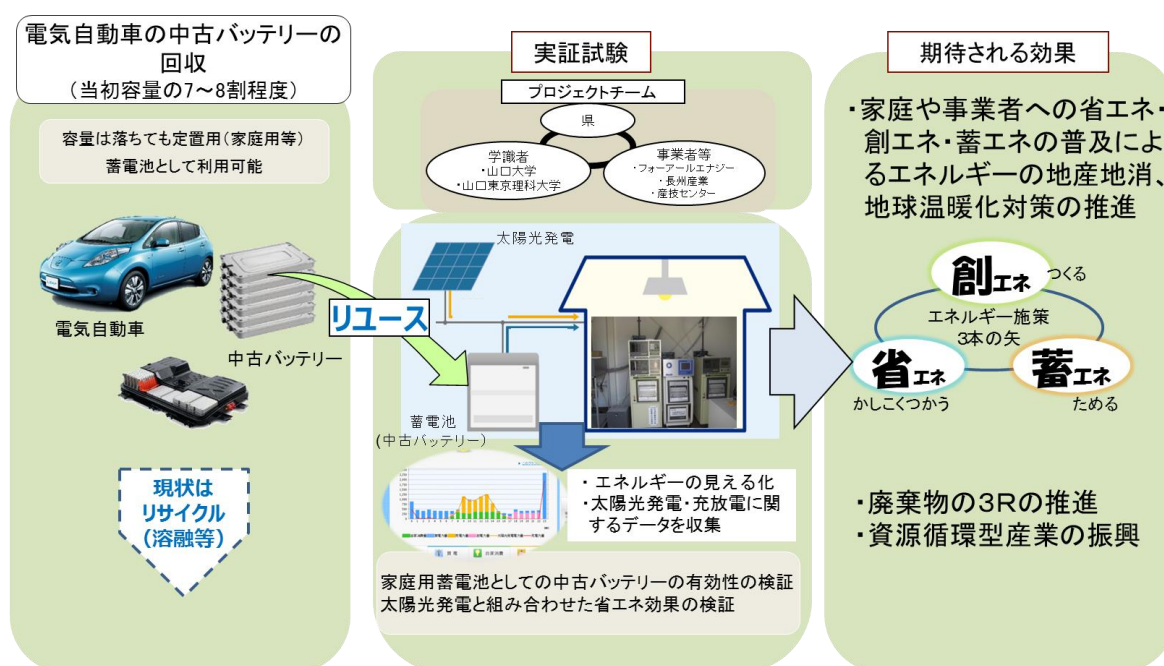


図 1-1-1 実証試験イメージ図

(2) 事業の背景

① 国の動向

世界における温暖化対策の枠組みとなるパリ協定が、2015年末の気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において採択され、2016年11月に発効された。

我が国は、2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で26%削減するという高い目標を掲げ、2016年5月に策定した地球温暖化対策計画において徹底した省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの最大限の導入、次世代自動車の普及促進等に取り組んでいる。

② 次世代自動車の普及と中古バッテリーのリユースについて

国は、地球温暖化対策計画において、2030年までに新車販売に占める次世代自動車の割合を、50~70%にすることを目指すと同時に、『EV・PHVロードマップ』（2016年3月）において、EV及びプラグインハイブリッド自動車（PHV）の保有台数を、最大100万台とする目標を掲げており、EV等の導入補助金や税制優遇施策等により導入を促進している。

また、同ロードマップにおいて、EV・PHV搭載のバッテリーが車両での使用に適さなくなつた後も、定置型蓄電池として転用することで、EV・PHVの価値向上につながり、普及促進に資することから、安全性が確保された適切な二次利用の推進についても取組が期待されるとしている。

さらに、国の産業構造審議会・中央環境審議会合同会議において、次世代自動車の普及に伴い増加が見込まれる中古バッテリーについて、自動車メーカーでの回収スキーム構築やリユース・リサイクル等の取組が検討されている（図1-1-1、1-1-2）。

	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池
自社回収スキーム構築	トヨタ自動車(株) 日産自動車(株) 本田技研工業(株) マツダ(株) 三菱自動車工業(株) 日野自動車(株)	トヨタ自動車(株) 日産自動車(株) 本田技研工業(株) マツダ(株) 三菱自動車工業(株) (株)SUBARU いすゞ自動車(株) スズキ(株) UDトラックス(株) ヤマハ発動機(株) 三菱ふそうトラック・バス(株)
回収実績 <small>(注) ELVからの発生の各社合計値</small>	2016年度：4,839個 (2015年度：5,191個) (2014年度：3,188個)	2016年度：656個 (2015年度：454個) (2014年度：158個)

➤ 各社市場投入時に駆動用電池等の回収スキームを構築し、各関係事業者へ周知並びに解体マニュアル等の情報提供中

図1-1-2 EV等からの中古バッテリーの排出状況

(平成29年度 産構審・中環審 合同会議資料 ((一社)日本自動車工業会作成)より抜粋)

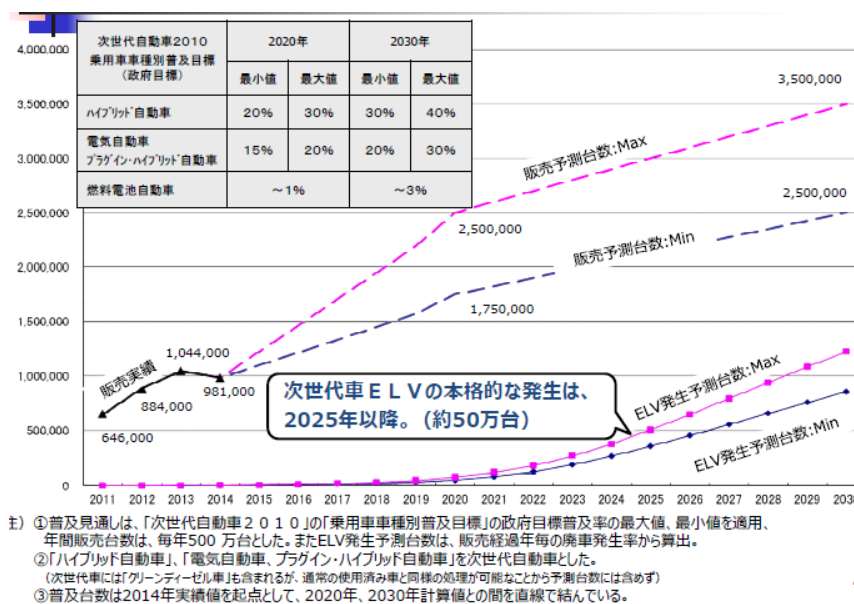


図1-1-3 次世代自動車の使用済み自動車排出の見通し

(平成29年度 産構審・中環審 合同会議資料 ((一社)日本自動車工業会作成)より抜粋)

③ 山口県の現状

県では、地球温暖化対策実行計画において、2020年度における温室効果ガス排出量を2005年度比で13.4%削減する目標を設定し、重点プロジェクトであるEV等次世代自動車の利活用促進に係る取組の一つに、EV等の中古バッテリーの再使用方策の検討を掲げている（図1-1-4）。

また、山口県循環型社会形成推進計画（2016年3月策定）のプロジェクトとして、資源循環型産業の育成支援に、県内の産業特性を活用した3R等の促進を掲げており、使用済製品（次世代自動車の蓄電池等）のリユースを促進することとしている（図1-1-5）。

これらの取組を進めるため、環境やまぐち推進会議に次世代自動車利活用部会及び再エネ・省エネ部会を設立し、産学官の連携による情報共有や事業検討を行っている。

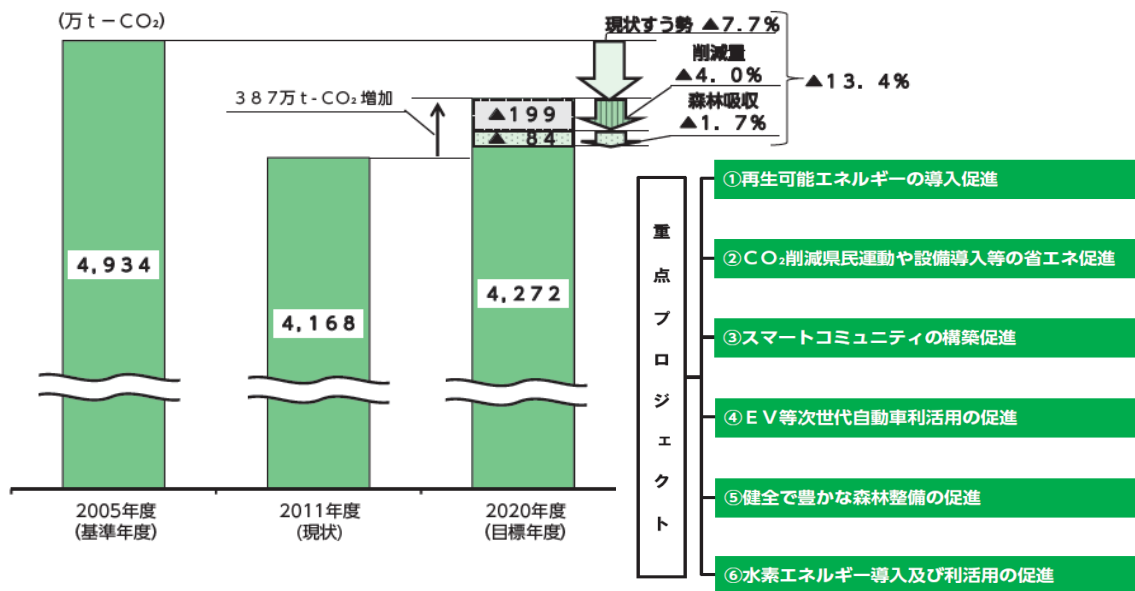


図1-1-4 山口県地球温暖化対策実行計画の概要
出所：「山口県地球温暖化対策実行計画」、山口県、2016年8月

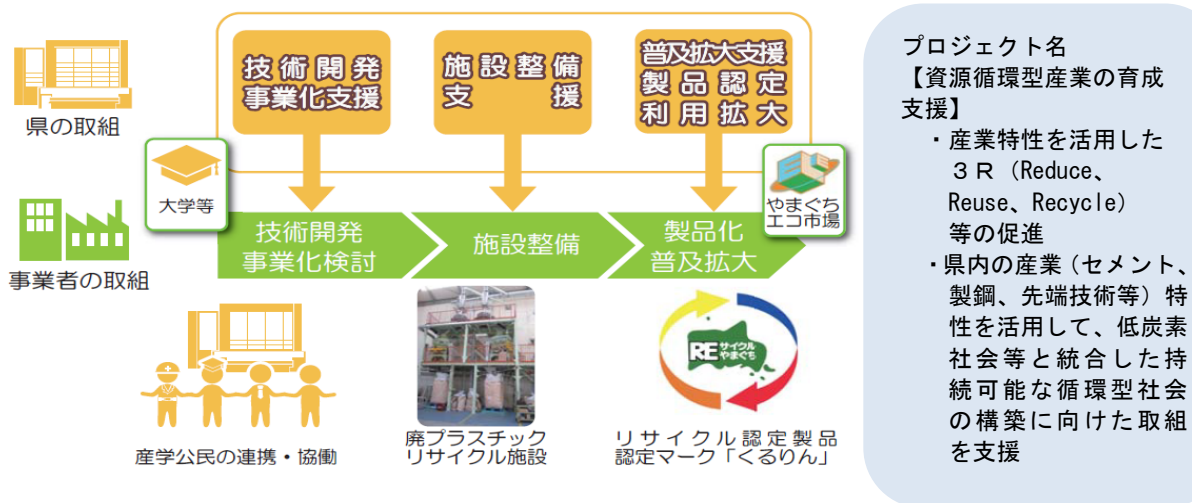


図1-1-5 資源循環型産業の育成支援のイメージ
（出所：「山口県循環型社会形成基本計画」、山口県、2016年3月）

1-2 実施体制

(1) 実施期間

2017年4月～2018年3月（2016年度からの実証試験のデータも利用）

(2) 実施場所

- ・地方独立行政法人山口県産業技術センター（以下「産技センター」）
- ・山口県立美祢青嶺高等学校大気測定局（以下「美祢青嶺高校」）

(3) 実施主体

EVの中古バッテリーの有効性や有効活用の検討には、次世代自動車の普及促進はもとより、再生可能エネルギーを活用して進めることが必要であることから、2016年度に両部会の関係者からプロジェクトチームを設置している。

実証試験は、中古バッテリー関連（蓄電池）事業者や、太陽光発電システム製造事業者、産業化やエネルギーの有効利用といった専門的な知識を有する専門家で、電気自動車中古バッテリーリユース実証試験プロジェクトチーム（PT）を組織した（表1-2-1）。

表 1-2-1 電気自動車中古バッテリーリユース実証試験プロジェクトチーム 参画者

分野	団体等	委員	備考
学識者	山口大学大学院	福代 和宏	代表者
	山陽小野田市立山口東京理科大学	貴島 孝雄	副代表者
関係団体	地方独立行政法人山口県産業技術センター	山田 誠治	
事業者	フォーアールエナジー株式会社	林田 幹生	
	長州産業株式会社	三上 展弘	
行政	山口県 環境生活部 環境政策課	徳重 克彦	

【会 議】

第1回 2017年7月13日

第2回 2017年12月19日

第3回 2018年2月16日

第2章 実証試験のデータ分析

2-1 産技センター試験棟での試験について(電子負荷装置なし、1時間ごとの電力データ)

(1) 試験の概要

産技センター試験棟に係る試験の施設・設備の内容を表 2-1-1 に、システム・測定機器・ネットワーク構成図を図 2-1-1 に示す。

試験の内容としては、一般的な家庭規模の発電容量である 4.1kW の太陽光発電を用いて、日産自動車の EV「リーフ」の車載用リチウムイオンバッテリーを定置型蓄電池としてリユースした蓄電池と連携し、24 時間運転を行った。消費電力については、試験棟プレハブ小屋内のエアコン及び電灯を用いた。

また、リユース蓄電池の劣化の進行度合が実容量で約 7 割の中古バッテリーを使用し、大気測定局の約 8 割のものと比較検討した。

表 2-1-1 施設・設備の内容

設備	内容	備考
建物	プレハブ小屋 広さ 4.82m×3.04m=14.6m ² 高さ 2m	宇部市あすとぴあ 4 丁目 1 番 1 号
太陽光発電	メーカー：長州産業(株) 品番：CS-155B1 システム：9 直 3 並列 発電出力：4185W (155W×27 枚)	H24. 2. 21 設置
定置型蓄電池	メーカー：フォーアールエナジー(株) 製品名：エネハンド蓄電池 (日産自動車(株)EV の中古バッテリー (リチウムイオン電池)) 型式：EHB-240A040 定格容量：12kWh ※放電制御 (逆潮流制御) 蓄電システムは系統連系規定上、逆潮流をさせないシステムとなっている。 そのため、システムの制御上最低 100W の電力を系統電力より購入し、接続された負荷へ放電を行う仕様となっている。	H28. 10. 24～ 実容量：9.6kWh H28. 11. 29～ 実容量：約 8.4kWh (BMS 試験後)
HEMS	メーカー：NEC 型式：IG0001STC/CM	クラウド型
パワーコンディショナー	メーカー：長州産業(株) 型式：PCS-40Z3C 出力：4.0kW	太陽光発電用
ネット回線	会社：IIJ インターネットサービス LTE/3G 回線	SIM(LTE/3G)
ローカル型モニター計測ユニット	メーカー：長州産業(株) 型式：CMCS-Z01、CMCS-03B-W	日間・月間・年間データ取得
温度・湿度計データロガー	メーカー：(株)ティアンドデイ 型式：TR-72wf	クラウド型
対象負荷	・エアコン メーカー：ダイキン工業(株) 機種名：F22NTES-W 消費電力：580W ・蛍光灯 4 本 消費電力：約 160W	H28. 11～H29. 5 室温 30℃で暖房 H29. 6～10 室温 18℃で冷房 24 時間稼働

(2) 蓄電池の運転条件

蓄電池の運転条件は、フルコントロールモードとピークシフトモードの2種類ある。

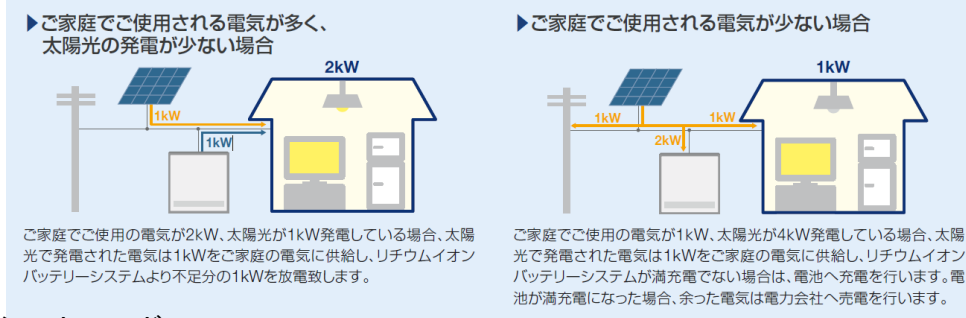
フルコントロールモードは、主に昼間の太陽光発電電力を優先的に接続負荷へ供給し、余剰分を蓄電池に充電し、夜間は蓄電池から接続負荷へ供給する。また、蓄電池の電力をまかなうため、1時間ほど買電充電を行うが、2017年度は深夜23～0時、2018年度は17～18時に買電充電に設定した。

ピークシフトモードは、昼間の太陽光発電を優先的に蓄電池に充電するモードであり、9～17時を太陽光発電電力を蓄電池に充電し、それ以外の時間帯を放電する設定とした。

なお、各モードはおおむね2カ月で切り替えを行った(図2-1-2)。

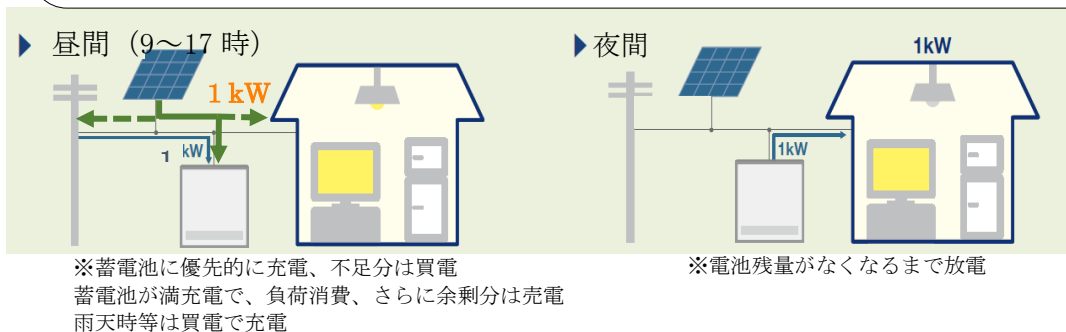
○フルコントロールモード

- ◆昼間：太陽光⇒優先的に接続負荷へ供給し、余剰分を蓄電池に充電
- ◆夜間：蓄電池から接続負荷へ供給
 - ・H29.3末 23時～0時は買電により充電し、当該時間帯以外は放電
 - ・H29.4～ 17時～18時は買電により充電し、当該時間帯以外は放電
- ※雨天時等は買電で充電 ※負荷の容量により、買電による電気使用量に変化
 - 充電特性：太陽光の余剰電力充電は太陽光の発電量と蓄電システムに接続された負荷の使用状況を蓄電システムが計測し、最大2kWを充電する仕様となっている。



○ピークシフトモード

- ◆昼間 (9～17時)：蓄電池に充電
- ◆夜間 (17時以降)：電池残量がなくなるまで放電
 - ※放電終わると蓄電池は待機し、負荷は買電でまかなう
 - ※雨天時等は買電で充電
 - 充電特性：充電方法は、蓄電開始より2kW固定で蓄電池へ充電を行う。蓄電池の容量が90%程度に到達すると2kWの電力を低電力に絞り満充電を行うよう制御する。

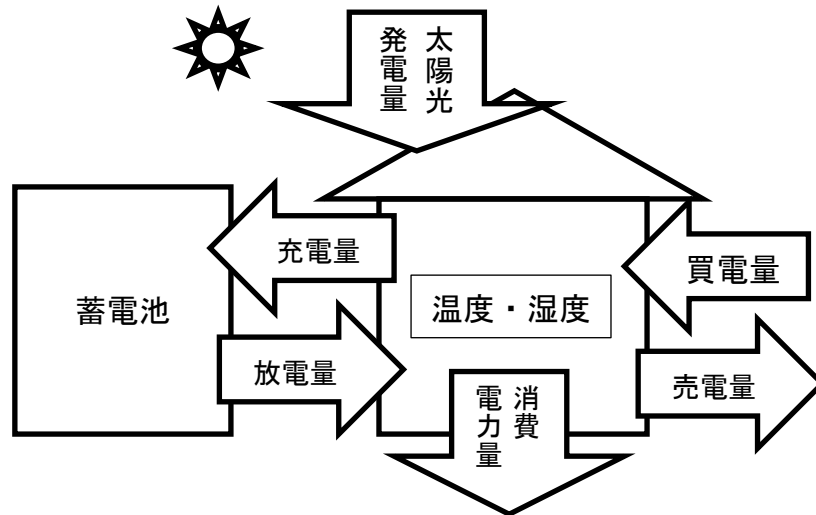


施設	モード	2017年度				2018年度			
		12～1	2～3	4～5	6～7	8～9	10～11	12～1	2～3
産技C	フルコントロール	→		→		家庭負荷試験 →			
	ピークシフト		→		→				

図2-1-2 各モードの内容及び実施期間

(3) 収集データ項目

HEMSにより、太陽光発電量、商用電源からの買電量、売電量（系統への逆潮流の電力量）、消費電力量、蓄電池の充電量と放電量といった一日の電力量収支を1時間単位で計測した。また、温度変化を確認するため、データロガーで温度・湿度を計測した（図2-1-3）。



収集データ項目	内容	
太陽光発電量 (kWh)	太陽光発電により発電した電力量	HEMSにより24時間測定 データログはNECを利用、1時間を計測
消費電力量(kWh)	負荷（エアコン、電灯、機器類）で消費した電力量	
売電量(kWh)	太陽光発電で発電した電力量のうち、消費及び蓄電池に充電した上で余剰に発電した電力を系統等に逆潮流した電力量 (産業技術センター施設への逆潮流の電力量)	
買電量(kWh)	電力会社からの買電電力量	
充電量(kWh)	太陽光発電又は買電により蓄電池に充電した電力量	
放電量(kWh)	蓄電池から負荷に放電した電力量	
温度・湿度	温湿度データロガーにより24時間測定	

図2-1-3 一日の間の電力収支の模式図及び収集データ

(4) データ解析結果

① 実証試験に対する評価の観点および指標

産技センター試験場では（後述するように、美祢青嶺高校大気測定局においても）、表 2-1-2 の評価の観点を踏まえ、年間、四半期、月間、日間など複数の時間スケールごとに表 2-1-3 の指標によって定量的に本試験の評価を行うこととした。

表 2-1-2 実証試験に対する評価の観点

項目	評価の観点	細目	考え方
システムの自立性	太陽光発電システムに蓄電池を導入することによって、どの程度、電力収支で自立したシステムとなりうるか。	電力収支が Net Zero となりうるか。	状況によっては売買電に頼ることはあってもトータルで発電量が消費電力量を上回れば、エネルギーの Net Zero となる。
		買電量をどの程度下げうるか。	売買電への依存度を下げることは、システムの自立性を高めることになる。
蓄電池の活用度	蓄電池の能力（容量）を十分に生かすうるか。（太陽光・蓄電池規模、モード比較等）	蓄電池に充電しきれないことがあるか。	余剰売電に回る量を減らし、蓄電できるような容量を確保や、適切なモードの選択が求められる。
		放電量が不足することはないか	蓄電池を活用し、買電量を減らすことが求められる。
時間スケールでの電力収支	各時間スケールで見てもどのような結果が得られるか	年間、四半期、月間、日間など複数の時間スケールで収支を確認	特に四季で特徴あるデータを比較する。

表 2-1-3 評価指標

項目	算定式	内容
Net Zero 性能	$\frac{\text{太陽光発電量}}{\text{(総)消費電力量}}$	状況によっては売買電に頼ることはあっても、トータルで発電量が消費電力量を上回っているかどうかを測る指標
売買電依存度	$\frac{\text{(売電量+買電量)}}{\text{(総)消費電力量}}$	システム外との電力のやり取りの規模を測る指標。すなわち、発電の余剰電力を売電する、あるいは不足分を買電する等、システム外の電力（電力会社）に依存している状況を測る指標
買電依存度	$\frac{\text{買電量}}{\text{(総)消費電力量}}$	不足分をシステム外の電力（電力会社）に依存している状況を測る指標
蓄電池利用度	$\frac{\text{(充電量+放電量)}}{\text{(総)消費電力量}}$	蓄電池との電力のやり取りの規模を測る指標。蓄電池の能力を十分に生かしているかどうかを測る指標
蓄電池依存度	$\frac{\text{放電量}}{\text{(総)消費電力量}}$	消費電力のうち、どれだけを蓄電池の放電に頼っているかを示す指標

【補足：指標の考え方】

- 例：○売買電依存度と買電依存度との差が無い
 ⇒完全に買電（電力会社）に依存している状況であることを示す。
- 蓄電池利用度と蓄電池依存度との差が無い
 ⇒完全に蓄電池に依存している状況であることを示す。
- フルコントロールモードの場合、23時～0時（2017年4月からは17時～18時）は買電により蓄電池に充電するため、買電依存度はある程度以下にはならない（一定程度買電に依存する）ものと考えられる。
- ピークシフトモードの場合、昼間に蓄電池にどの程度充電できるのかといったことが買電依存度に影響すると考えられる。

② 分析1：モード同士の比較

フルコントロールモード（2017年1月1日～1月31日）とピークシフトモード（2017年2月1日～28日）とを比較し、太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量ならびに上述の指標がどのように変化しているのかを確認する。

1) フルコントロールモード（2017年1月1日～1月31日）の状況

まず、フルコントロールモード（平成29年1月1日～1月31日）の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図2-1-4に示す。

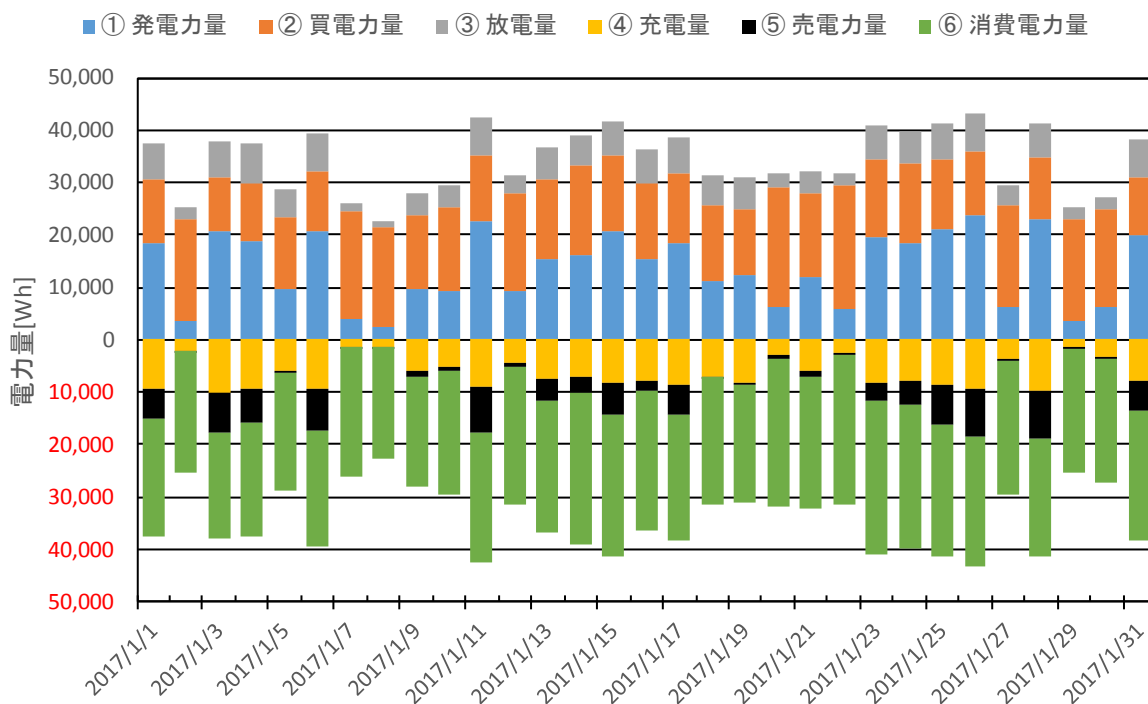


図2-1-4 2017年1月1日～1月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

太陽光発電量や消費電力量（暖房用電力が多くを占める）はそれぞれ日射量や気温の影響を受ける。図2-1-5は2017年1月1日～1月31日のそれぞれの日の日照時間と太陽光発電量、図2-1-6は日平均気温と消費電力量をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例し、消費電力量は日平均気温に反比例することが示されている。

なお、宇部のアメダスデータには日照時間が含まれていないので、代わりに山口気象台で記録された日照時間を使用している。

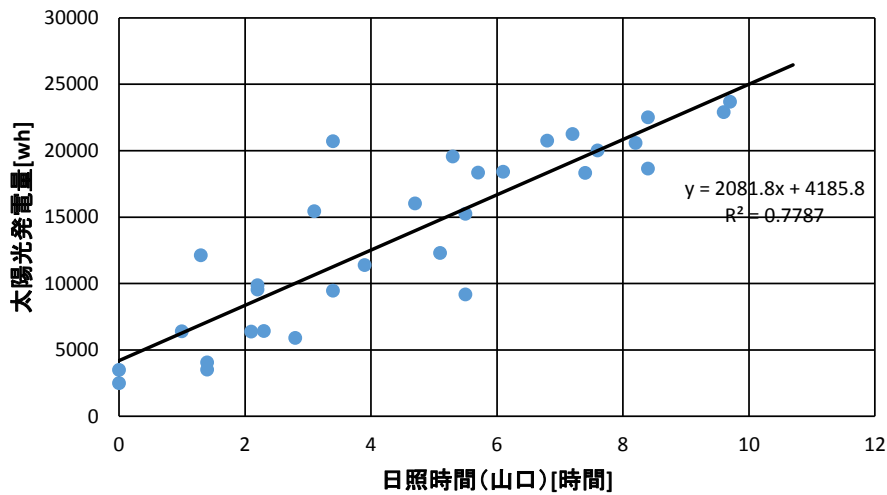


図 2-1-5 日照時間（山口）と太陽光発電量

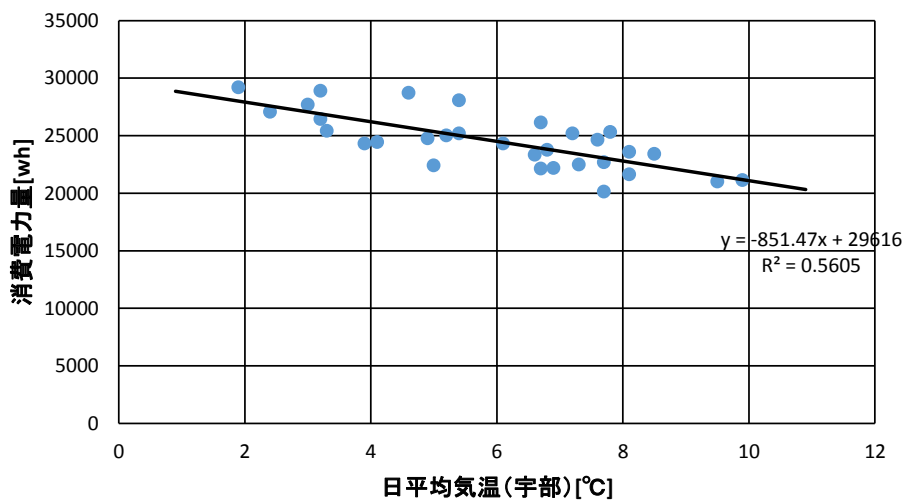


図 2-1-6 日平均気温（宇部）と消費電力量

2017年1月1日～1月31日のフルコントロールモードでの Net Zero 性能（図 2-1-7）、売買電依存度、買電依存度（図 2-1-8）、蓄電池利用度、および蓄電池依存度（図 2-1-9）の推移を示す。

太陽光発電量は日照時間に大きく左右される一方、消費電力量は日平均気温の変化に依存するものの変化の幅がより小さいため、Net Zero 性能は基本的には日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 56.3%であった。

前述のとおり、フルコントロールモードの場合、2017年1月1日～1月31日では、23時～0時は買電により充電するよう設定していたため、買電依存度は月平均で 62.9%あり、50%を下回ることはまれであった。日照時間が短い日には発電量が少ないため、買電依存度は高まり、当然ながら売買電依存度と買電依存度との差がほとんど無くなった。

蓄電池利用度が高まるのは、日照時間が長く、太陽光発電量が多くなり、十分に蓄電池への充電が行われる日であった。日照時間が長かった日には蓄電依存度が高まり、買電依存度は減少した。ただし、蓄電容量には制限があるので、蓄電依存度が 40%を超えることはなかった。月平均の蓄電池依存度は 21.3%である。

