

平成30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31年3月

目次

第1章 実証試験の概要	1
1-1 目的と背景.....	1
(1) 事業の目的.....	1
(2) 事業の背景.....	1
① 次世代自動車の普及に係る国の動向.....	1
② 中古バッテリーリユースに係る国・業界の動向.....	2
③ 山口県の現状と取組.....	3
1-2 実施体制.....	3
(1) 実施期間.....	3
(2) 実施場所.....	3
(3) 実施主体.....	3
(4) 会議.....	4
1-3 これまでの成果と今年度の取組.....	4
(1) 平成28～29年度の実証試験等の成果と課題.....	4
(2) 平成30年度の実証試験について.....	4
第2章 実証試験のデータ分析	5
2-1 山口県産業技術センター試験棟での試験について（一般家庭の電力消費の模擬）.....	5
(1) 施設の概要.....	5
(2) 蓄電池の運転条件.....	6
(3) 実証試験内容.....	7
① 全体概要.....	7
② 一般家庭モデルの概要.....	8
③ システムの概要.....	8
④ 収集データ項目.....	11
(4) データ解析結果.....	12
① 評価の観点及び指標.....	12
② 季節間の比較.....	13
③ 季節間の比較に関する小括.....	29
2-2 山口県産業技術センターでの試験データを用いた家庭モデルの最適化シミュレーションについて.....	30
(1) シミュレーションの概要.....	30
(2) シミュレーション結果.....	32
2-3 中小規模の工場・事業場モデル構築について.....	36
(1) 中小企業モデル工場の電力消費形態.....	36
(2) 太陽光発電及び蓄電池によるピークカット検証方法.....	36
(3) 太陽光発電+蓄電池によるピークカットの検証.....	39
① 系統、太陽光発電、蓄電池及び負荷の電力需給状況.....	39
② ピークカットの検証.....	41
(4) 中小工場におけるピークカット効果の検証の小括.....	43
2-4 山口県立美祢青嶺高等学校大気測定局での試験データ.....	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 評価の観点及び指標	48
② 季節間の比較	49
③ 省エネ等の効果	65
④ 美祢青嶺高校の実証試験に関する小括	67
第3章 まとめ	68
3-1 実証試験の成果と課題	68
(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	68
(2) 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証	68
(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	69
3-2 今後の課題	70

第1章 実証試験の概要

1-1 目的と背景

(1) 事業の目的

平成28年度から、電気自動車（以下「EV」という）の使用済み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ている。リユースバッテリーの有効性を検証するとともに、リユースバッテリーの有効活用を検討することを目的としている。（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

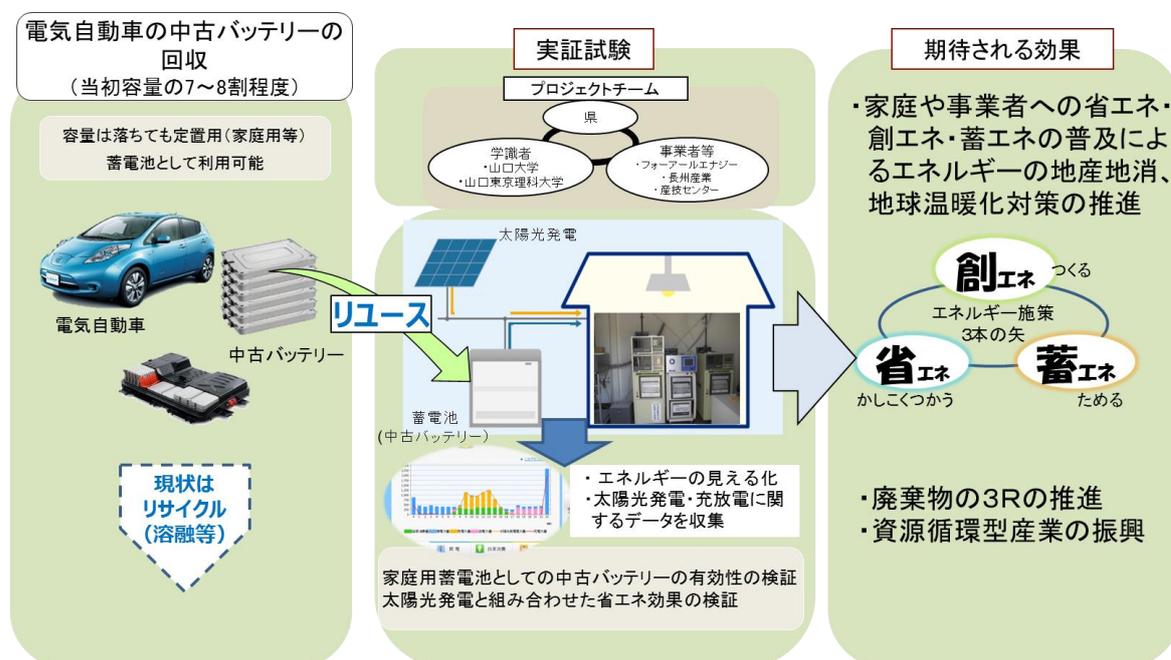


図 1-1-1 実証試験イメージ図

(2) 事業の背景

① 次世代自動車の普及に係る国の動向

温暖化対策の新たな国際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月に発効した。

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。

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%にすることを旨とするとともに、『EV・PHVロードマップ』（2016年3月）において、2020年の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。

② 中古バッテリーリユースに係る国・業界の動向

『EV・PHV 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った後も、定置型蓄電池としてリユースすることで、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。

また、自動車新時代戦略会議（経産省：2018年8月31日中間整理）において、電動車から出るリチウムイオン電池の残存性能の評価法を確立し、BEV・PHEV の中古車の適正評価、電池リユース・リサイクル市場の確立の実現を目標としている。

これを受け、日本自動車工業会は、2018年10月からリチウムイオン電池の共同回収スキームを立ち上げた。一括回収により効率的で安定した廃電池の回収スキームを構築して適正処理を目指すほか、将来的にバッテリーのリユース・リビルトを視野に入れたスキームを構築している（図1-1-2、1-1-3）。