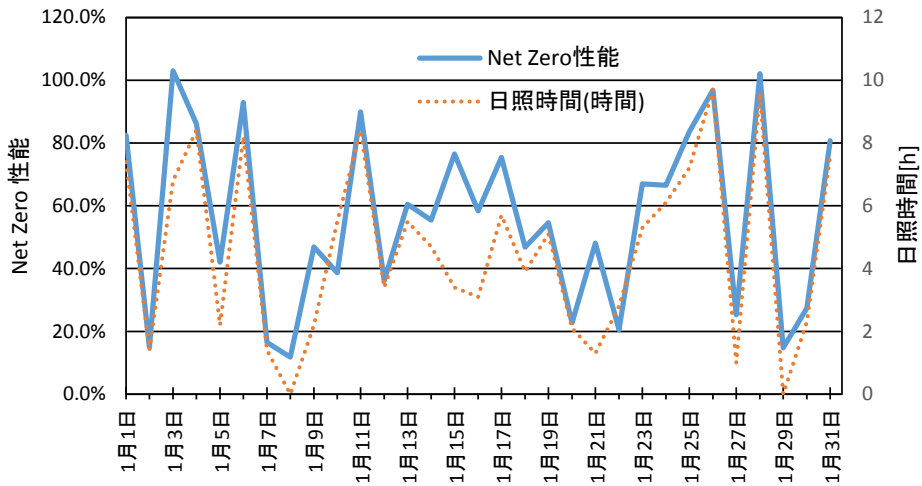


図 2-1-7 Net Zero 性能の推移

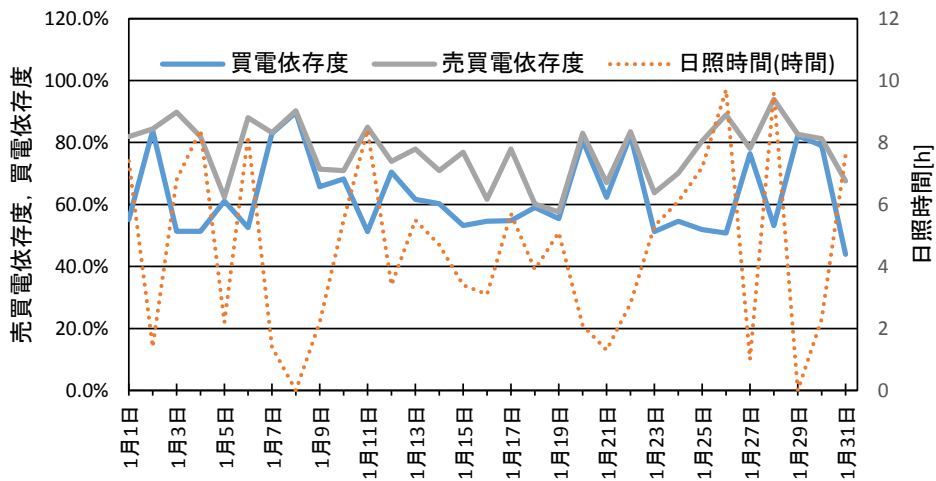


図 2-1-8 売買電依存度および買電依存度

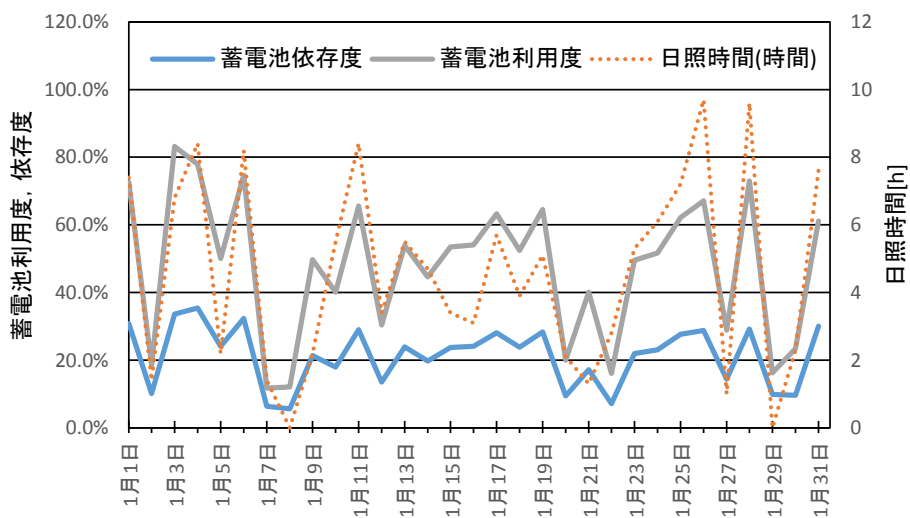


図 2-1-9 蓄電池利用度および蓄電池依存度

2) ピークシフトモード（2017年2月1日～2月28日）の状況

次に、ピークシフトモード（2017年2月1日～2月28日）の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図 2-1-10 に示す。

日照時間と太陽光発電量、日平均気温と消費量電力量の相関関係については上述した（図 2-1-5、図 2-1-6）ので、ここでは記述を省略する。

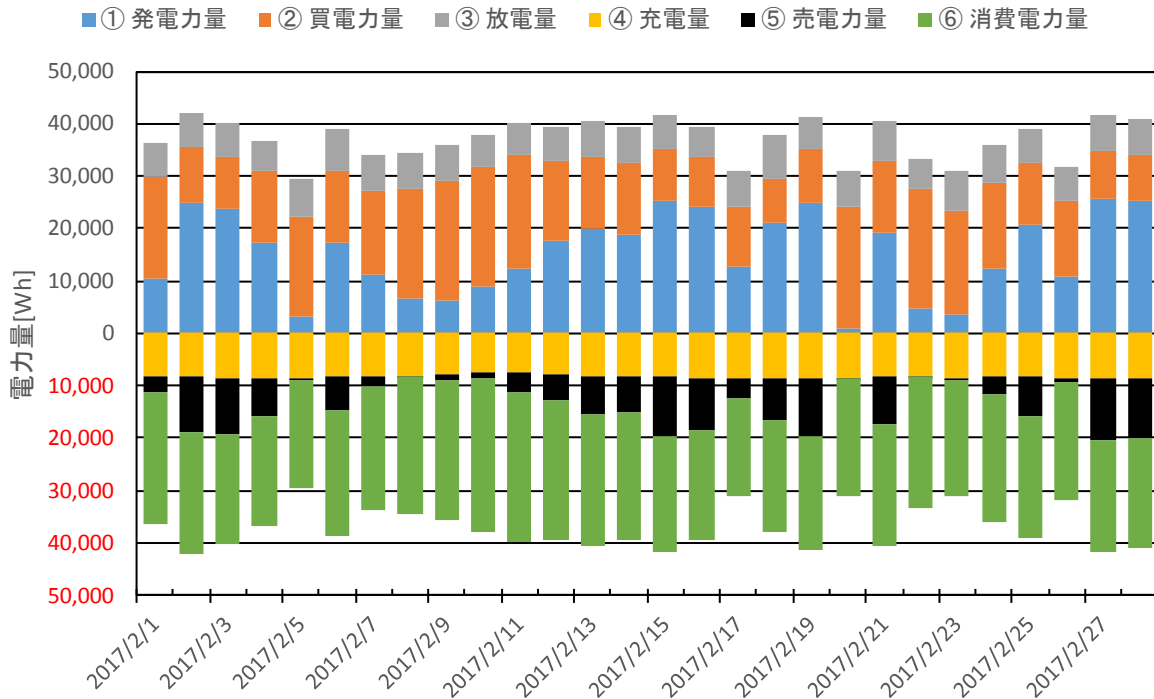


図 2-1-10 2017年2月1日～2月15日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

2017年2月1日～2月28日のピークシフトモードでの Net Zero 性能(図 2-1-11)、売買電依存度、買電依存度（図 2-1-12）、蓄電池利用度および蓄電池依存度（図 2-1-13）の推移を示す。

Net Zero 性能が日照時間に強く依存するところは1月のフルコントロールモード時と同様である。月平均の Net Zero 性能は 67.3%である。

買電依存度の月平均値は1月のフルコントロールモード時と同程度の 63.9%となった。

ピークシフトモードでは日中に蓄電池への充電が優先的に行われ、また、夜間には電池残量がなくなるまで蓄電池からの放電が行われるため、蓄電池利用度および蓄電池依存度はフルコントロールモード時に比べて安定して推移している。月平均の蓄電池依存度は 29.0%である。

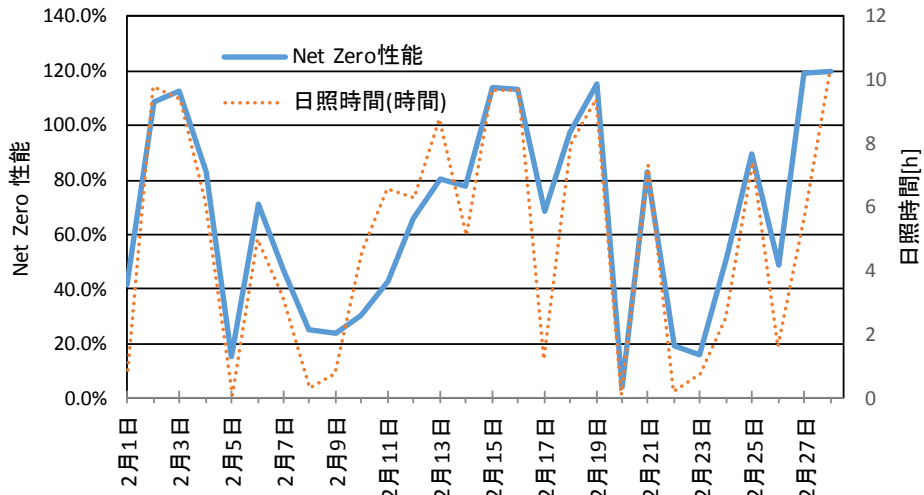


図 2-1-11 Net Zero 性能の推移

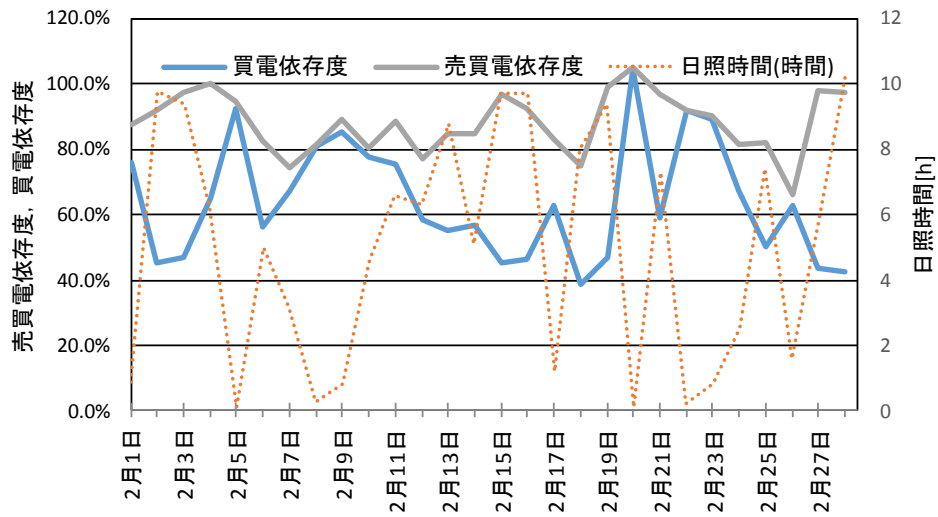


図 2-1-12 売買電依存度および買電依存度

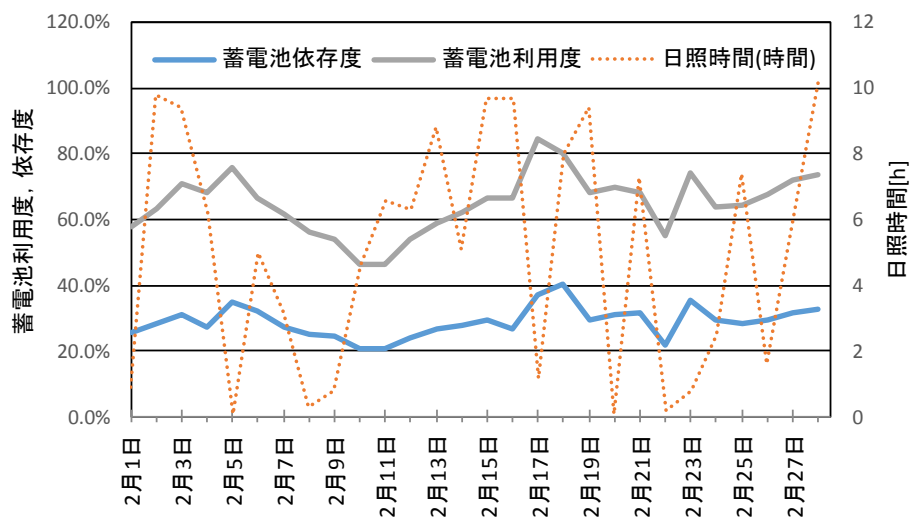


図 2-1-13 蓄電池利用度および蓄電池依存度

3) 特徴ある1日の比較（日照時間が10時間弱）

フルコントロールモードとピークシフトモードとでそれぞれ特徴ある一日の間の電力の推移を比較することとする。まず日照時間が10時間近い好天日を取り上げることとする。

図2-1-14にフルコントロールモードで運転を行っている2017年1月28日（日照時間9.6時間）の電力の推移を、図2-1-15にピークシフトモードで運転を行っている平成29年2月2日（日照時間9.8時間）の電力の推移を示す。

両者を比較すると、23時及び0時の買電および充放電の状況を除き、ほぼ同じような電力の推移であることが示されている。

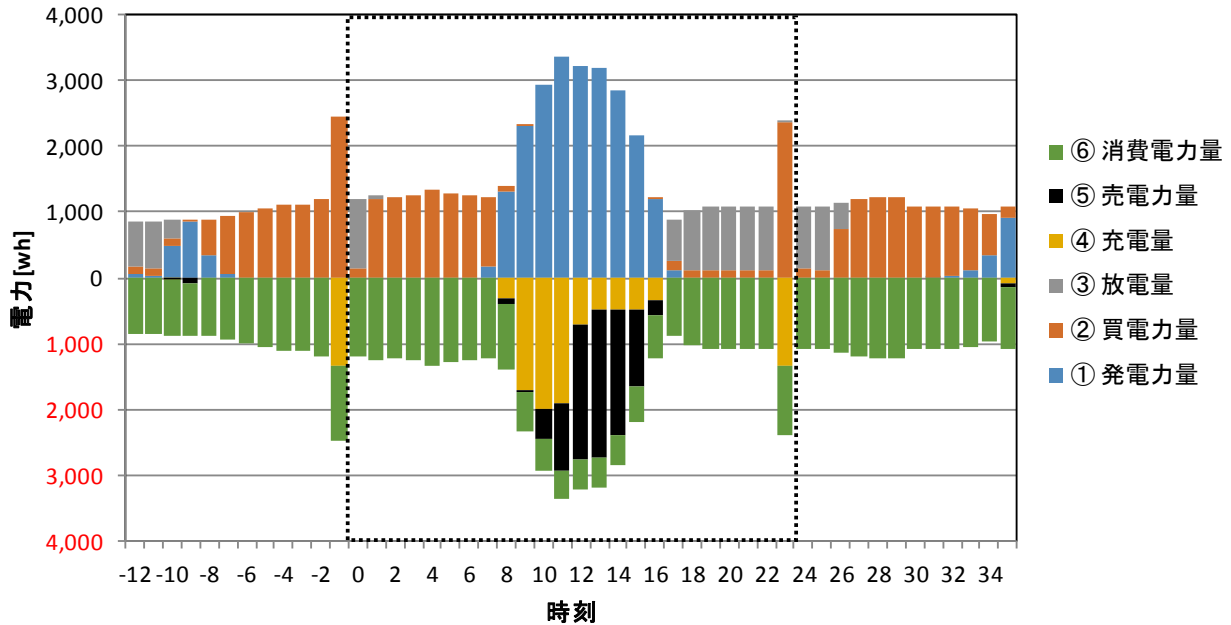


図2-1-14 2017年1月28日（日照時間9.6時間）の電力の推移

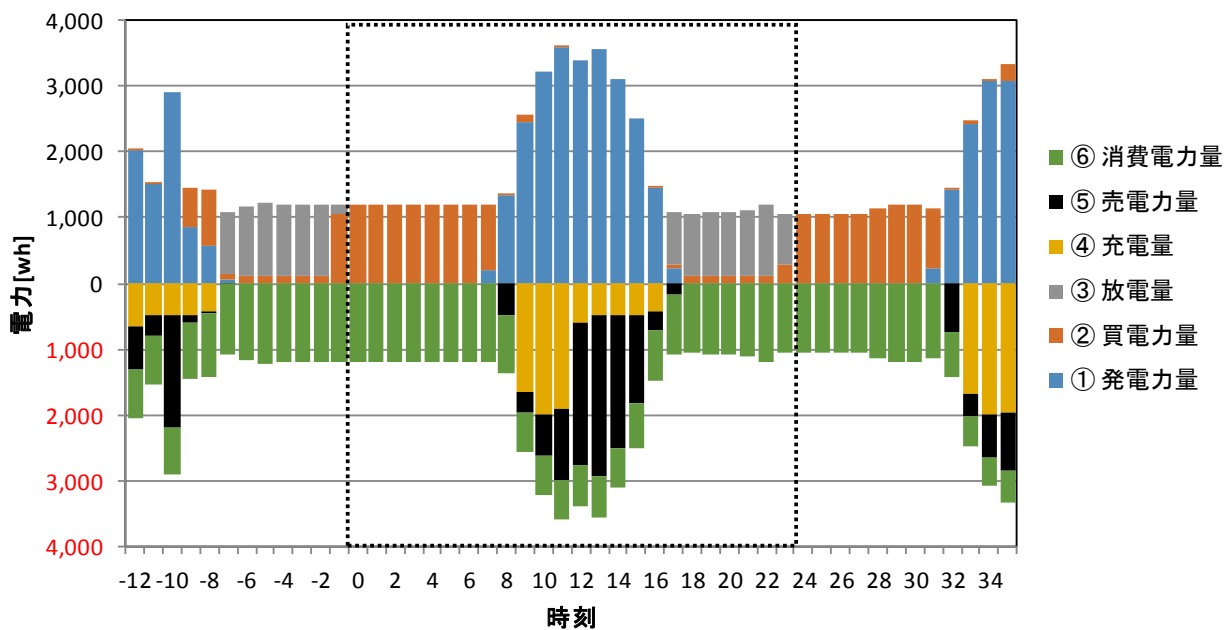


図2-1-15 2017年2月2日（日照時間9.8時間）の電力の推移

4) 特徴ある1日の比較（日照時間が0時間近辺）

図 2-1-16 にフルコントロールモードで運転を行っている 2017 年 1 月 29 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移を、図 2-1-17 にピークシフトモードで運転を行っている 2017 年 2 月 5 日（日照時間 0.1 時間）の電力の推移を示す。

日照時間が短く、日中の発電量が少ない場合に両モードの違いが明確に表れている。ピークシフトモードの場合、日中に充電が行われ、17 時以降、電池残量がなくなるまで放電が行われるため、毎日、蓄電池が十分に活用される。これに対して、フルコントロールモードの場合、日中の発電量が少ない場合には蓄電池の役割が限定的になっている。

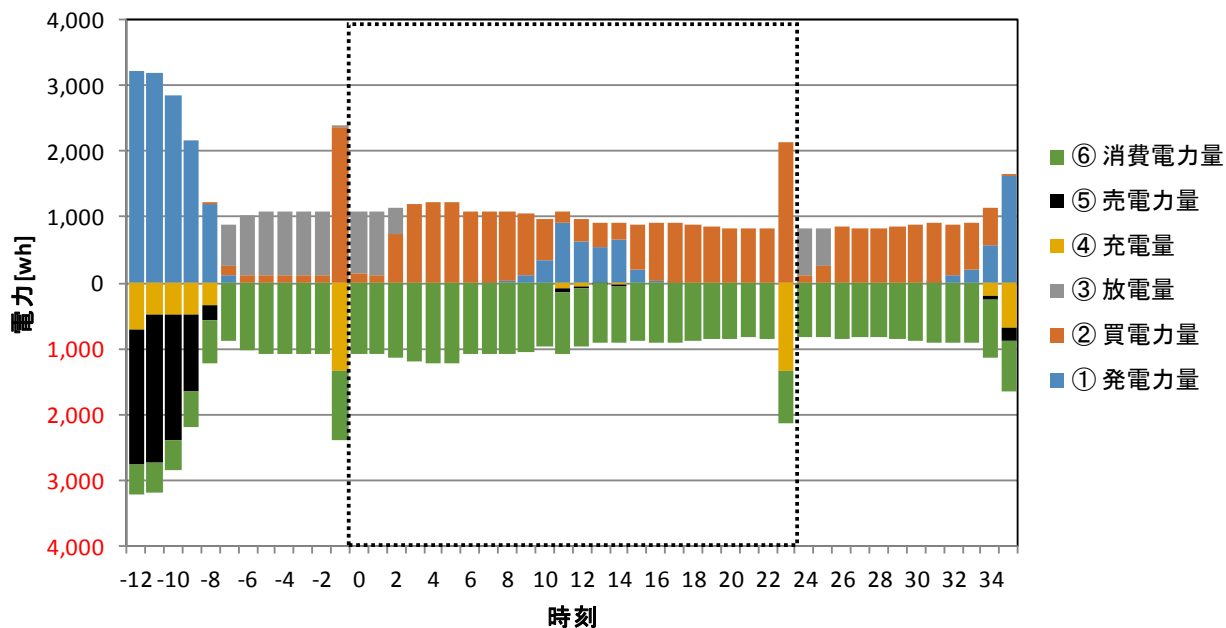


図 2-1-16 2017 年 1 月 29 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移

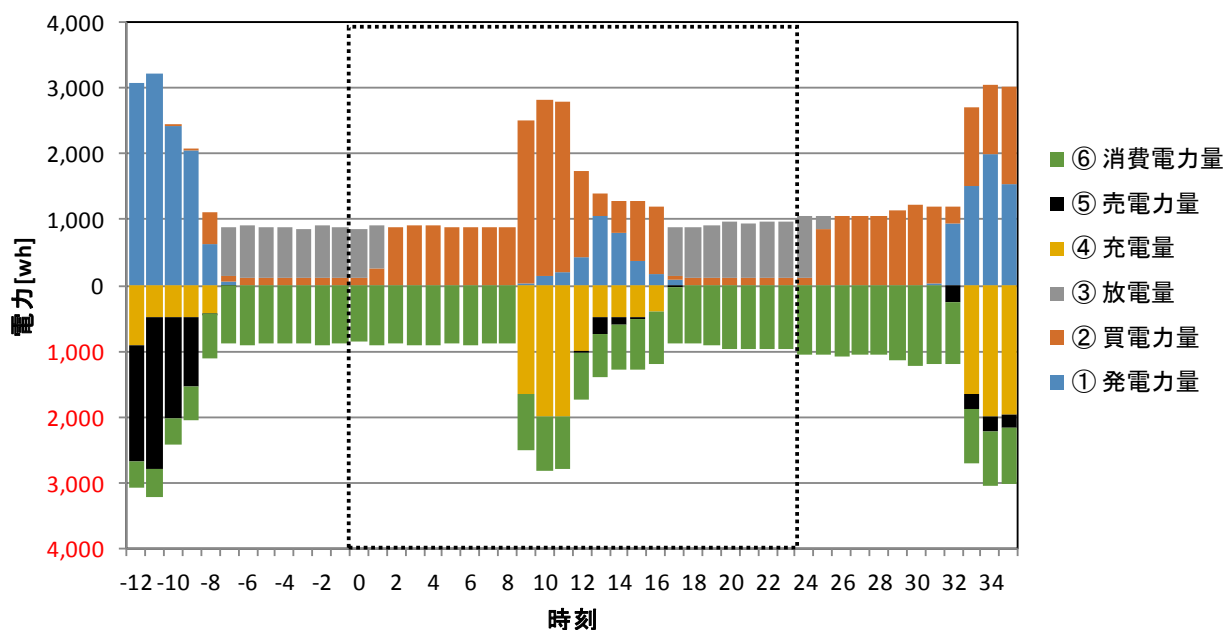


図 2-1-17 2017 年 2 月 5 日（日照時間 0.1 時間）の電力の推移

5) モード同士の比較に関する小括

モード同士の比較に関する実験の結果を表 2-1-4 にまとめた。

表 2-1-4 モード同士の比較に関するまとめ

モード・期間	概要	指標等	月平均	好天時	悪天時
フルコントロールモード 2017年 1/1~1/31	23時~0時は買電により充電するため、買電依存度は常に安定して高く 50%を下回ることは稀である。日中に太陽光発電からの充電がおこなわれるため、日によって日照時間に応じて蓄電池依存度が変動する。	月日		1/28	1/29
		平均気温 / 宇部 [°C]	6.0	5.0	8.1
		日照時間/山口 [h]	4.6	9.6	0.0
		Net Zero 性能 [%]	56.3	102.1	14.8
		買電依存度 [%]	62.9	53.2	82.2
		蓄電池依存度 [%]	21.3	29.2	9.8
ピークシフトモード 2017年 2/1~2/28	日中に蓄電池への充電が優先的に行われ、また、夜間には電池残量がなくなるまで蓄電池からの放電が行われるため、蓄電池依存度はフルコントロールモード時に比べて安定しており、かつ高くなる。	月日		2/2	2/5
		平均気温 / 宇部 [°C]	6.7	6.4	10.0
		日照時間/山口 [h]	5.0	9.8	0.1
		Net Zero 性能 [%]	67.3	108.6	15.5
		買電依存度 [%]	63.9	45.1	92.7
		蓄電池依存度 [%]	29.0	28.5	34.8

③ 分析 2：季節間の比較

1) 春季（2017年5月1日～5月31日）の状況

2017年のフルコントロールモードについて実証試験を続け、季節変化を見ることとした。春季（2017年5月1日～5月31日）の日別の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移を図2-1-18に示す。

なお、2017年4月から、フルコントロールモードの強制充電時間を、23時～0時から17時～18時に変更した。これは、より買電に依存しないよう、昼間発電した余剰電力分で蓄電池をまかなうことを目指したためである。

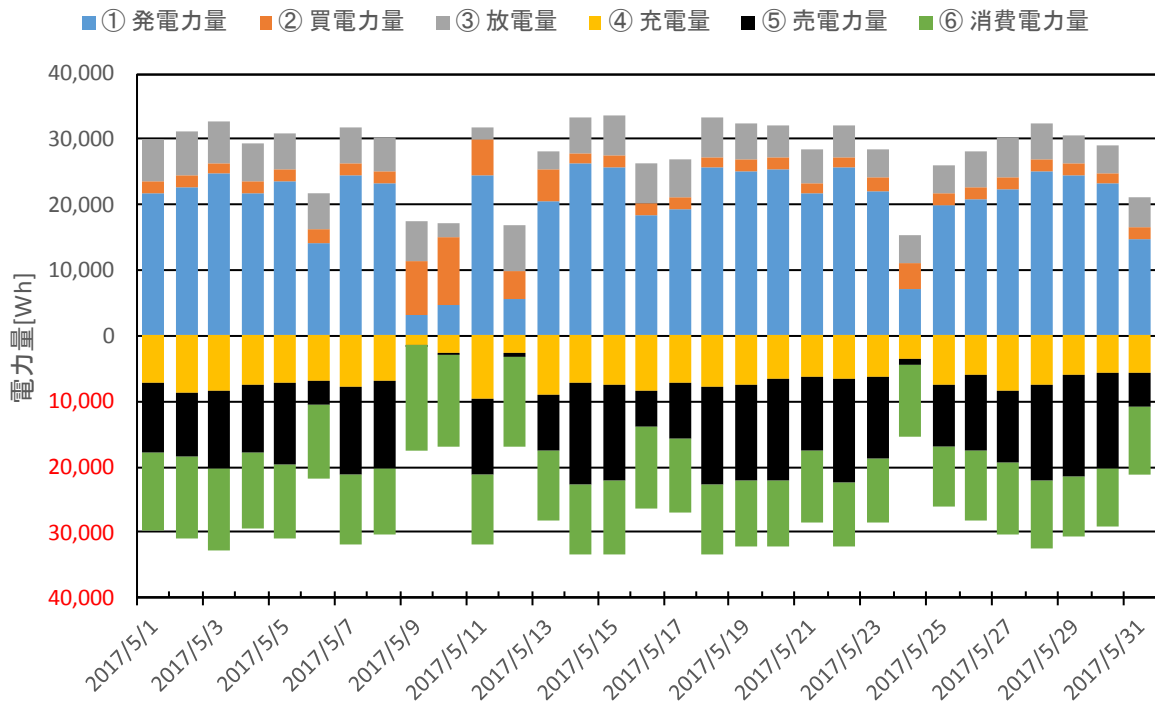


図 2-1-18 2017年5月1日～5月31日の太陽光発電量，電力消費量，売買電量，充放電量の推移

前述のとおり、太陽光発電量や消費電力量（冷暖房用電力が多くを占める）はそれぞれ日射量や気温の影響を受ける。図2-1-19は2017年5月1日～5月31日の各日における日照時間（山口）と太陽光発電量（日積算値）、図2-1-20は、日平均気温（宇部）と消費電力量（日積算値）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例する。暖房が使用されているため、消費電力量は日平均気温に反比例している。

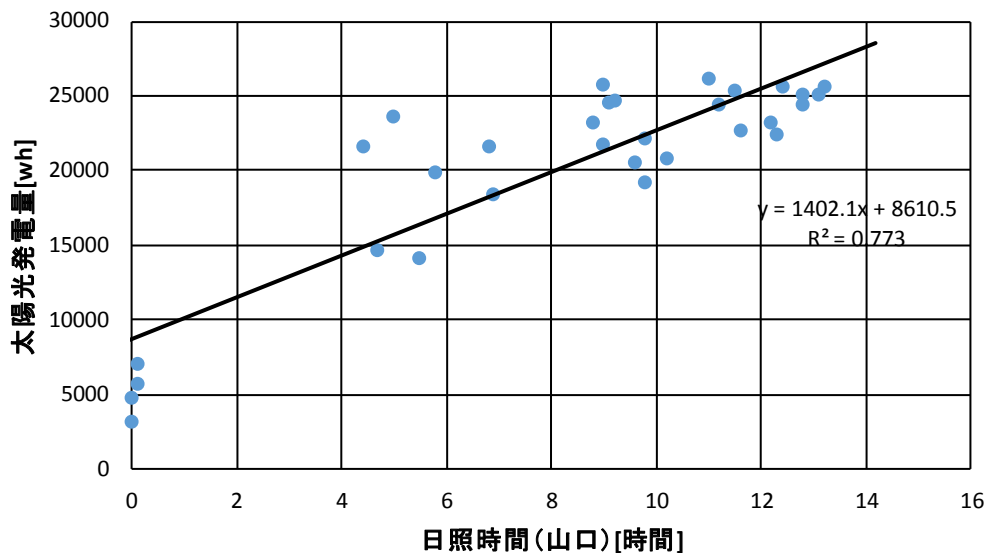


図 2-1-19 日照時間（山口）と太陽光発電量

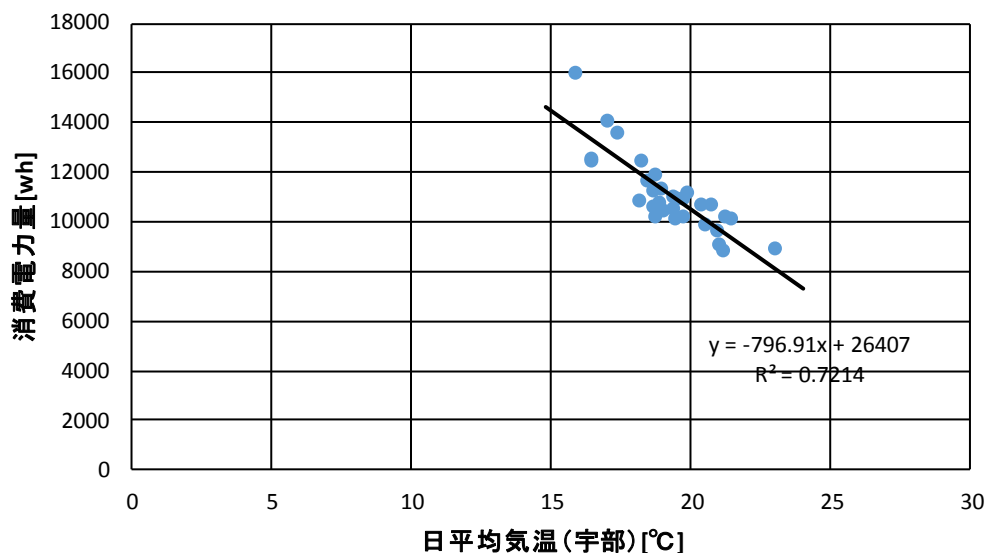


図 2-1-20 日平均気温（宇部）と消費電力量

次ページに Net Zero 性能（図 2-1-21）、売買電依存度及び買電依存度（図 2-1-22）、蓄電池利用度および蓄電池依存度（図 2-1-23）の推移を示す。