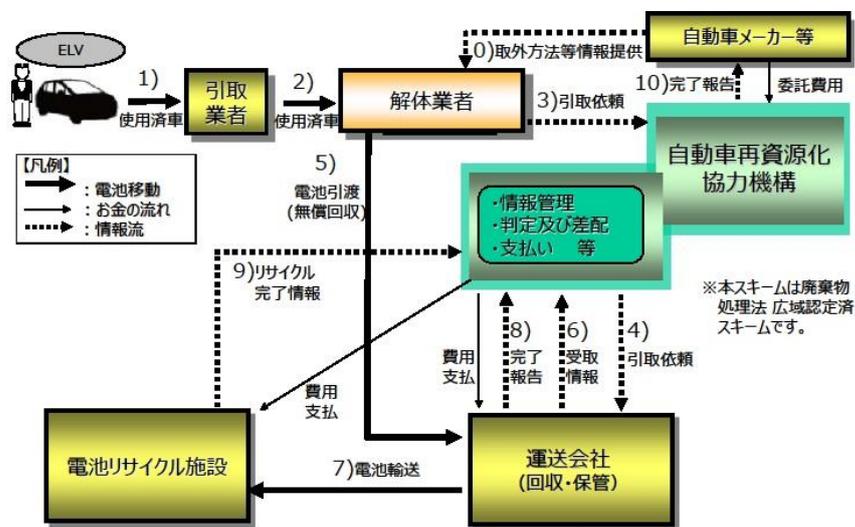


図1-1-2 中古バッテリー回収スキーム（現状）

（平成30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

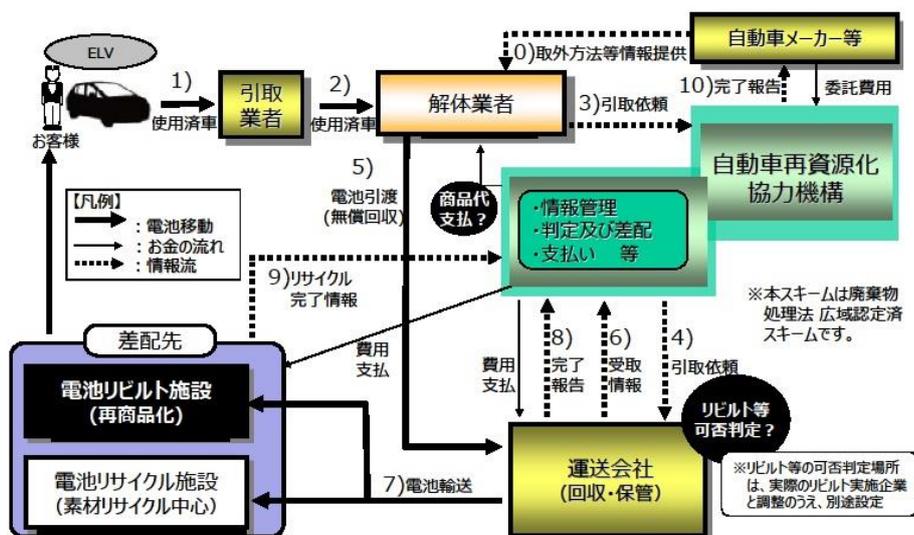


図1-1-3 中古バッテリー回収スキーム（リユース・リビルト時）

（平成30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 山口県の現状と取組

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利用方策の検討を掲げている。

また、山口県循環型社会形成推進基本計画（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。

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省エネ・再エネ部会を設立し、産学官の連携による情報共有や事業検討を行っている。

1-2 実施体制

(1) 実施期間

2018年4月～2019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試験棟（以下「産技センター」又は「試験棟」とする。）
- ・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」とする。）

(3) 実施主体

EVの中古バッテリーの有効性や活用方策の検討には、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成る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	

(4) 会議

第1回 2018年 7月 12日 (木)

第2回 2018年 12月 13日 (木)

第3回 2019年 3月 25日 (月)

1-3 これまでの成果と今年度の取組

(1) 平成 28～29 年度の実証試験等の成果と課題

これまでの産技センター及び美祢青嶺高校における試験から、リユース蓄電池は、太陽光発電と連係した定置型蓄電池として、省エネに一定の効果があることが示された。

平成 29 年度には、実際の一般家庭の消費電力を、産技センターの電子負荷装置で再現するシステムを構築した。このシステムにより、太陽光発電システムと蓄電池を設置していない家庭の消費電力を模擬的に再現し、設備を設置した場合の効果をシミュレーションすることが可能となった。

家庭モデルのシミュレーション試験により、太陽光発電システムと連係したリユース蓄電池は電力の需給調整に寄与しており、蓄電池として有効であることを確認できた。

また、買電依存度などの評価指標には、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）及び蓄電池の運転モードといった要素が影響していることがわかった。このため、真にシステムの自立性を確立するためには、自家消費を優先するように各要素のバランスを調整することが課題として挙げられた。

(2) 平成 30 年度の実証試験について

平成 30 年度は、引き続きリユース蓄電池の長期的なデータを取得するとともに、その使用用途の可能性を広げるため、以下の実証試験を実施することとした。

- 余剰電力買取制度（FIT）終了により、太陽光で発電した電力の自家消費の促進の一つの手法として蓄電池の普及が期待されている中で、家庭モデルの年間を通じた検証・評価を行う。
- 工場・事業場の消費負荷を再現するモデルを構築し、消費電力のピークカットにも対応可能であることを実証することで、リユース蓄電池の活用用途を広げ、今後の再エネ・蓄エネ施設の普及の一助とする。
- エネルギーの地産地消を促進するためには、太陽光発電出力、蓄電池容量、消費電力、蓄電池の運転モードのバランスを調整する必要があることから、実証試験のデータを元に運転モードのシミュレーションを行い、季節に応じた自家消費に最適（売電から自家消費へ、買電を抑える）な運転モードの分析を行う。

第2章 実証試験のデータ分析

2-1 山口県産業技術センター試験棟での試験について（一般家庭の電力消費の模擬）

(1) 施設の概要

産技センターでの試験の施設・設備の内容を表 2-1-1 に示す。

試験では、一般的な家庭規模の発電容量である 4.1kW の太陽光発電システムと、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を連係し、24 時間運転を行った。

また、リユース蓄電池は、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た。

表 2-1-1 施設・設備の内容

設備	内容	備考
建物（試験棟）	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
太陽光発電システム	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
負荷装置	メーカー：菊水電子工業 型式：PCZ1000A、設定範囲 50W～1000W	当初 3 台設置 H30. 6. 13

		2台追加設置 計5台設置し、50W～5000Wの負荷が可能
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：パツファロー 型 式：LSW5-GT-8NS/BK	
データ保存用	メーカー：IBM 型 式：x3100M5	試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	



図 2-1-1 システム写真

(2) 蓄電池の運転条件

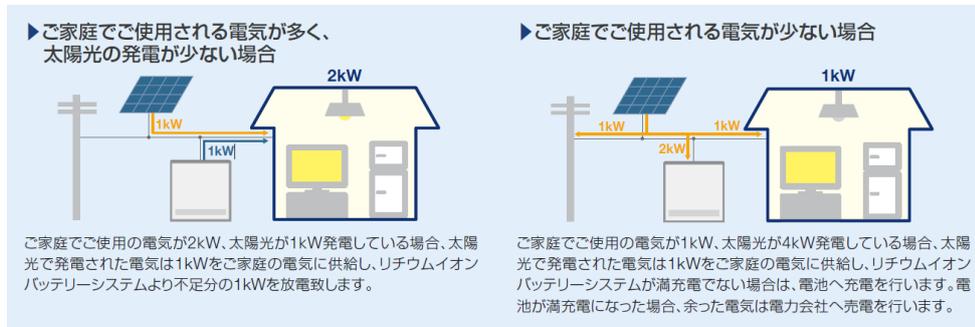
試験で使用したリユース蓄電池の運転条件は、フルコントロールモードとピークシフトモードの2種類がある。

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、余剰分は蓄電池に充電し、夜間は蓄電池から接続負荷へ供給するモードであり、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る。