既に述べたように、消費電力量は太陽光による発電量に比べて変化の幅が小さいため、Net Zero 性能は基本的には日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 190.1%である。消費電力を補って余りある発電がおこなわれているため、買電依存度は月平均で 22.8%である。

蓄電池利用度および蓄電池依存度は安定して推移している。月平均の蓄電池依存度は 46.9%である。

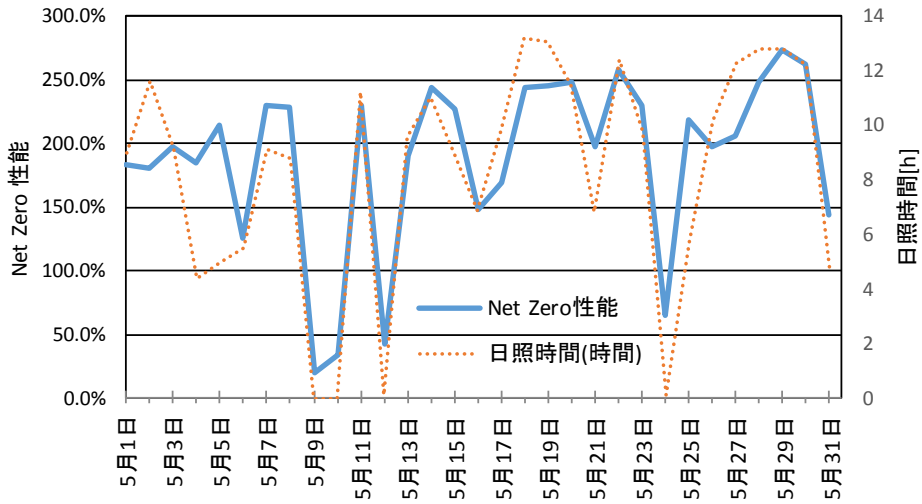


図 2-1-21 Net Zero 性能の推移

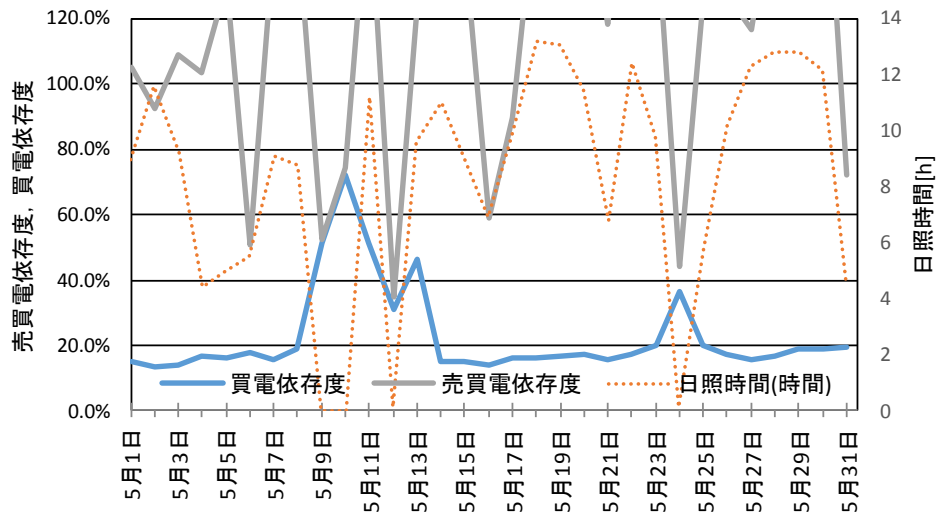


図 2-1-22 売買電依存度および買電依存度

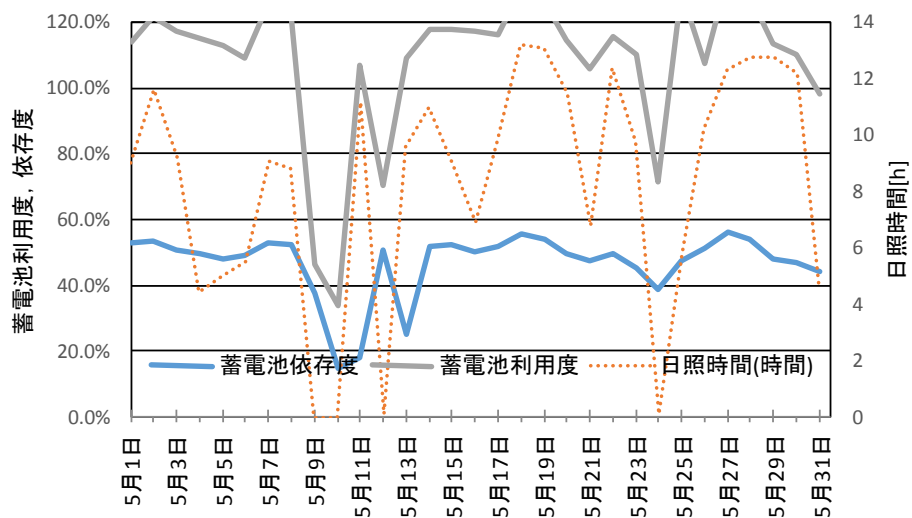


図 2-1-23 蓄電池利用度および蓄電池依存度

特徴ある2日、すなわち2017年5月9日（日照時間0.0時間）と5月30日（日照時間12.2時間）の電力の推移を図2-1-24及び図2-1-25に示す。

5月9日は日照量不足のため、十分な発電がおこなわれず、Net Zero性能は20.3%に低下している。17時～18時にかけて買電による充電が行われ、買電依存度は51.4%に達している。蓄電池依存度は37.9%だった。

5月30日は日照時間が長く、消費電力を補って上回るほどの発電が行われ、売電も行われている。日中はほとんど買電していない。そのため、この日のNet Zero性能は262.3%に達し、買電依存度は19.2%となっている。

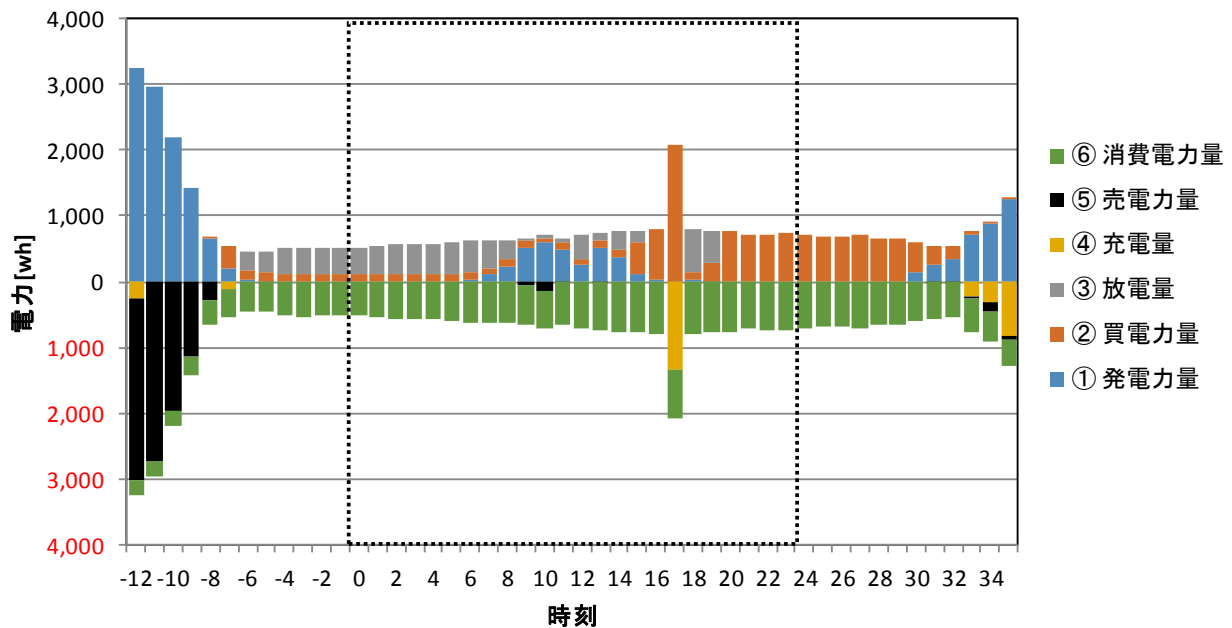


図2-1-24 5月9日（日照時間0.0時間）の電力の推移

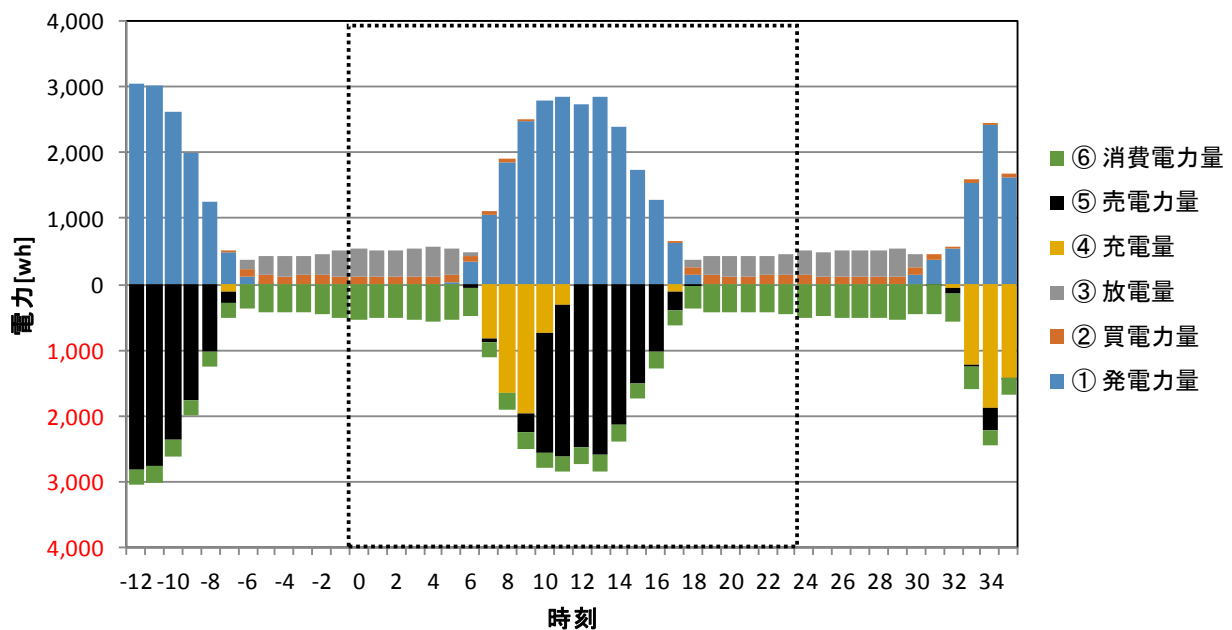


図2-1-25 5月30日（日照時間12.2時間）の電力の推移

2) 夏季（2017年8月1日～8月31日）の状況

夏季（2017年8月1日～8月31日）の日別の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移を図 2-1-26 に示す。

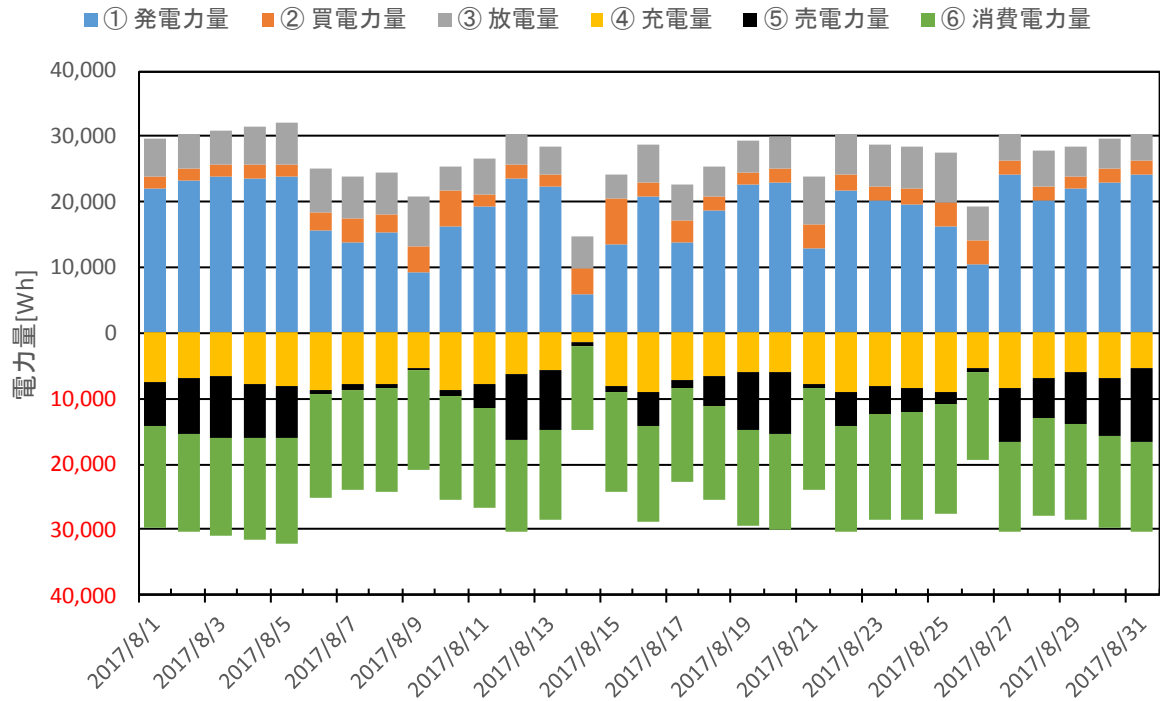


図 2-1-26 8月1日～8月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

図 2-1-27 は 8 月 1 日～8 月 31 日の各日における日照時間（山口）と太陽光発電量（日積算値）、図 2-1-28 は日平均気温（宇部）と消費電力量（日積算値）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例する。夏季は冷房が使用されているため、消費電力量は日平均気温に比例する。

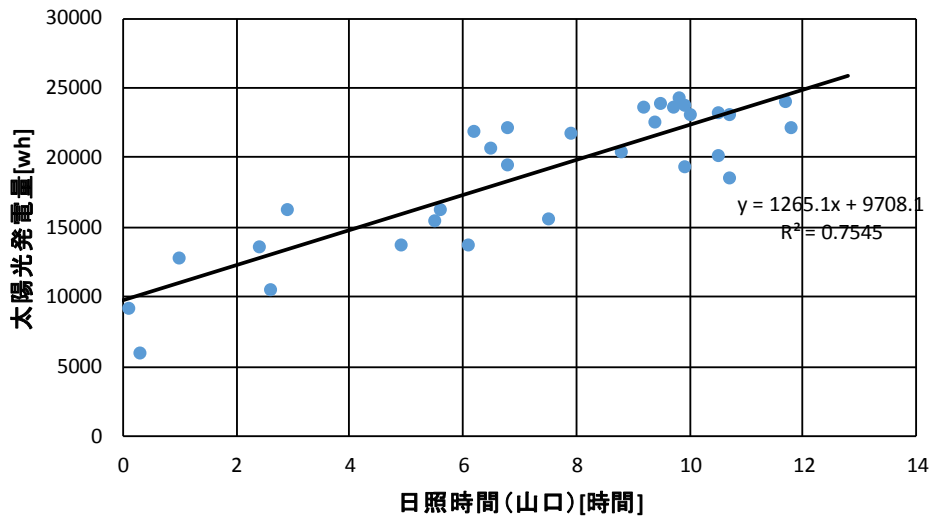


図 2-27 日照時間（山口）と太陽光発電量

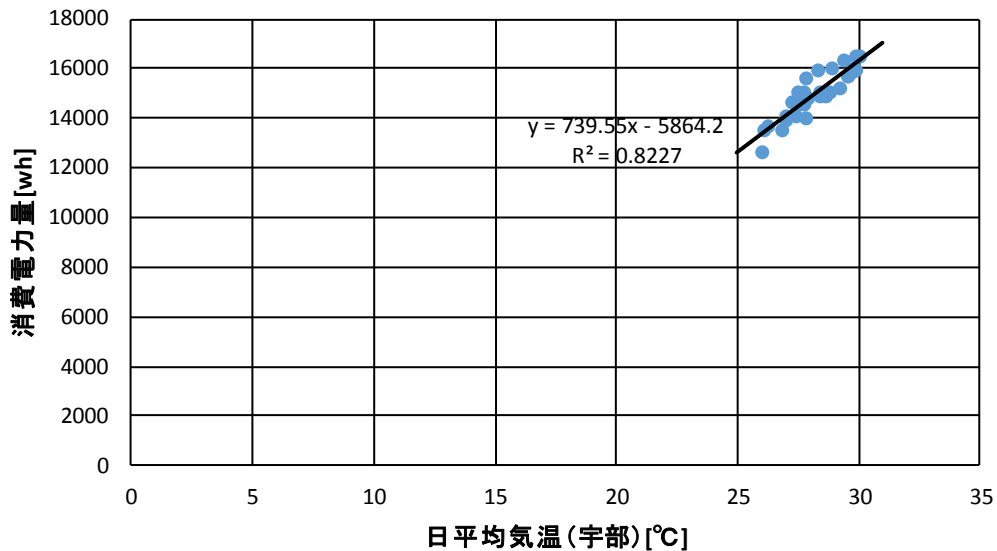


図 2-28 日平均気温（宇部）と消費電力量

次ページに Net Zero 性能（図 2-1-29）、売買電依存度および買電依存度（図 2-1-30）、蓄電池利用度および蓄電池依存度（図 2-1-31）の推移を示す。

既に述べたように、消費電力量は太陽光による発電量に比べて変化の幅が小さいため、Net Zero 性能は基本的には日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 190.1%である。好天に恵まれ、消費電力を補って余りある発電がおこなわれているため、買電依存度は月平均で 22.8%にとどまっている。

蓄電池利用度および蓄電池依存度は安定して推移している。月平均の蓄電池依存度は 46.9%である。

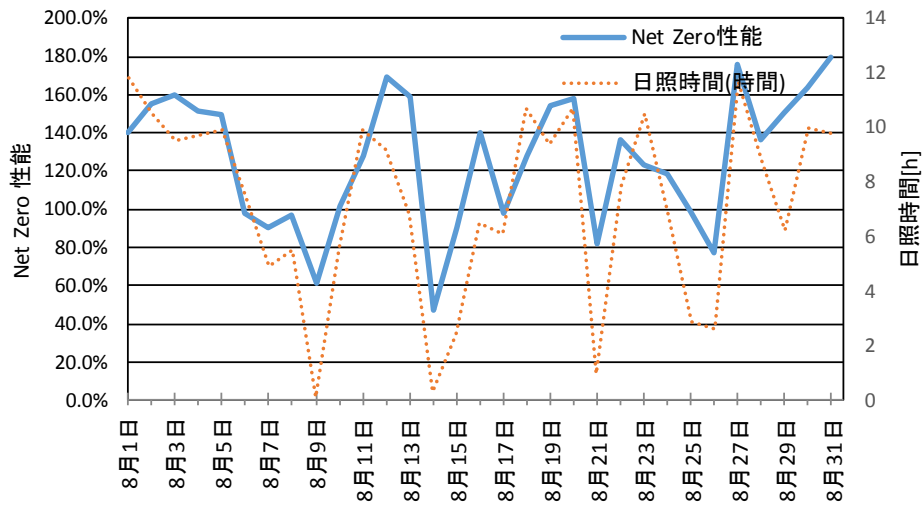


図 2-1-29 Net Zero 性能の推移

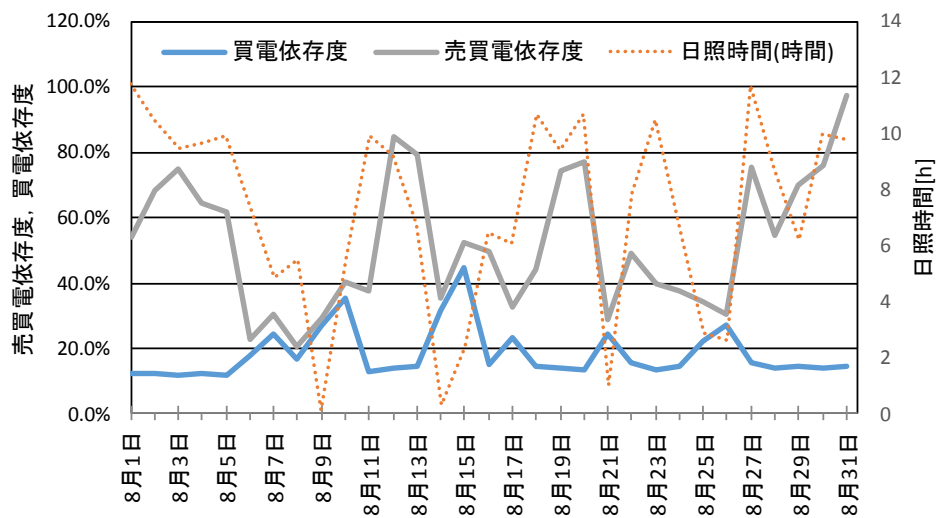


図 2-1-30 売買電依存度および買電依存度

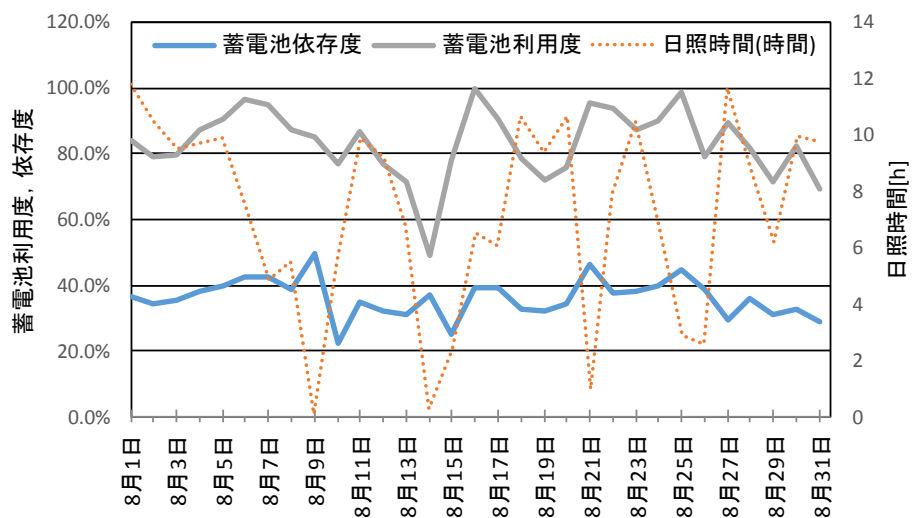


図 2-1-31 蓄電池利用度および蓄電池依存度

特徴ある2日、すなわち2017年8月9日（日照時間0.1時間）と2017年8月27日（日照時間12.2時間）の電力の推移を図2-1-32及び図2-1-33に示す。

8月9日は日照量不足のため、十分な発電がおこなわれず、Net Zero性能は61.1%に低下し、買電依存度は27.2%に達している。蓄電池依存度は49.6%だった。

8月27日は日照時間が長く、消費電力を大きく上回る発電が行われ、売電も行われている。ただし、冷房需要が大きくなると買電も必要となる。そのため、この日のNet Zero性能は175.5%に達し、買電依存度は15.4%となっている。

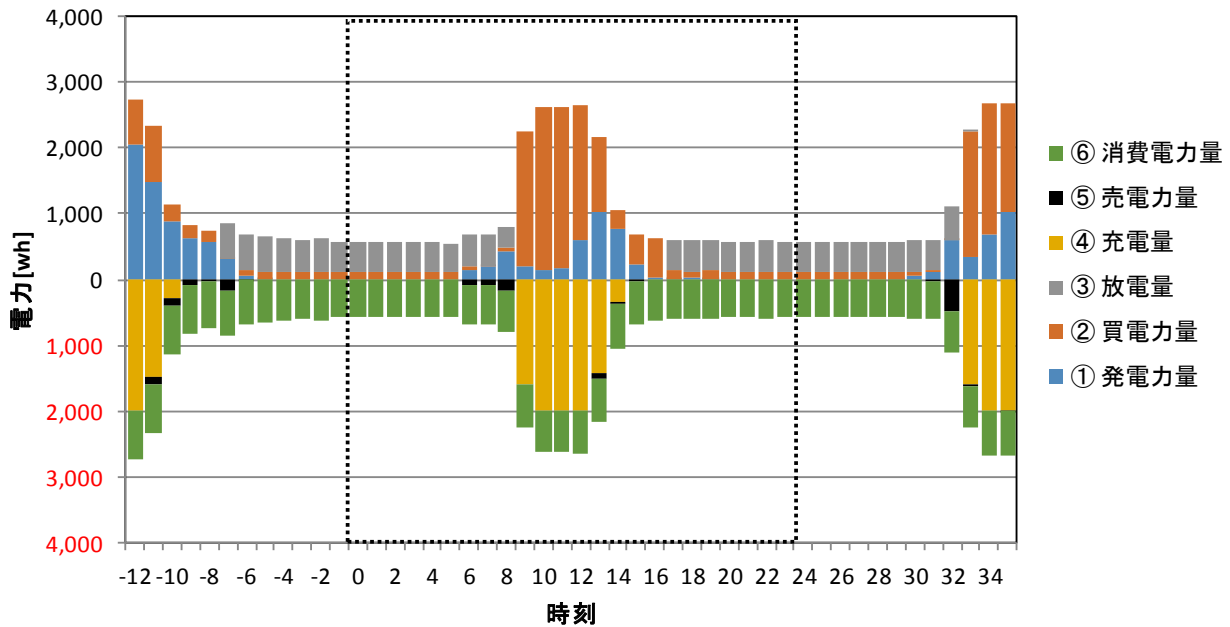


図2-1-32 8月9日（日照時間0.1時間）の電力の推移

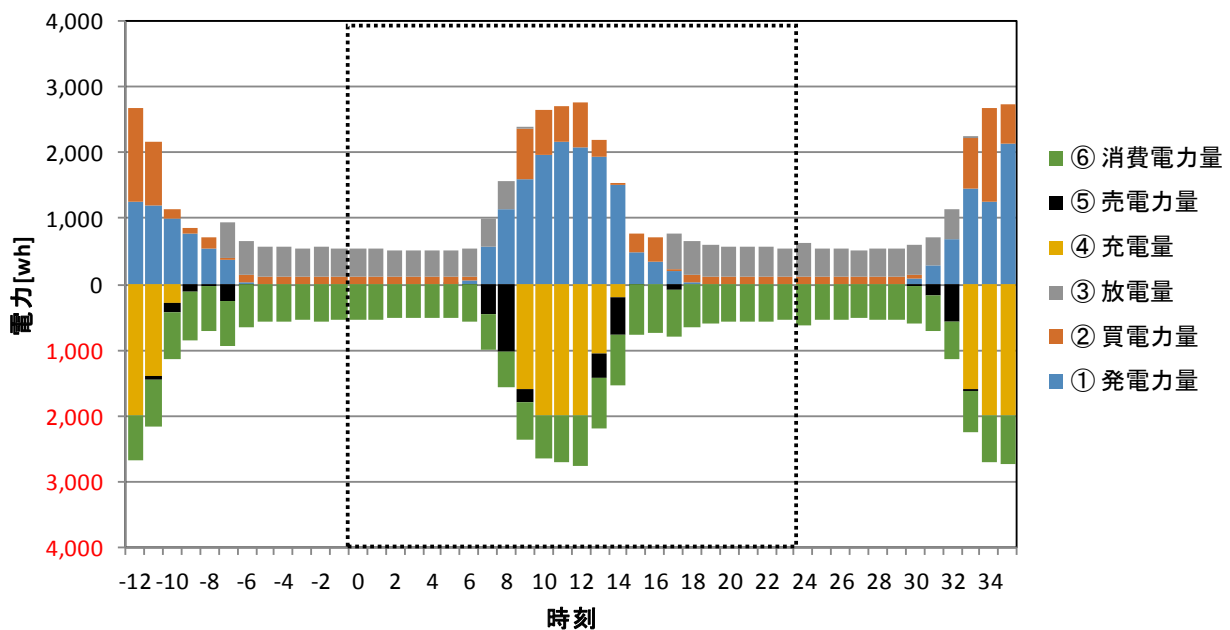


図2-1-33 8月27日（日照時間12.2時間）の電力の推移

3) 季節間の比較に関する小括

季節ごとの結果を表 2-1-5 にまとめた（2017 年冬季については再掲）。

表 2-1-5 季節ごとの結果のまとめ

モード・期間	概要	指標等	月平均	好天時	悪天時
フルコントロールモード 2017 年冬季 (1/1~1/31)	23 時~0 時は買電により充電するため、買電依存度は常に安定して高く 50%を下回することは稀である。日中に太陽光発電からの充電がおこなわれるため、日によって日照時間に応じて蓄電池依存度が変動する。	月日		1/28	1/29
		平均気温 / 宇部 [°C]	6.0	5.0	8.1
		日照時間/山口 [h]	4.6	9.6	0.0
		Net Zero 性能 [%]	56.3	102.1	14.8
		買電依存度 [%]	62.9	53.2	82.2
		蓄電池依存度 [%]	21.3	29.2	9.8
フルコントロールモード 2017 年春季 (5/1~5/31)	暖房需要が小さく、これに対して太陽光発電量が十分に大きいため、Net Zero 性能は非常に高い。太陽光発電と充放電に支えられて、買電依存度は低く、蓄電池依存度は高い。	月日		5/30	5/9
		平均気温 / 宇部 [°C]	19.2	21.1	15.8
		日照時間/山口 [h]	8.3	12.2	0.0
		Net Zero 性能 [%]	190.1	262.3	20.3
		買電依存度 [%]	22.8	19.2	51.4
		蓄電池依存度 [%]	46.9	47.0	46.2
フルコントロールモード 2017 年夏季 (8/1~8/31)	太陽光発電量が大きいため、Net Zero 性能は高い。ただし、冷房需要があるため、春季に比べると Net Zero 性能は低い。	月日		8/27	8/9
		平均気温 / 宇部 [°C]	28.2	26.2	27.5
		日照時間/山口 [h]	7.3	11.7	0.1
		Net Zero 性能 [%]	126.5	175.5	61.1
		買電依存度 [%]	18.4	15.4	27.2
		蓄電池依存度 [%]	36.3	29.5	49.6

※フルコントロールモードの強制充電時間は、2017 年 4 月から、23 時~0 時から 17 時~18 時に変更した。これは、より買電に依存しないよう、昼間発電した余剰電力分で蓄電池をまかなうことを目指したためである。

2-2 産技センター試験棟について2（一般家庭による電力消費の模擬）

(1) 試験の概要

2017年8月までの試験は、負荷電力として、エアコンや電灯を一定条件で24時間稼働し、消費電力量を計測してきた。より具体的な実事例の一つとして、太陽光発電および蓄電池を設置していない一般家庭の時系列電力消費パターンを産技センター試験棟に設置した負荷装置で消費し、太陽光発電と蓄電池システムに連動させ、リユース蓄電池としての有効性や省エネルギー効果の検証を行った。

当該試験内容は、以下のとおりである。

- 一般家庭の消費電力モデルに対する太陽光発電と蓄電池の設置による効果の検証
 - ・産技センター試験棟に設置した負荷装置を用いて、一般家庭の消費電力パターンを消費
 - ・蓄電池のモードは、エネルギーの地産地消を考慮して、フルコントロールモードで実施
- 電力需要に対する各電源の追従性の確認（最小単位でのデータ計測検証）
 - ・1分間隔の計測データを用いて一般家庭の電力需要に対する太陽光発電、蓄電池及び系統からの電力供給の状態を確認
 （変動する一般家庭の電力需要に対して、気象条件等により変動する太陽光発電電力、蓄電池の充放電電力及び系統からの電力供給の追従性などを確認）
- 実施期間
 - 2017年9月～11月末 システム調整及び試運転
 - 2017年12月～ 本格運転

(2) 試験システムの概要

実証試験に用いた施設・設備は、表2-1-1に、新たに表2-2-1に示す施設・設備を追加した。データの計測は、引き続きNEC HEMSと、新たに設置した計測システム及び家庭モデルであるK邸のHEMSにより行った。

表2-2-1 追加した施設・設備一覧

設備	内容	備考
●産技センター試験場		
負荷装置	メーカー：菊水電子工業 型式：PCZ1000A、設定範囲 50W～1000W	3台設置し、50W～3000W
蓄電システム通信・データ保存ユニット	メーカー：エコマス株式会社 型式 ECO-GW01	
電力計測ユニット	メーカー：オムロン株式会社 型式：形 KM20-B40-FLK	
CTセンサー(50A) 単相三線	メーカー：オムロン株式会社 型式：KM20-CTF-50A	
温湿度センサー	メーカー：TandD 型式：TR-71nw	
スイッチングハブ	メーカー：バッファロー 型式：LSW5-GT-8NS/BK	