平成30年度の産技センターの試験では、フルコントロールモードにより運転した。フルコントロールモードでは、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、17～18時を買電充電時間に設定した。

○ 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
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が変化
- 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
- ※放電を終え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。

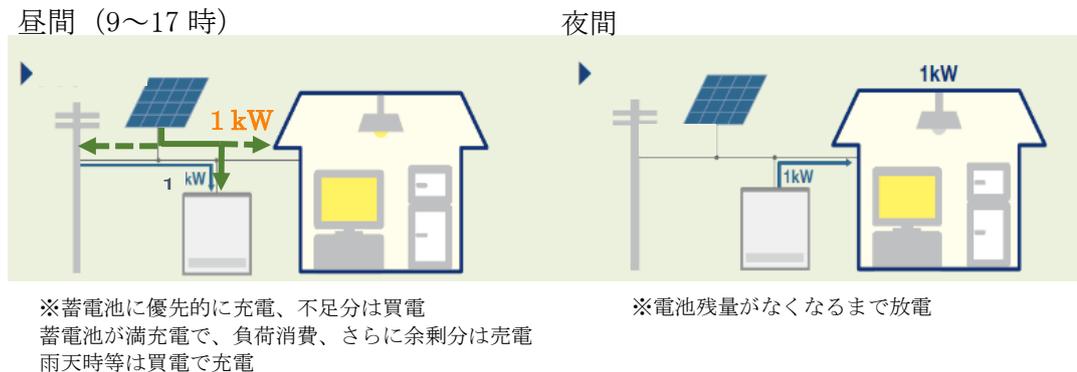


図 2-1-2 試験に使用したリユース蓄電池の運転モード

(3) 実証試験内容

① 全体概要

一般家庭の時系列電力消費パターンデータをリアルタイムで試験棟に送信し、試験棟に設置した電子負荷装置で消費することで負荷を再現し、太陽光発電システムと蓄電池を連動させることで、リユース蓄電池の有効性や省エネルギー効果の検証を行った。

平成29年度の冬季の試験で、リユース蓄電池の有効性及び電力需要に対する各電源の追従性を確認できたため、平成30年度の春季以降に、年間を通じたリユース蓄電池の有効性の検証を行うこととした。

② 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（以下、「K 邸」とする。）の協力をいただき、実際の消費電力を実時間計測し、K 邸の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 2-1-2 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、食器洗浄機、浴室暖房機、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
設備	消費電力の計測のため、以下の HEMS を設置 メーカー：長州産業(株) 型 式：CMCS-Z01、CMCS-03B-W
その他	太陽光発電システム、蓄電池を設置していない

③ システムの概要

図 2-1-3 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 5 台設置した。この 5 台の負荷装置を用いて 50W～5000W 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 10 箇所設置し、それに接続する電流センサーを 10 箇所設置した（表 2-1-3）。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 2-1-4 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 2-1-5 に、K 邸の実際の消費電力に基づく試験棟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。

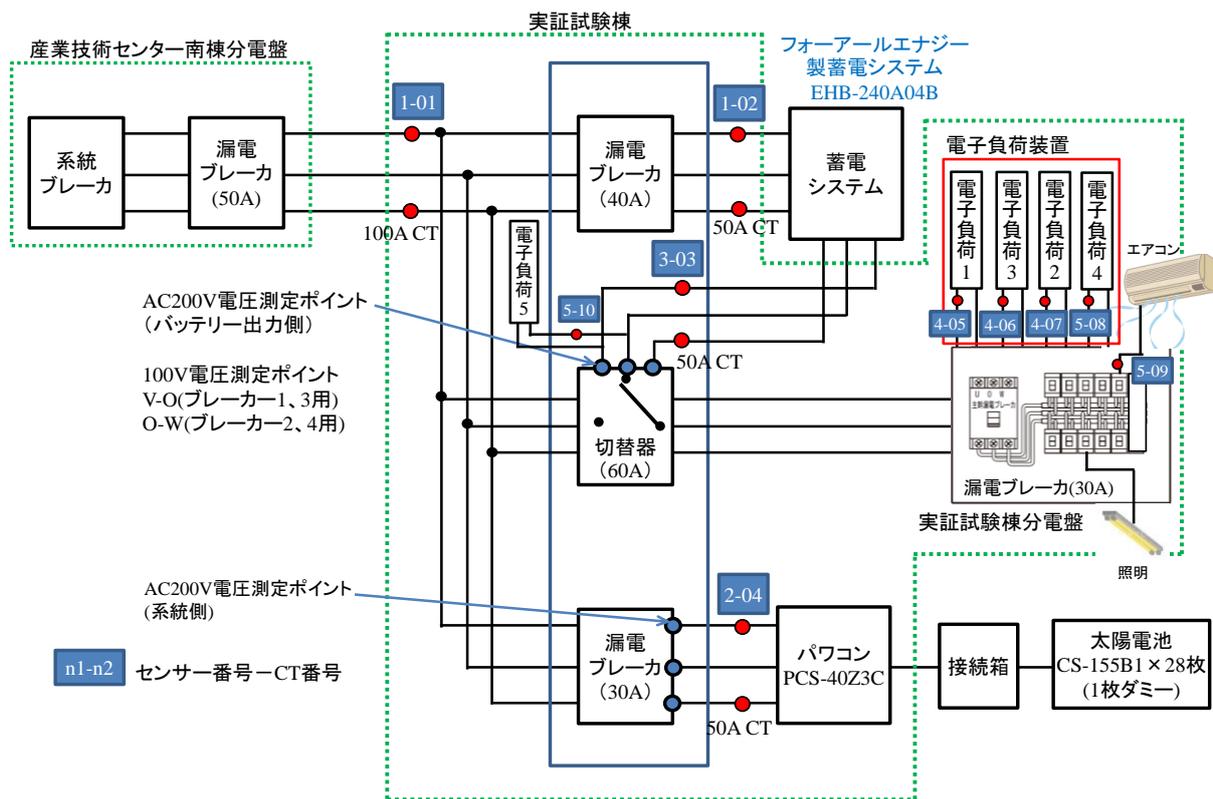


図 2-1-3 本システムの概略構成図

No.	電流センサー容量	計測電力
1-01	100A	・ 系統への電力の入出力 (売電・買電)
1-02	50A	・ 蓄電池への充電電力
3-03	50A	・ 負荷での合計消費電力
2-04	50A	・ 太陽光発電電力
4-05	50A	・ 電子負荷装置 1 での消費電力
4-06	50A	・ 電子負荷装置 3 での消費電力
4-07	50A	・ 電子負荷装置 2 での消費電力
5-08	50A	・ 電子負荷装置 4 での消費電力
5-09	50A	・ 試験棟内負荷 (空調・電灯) での消費電力
5-10	50A	・ 電子負荷装置 5 での消費電力

表 2-1-3 電流センサー一覧

産業技術センター 計測機器・ネットワーク構成図

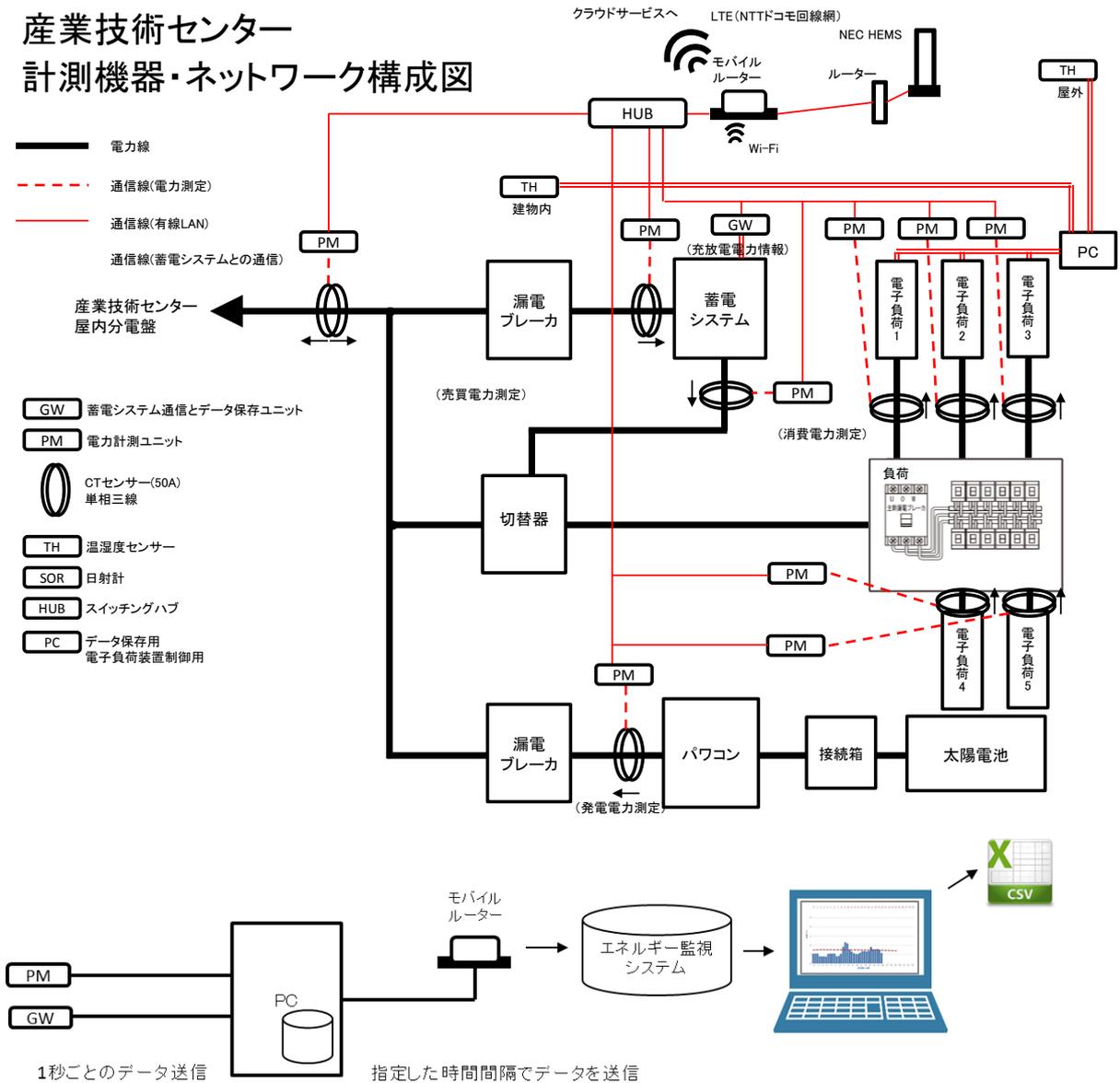


図 2-1-4 計測データをクラウドサーバへ送信・保存する仕組みの概略図

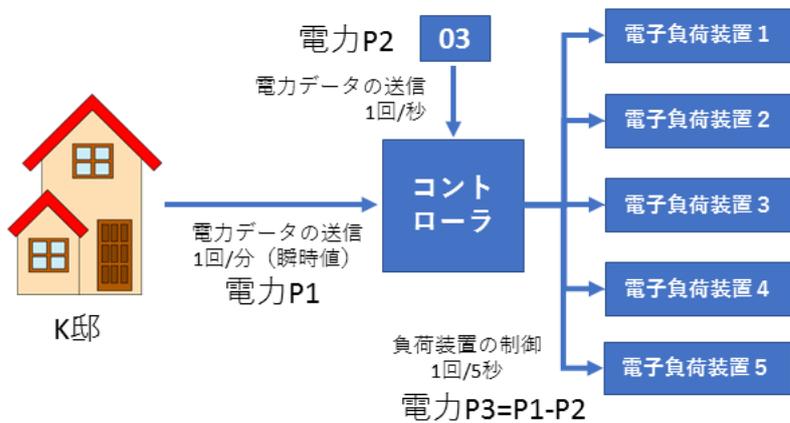
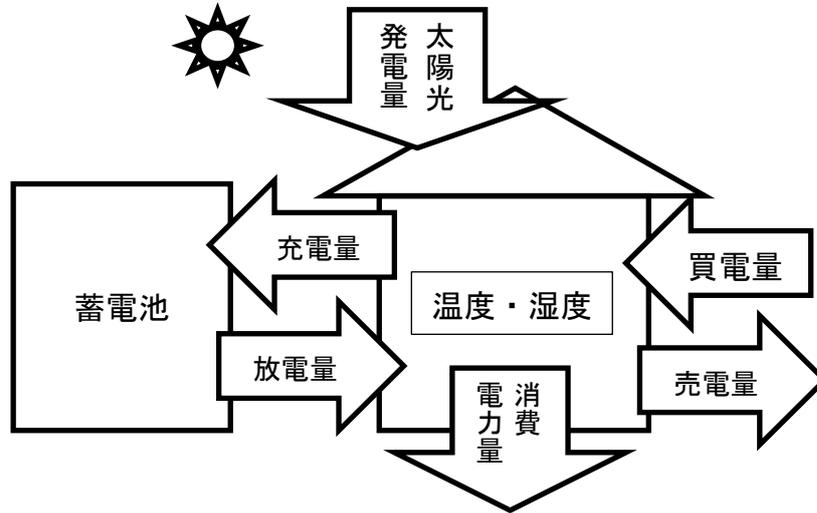


図 2-1-5 K 邸の消費電力に基づく電子負荷装置の制御の概略図

④ 収集データ項目

HEMS により、太陽光発電量、消費電力量、売電量（系統への逆潮流の電力量）、商用電源からの買電量、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 2-1-6）。



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 2-1-6 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 評価の観点及び指標

当施設では（後述するように、美祢青嶺高校においても）、前年度と同様に下表の観点及び指標によって試験結果の分析を行う。

<評価の観点>

運転試験の結果を以下のような視点で分析することとした。

- 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、自立したシステムとなりうるか？
 - 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、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）
- 蓄電池の能力を十分に生かしうるか？
 - 充電しきれないことがあるか？（売電すればOK?）
 - 放電量が不足することはないか？（買電すればOK?）
- 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する必要がある