データ保存用	メーカー：IBM 型式：x3100M5	実験棟内データ保存用
データ保存用	メーカー：エコマス株式会社 型式：Ecoemon	クラウド保存用
電子負荷装置制御ユニット	メーカー：エコマス株式会社 型式 ECO-GW01	
●K 邸		
HEMS	メーカー：長州産業(株) 型式：CMCS-Z01、CMCS-03B-W	ローカル型モニター計測ユニット

図 2-2-1 に、新たに加えた装置を含めた実証試験システム（以下、「本システム」という。）の概略構成図を示す。本システムでは試験棟の負荷を自由に設定できるように電子負荷装置（菊水電子工業製交流電子負荷装置 PCZ1000A、設定範囲 50W～1000W）を 3 台設置した。この 3 台の負荷装置を用いて 50W～3000W の範囲で目標となる消費電力が設定できる。

また、各部分の電力を計測するため、電力計を 7 箇所設置し、それに接続する電流センサーが 7 箇所設置した（表 2-2-1）。なお、本システムでは、1 分以下のデータを計測することにより 2016 年度までの 1 時間データの評価に加えて、1 分以下のデータによる評価ができる。これらの 1 分以下の計測されたデータは、クラウドサーバに送信・保存される。図 2-2-2 に計測したデータをクラウドサーバへ送信・保存する仕組みの概略図を示す。

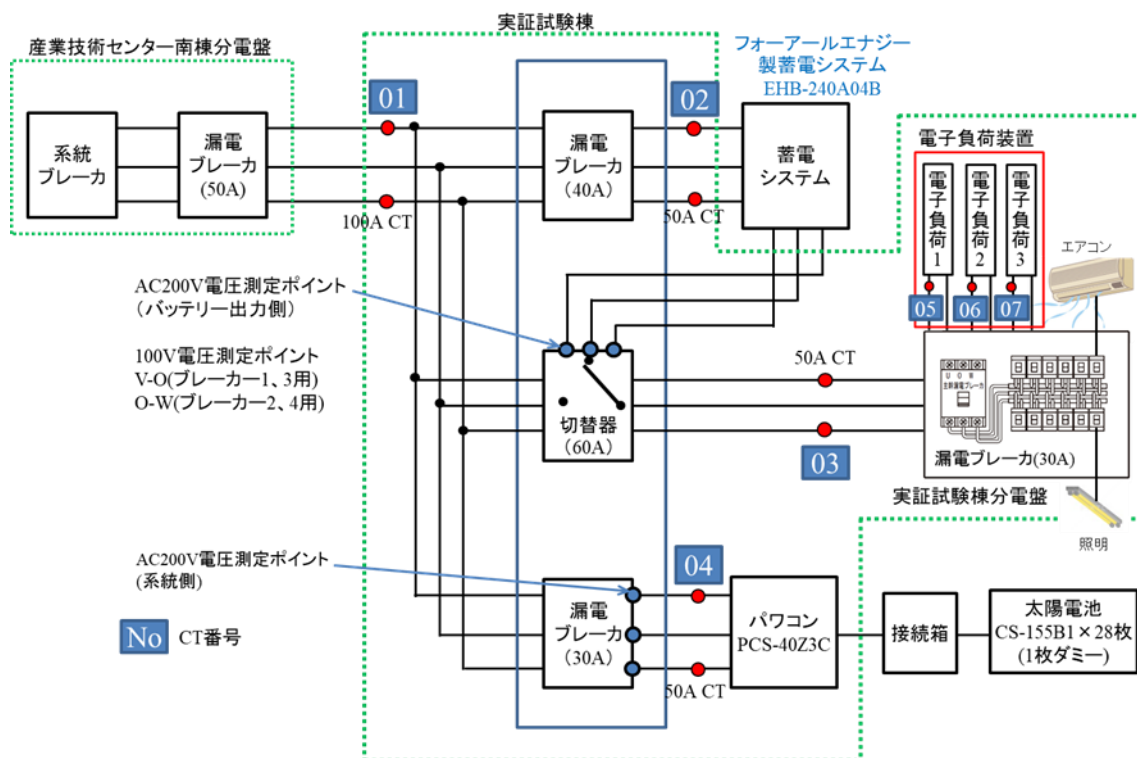


図 2-2-1 本システムの概略構成図

表 2-2-2 電流センサー一覧

No.	電流センサー容量	計測電力
01	100A	・系統への電力の入出力 (売電・買電)
02	50A	・蓄電池への充電電力
03	50A	・負荷での合計消費電力
04	50A	・太陽光発電電力
05	50A	・電子負荷装置 1 での消費電力
06	50A	・電子負荷装置 2 での消費電力
07	50A	・電子負荷装置 3 での消費電力

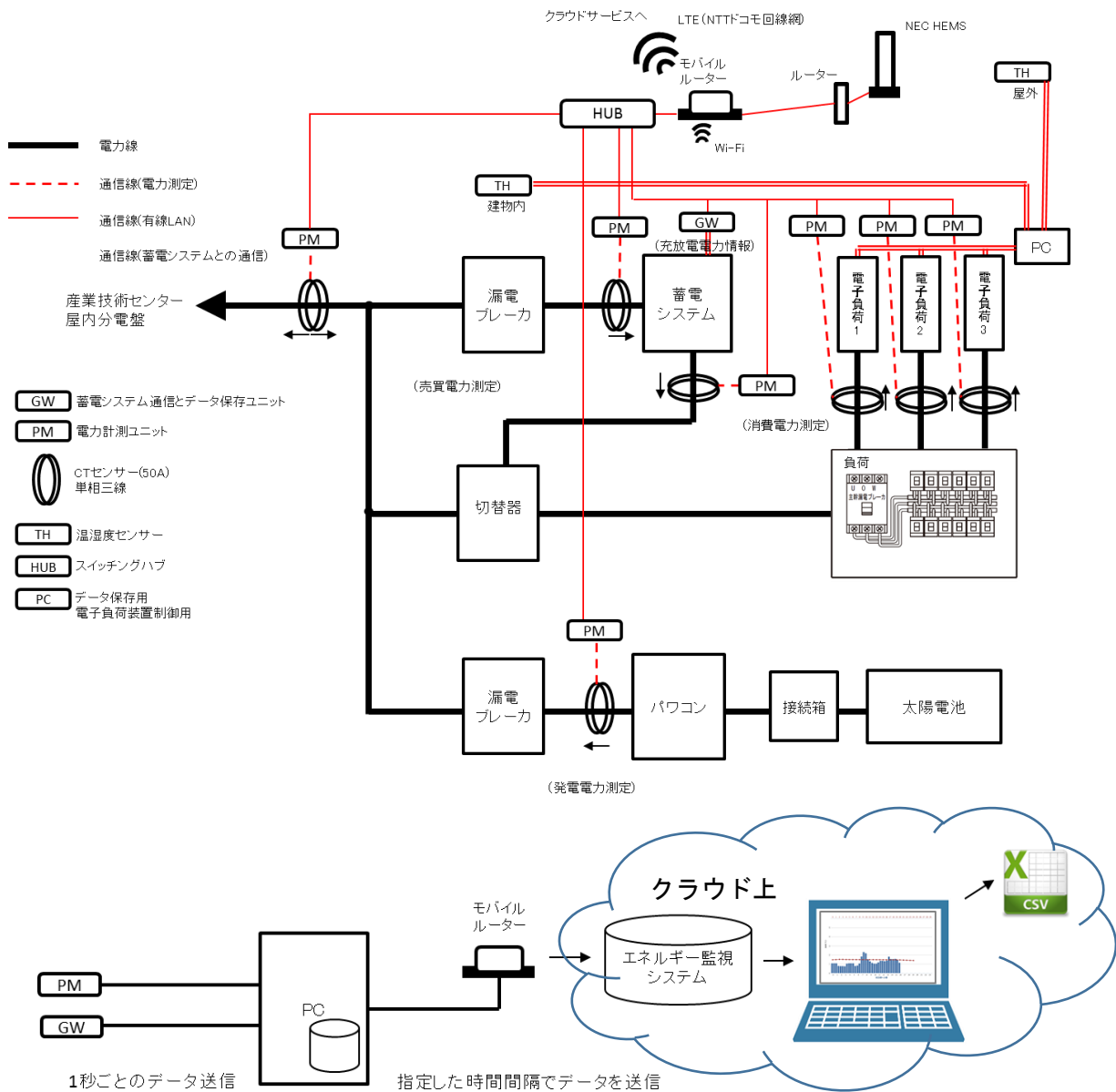


図 2-2-2 計測データをクラウドサーバへ送信・保存する仕組みの概略図

(3) 一般家庭モデルの概要

一般家庭の消費電力モデルとして、山口県内の家庭の協力により実際の家庭（以下、K邸という。）の消費電力を実時間計測させて頂いた。負荷を再現して実証試験を行った。K邸の概要は表 2-2-2 のとおりである。一軒家（木造 2 階建て）、4 人家族（うち 2 名は子供）で、オール電化住宅である。特徴的な負荷としては、エコキュートである。太陽光発電システム及び蓄電池は設置されていないため、本実証試験により、太陽光発電システムと蓄電池の導入による省エネの効果等を検証することができる。

表 2-2-2 K邸の概要

項目	内容
家族構成	4 人家族（30 代夫婦+子供 2 名）
場所	宇部市内
構造	木造 2 階建（築 3 年）オール電化住宅
主な消費電力	<ul style="list-style-type: none"> 給湯器具：エコキュート 冷暖房器具：エアコン 3 台 その他一般的な家電（電子レンジ、食器洗い洗浄機、浴室暖房器、電気ストーブ）
消費パターン	平日：日中は消費が比較的少なく、夜間、朝方の消費が比較的大きい 休日：滞在時間が長いので、電力消費が比較的大きい
その他	太陽光発電なし、蓄電池なし

(4) 実験方法

図 2-2-2 に、K邸の実際の消費電力に基づく産技センター実証試験棟（以下、「試験棟」という。）内の電子負荷装置の制御の概略図を示す。試験棟での全消費電力と実際の K邸の消費電力とを一致させるため、電子負荷装置で消費するために必要な電力を算出する。つまり、電子負荷装置の消費電力 P3 は、K邸での消費電力 P1 から試験棟を維持するために必要な電力 P2 を差し引くことにより求められる。電子負荷装置を制御するコントローラへの電力データは、P1 については 1 回/分、P2 は 1 回/秒、P3 は 1 回/5 秒ごとに送信される。なお、P2 は約 200W から 600W 程度である。

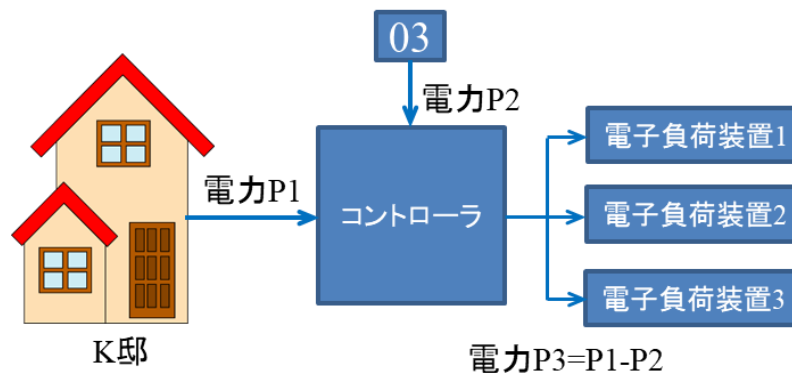


図 2-2-2 K邸の消費電力に基づく電子負荷装置の制御の概略図

(5) システムの検証

本システムの計測値を検証するため、既存の試験棟の NEC HEMS および K 邸の HEMS の計測値との比較を行った。

① 1 時間消費電力量の比較

本システム、NEC HEMS および K 邸 HEMS の 1 時間ごとの消費電力量の計測値を比較した。図 2-2-3 に本システム、NEC HEMS および K 邸 HEMS の 1 時間ごとの消費電力量の 1 日の推移を示す。3 者の消費電力量は比較的よく一致しており、本システムを用いてバッテリーの有効性を検証することができる。なお、本システムと K 邸 HEMS の 1 時間ごとの消費電力量差および NEC HEMS と K 邸 HEMS とのその差の 2 か月間（2017 年 12 月 1 日～2018 年 1 月 31 日）にわたるデータの平均値はそれぞれ-0.031kW、0.043kW、標準偏差はそれぞれ 0.0036kW、0.0028kW であった。

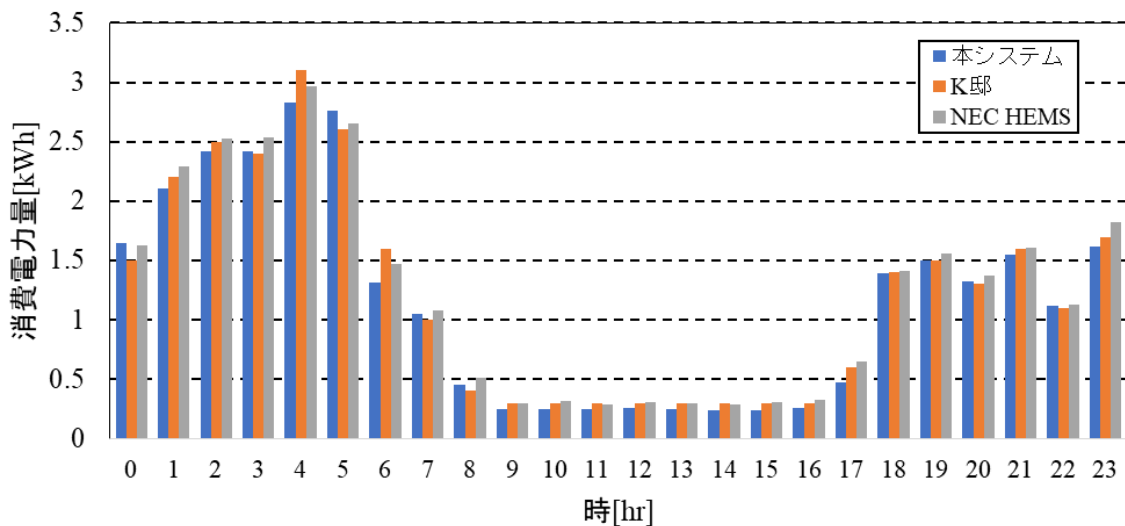


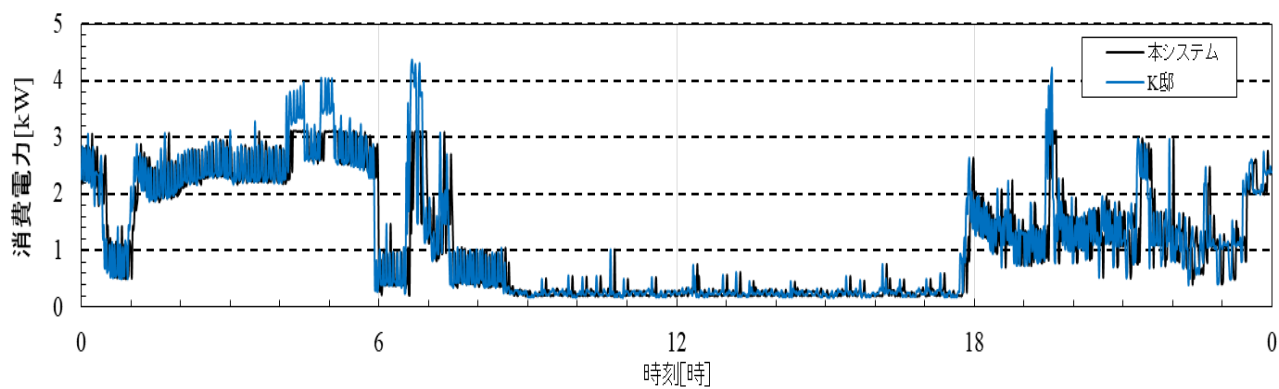
図 2-2-3 本システム、NEC HEMS および K 邸 HEMS の 1 時間ごとの消費電力量の 1 日の推移

② 1 分平均消費電力の比較

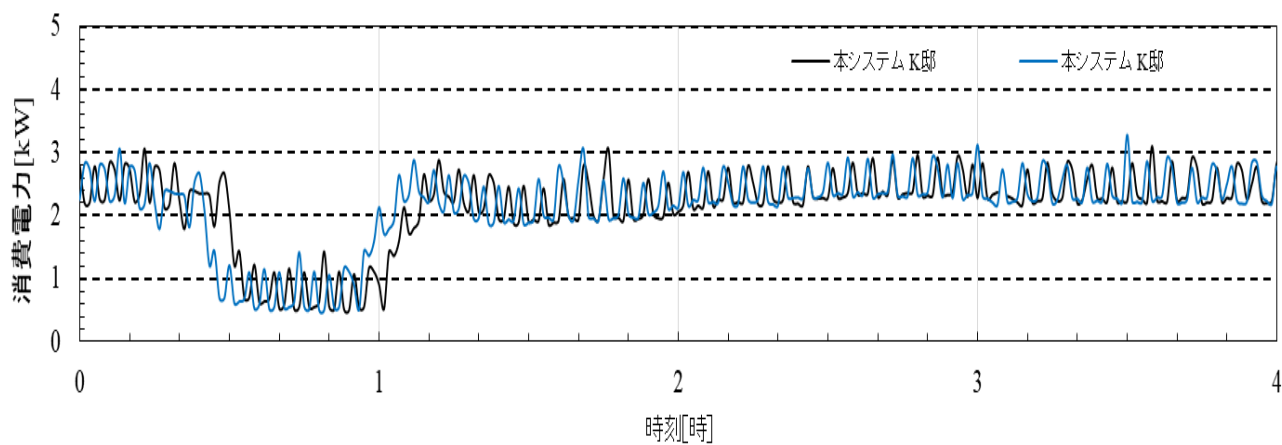
図 2-2-4 に本システムと K 邸の 1 分平均消費電力の 1 日の推移を示す。(a) は 1 日 (24 時間)、(b) は 0 時から 4 時までの 4 時間の推移を示す。(a) より両者の消費電力の 1 日の推移はよく一致していることが分かるが、(b) により詳細に見てみると、本システムは K 邸の 1 分遅れのグラフとなっている。これは、1 分毎に送信される K 邸の消費電力を用いて実証試験棟の負荷装置を制御しているためである。

また、K 邸の消費電力が 3kW を超える場合、試験棟の消費電力が 3kW を示し、再現できていない。これは、電子負荷装置の消費電力が 3kW 以下であるためである。したがって、K 邸の消費電力が 3kW を超える場合には、産技センター試験場では消費電力が再現できないため、評価を行う際には注意が必要である。

なお、両者の消費電力について、本システムの 1 分の遅れを考慮して比較すると、両者の差異（本システム-K 邸）の 1 日分データの平均値は-0.028kW、標準偏差は 0.012kW であった。



(a) 1日 (24時間)



(b) 0時から4時まで (4時間)

図 2-2-4 本システムとK邸の1分平均消費電力の1日の推移

(6) データ解析結果（1 時間データの解析）

① 評価の観点および指標

負荷設置後においても、表 2-2-3、表 2-2-4 に示す指標によって実証試験結果の分析を行うこととした。

表 2-2-3 評価の観点

項目	評価の観点	細目	考え方
システムの自立性	太陽光発電システムに蓄電池を導入することによって、どの程度、電力収支で自立したシステムとなりうるか。	電力収支が Net Zero となりうるか。	状況によっては売買電に頼ることはあってもトータルで発電量が消費電力量を上回れば、エネルギーの Net Zero となる。
		買電量をどの程度下げうるか。	売買電への依存度を下げることは、システムの自立性を高めることになる。
蓄電池の活用度	蓄電池の能力（容量）を十分に生かすか。（太陽光・蓄電池規模、モード比較等）	蓄電池に充電しきれないことがあるか。	余剰売電に回る量を減らし、蓄電できるような容量を確保や、適切なモードの選択が求められる。
		放電量が不足することはないか	蓄電池を活用し、買電量を減らすことが求められる。
時間スケールでの電力収支	各時間スケールで見てどのような結果が得られるか	年間、四半期、月間、日間など複数の時間スケールで収支を確認	特に四季で特徴あるデータを比較する。

表 2-2-4 評価指標

項目	算定式	内容
Net Zero 性能	$\frac{\text{太陽光発電量}}{\text{(総) 消費電力量}}$	状況によっては売買電に頼ることはあっても、トータルで発電量が消費電力量を上回っているかどうかを測る指標
売買電依存度	$\frac{\text{(売電量+買電量)}}{\text{(総) 消費電力量}}$	システム外との電力のやり取りの規模を測る指標。すなわち、発電の余剰電力を売電する、あるいは不足分を買電する等、システム外の電力（電力会社）に依存している状況を測る指標
買電依存度	$\frac{\text{買電量}}{\text{(総) 消費電力量}}$	不足分をシステム外の電力（電力会社）に依存している状況を測る指標
蓄電池利用度	$\frac{\text{(充電量+放電量)}}{\text{(総) 消費電力量}}$	蓄電池との電力のやり取りの規模を測る指標。蓄電池の能力を十分に生かしているかどうかを測る指標
蓄電池依存度	$\frac{\text{放電量}}{\text{(総) 消費電力量}}$	消費電力のうち、どれだけを蓄電池の放電に頼っているかを示す指標

② 冬季（2017年12月）における結果

2017年12月1日～12月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図2-2-5に示す。

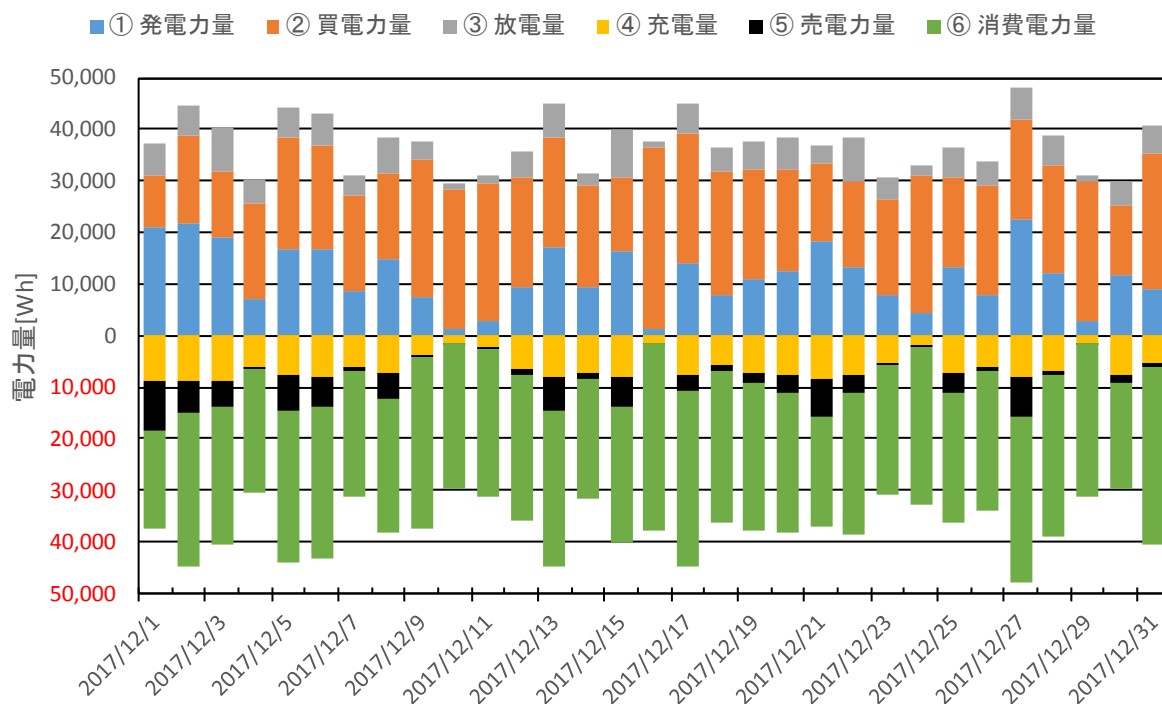


図2-2-5 12月1日～12月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

太陽光発電量や消費電力量（冷房用電力が多くを占める）はそれぞれ日射量や気温の影響を受ける。図2-2-6は2017年12月1日～12月31日の各日における日照時間（山口）と太陽光発電量（日積算値）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例している。

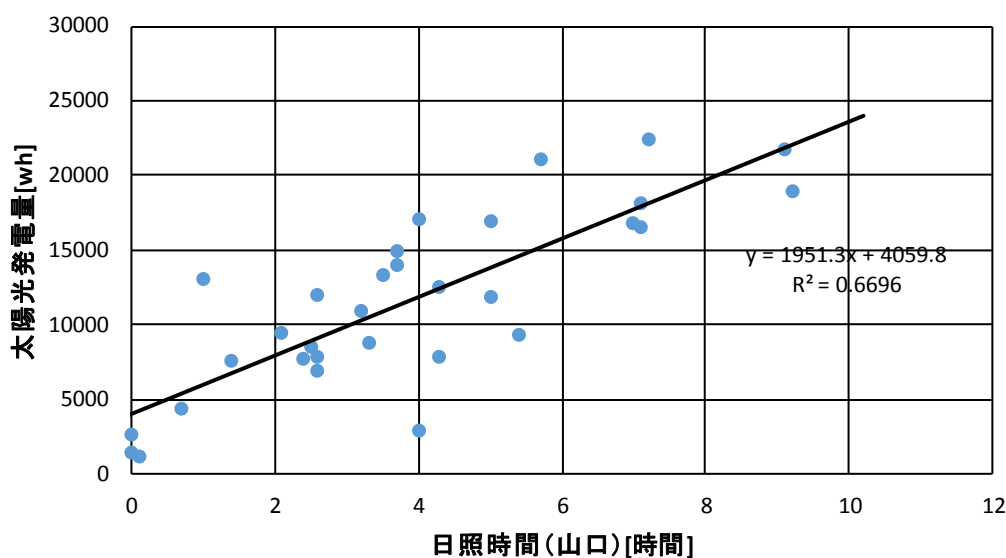


図2-2-6 日照時間と太陽光発電量

図 2-2-7 は 2017 年 12 月 1 日～12 月 31 日の各日における日平均気温（宇部）と消費電力量（日積算値）をプロットしたものである。負荷設置前の試験では、試験室内を一定温度に保つための冷暖房のみが行われていたため、外気温のみが負荷の影響因子となり、日平均気温と消費電力量の間に相関がみられた。

これに対し、負荷設置後の試験、すなわちここで分析対象としている試験においては、K 邸の生活スタイルに応じた電力負荷が加わっているが、これは外気温とは必ずしも関係が無い。このため、図 2-2-7 に示すように、消費電力量と日平均気温との間にはほとんど関係が見られない。

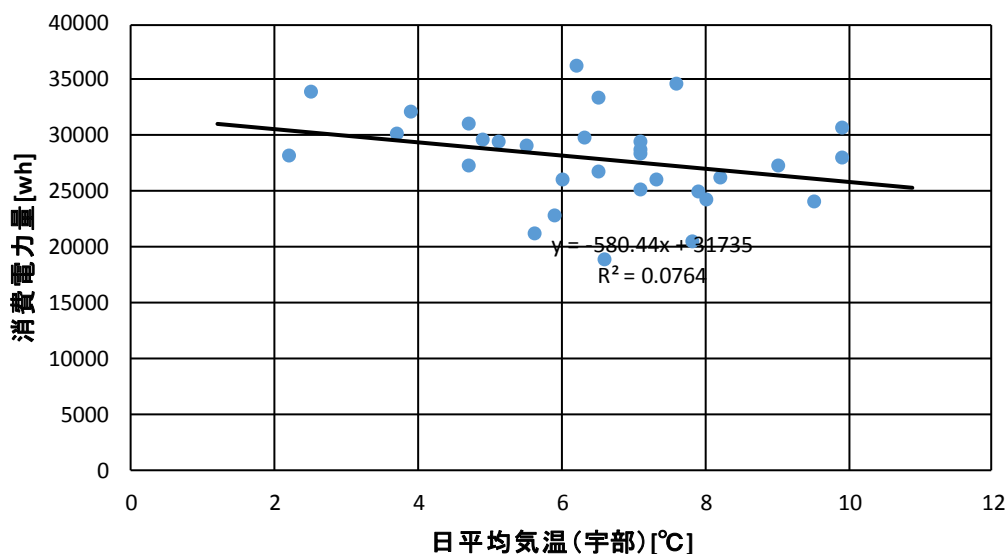


図 2-2-7 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能（図 2-2-8）、売買電依存度および買電依存度（図 2-2-9）、蓄電池利用度および蓄電池依存度（図 2-2-10）の推移を示す。

太陽光発電量は日照時間に大きく左右される一方、消費電力量は日々の変化の幅がより小さいため、Net Zero 性能は基本的には日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 43.2%である。

買電依存度は月平均で 73.4%と高い。日照時間が短い日には発電量が少ないため、買電依存度は高まり、当然ながら売買電依存度と買電依存度との差が無くなる。

蓄電池利用度および蓄電池依存度は日々大きく変動している。月平均の蓄電池依存度は 18.1%であり、負荷設置前の試験に比べると低い。

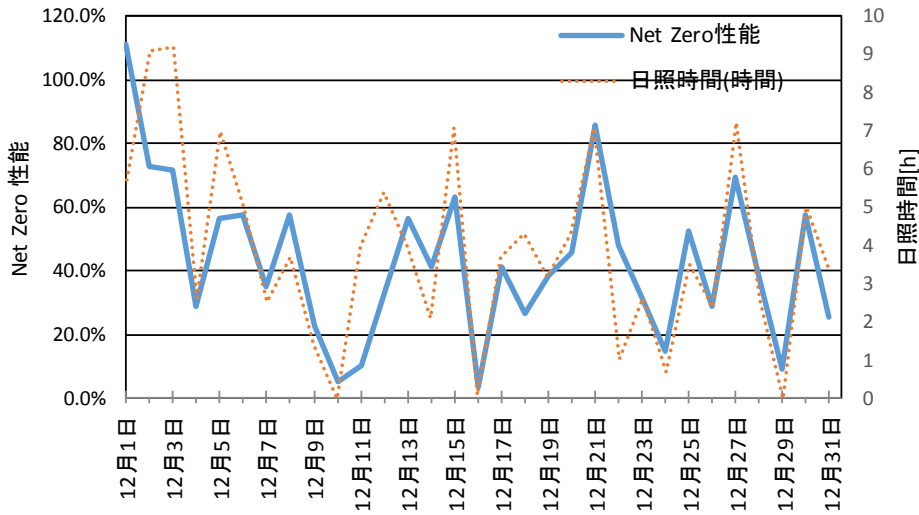


図 2-2-8 Net Zero 性能の推移

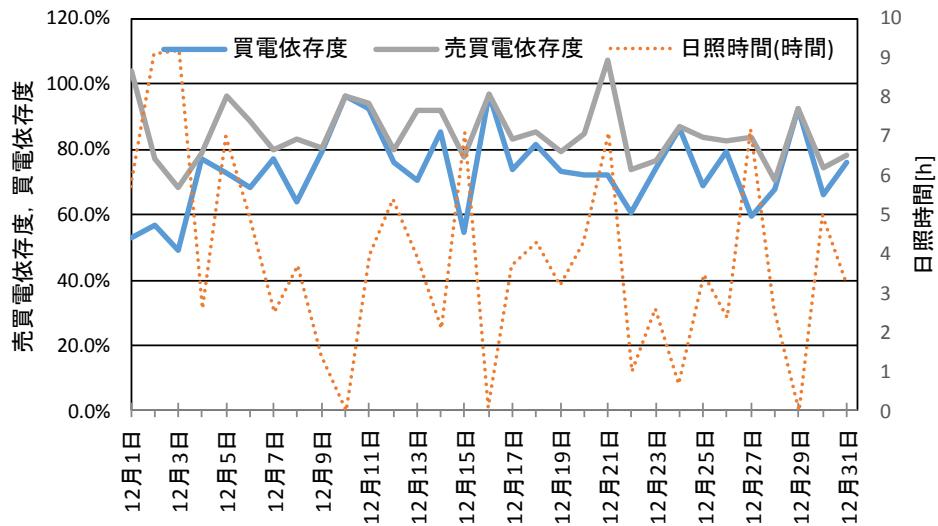


図 2-2-9 売買電依存度および買電依存度

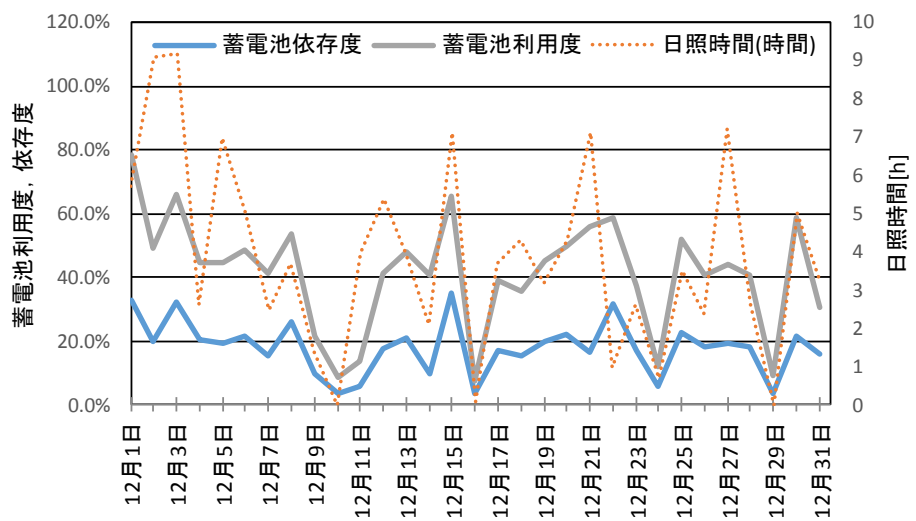


図 2-2-10 蓄電池利用度および蓄電池依存度

特徴ある2日、すなわち2017年12月16日（日照時間0.1時間）（図2-2-11）と2017年12月21日（日照時間7.1時間）（図2-2-12）の電力の推移を示す。

どちらの日においても、K邸を模擬した消費電力量は一日を通して大きい。これに対し、12月16日は日照不足のため、日中は太陽光発電に頼ることができず、買電頼りとなっている。この日のNet Zero性能は3.3%程度しかなく、買電依存度は96.8%となっている。

12月21日は日照に恵まれ、日中は消費電力を補って有り余る発電が行われ、充電しきれない分は売電されている。Net Zero性能は85.6%に上る。ただし、発電量を蓄電池が十分に吸収できず、半分程度は売電に回ってしまったため、蓄電池依存度は16.5%止まりで、買電依存度は72.2%に達している。

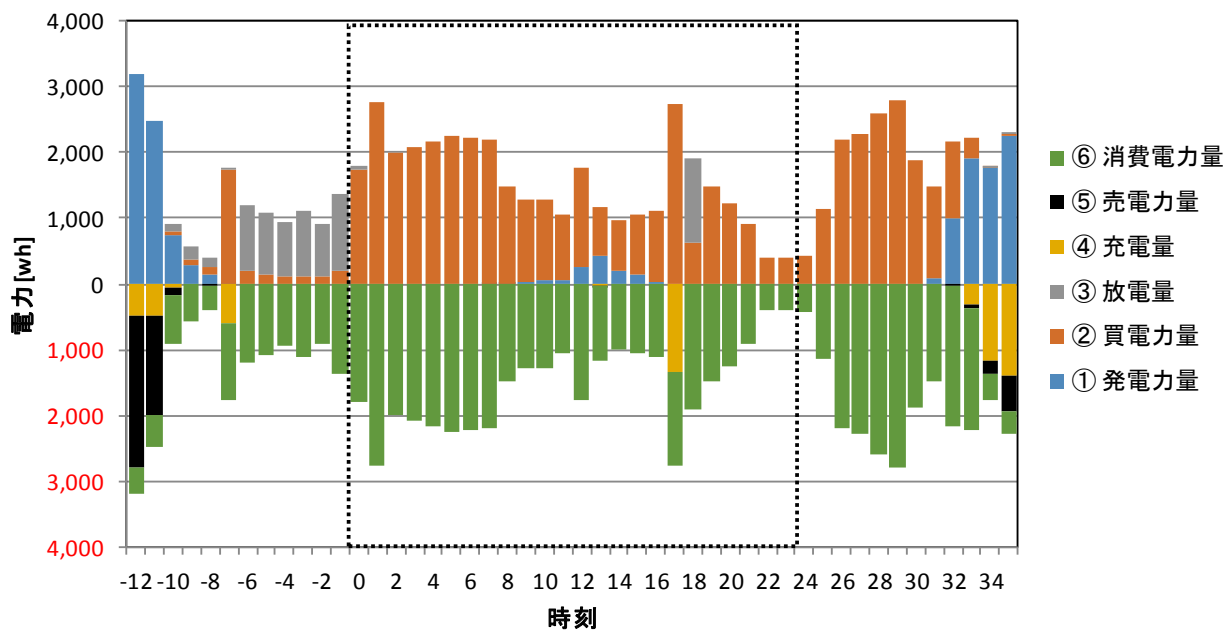


図2-2-11 2017年12月16日（日照時間0.1時間）の電力の推移

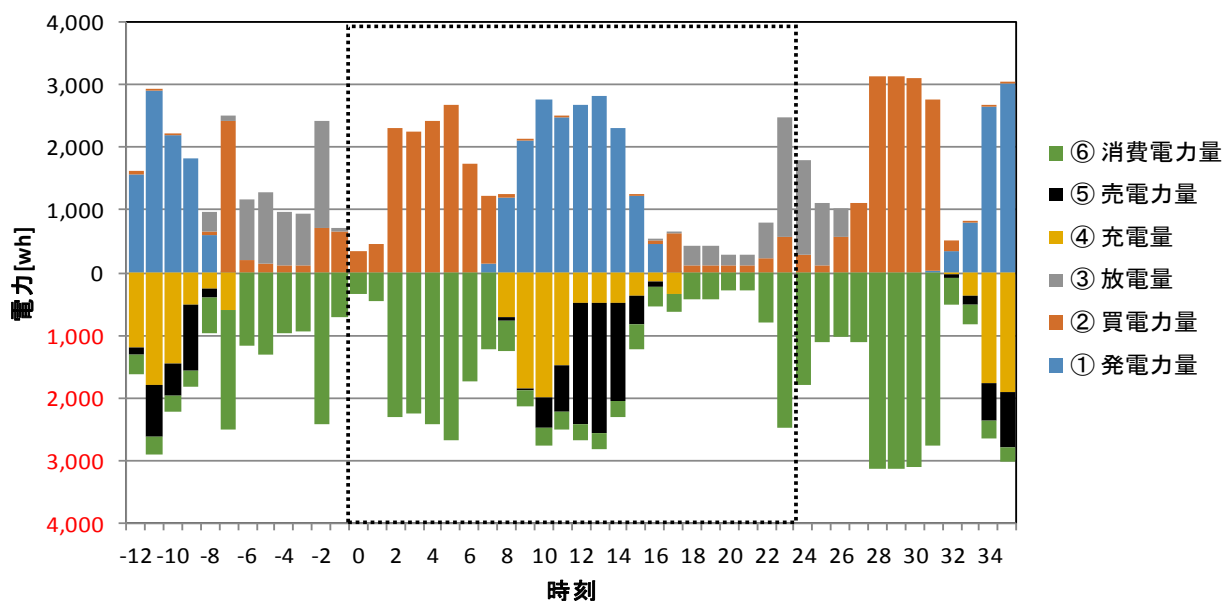


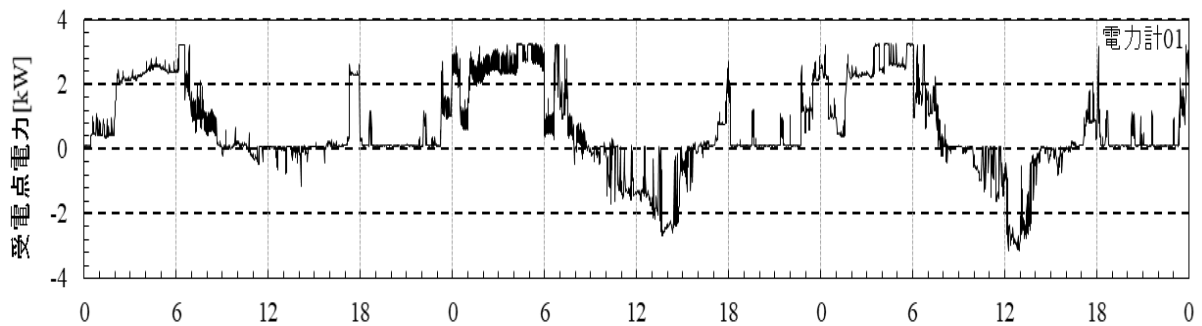
図2-2-12 2017年12月21日（日照時間7.1時間）の電力の推移

(7) データ解析結果（短時間データの解析）

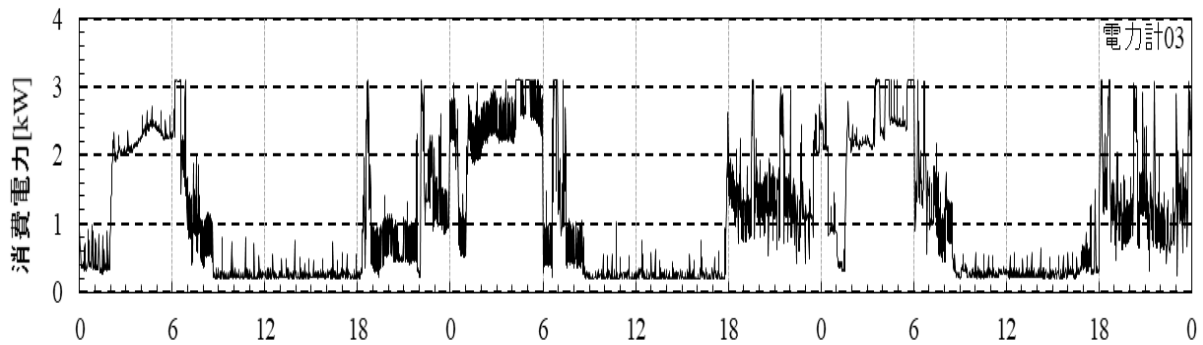
① 1分データ解析

図 2-2-13(a)～(d)にそれぞれ(a) 試験棟の受電点電力、(b) 試験棟の消費電力、(c) 太陽光発電電力、(d) 蓄電池の充放電電力、(e) バッテリー運転モードおよび(f) バッテリー残量[%]の1分間平均電力の3日間の推移を示す。消費電力（電力需要）に対応して、太陽光発電、蓄電池および系統電源（受電点電源）から電力が供給されている様子が大略で分かる。ここでは、蓄電池の充電が正、放電が負、受電点電力は買電が正、売電が負である。

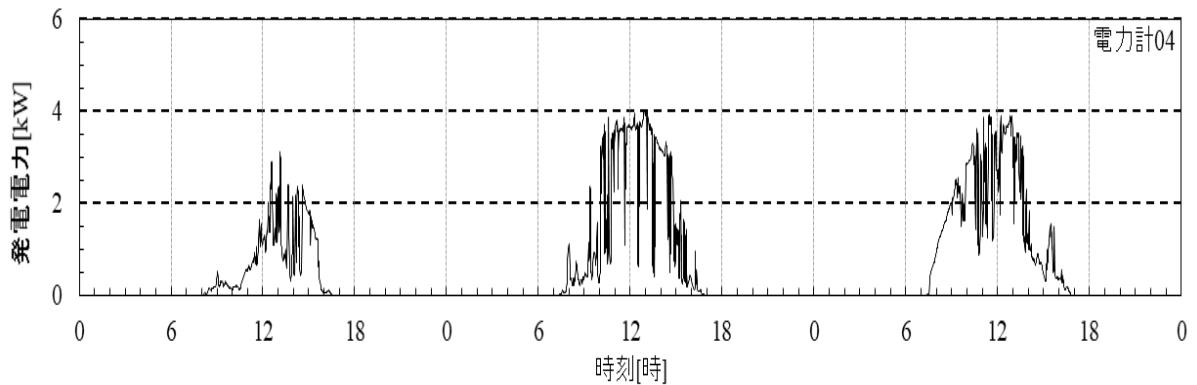
また、蓄電池の動作状態について見てみると、蓄電池の運転モードと実際の蓄電池の充放電電力が対応して変動しており、充電とともに蓄電池のバッテリー残量が増加し、放電に従って残量が減少していることが分かる。



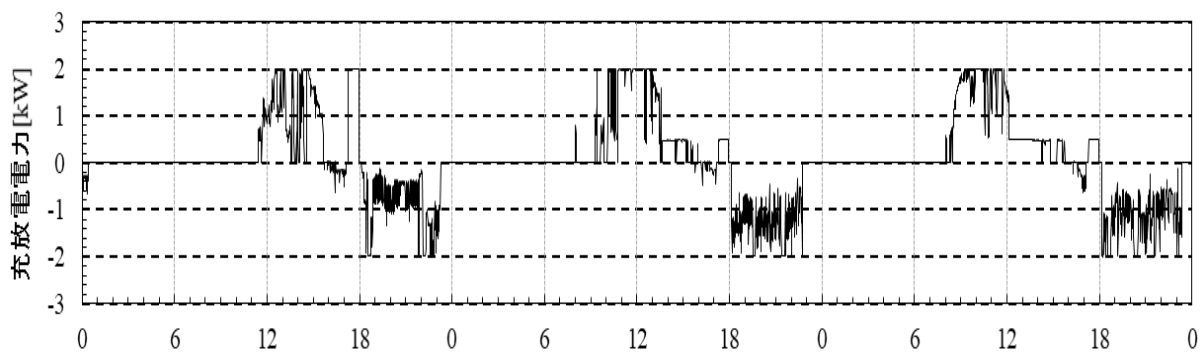
(a) 受電点電力（買電：>0, 売電：<0）



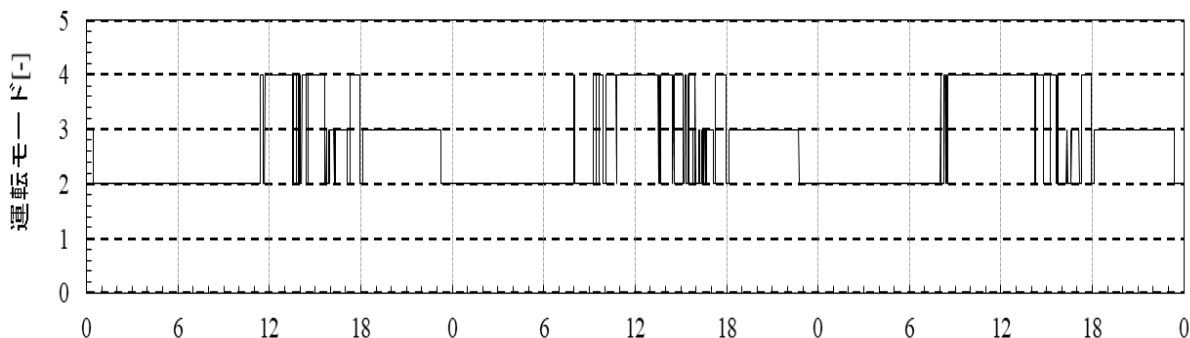
(b) 消費電力



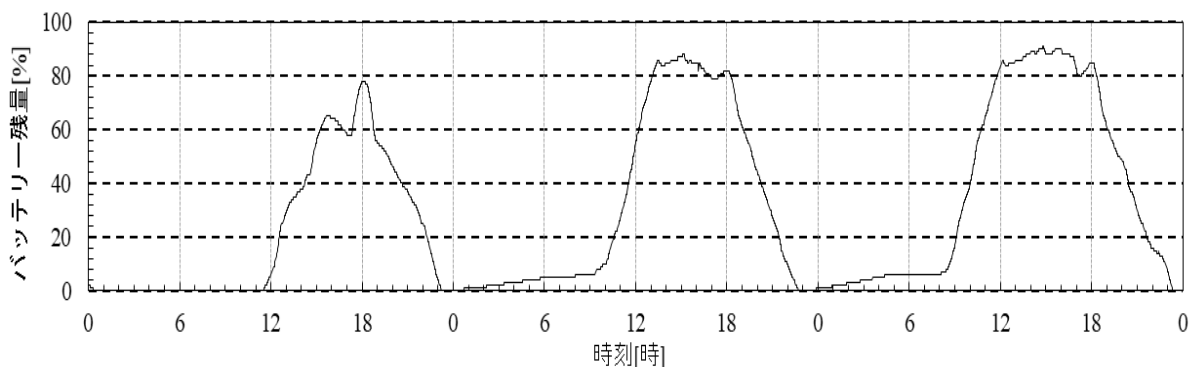
(c) 太陽光発電電力



(d) バッテリー充放電電力 (充電 : >0, 放電 : <0)



(e) バッテリー運転モード (2 : 待機, 3 : 放電, 4 : 充電)



(f) バッテリー残量[%]

図 2-2-13 各電力、運転モードおよびバッテリー残量の時系列変動

詳細な電力需給について見てみる。図 2-2-14 に 3 日間の真ん中の 1 日 (24 時間) の電力需給の推移を示す。消費電力に対応して、各電源 (太陽光発電、蓄電池および受電点電源) から適宜電力が供給されていることが分かる。日中は消費電力が少ないため、太陽光発電電力は蓄電池の充電に用いられ、さらに余剰な電力は受電点電力が負であることから試験棟の外部へ出力 (売電扱い) されている。ここでは、蓄電池の放電は正、充電は負、受電点電力は買電が正、売電が負である。

このことから蓄電池が電力の需給調整に寄与していることが分かる。

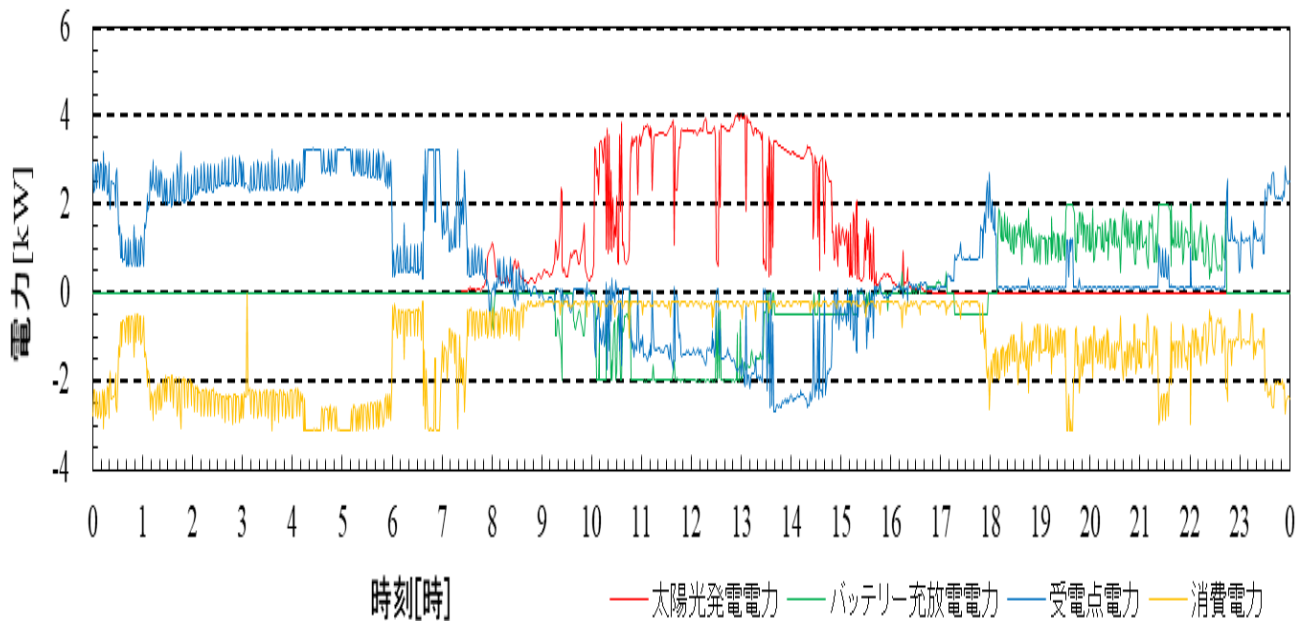


図 2-2-14 1日（24 時間）の電力需給の推移

(8) 家庭モデルにおける試験に関する小括

K 邸を模擬した電子負荷を設置した試験は、12 月から本格稼働したばかりであるので、詳細な検討は今後の作業課題である。今後、春季、夏季等の実証試験を行い、その結果を分析することによって、年間を通した評価を行うこととする。

今回のデータの分析を踏まえた小括は以下の通りである。

① システム構成について

本システムにより、実際の一般家庭の消費電力を電子負荷装置で再現する試験については、概ね再現できており、一般家庭の消費電力モデルを電子負荷装置で消費するシミュレーションが実施可能となった。

このシステムにより、太陽光発電と蓄電池を設置していない家庭の消費電量を産技センター試験場で模擬的に消費することにより、太陽光発電と蓄電池を設置した場合のそれらの効果をシミュレーションすることが可能である。

② 本家庭モデルでの示唆

本家庭モデルについて、以下の点が示唆された。

(1 時間データ解析より)

● 電力需要の大きさ

- 現実の家庭モデル（オール電化住宅）においては、一日を通して電力需要が大きい

● 電力需要、太陽光発電量、蓄電池容量間のミスマッチ

- 電力需要に比べて蓄電池の容量が十分でないため、蓄電池の役割が相対的に小さくなるを得ない（蓄電池依存度が低くなる）
- 天候に恵まれず、太陽光発電が期待できない場合には蓄電池の役割は限定的で、買電頼みとならざるを得ない

- 太陽光発電量に比べても蓄電池の容量が十分でないため、好天に恵まれ、せっかく十分な太陽光発電が行われた場合でも、その発電量を十分に充電し、後に放電して自家消費することができず、大半は売電に回さざるを得ない
- 従って Net Zero 性能はある程度高めることが出来ても、真の意味での自立性は確立できない

(短時間データ解析より)

- 1 分間平均データの結果から、消費電力に対応して、各電源（太陽光発電、バッテリーおよび受電点電源）から適宜電力が供給されていることが確認された。
- 1 分間平均データの結果から、太陽光発電と関係した EV 中古バッテリーのリユース蓄電池が、電力の需給調整に寄与していることが分かった。

2-3 美祢青嶺高校大気測定局での試験について

(1) 試験の概要

美祢青嶺高校大気測定局に係る試験の施設・設備の内容を表 2-3-1 に、システム・測定機器・ネットワーク構成図を図 2-3-1 示す。

試験の内容としては、一般的な家庭規模で設置される最小規模の 2.56kW の太陽光発電を用いて、日産自動車の EV「リーフ」の車載用リチウムイオンバッテリーを定置型蓄電池としてリユースした蓄電池と連係し、24 時間運転を行った。消費電力については、大気測定局機器類である。

また、リユース蓄電池の劣化の進行度合が実容量で約 8 割の中古バッテリーを使用した。

表 2-3-1 施設・設備の内容

区 分	内 容	備 考
建物	大気測定局舎（機器設置） 2.6m×1.8m=4.68m ² 高さ 2.6m コンクリート製建物（屋根を太陽光パネル設置に利用） 4.1m×3.7m=15.17m ² 高さ 2.77m	美祢市大嶺町東分 299-1
太陽光発電	メーカー：長州産業(株) 型 式：CS-320G31 発電出力：2.56kW	パネル数：8 枚 新設
定置型蓄電池	メーカー：フォーアールエナジー(株) 製品名：エネハンド蓄電池 （日産自動車(株)電気自動車の中古バッテリー（リチウムイオン電池）） 型 式：EHB-240A040 定格容量：12kWh	実容量：約 9.6kWh （約 8 割）
HEMS	メーカー：NEC 型 式：IG0001STC/CM	クラウド型
パワーコンディショナー	メーカー：長州産業(株) 型 式：PCS-40Z3C 出 力：4.0kW	
ネット回線	会 社：IIJ インターネットサービス LTE/3G 回線	格安 SIM(LTE/3G)
ローカル型モニター計測ユニット	メーカー：長州産業(株) 型 式：CMCS-03B-W	日間・月間・年間データ取得
温度・湿度計データロガー	メーカー：(株)ティアンドデイ 型 式：TR-72wf	クラウド型
対象負荷	大気測定機器類 ・SO ₂ ・SPM 計 型式：GFS-327 ・NO _x 計 型式：GLN-354B ・風向風速計 型式：MVS-350 ・テレメーター用子機 ・大気採取装置 その他施設 ・エアコン（夏季のみ） 2.8kW ・蛍光灯 31W 2 灯 ・換気扇 25cm	大気測定機器類は 24 時間稼働 エアコンは夏季のみ稼働 その他は必要に応じて稼働



太陽光発電 2.56 kW



蓄電池 9.6kWh



HEMS



大気測定機器

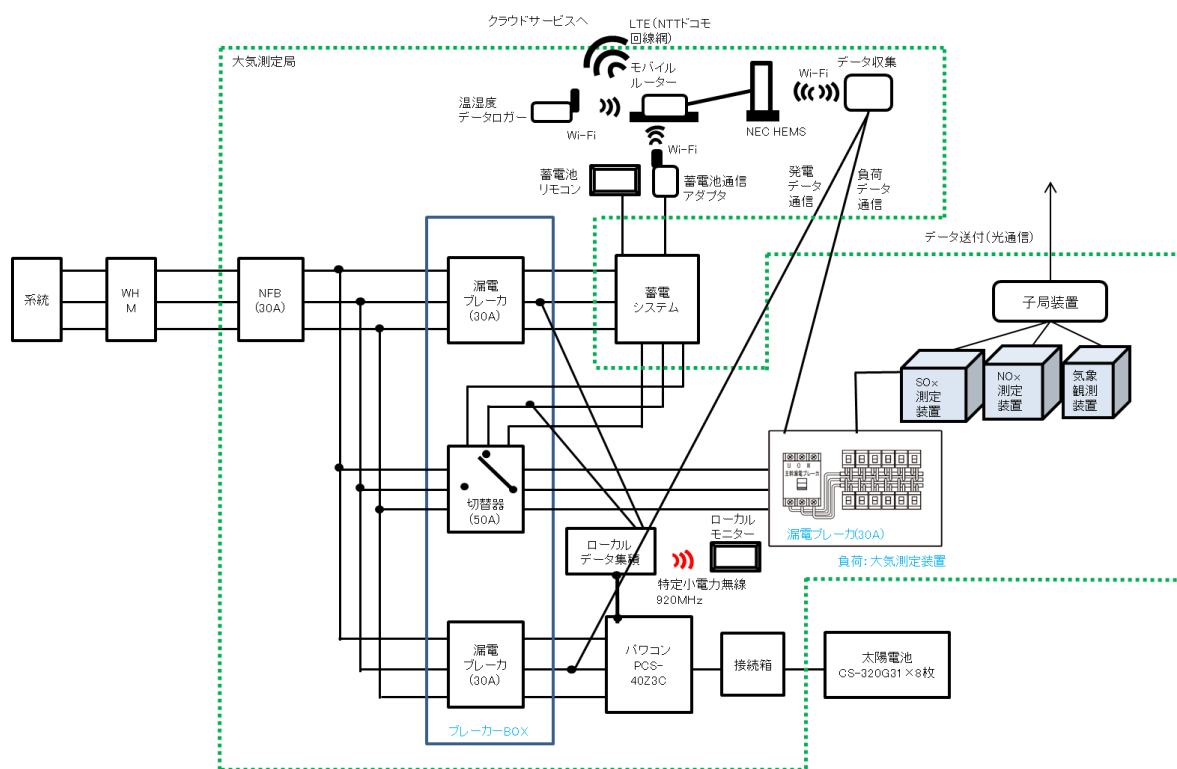


図 2-3-1 システム・測定機器・ネットワーク構成図

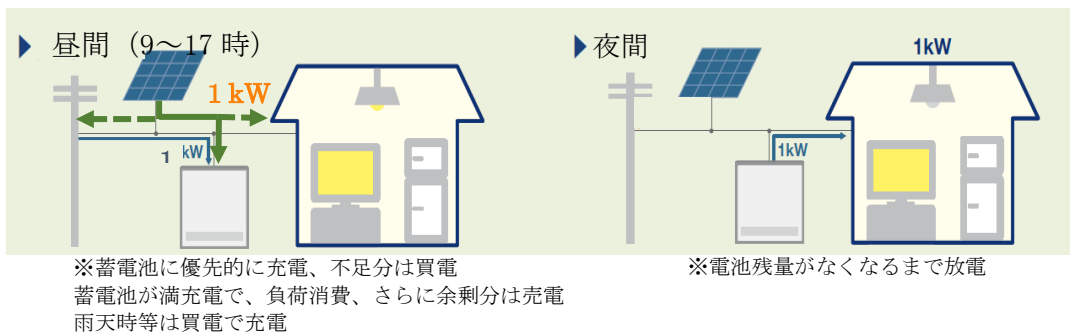
(2) 蓄電池の運転条件

蓄電池の運転条件は、ピークシフトモードにより実施した。9～17 時を太陽光発電電力を蓄電池に充電し、それ以外の時間帯を放電する設定とした。

なお、2017 年 2～3 月は試験運転、4 月から本格運転を実施した（図 2-3-2）。

○ピークシフトモード

- ◆昼間（9～17 時）：蓄電池に充電
- ◆夜間（17 時以降）：電池残量がなくなるまで放電
 - ※放電終わると蓄電池は待機し、負荷は買電でまかなう
 - ※雨天時等は買電で充電
 - 充電特性：充電方法は、蓄電開始より 2kW 固定で蓄電池へ充電を行う。
蓄電池の容量が 90%程度に到達すると 2kW の電力を低電力に絞り満充電を行うよう制御する。

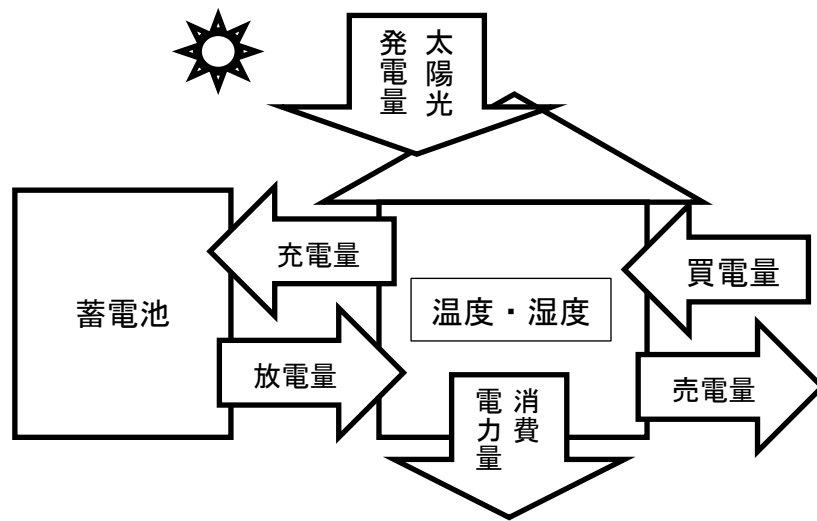


施設	モード	H28 年度				H29 年度			
		12～1	2～3	4～5	6～7	8～9	10～11	12～1	2～3
大気	ピークシフト		●						➔

図 2-3-2 ピークシフトモードの内容及び実施期間

(3) 収集データ項目

HEMS により、太陽光発電量、商用電源からの買電量、売電量（系統への逆潮流の電力量）、消費電力量、蓄電池の充電量と放電量といった一日の電力量収支を 1 時間単位で計測した。また、温度変化を確認するため、データロガーで温度・湿度を計測した（図 2-3-3）。



収集データ項目	内容	
太陽光発電量 (kWh)	太陽光発電により発電した電力量	HEMSにより24時間測定 データログはNECを利用、1時間を計測
消費電力量(kWh)	負荷(エアコン、電灯、機器類)で消費した電力量	
売電量(kWh)	太陽光発電で発電した電力量のうち、消費及び蓄電池に充電した上で余剰に発電した電力を系統等に逆潮流した電力量 (美祢青嶺高校大気測定局は、電力会社系統への逆潮流の電力量)	
買電量(kWh)	電力会社からの買電電力量	
充電量(kWh)	太陽光発電又は買電により蓄電池に充電した電力量	
放電量(kWh)	蓄電池から負荷に放電した電力量	
温度・湿度	温湿度データロガーにより24時間測定	

図 2-1-3 一日の間の電力収支の模式図及び収集データ

(4) データ解析結果

① 評価の観点および指標

美祿青嶺高校大気測定局においても、表 2-3-2 の評価の観点を踏まえ、年間、四半期、月間、日間など複数の時間スケールごとに表 2-3-3 の指標によって定量的に本試験の評価を行うこととした。

表 2-3-2 実証試験に対する評価の観点

項目	評価の観点	細目	考え方
システムの自立性	太陽光発電システムに蓄電池を導入することによって、どの程度、電力収支で自立したシステムとなりうるか。	電力収支が Net Zero となりうるか。	状況によっては売買電に頼ることはあってもトータルで発電量が消費電力量を上回れば、エネルギーの Net Zero となる。
		買電量をどの程度下げうるか。	売買電への依存度を下げることは、システムの自立性を高めることになる。
蓄電池の活用度	蓄電池の能力（容量）を十分に生かすうるか。（太陽光・蓄電池規模、モード比較等）	蓄電池に充電しきれないことがあるか。	余剰売電に回る量を減らし、蓄電できるような容量を確保や、適切なモードの選択が求められる。
		放電量が不足することはないか	蓄電池を活用し、買電量を減らすことが求められる。
時間スケールでの電力収支	各時間スケールで見てもどのような結果が得られるか	年間、四半期、月間、日間など複数の時間スケールで収支を確認	特に四季で特徴あるデータを比較する。

表 2-3-3 評価指標

項目	算定式	内容
Net Zero 性能	$\frac{\text{太陽光発電量}}{\text{(総)消費電力量}}$	状況によっては売買電に頼ることはあっても、トータルで発電量が消費電力量を上回っているかどうかを測る指標
売買電依存度	$\frac{\text{(売電量+買電量)}}{\text{(総)消費電力量}}$	システム外との電力のやり取りの規模を測る指標。すなわち、発電の余剰電力を売電する、あるいは不足分を買電する等、システム外の電力（電力会社）に依存している状況を測る指標
買電依存度	$\frac{\text{買電量}}{\text{(総)消費電力量}}$	不足分をシステム外の電力（電力会社）に依存している状況を測る指標
蓄電池利用度	$\frac{\text{(充電量+放電量)}}{\text{(総)消費電力量}}$	蓄電池との電力のやり取りの規模を測る指標。蓄電池の能力を十分に生かしているかどうかを測る指標
蓄電池依存度	$\frac{\text{放電量}}{\text{(総)消費電力量}}$	消費電力のうち、どれだけを蓄電池の放電に頼っているかを示す指標