<評価指標>

上述の観点を踏まえ、年間、四半期、月間、日間など複数の時間スケールごとに、以下のような指標によって定量的にシステムの評価を行うこととした。

- Net Zero 性能： $\frac{\text{発電量}}{\text{(総)消費電力量}}$
 - 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： $\frac{\text{売電量} + \text{買電量}}{\text{(総)消費電力量}}$
 - 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、余剰の電力を売電する、あるいは不足分を買電する等、システム外の電力（つまりは電力会社）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（つまりは電力会社）に依存している状況を測る指標
- 蓄電池利用率： $\frac{\text{充電量} + \text{放電量}}{\text{(総)消費電力量}}$
 - バッテリー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

売買電依存度と買電依存度との差が無いときは、完全に買電に依存している状況であることを示す。また、蓄電池利用率と蓄電池依存度との差が無いときは、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、17時～18時は買電により充電するため、買電依存度はある程度以下にはならないものと考えられる。

② 季節間の比較

【春季（2018年5月9日～5月31日）の状況】

一般家庭（K邸・オール電化住宅）の消費電力量を負荷として与えた下で、各季節における各種電力量の動きを見た。春季（正常な電子負荷を与えることができるようになった5月9日から5月31日）の日別の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移を下図に示す。

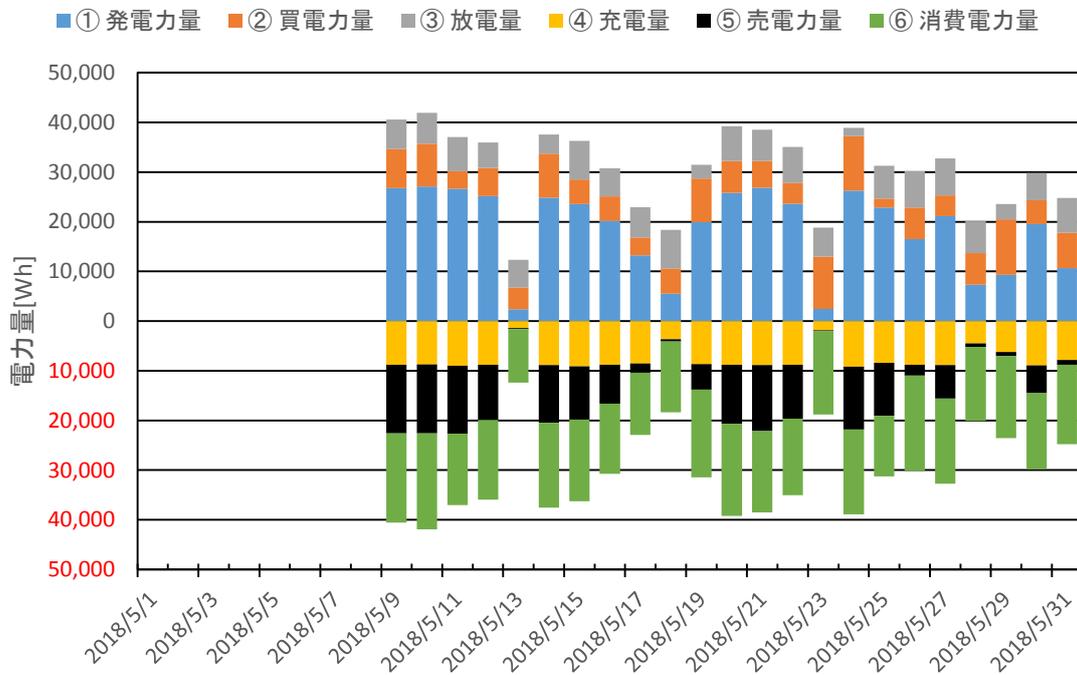


図 2-1-7 2018 年 5 月の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移

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。以下の図は5月9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）、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。

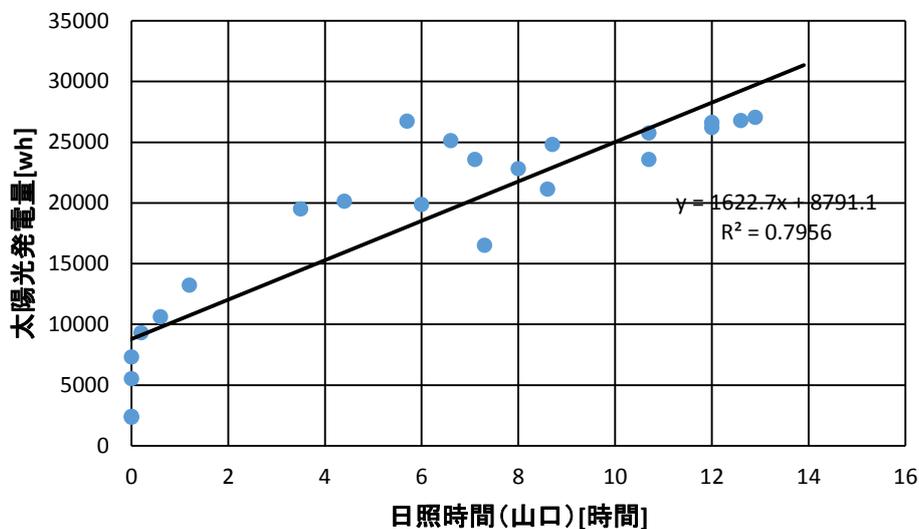


図 2-1-8 日照時間（山口）と太陽光発電量

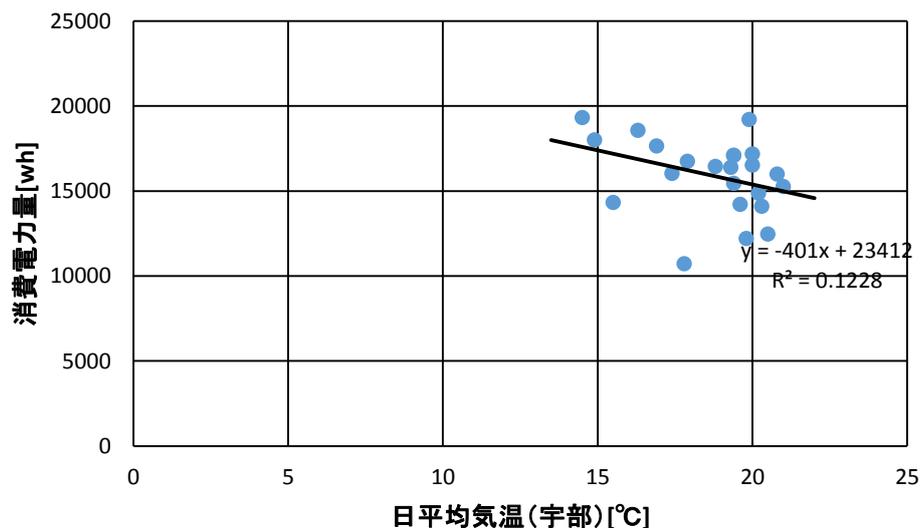


図 2-1-9 日平均気温（宇部）と消費電力量

太陽光発電量は日照時間に正比例する。また、冷暖房が使用されていないため、消費電力量と日平均気温の間の相関性は低い。

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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 115.7%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 39.2%である。

蓄電池利用度及び蓄電池依存度には大きな変動が見られる。月平均の蓄電池依存度は 37.8%である。

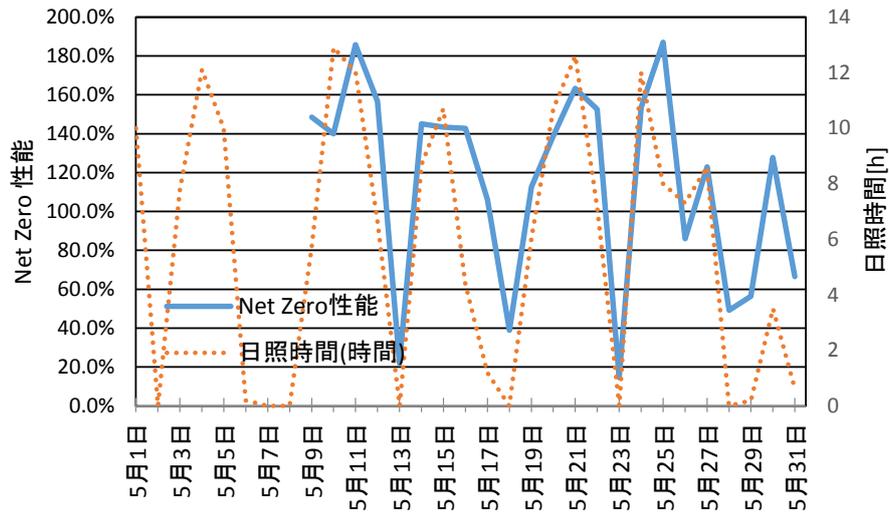


図 2-1-10 Net Zero 性能の推移

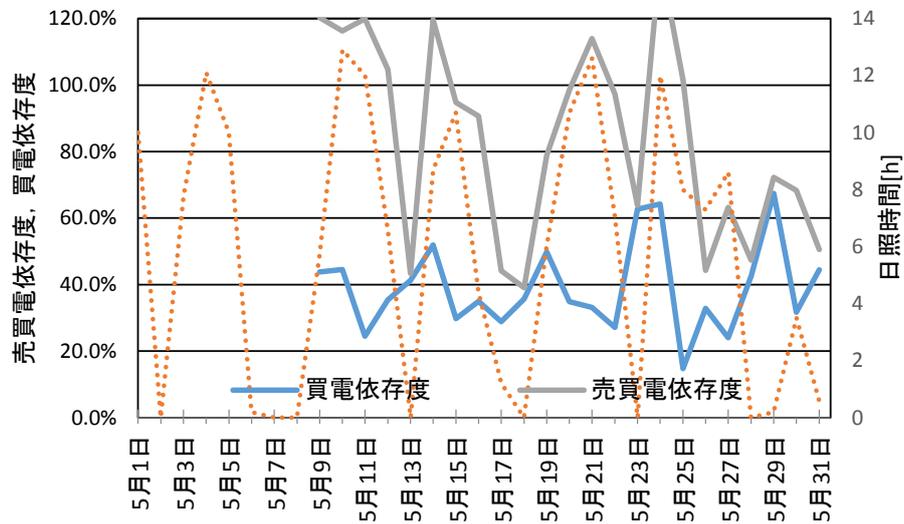


図 2-1-11 売買電依存度及び買電依存度

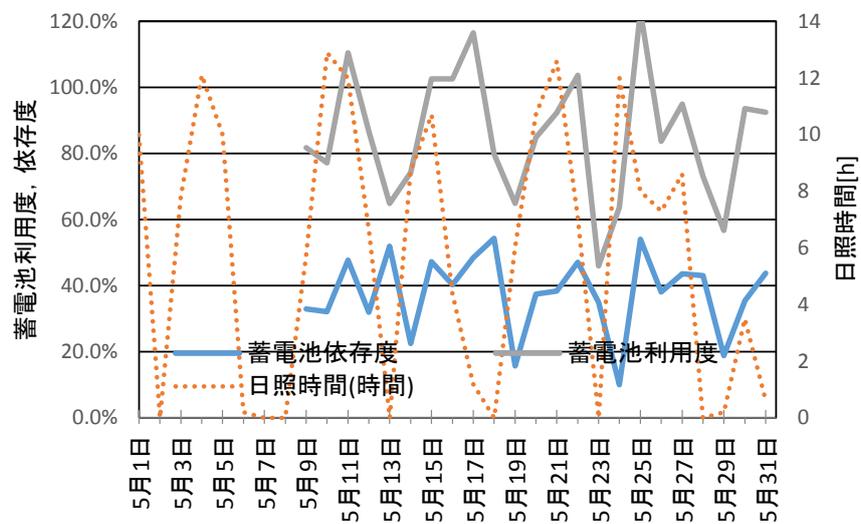


図 2-1-12 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち5月11日（日照時間 12.0 時間）と5月13日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移を下図に示す。

5月11日は日照時間が長く、充電量、消費電力を補って上回るほどの発電がおこなわれ、売電も行われている。日中はほとんど買電していない。ただし、一般家庭では太陽光発電が利用できない早朝から電力需要があるため、この時間帯には買電が必要とされる。これらの理由から、この日の Net Zero 性能は 185.8%に達する一方、買電依存度も 24.5%となっている。

5月13日は日曜日のため、早朝の電力需要はない。しかし、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 21.9%に低下し、買電依存度は 41.2%に達している。蓄電池依存度は 52.0%だった。