【補足：指標の考え方】

- 例：○売買電依存度と買電依存度との差が無い
 ⇒完全に買電（電力会社）に依存している状況であることを示す。
- 蓄電池利用度と蓄電池依存度との差が無い
 ⇒完全に蓄電池に依存している状況であることを示す。
- フルコントロールモードの場合、23時～0時（2017年4月からは17時～18時）は買電により蓄電池に充電するため、買電依存度はある程度以下にはならない（一定程度買電に依存する）ものと考えられる。
- ピークシフトモードの場合、昼間に蓄電池にどの程度充電できるのかといったことが買電依存度に影響すると考えられる。

② 春季（2017年5月）における結果

2017年5月1日～5月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図2-3-4に示す（5月7日～12日は充放電データが欠損）。

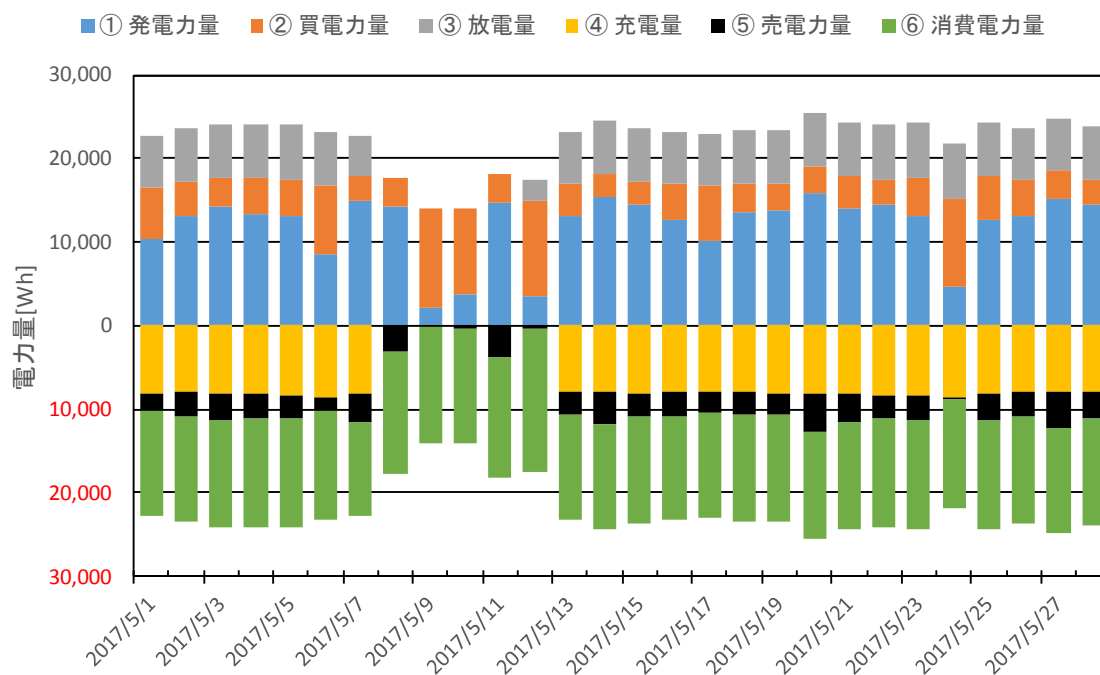


図2-3-4 5月1日～5月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

太陽光発電量や消費電力量（冷房用電力が多くを占める）はそれぞれ日射量や気温の影響を受ける。図2-3-5は5月1日～5月31日の各日における日照時間（秋吉台）と太陽光発電量（日積算値）、図2-3-6は、日平均気温（秋吉台）と消費電力量（日積算値）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例しているが、春季においては冷房需要がそれほど大きくないため、消費電力量は日平均気温に必ずしも比例しない。

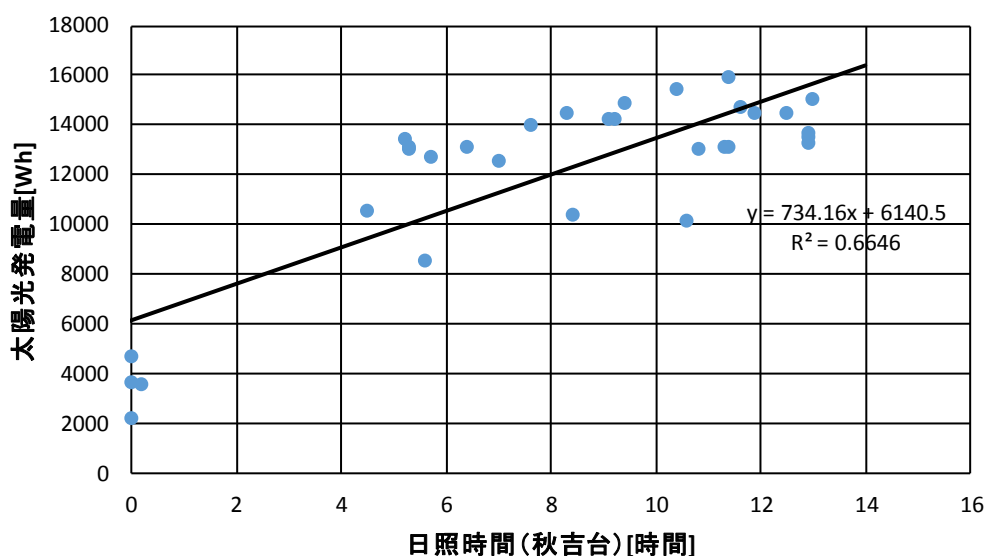


図2-3-5 日照時間と太陽光発電量

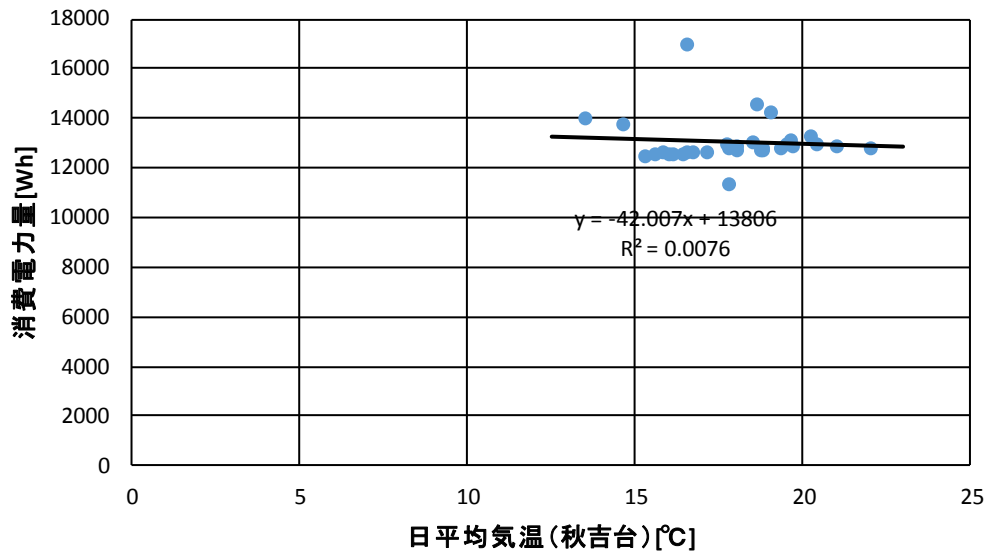


図 2-3-6 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能 (図 2-3-7)、売買電依存度および買電依存度 (図 2-3-8)、蓄電池利用度および蓄電池依存度 (図 2-3-9) の推移を示す。

太陽光発電量は日照時間に大きく左右される一方、消費電力量は変化の幅がより小さいため、Net Zero 性能は基本的には日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 93.8%である。

買電依存度は月平均で 38.2%である。日照時間が短い日には発電量が少ないため、買電依存度は高まり、当然ながら売買電依存度と買電依存度との差が無くなる。

ピークシフトモードでは日中に蓄電池への充電が優先的に行われ、また、夜間には電池残量がなくなるまで蓄電池からの放電が行われるため、蓄電池利用度および蓄電池依存度は安定して推移している (5月7日~12日は充放電データが欠損)。月平均の蓄電池依存度は 50.0%である。

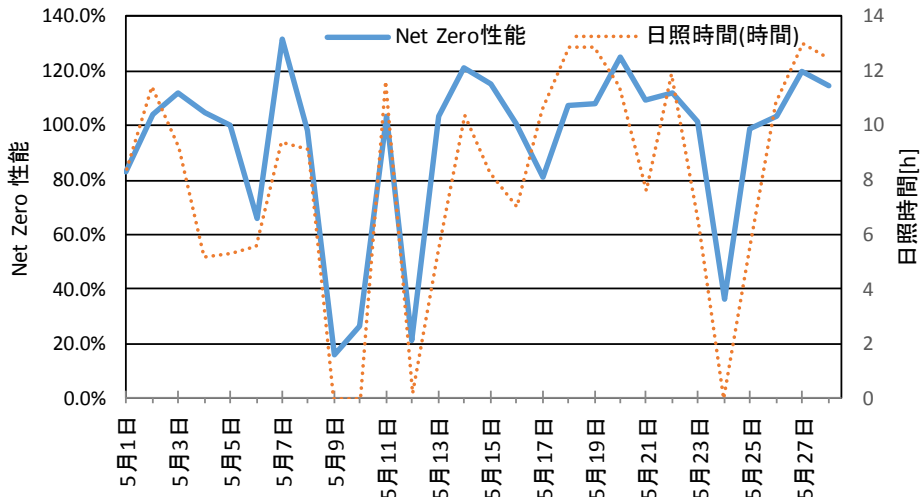


図 2-3-7 Net Zero 性能の推移

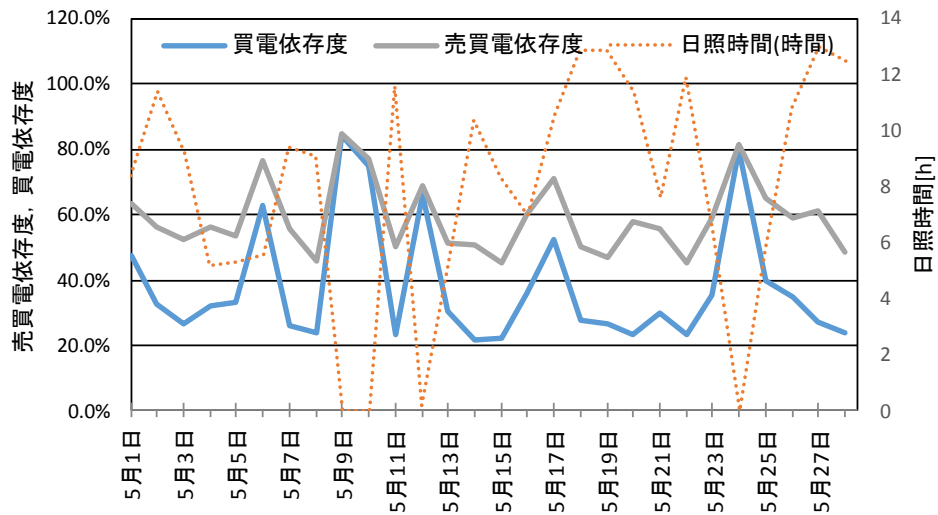


図 2-3-8 売買電依存度および買電依存度

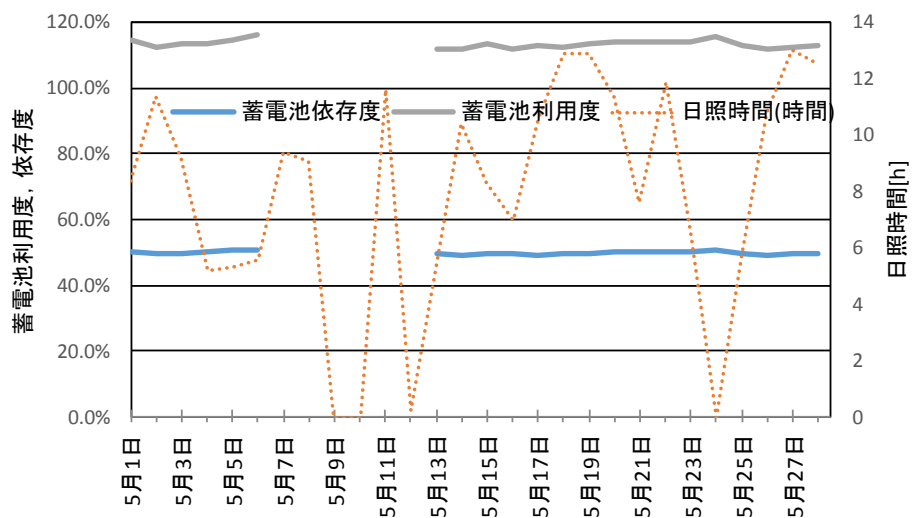


図 2-3-9 蓄電池利用度および蓄電池依存度

特徴ある2日として、図2-3-10に2017年5月19日（日照時間12.9時間）の電力の推移を、図2-3-11に2017年5月24日（日照時間0.0時間）の電力の推移を示す。

5月19日は日照時間が長く、消費電力を補って上回るほどの発電がおこなわれている。そのため、この日のNet Zero性能は107.7%に達し、買電依存度は26.4%となっている。

5月24日は日照量不足のため十分な発電がおこなわれず、Net Zero性能は36.4%に低下し、買電依存度は80.0%に達している。

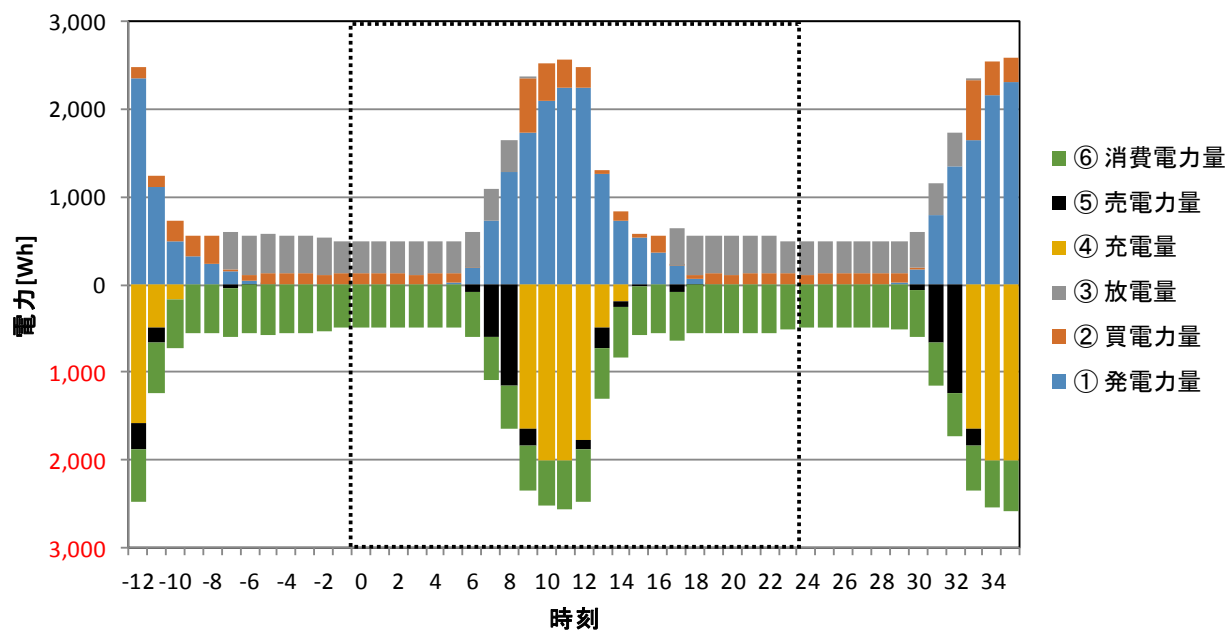


図2-3-10 5月19日（日照時間12.9時間）の電力の推移

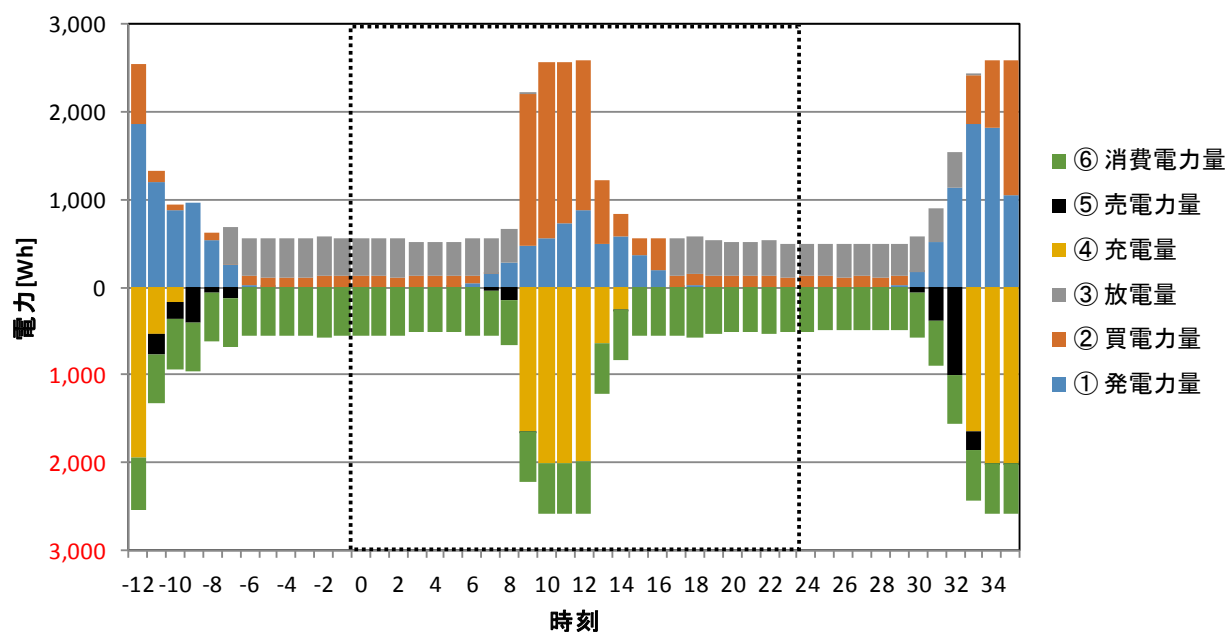


図2-3-11 5月24日（日照時間0.0時間）の電力の推移

③ 夏季（2017年8月）における結果

2017年8月1日～8月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図2-3-12に示す。

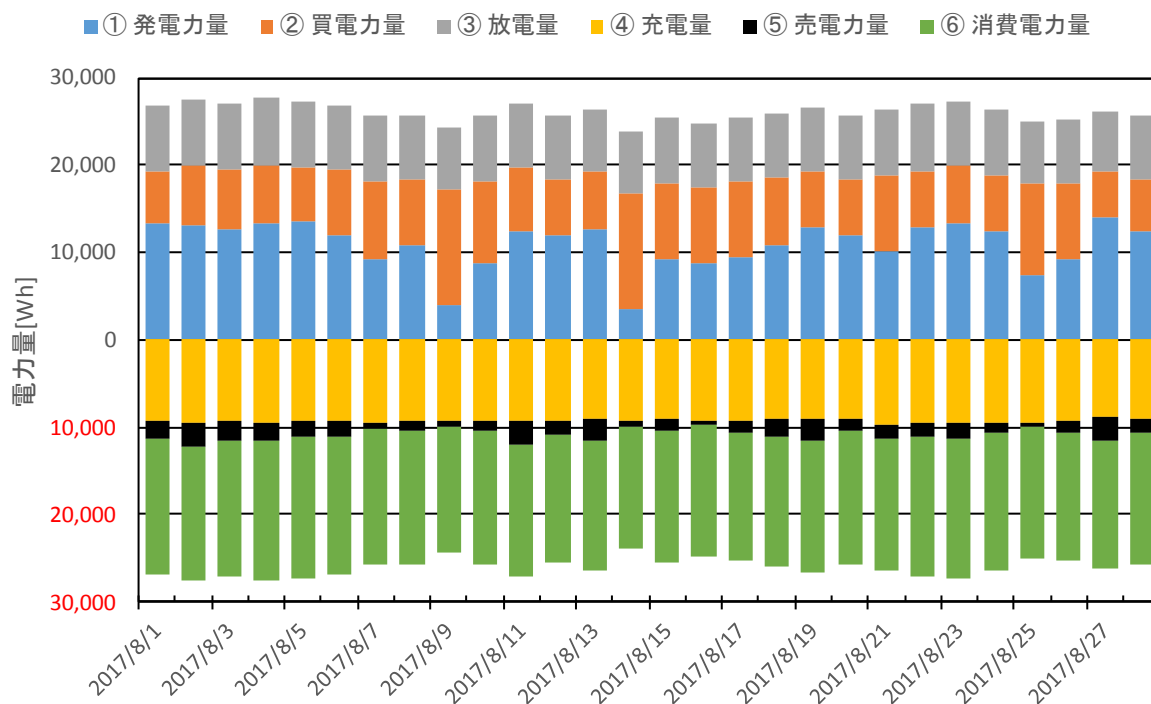


図2-3-12 8月1日～8月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

図は2017年8月1日～8月31日の各日における日照時間（秋吉台）と太陽光発電量（日積算値）（図2-3-13）、日平均気温（秋吉台）と消費電力量（日積算値）（図2-3-14）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例している。春季に比べ、夏季においては冷房需要が大きいため、消費電力量は日平均気温に正比例している。

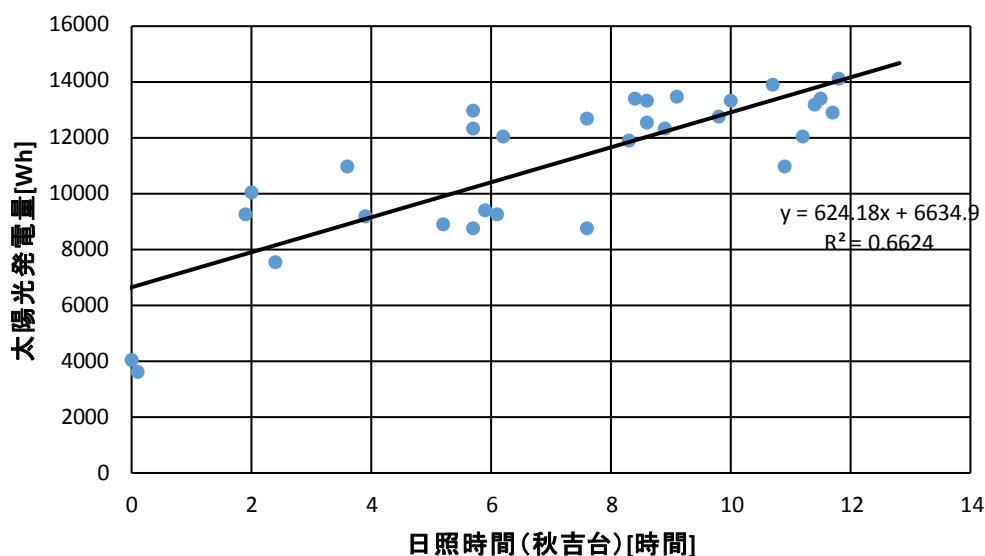


図2-3-13 日照時間と太陽光発電量

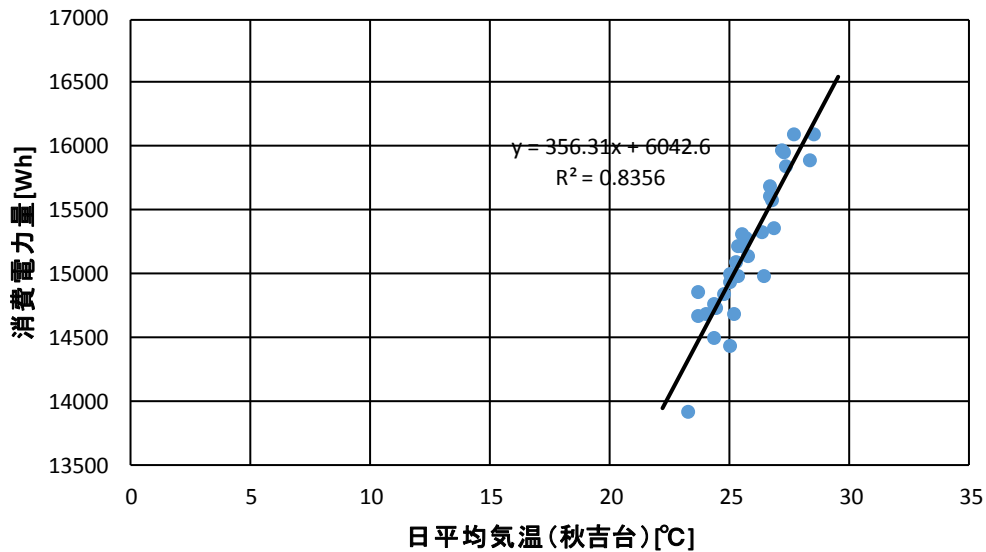


図 2-3-14 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能 (図 2-3-15)、売買電依存度および買電依存度 (図 2-3-16)、蓄電池利用度および蓄電池依存度 (図 2-3-17) の推移を示す。

春季と同様に、太陽光発電量は日照時間に大きく左右される一方、消費電力量は日平均気温の変化に依存するものの変化の幅がより小さいため、Net Zero 性能は基本的には日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 72.7%である。

買電依存度は月平均 50.7%で春季よりも高い。これは、冷房負荷の増大により電力需要が増加したためである。日中、冷房時に太陽光発電量が不足する場合、買電に頼らざるを得ないためである。

ピークシフトモードでは日中に蓄電池への充電が優先的に行われ、また、夜間には電池残量がなくなるまで蓄電池からの放電が行われるため、春季と同様に、蓄電池利用度および蓄電池依存度は安定して推移している。月平均の蓄電池依存度は 48.6%である。

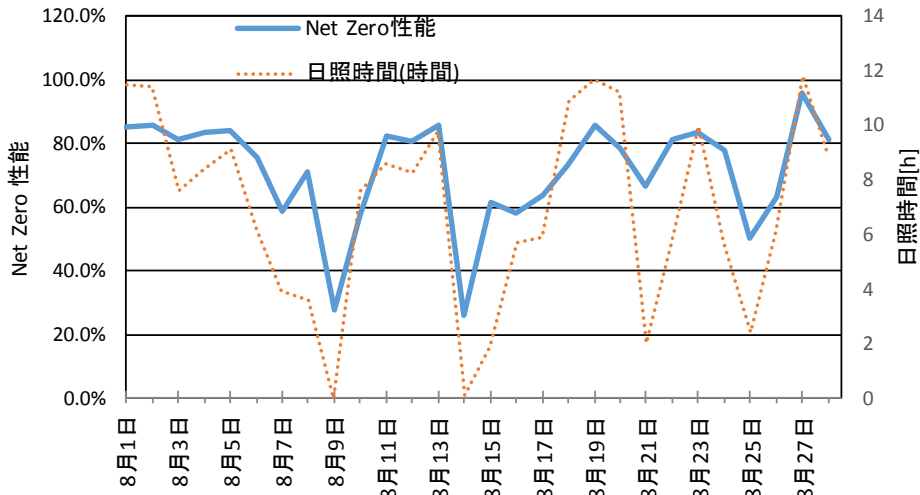


図 2-3-15 Net Zero 性能の推移

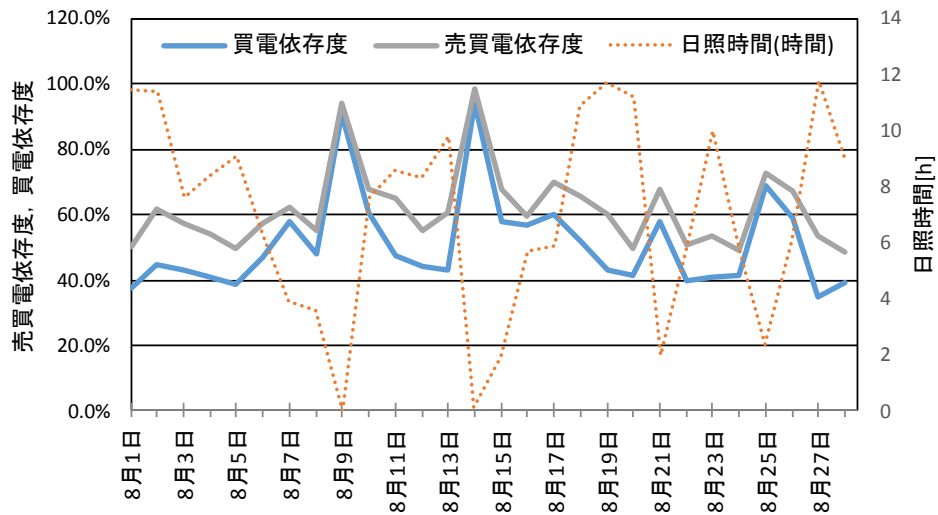


図 2-3-16 売買電依存度および買電依存度

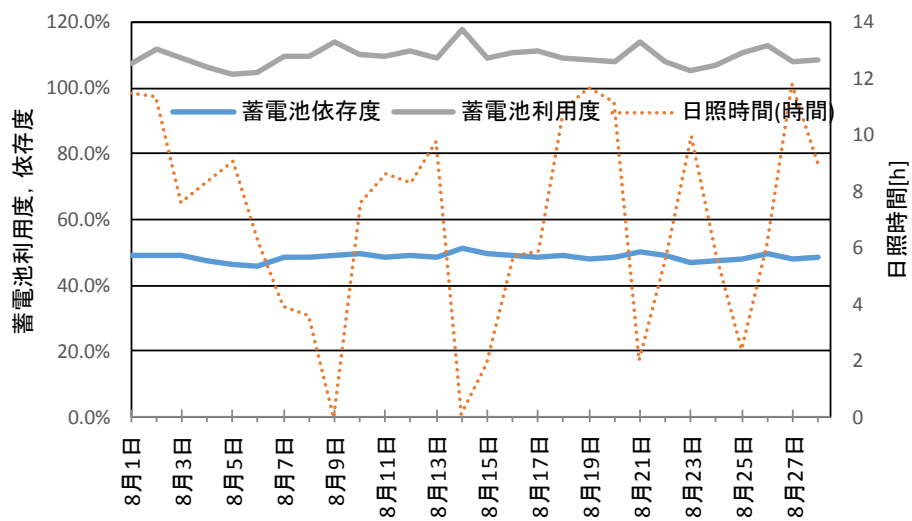


図 2-3-17 蓄電池利用度および蓄電池依存度

特徴ある2日として、図2-3-19に2017年8月9日（日照時間0.0時間）の電力の推移を、図2-3-20に2017年8月30日（日照時間10.7時間）の電力の推移を示す。

8月9日は十分な発電ができず、Net Zero性能は28.0%にとどまり、買電依存度は90.9%に達している。

これに対し、8月30日は十分な発電により日中は消費電力のかなりの部分を賄うことができ、Net Zero性能は96.2%に達し、買電依存度は34.9%となっている。