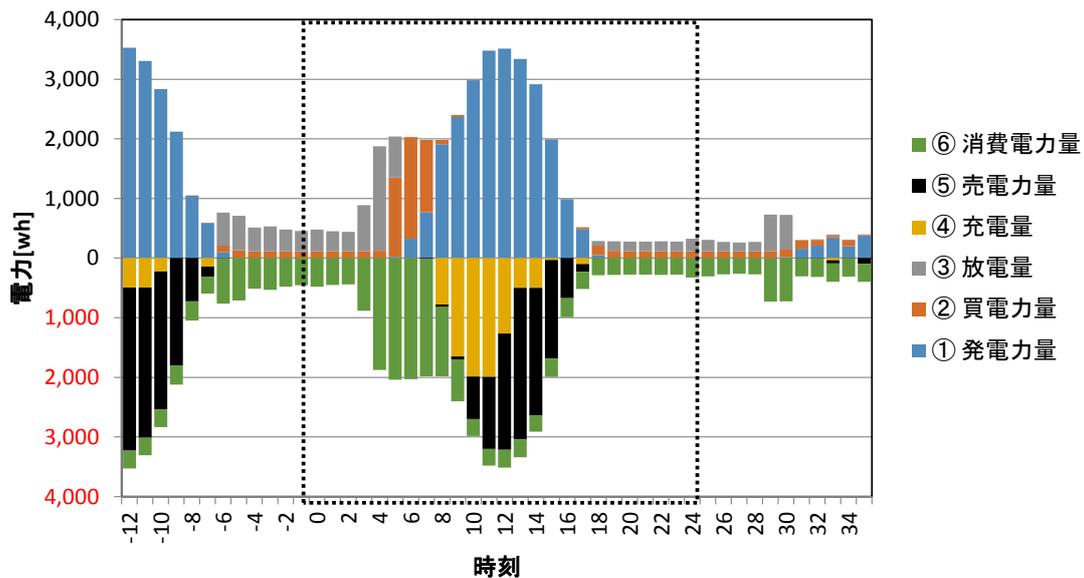


図 2-1-13 2018 年 5 月 11 日（日照時間 12.0 時間）の電力の推移

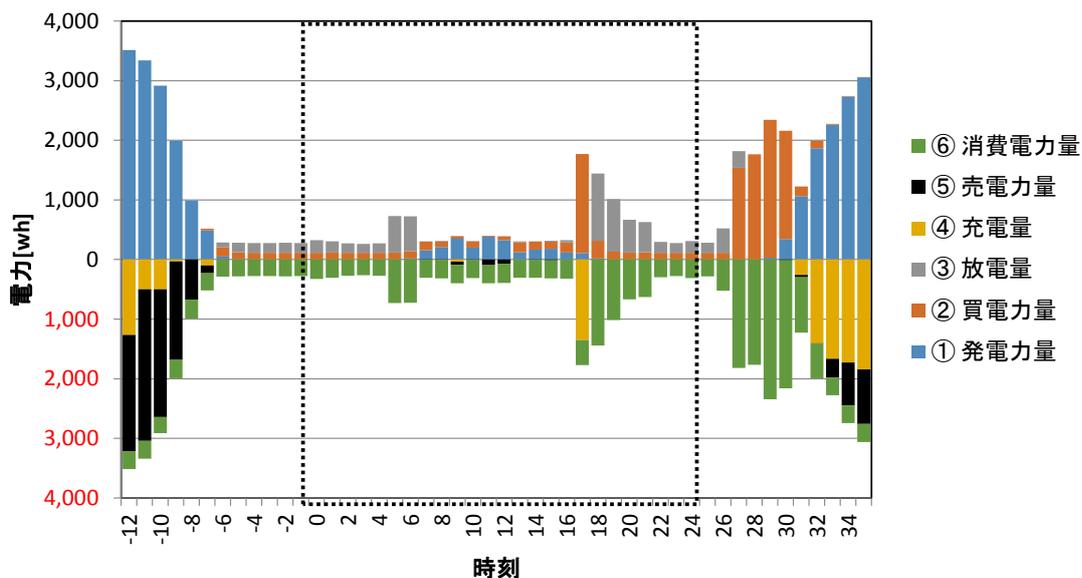


図 2-1-14 2018 年 5 月 13 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移

【夏季（8月1日～8月31日）の状況】

夏季（2018年8月1日～8月31日）の日別の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移を下図に示す。冷房負荷が大きいいため、売電がほとんど行われていない。8月6日以前は電子負荷の制御に問題があったため、以下では7日以降について分析を行う。

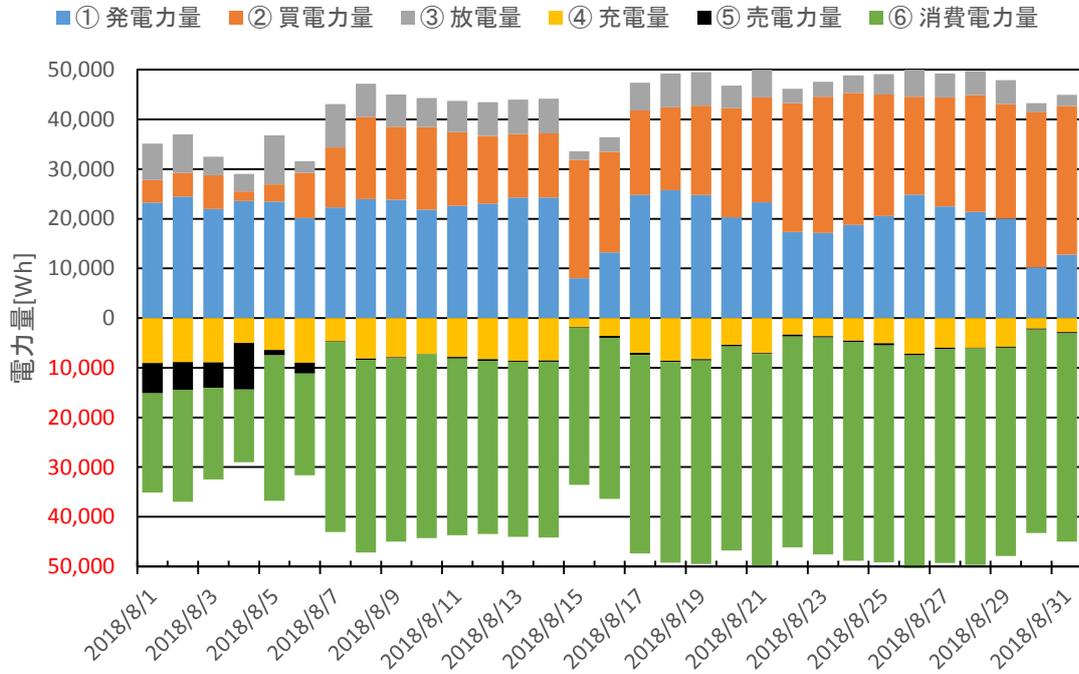


図 2-1-15 2018 年 8 月の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移

以下の図は 8 月 7 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）、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。