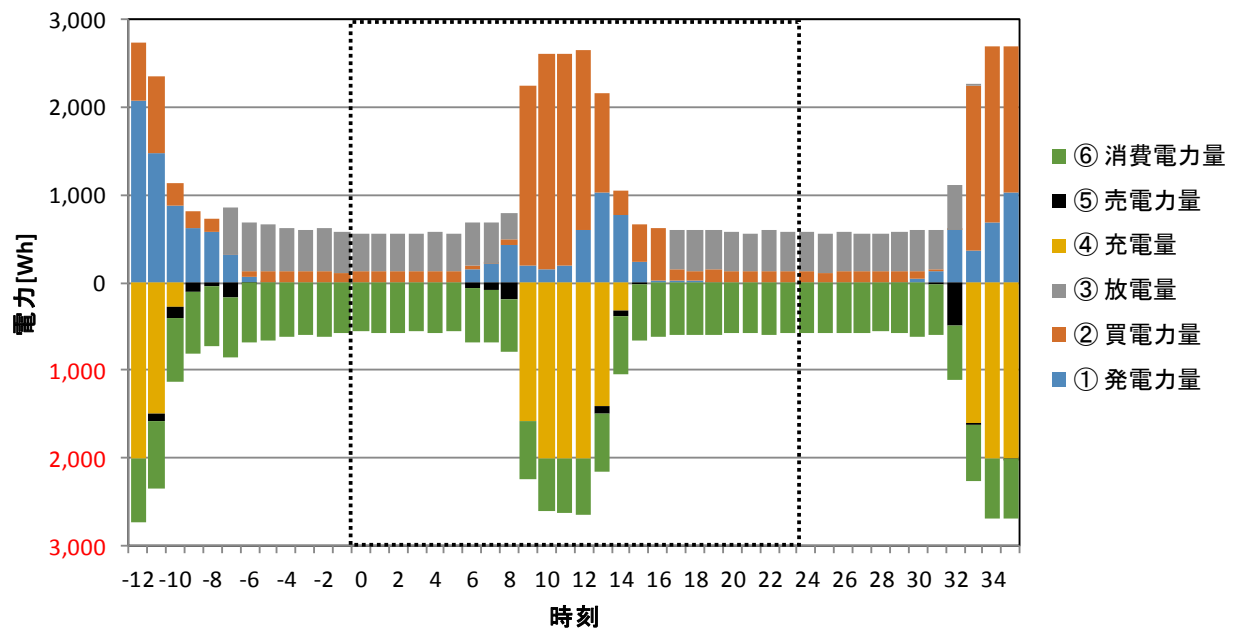


図2-3-19 8月9日（日照時間0.0時間）の電力の推移

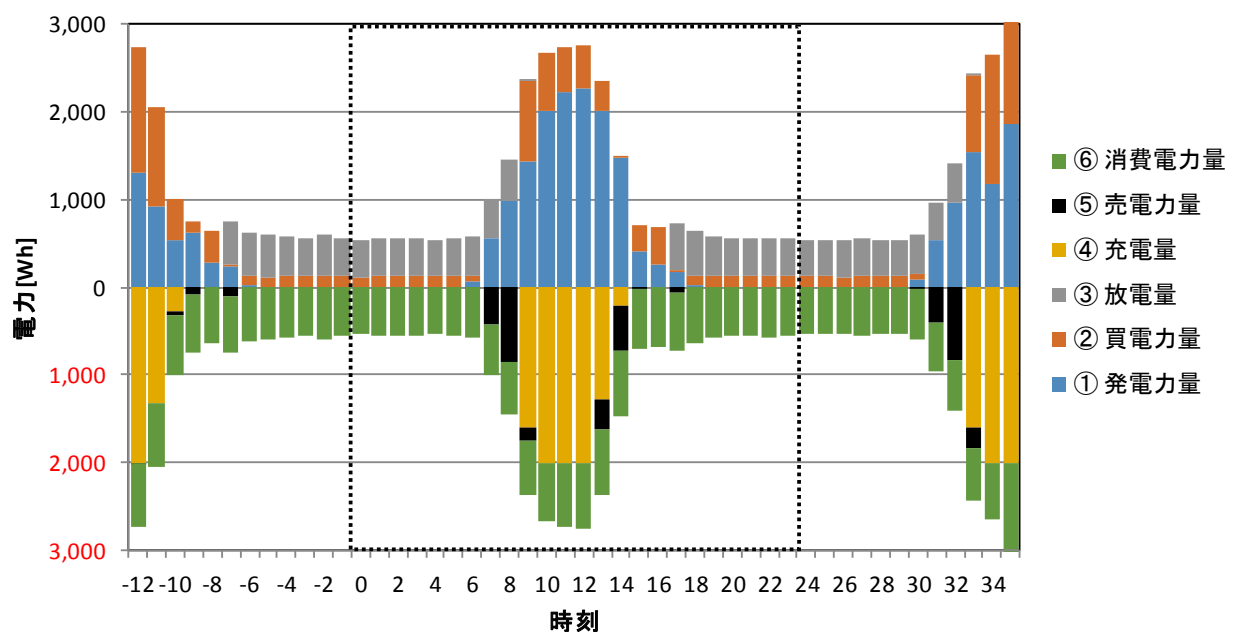


図2-3-20 8月30日（日照時間10.7時間）の電力の推移

④ 秋季（2017年10月）における結果

2017年10月1日～10月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図2-3-21に示す。

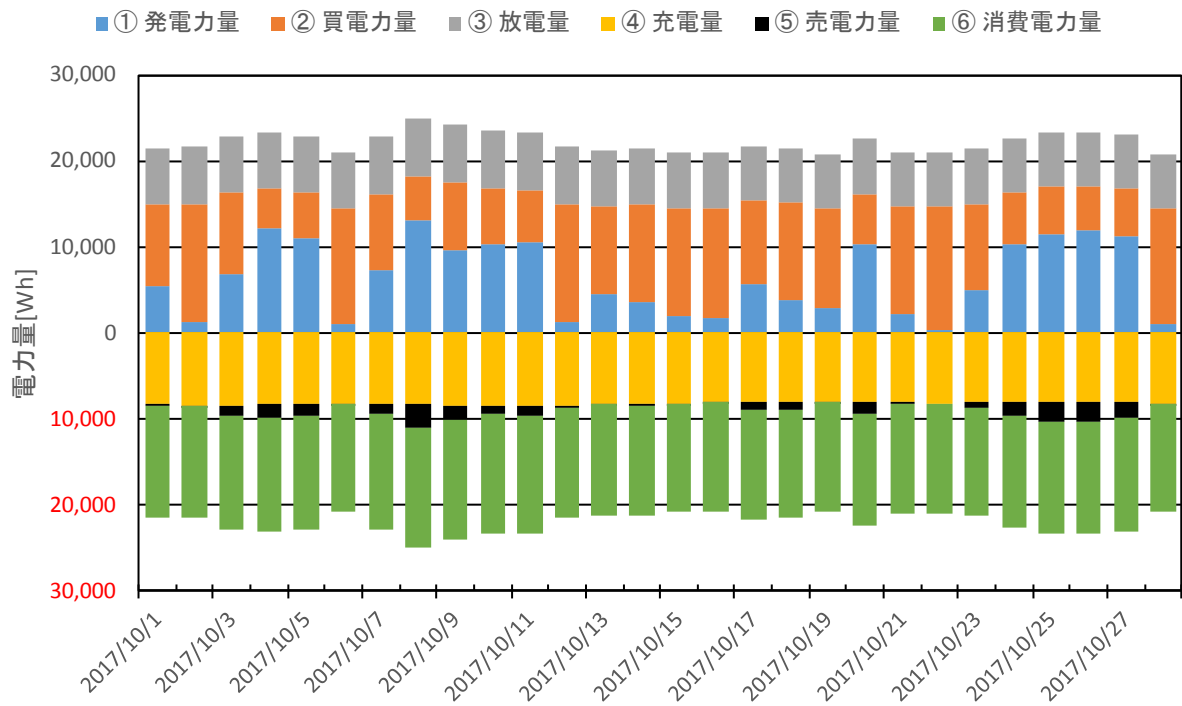


図2-3-21 10月1日～10月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

図2-3-22は10月1日～10月31日の各日における日照時間（秋吉台）と太陽光発電量（日積算値）、図2-3-23日平均気温（秋吉台）と消費電力量（日積算値）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例している。夏季ほどではないが、秋季においても冷房需要があるため、消費電力量は日平均気温に正比例している。

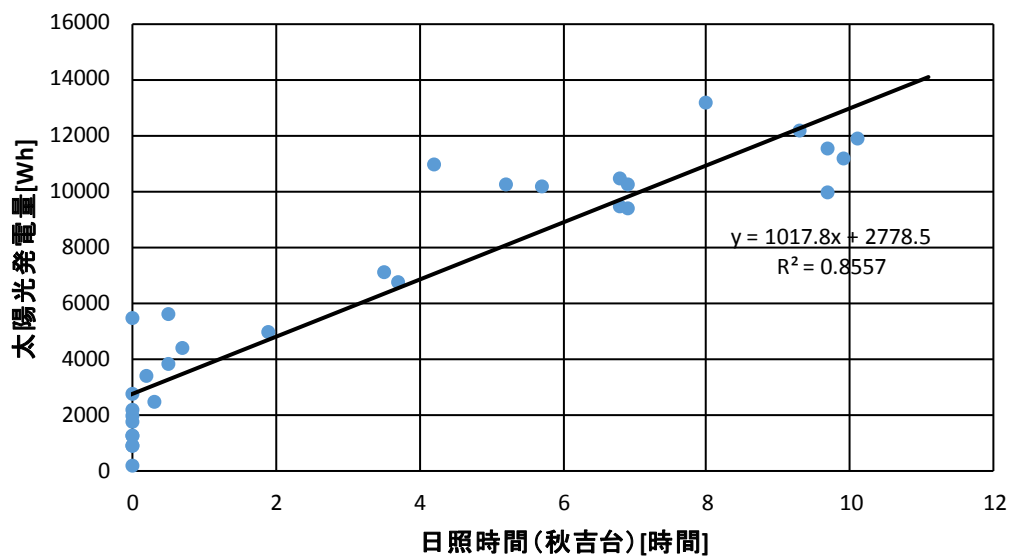


図2-3-22 日照時間と太陽光発電量

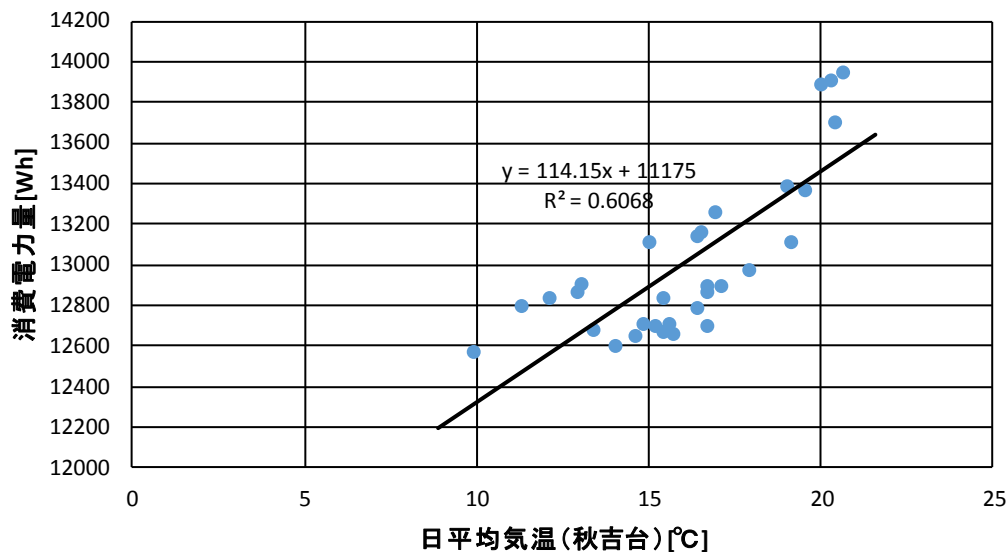


図 2-3-23 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能 (図 2-3-24)、売買電依存度および買電依存度 (図 2-3-25)、蓄電池利用度および蓄電池依存度 (図 2-3-26) の推移を示す。

春季・夏季と同様に、Net Zero 性能は日照時間に強く依存する。月平均の Net Zero 性能は 48.8%である。

買電依存度は月平均 72.0%で春季・夏季よりも高い。これは、冷房負荷が存在する一方で天気に恵まれず、太陽光発電量が不足する日があり、買電に頼らざるを得ないためである。

春季・夏季と同様に、蓄電池利用度および蓄電池依存度は安定して推移している。月平均の蓄電池依存度は 49.8%である。

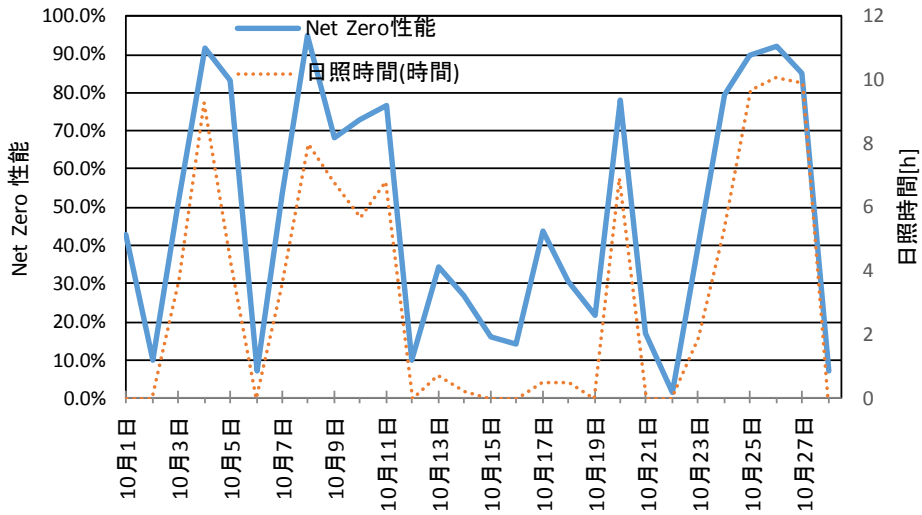


図 2-3-24 Net Zero 性能の推移

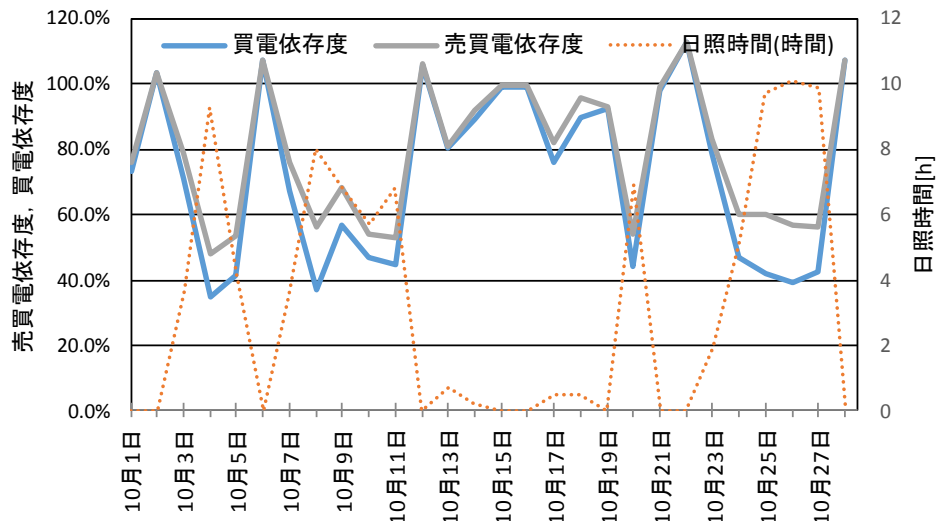


図 2-3-25 売買電依存度および買電依存度

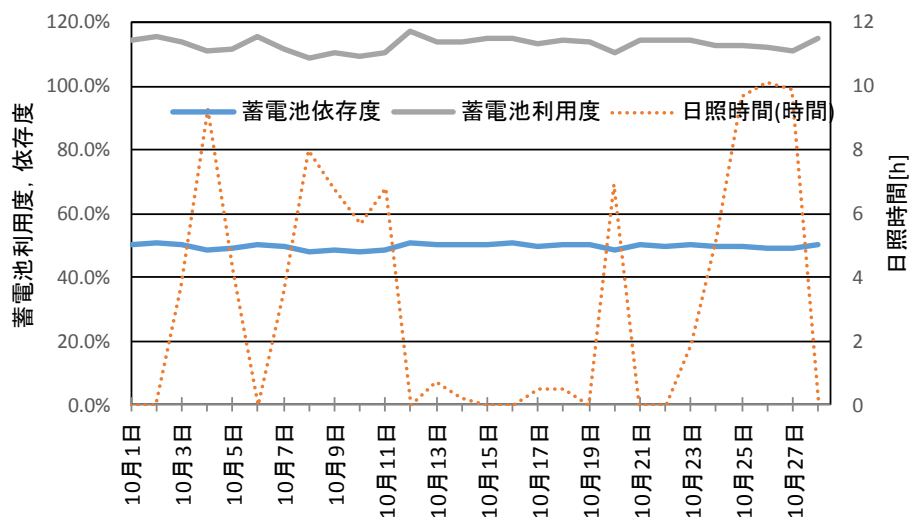


図 2-3-26 蓄電池利用率および蓄電池依存度

特徴ある2日として、図2-3-27に2017年10月22日（日照時間0.0時間）の電力の推移を、図2-3-28に2017年10月26日（日照時間10.1時間）の電力の推移を示す。

10月22日はほぼ完全に買電日よりである。Net Zero性能は1.6%しかなく、買電依存度は112.8%に達する。

10月26日は好天に恵まれ、日中は消費電力を上回る発電がおこなわれ、余剰分は売電されている。Net Zero性能は92.0%、買電依存度は39.1%である。

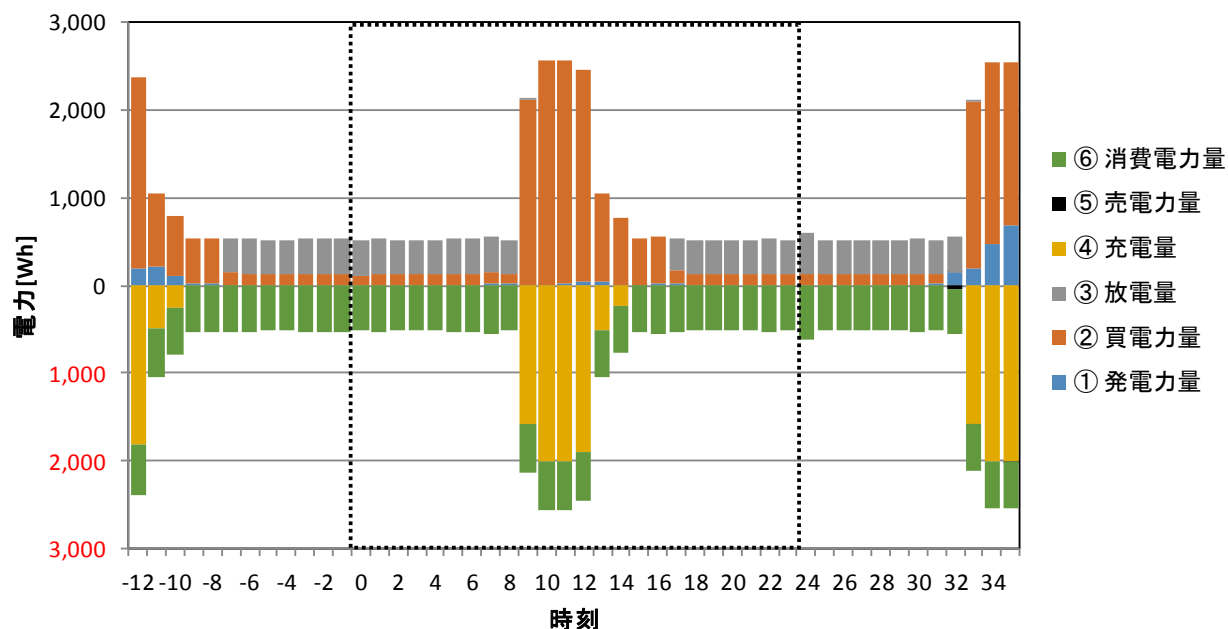


図2-3-27 10月22日（日照時間0.0時間）の電力の推移

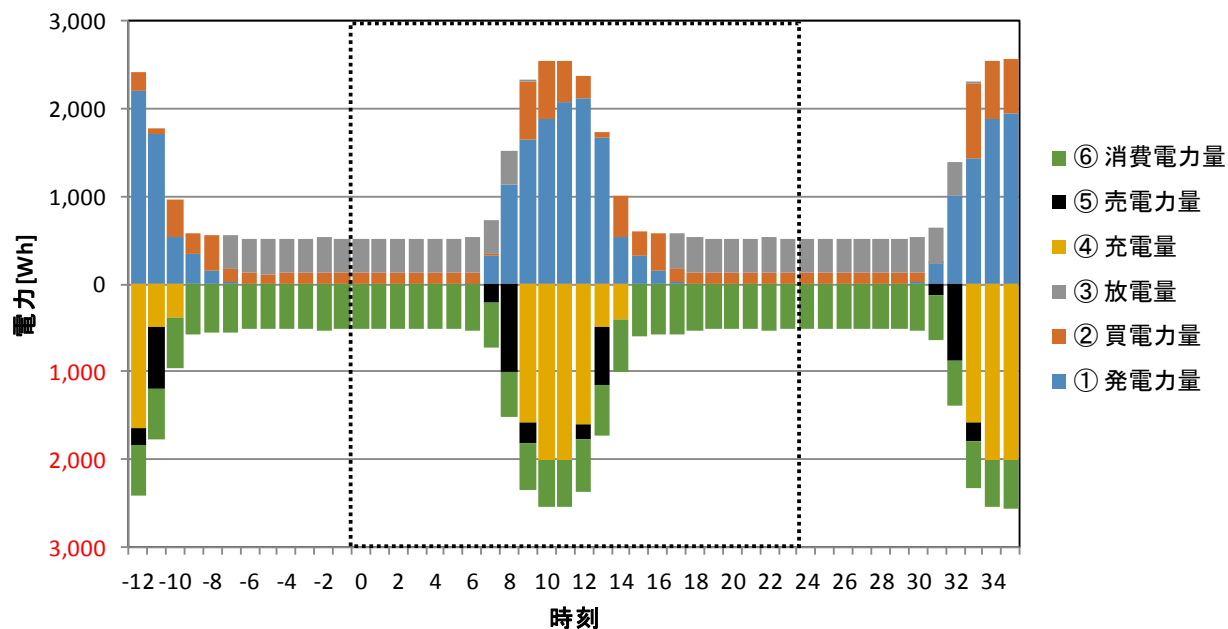


図2-3-28 10月26日（日照時間10.1時間）の電力の推移

⑤ 冬季（2018年1月）における結果

2018年1月1日～1月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を図2-3-29に示す。

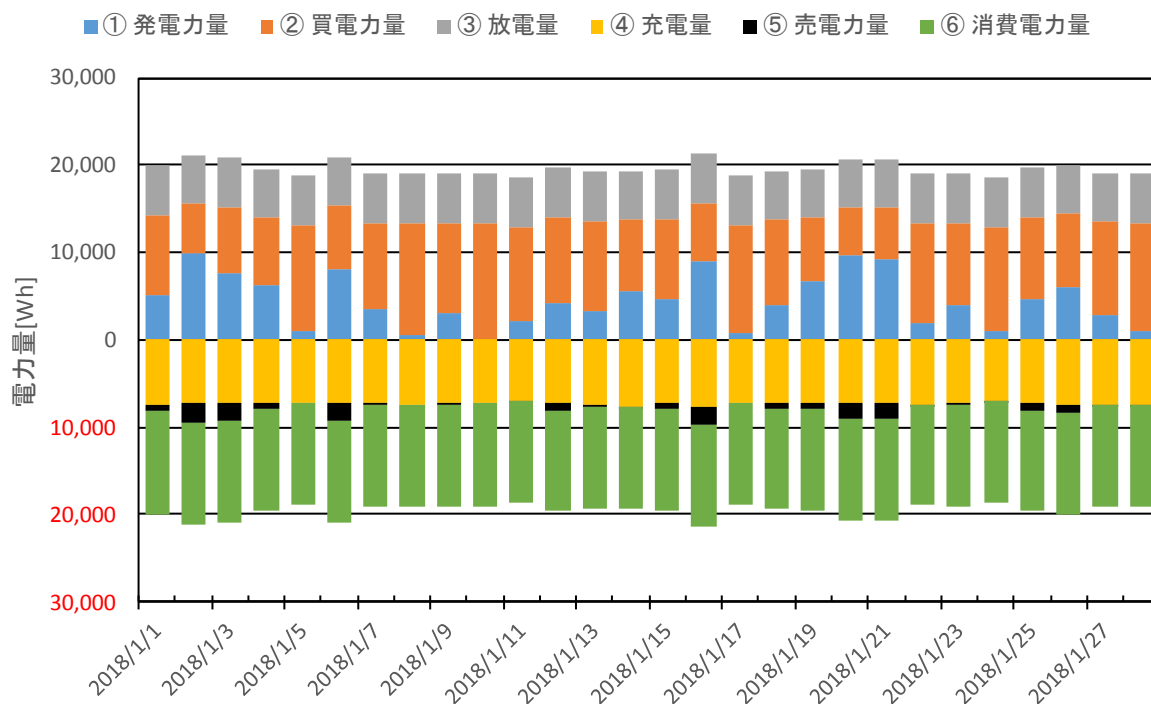


図2-3-29 1月1日～1月31日の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

図2-3-30は1月1日～1月31日の各日における日照時間（秋吉台）と太陽光発電量（日積算値）、図2-3-31は日平均気温（秋吉台）と消費電力量（日積算値）をプロットしたものである。太陽光発電量は日照時間に正比例しているが、春季においては冷房需要がそれほど大きくないため、消費電力量は日平均気温に必ずしも比例しない。

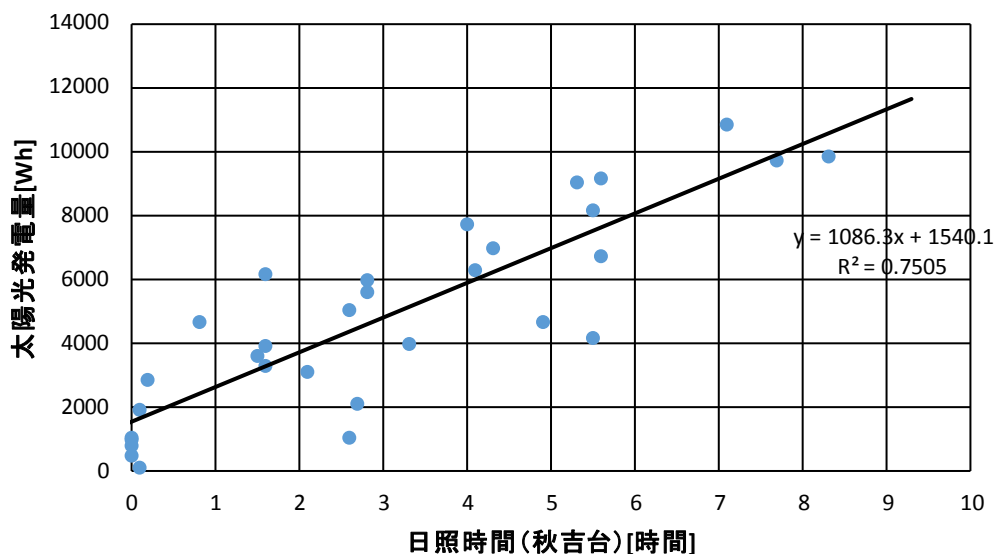


図2-3-30 日照時間と太陽光発電量

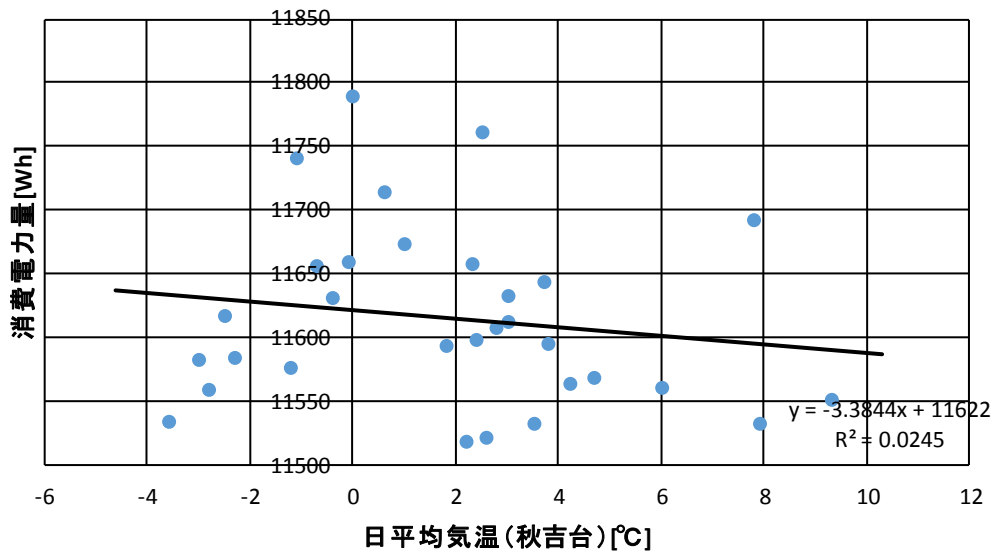


図 2-3-31 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能 (図 2-3-32)、売買電依存度および買電依存度 (図 2-3-33)、蓄電池利用度および蓄電池依存度 (図 2-3-34) の推移を示す。

他の季節と同様に、Net Zero 性能は日照時間に強く依存する。冬期は日照時間が短く、天候に恵まれない日も多く太陽光発電量が不足するため、月平均の Net Zero 性能は 41.7%となっている。

買電依存度は月平均 79.5%で他の季節よりも高い。今述べたように、太陽光発電量が不足し、買電に頼らざるを得ないためである。

他の季節と同様に、蓄電池利用度および蓄電池依存度は安定して推移している。月平均の蓄電池依存度は 48.4%である。

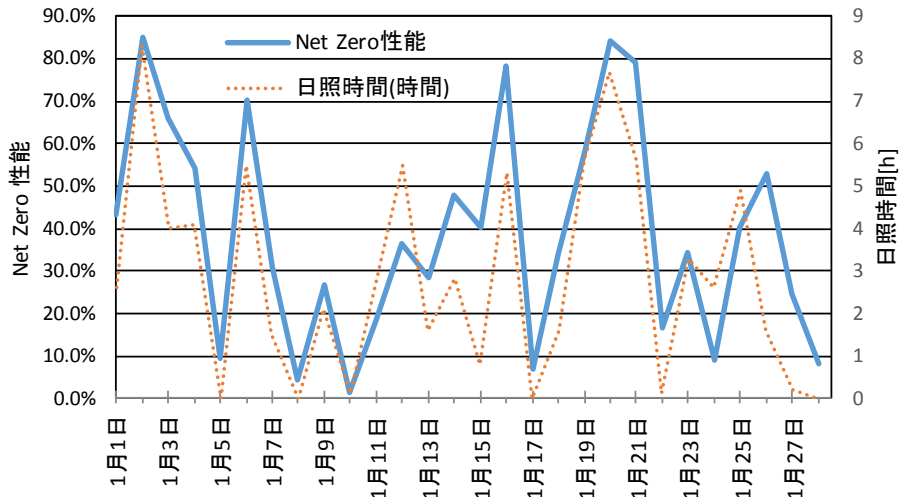


図 2-3-32 Net Zero 性能の推移

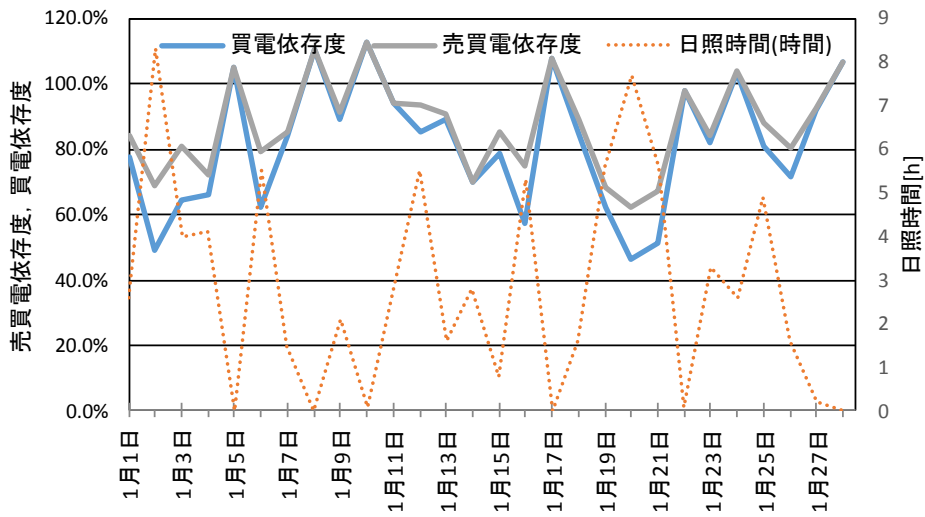


図 2-3-33 売買電依存度および買電依存度

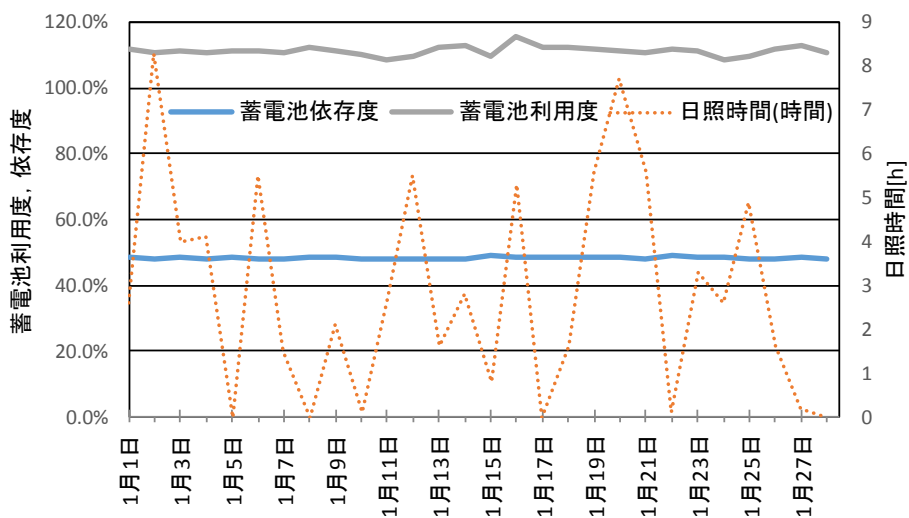


図 2-3-34 蓄電池利用率および蓄電池依存度

特徴ある2日として、図2-3-35に2018年1月8日（日照時間0.0時間）の電力の推移を、図2-3-36に2018年1月30日（日照時間7.1時間）の電力の推移を示す。

1月8日は太陽光による発電が不十分であるため、Net Zero性能は9.3%に過ぎない。一方で買電依存度は110.7%に上っている。

1月30日は太陽光による発電量が十分であるため、Net Zero性能は92.2%に上り、買電依存度は45.9%まで低下している。

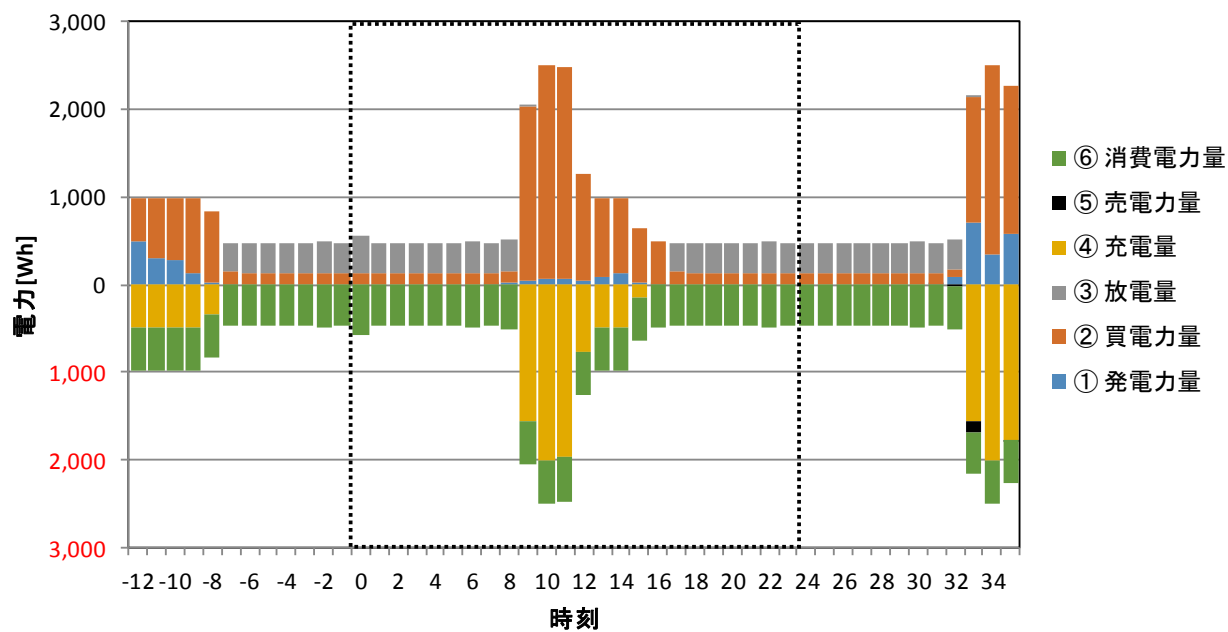


図2-3-35 1月8日（日照時間0.0時間）の電力の推移

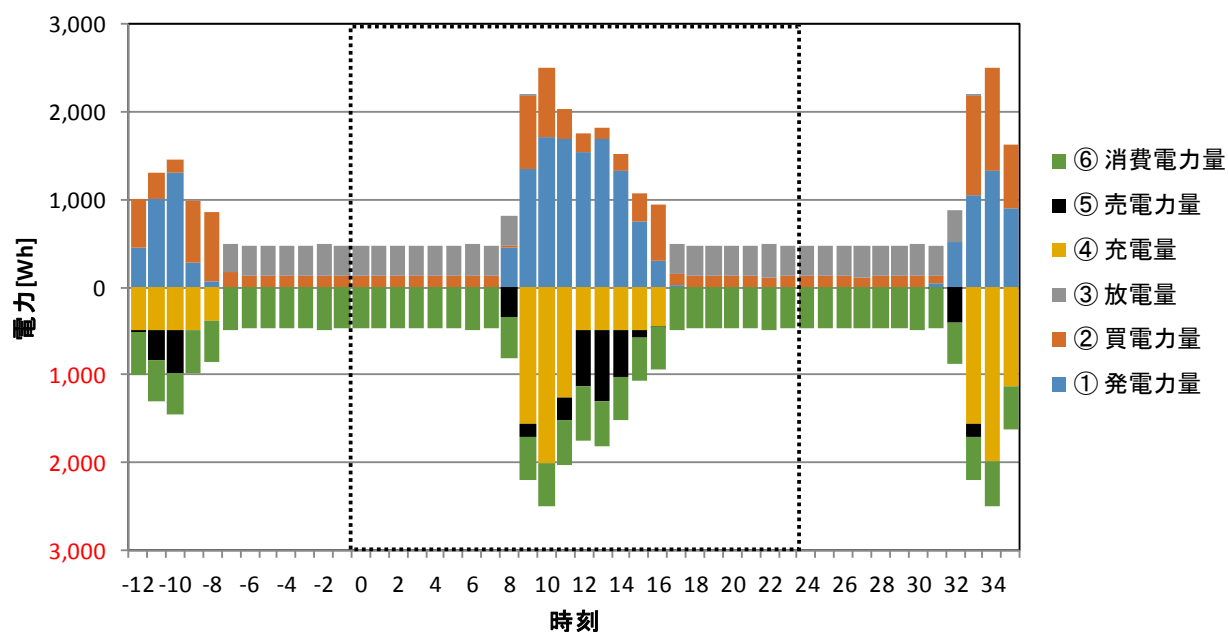


図2-3-36 1月30日（日照時間7.1時間）の電力の推移

⑥ 省エネ等の効果

美祢青嶺高校大気測定局について、省エネ効果を検証するため、類似の大気測定局の施設における買電電力量（図 2-3-37、表 2-3-4）・電気利用料金（図 2-3-38、表 2-3-5）を比較した。

各施設で、設置された装置などに違いがあるものの、太陽光発電と蓄電池を設置していない施設に比べて、美祢青嶺高校大気測定局の買電電力量、電気料金とも減少している。特に、夏場は、9月頃各施設が消費のピークを迎える中、買電電力量の削減が顕著である。

一方、図 2-3-39 のとおり、10月、11月は、日射量の減少により太陽光発電量も減少し、図 2-3-40 のとおり買電の割合が増加している。蓄電池への充電の買電分が増加していることが要因となっている。

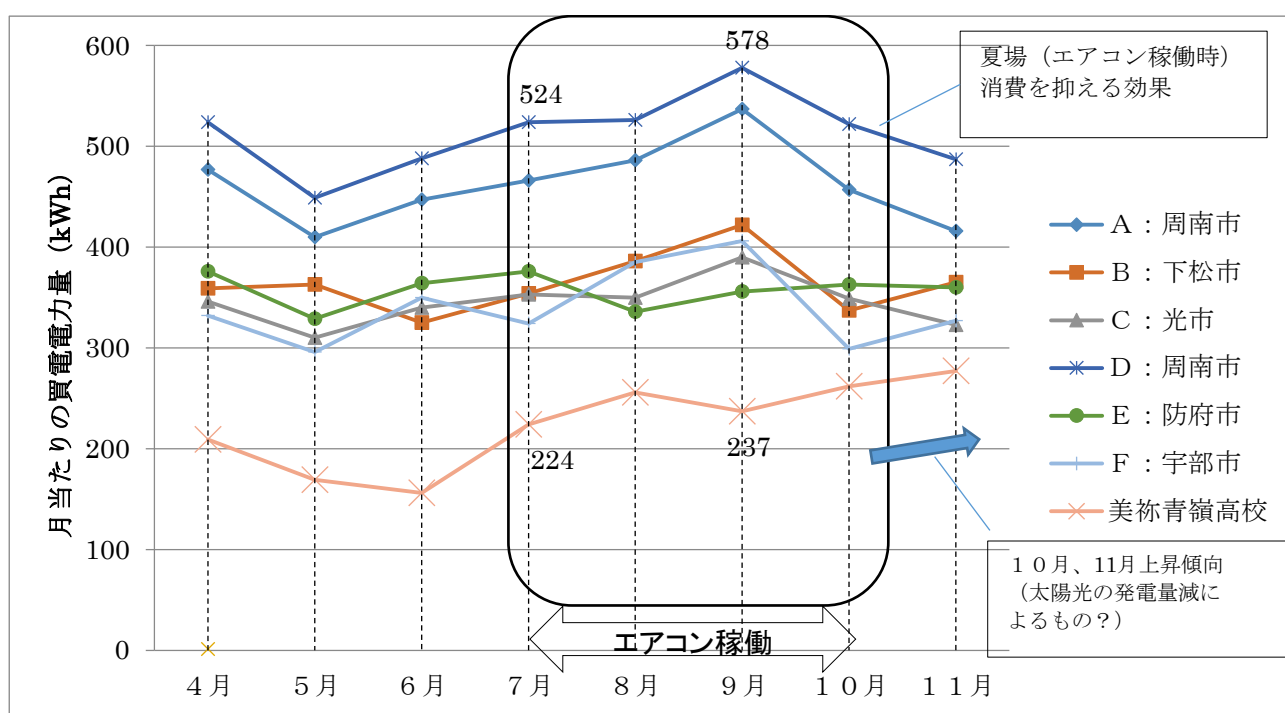


図 2-3-37 月当たりの買電電力量の変化

表 2-3-4 月当たりの買電電力量の変化

【単位：kWh】

場所	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	計	美祢青嶺高校との差
A: 周南市	477	410	447	466	486	537	457	416	3,696	1,906
B: 下松市	359	363	325	354	386	422	337	365	2,911	1,121
C: 光市	346	310	340	353	350	390	349	323	2,761	971
D: 周南市	524	449	488	524	526	578	522	487	4,098	2,308
E: 防府市	376	329	364	376	336	356	363	360	2,860	1,070
F: 宇部市	332	296	350	324	385	406	299	327	2,719	929
美祢青嶺高校	209	169	156	224	256	237	262	277	1,790	-

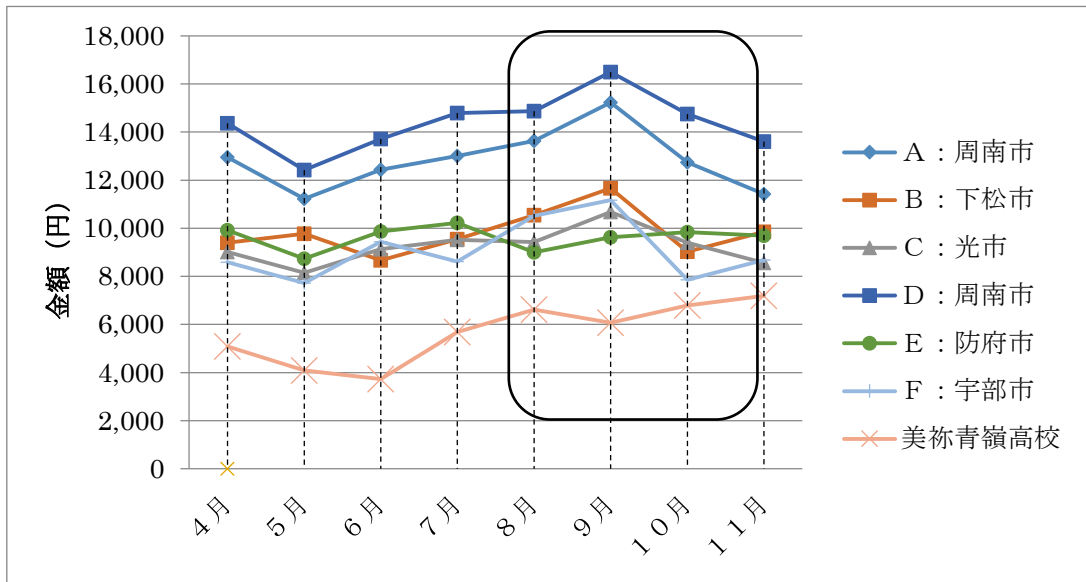


図 2-3-38 月当たりの買電利用料金の変化

表 2-3-5 月当たりの電力利用料金の変化

【単位：円】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	計	美祢青嶺高校との差
A:周南市	12,952	11,225	12,439	13,003	13,636	15,222	12,739	11,422	102,638	57,373
B:下松市	9,404	9,779	8,666	9,545	10,545	11,666	9,030	9,851	78,486	33,221
C:光市	9,014	8,149	9,129	9,513	9,432	10,676	9,401	8,558	73,872	28,607
D:周南市	14,365	12,424	13,707	14,794	14,872	16,490	14,748	13,608	115,008	69,743
E:防府市	9,916	8,733	9,871	10,224	8,999	9,624	9,834	9,698	76,899	31,634
F:宇部市	8,593	7,726	9,439	8,618	10,513	11,170	7,857	8,682	72,598	27,333
美祢青嶺高校	5,085	4,084	3,737	5,688	6,617	6,074	6,790	7,190	45,265	-

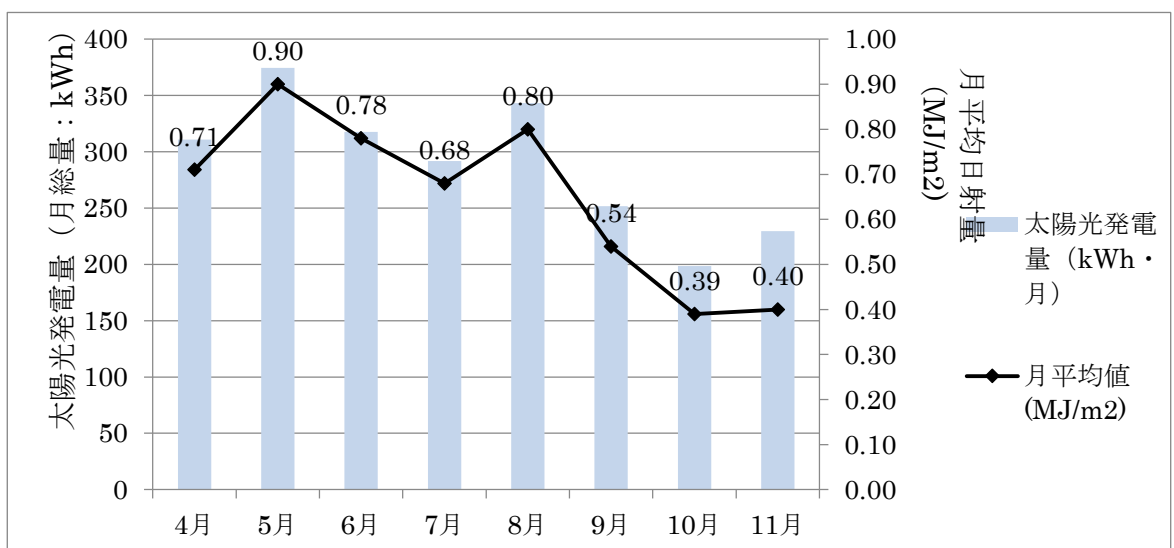


図 2-3-39 月ごとの太陽光発電量と月平均日射量

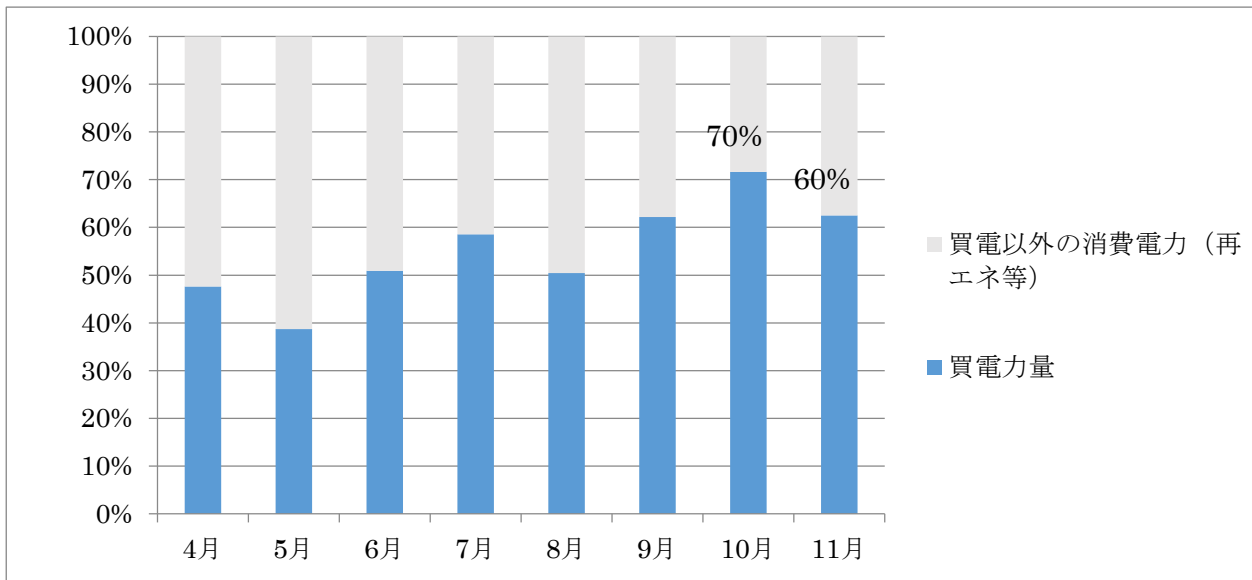


図 2-3-40 月ごとの総消費電力量に対する買電の割合

⑦ 美祢青嶺高校大気測定局の実証実験に関する小括

実証実験の結果（②～⑤）を表 2-3-6 にまとめた。

上述したように、ピークシフトモードでは日中に蓄電池への充電が優先的に行われ、また、夜間には電池残量がなくなるまで蓄電池からの放電が行われるため、蓄電池依存度は年間を通じて 50%前後と安定している。

Net Zero 性能に最も影響を与えるのは日照時間である。春季・夏季は冷房需要があるものの、太陽光による発電が十分にできるため、Net Zero 性能は高い。秋季・冬季は冷房需要が小さい、あるいは全くないが、日照に恵まれず、太陽光による発電が不十分で買電に頼らざるを得ず、Net Zero 性能は低い。

表 2-3-6 美祢青嶺高校大気測定局の実証試験結果のまとめ

時期	概要	指標等	月平均	好天時	悪天時
2017 年 春季 (5/1～5/31)	日照時間が長い一方で、冷房需要が小さいため、Net Zero 性能が高く、買電依存度が小さい。	月日		5/19	5/24
		平均気温 [°C]	17.9	18.8	18.5
		日照時間 [h]	8.1	12.9	0.0
		Net Zero 性能 [%]	93.8	107.7	36.4
		買電依存度 [%]	38.2	46.8	80.0
		蓄電池依存度 [%]	50.0	49.9	50.6
2017 年 夏季 (8/1～8/31)	気温上昇により冷房需要が増加する一方で、天候などにより日照時間がやや減少するため、春季に比べ Net Zero 性能がやや低下し、買電依存度が上昇する。	月日		8/27	8/9
		平均気温 [°C]	25.7	23.6	25.0
		日照時間 [h]	7.1	11.8	0.0
		Net Zero 性能 [%]	72.7	96.2	28.0
		買電依存度 [%]	50.7	34.9	90.9
		蓄電池依存度 [%]	48.6	47.9	49.3
2017 年 秋季 (10/1～10/31)	気温低下により冷房需要が減少する一方で、天候不良により日照時間が減少するため、Net Zero 性能が低下し、買電依存度が上昇する。	月日		10/26	10/22
		平均気温 [°C]	16.1	13.0	16.4
		日照時間 [h]	3.6	10.1	0.0
		Net Zero 性能 [%]	48.8	92.0	1.6
		買電依存度 [%]	72.0	39.1	112.8
		蓄電池依存度 [%]	49.8	49.3	50.0
2018 年 冬季 (1/1～1/31)	気温低下により冷房需要が無くなる一方で、天候不良により日照時間が減少するため、秋季に比べ Net Zero 性能がさらに低下し、買電依存度がさらに上昇する。	月日		1/30	1/8
		平均気温 [°C]	1.9	-1.1	7.8
		日照時間 [h]	3.0	7.1	0.0
		Net Zero 性能 [%]	41.7	92.2	4.1
		買電依存度 [%]	79.5	45.9	110.7
		蓄電池依存度 [%]	48.4	47.8	48.9

なお、上記については⑥の実際の買電電力量の比較からも確認できる。特に電力需要が大きい夏季に、省エネ効果が大きいことが確認された。

第3章 まとめ

3-1 実証試験の成果及び課題

電気自動車の中古バッテリーを太陽光発電と連携した定置型蓄電池としてリユースし、省エネ効果等の実証試験を実施し、以下の項目を意識して評価を行った。

【実証項目】

- 中古バッテリーの定置型蓄電池としての有効性の検証
- 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証
- エネルギーの地産地消（自家消費）モデルとしての最適使用の検討

(1) 中古バッテリーの定置型蓄電池としての有効性の検証

試験期間を通じてデータを計測してきたが、EV 中古バッテリーのリユース蓄電池が、1時間計測データだけでなく1分計測データの結果においても充放電を行っており、いずれも電力の需給調整に寄与していることが分かった。

蓄電池の評価は引き続きデータ計測を行うとともに、蓄電池の劣化度（SOH）についての計測についても、長期的な視点で計測を実施する必要がある。

また、産技センター試験場での家庭モデルのシミュレーションでは、これまで太陽光発電システムと蓄電池が設置されていない施設に、遠隔で設置モデルを再現することが可能となったことから、今後様々な施設でのシミュレーションについて検討する。

(2) 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証

表3-1-1のとおり、計測データを評価項目で行った。特に省エネルギーの指標となる買電依存度の増減の要因として、日照条件、蓄電池の容量、消費電力量と蓄電池の運転モードが挙げられる。

① 日照条件

春季・夏季の日照時間は長く、太陽光発電量は大きくなるため、蓄電池依存度も高く、買電依存度は低くなることから、省エネルギー効果は高い。

一方、冬季の日照時間が比較的短くなり、太陽光発電量が小さい日が多くなると、消費電力だけでなく、蓄電池への充電も買電に頼らざるをえなくなることから、買電依存度が高くなる。

② 蓄電池の容量

日照時間の長い日は、蓄電池の容量を超えて売電量が大きくなるが、蓄電池には充分充電されるため、夜間の負荷（消費電力量）を補うことができる。

しかし、日照時間の短い日は、蓄電池の充電を買電（商用電源）で充電を行うため、買電量が増える。このように、蓄電池の容量が大きいと、日照時間が短い場合に、蓄電池への充電を、買電で賄うこととなり、買電量の増加を招く。設置のコストバランスや省エネの点から、最適なサイズを選ぶことが重要である。

③ 蓄電池の運転モード

蓄電池の運転モードについては、太陽光発電を優先的に電力消費に使用し、余剰電力を蓄電池に充電するフルコントロールモードと、太陽光発電を優先的に蓄電池に充電す

るピークシフトモードで比較試験を実施している。両モードにおいて、日照時間の長短で Net Zero 性能に関わるが、フルコントロールモードにおいて蓄電池への充電を深夜電力で実施する場合、買電依存度が高くなる傾向があった。

表 3-1-1 評価の指標

項目	算定式	内容
Net Zero 性能	太陽光発電量 / (総)消費電力量	状況によっては売買電に頼ることはあっても、トータルで発電量が消費電力量を上回っているかどうかを測る指標
売買電依存度	(売電量+買電量) / (総)消費電力量	システム外との電力のやり取りの規模を測る指標。すなわち、発電の余剰電力を売電する、あるいは不足分を買電する等、システム外の電力(電力会社)に依存している状況を測る指標
買電依存度	買電量 / (総)消費電力量	不足分をシステム外の電力(電力会社)に依存している状況を測る指標
蓄電池利用度	(充電量+放電量) / (総)消費電力量	蓄電池との電力のやり取りの規模を測る指標。蓄電池の能力を十分に生かしているかどうかを測る指標
蓄電池依存度	放電量 / (総)消費電力量	消費電力のうち、どれだけを蓄電池の放電に頼っているかを示す指標

(3) エネルギーの地産地消(自家消費)モデルとしての最適使用の検討

前述のとおり、Net Zero 性能等の評価指標には、日照時間の長短による太陽光発電量、蓄電池容量、消費電力(負荷)および蓄電池の運転モードが影響している。

美祢青嶺高校大気測定局の試験において、蓄電池依存度の高さが年間を通じて 50%程度あり、蓄電池の有効利用という点でバランスが取れているといえる。消費電力が季節需要で変動があるものの、ほぼ一定であり、ある程度消費電力が予測できる場合適切な蓄電池容量を決めることが重要になる。

一方、産技センター試験棟では、電力需要、太陽光発電量、蓄電池容量間の mismatch といえる結果が確認された。家庭モデルのシミュレーションにおいては、オール電化住宅で消費電力が大きく、電力需要に比べて蓄電池の容量が十分でないため、蓄電池の役割が相対的に小さくならざるを得ない(蓄電池依存度が低くなる)という結果であった。

また、天候に恵まれず、太陽光発電が期待できない場合には蓄電池の役割は限定的で、買電頼みとならざるを得ない。さらに、太陽光発電量に比べても蓄電池の容量が十分でないため、好天に恵まれ、せっかく十分な太陽光発電が行われた場合でも、その発電量を十分に充電し、後に放電して自家消費することができず、大半は売電に回さざるを得ないというような計測データが得られた。

従って Net Zero 性能はある程度高めることが出来ても、真の意味での自立性を確立するには、自家消費を優先するように太陽光発電、蓄電池容量、消費電力及び蓄電池の運転モード等のバランスを調整することが課題である。

2019年10月から、余剰電力買取制度の買取期間が順次終了することから、今後、自家消費の需要が高まり、現在既存の太陽光発電システムに、蓄電池を導入する機会が増加すると予測される。この時、上述のようにバランスを調整しようとするれば、既設の太陽光発電のパネルを増減することは難しい。また、蓄電池は容量が規格化されており、容量の細かな調整を図ることは難しい。

太陽光発電の蓄電池に充電しきれない余剰電力を売電せずに自家消費を促す手法としては、①天候や消費電力に応じた運転モード(HEMS)の選択、②適切な蓄電池の容量の選択、③V2HによるEVへの充電や施設間融通による蓄電が考えられる。

実証試験としては、これらのミスマッチをできるだけ削減する当面の方法として、①適切な運転モードについて、検討することが考えられる。

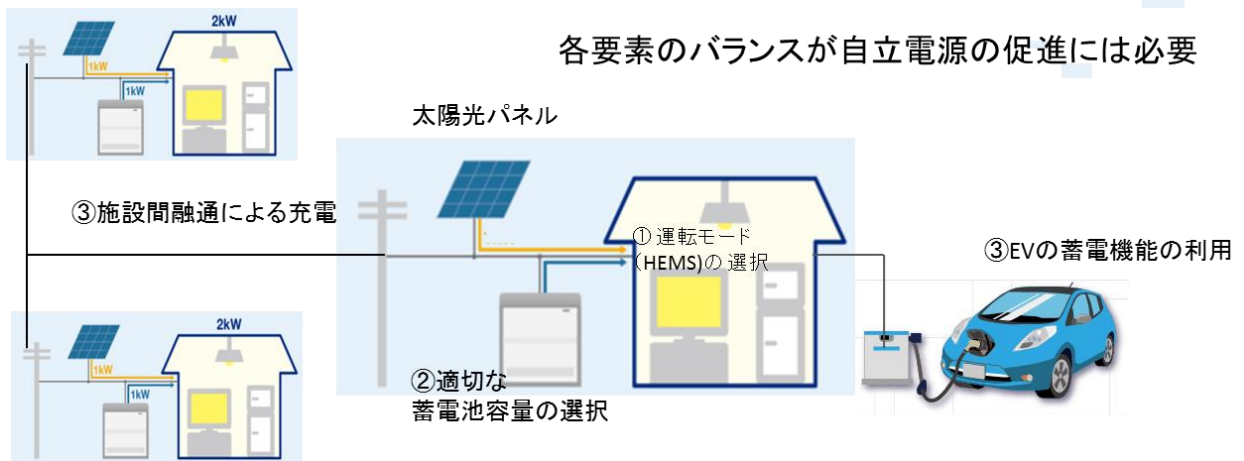


図 3-1-1 自家消費を促すための各要素のバランスイメージ

3-2 今後の取組

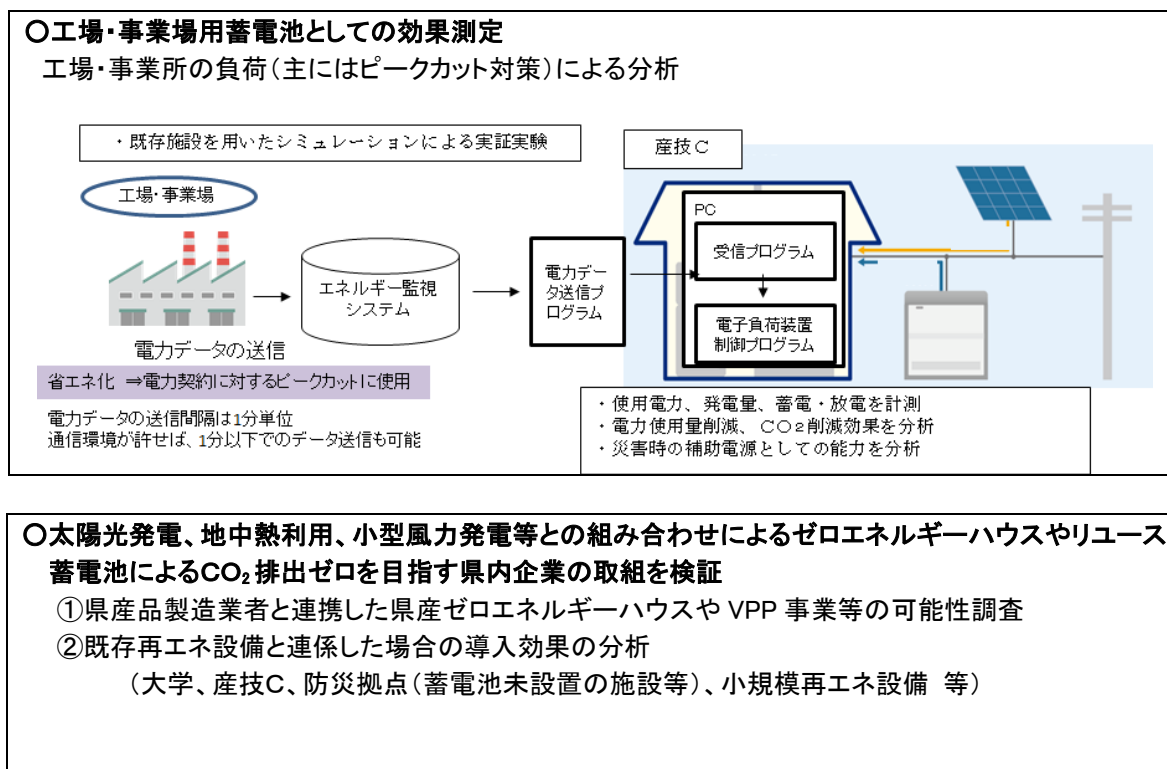
これまでの実証試験の成果及び課題から、今後取り組む内容をまとめた。家庭モデルでの実証試験では、産技センター試験場において、電子負荷装置を利用して消費電力を再現し、太陽光発電とEV中古バッテリーリユース蓄電池の有効性を検証できることが確認できた。

今後は、長期的なデータ取得により分析をさらに進めるため、家庭モデルについてはデータ計測を引き続き実施するとともに、活用用途の検証として、中小規模の工場・事業場用蓄電池としての利用について、シミュレーションを検証する。特に、中小規模の工場・事業場については、電力契約による需要の大きい時間帯の消費電力の削減（いわゆるピークカット）への活用が見込まれ、民生業務部門のエネルギー削減、CO₂削減への効果も期待される。

また、今回の実証試験において、太陽光発電、蓄電池容量、消費電力及び蓄電池の運転モード等を、自家消費モデルとして適切にバランスを取ることが課題であることを示した。その対応の一つとして、当面、蓄電池の運転モードによりきめ細かく充放電を調整し、自家消費やエネルギーの自立性を高めることができると考える。具体的には、これまで得られたデータから、四季ごとに太陽光発電量が異なるため、なるべく消費電力に回せるようなモードなどを、シミュレーションし適切な運転モードを検証する。

さらに、今後のリユース蓄電池や再生可能エネルギーの普及の観点から、太陽光発電、地中熱利用等との組み合わせによるゼロエネルギーハウスの可能性調査、さらに、様々な既存再エネ設備と連携した場合の導入効果の分析などを検証する。

図 3-2-1 関連実証事業のセカンドフェーズの実施メニュー



報告書についての連絡先

電気自動車中古バッテリーリユース実証試験プロジェクトチーム 事務局

山口県環境生活部環境政策課 地球温暖課対策班

Tel 083-933-2690 Fax 083-933-3049



YAMAGUCHI UNIVERSITY
山口大学

公立大学法人 山陽小野田市立
山口東京理科大学



地方独立行政法人
山口県産業技術センター
YAMAGUCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY INSTITUTE



4R ENERGY



長州産業



山口県
YAMAGUCHI
PREFECTURE

※無断転載禁止