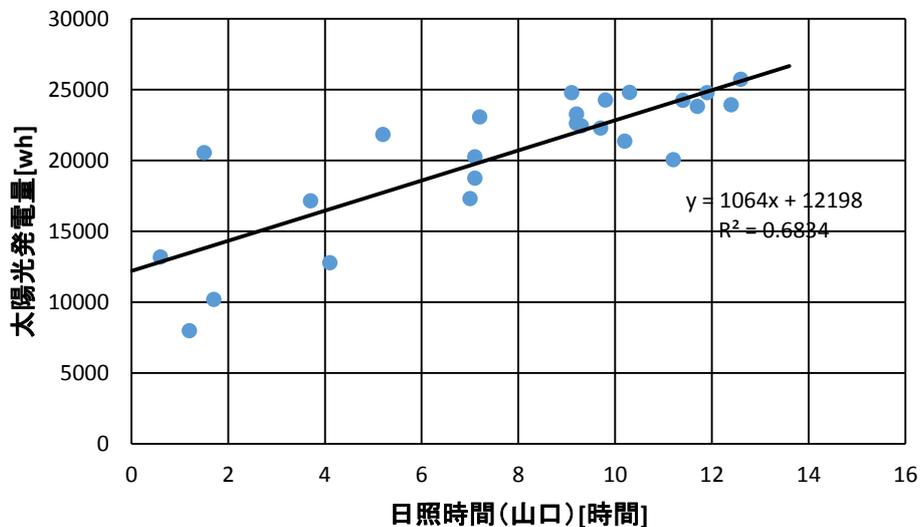


図 2-1-16 日照時間（山口）と太陽光発電量

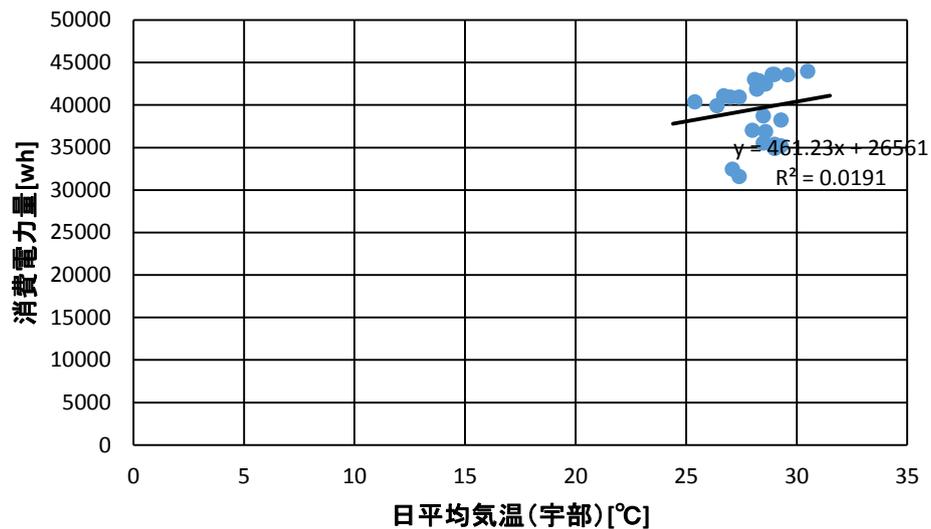


図 2-1-17 日平均気温（宇部）と消費電力量

毎日の平均気温が高いため冷房が多用され、消費電力量と日平均気温の相関は明確ではない。

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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 52.0%である。好天に恵まれているものの、冷房消費電力があるため、春季に比べると買電依存度は上昇し、月平均で 51.0%となっている。

蓄電池利用度及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 13.0%である。

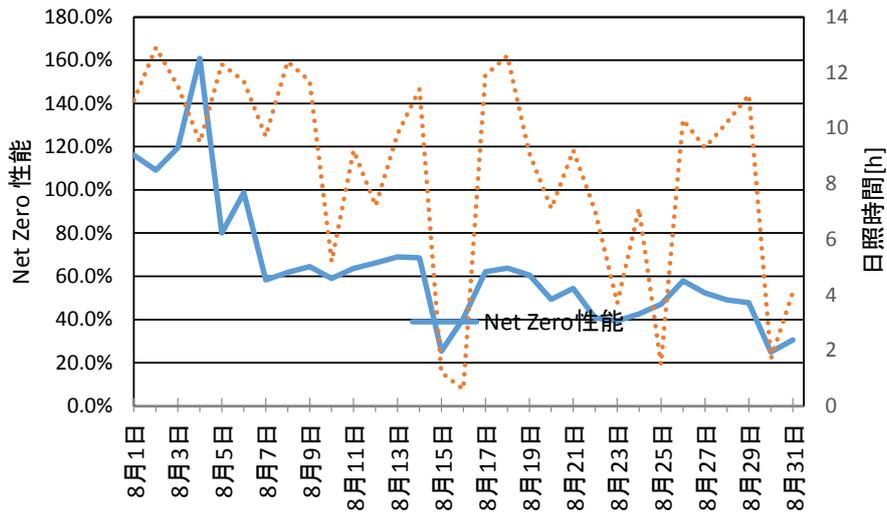


図 2-1-18 Net Zero 性能の推移

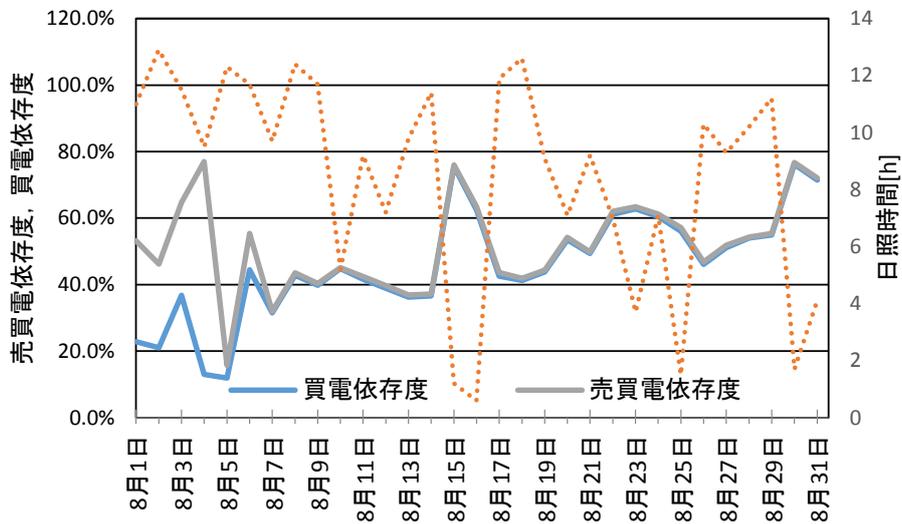


図 2-1-19 売買電依存度及び買電依存度

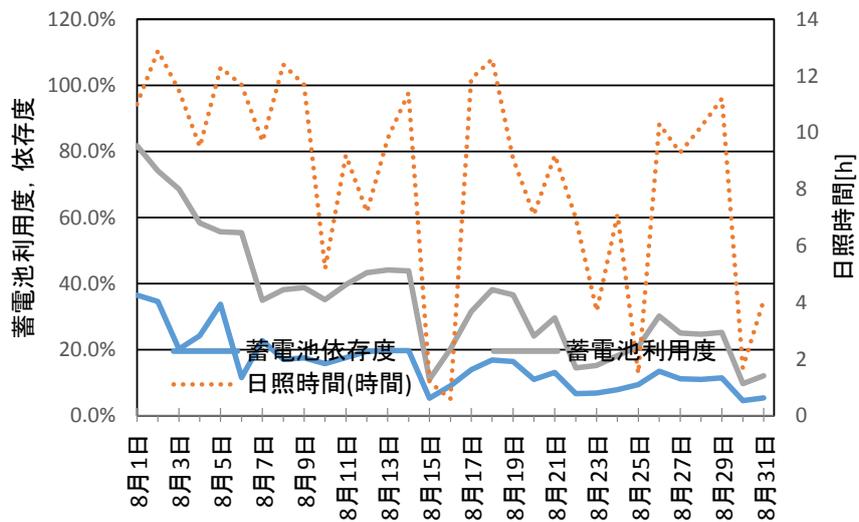


図 2-1-20 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち8月13日（日照時間9.8時間）と8月30日（日照時間1.7時間）の電力の推移を下図に示す。

8月13日は日照時間が長く、日中の発電量は消費電力を大きく上回り、充電が行われている。ただし、売電をするだけの余裕はない。そのため、この日の Net Zero 性能は69.0%、買電依存度は19.8%となっている。

8月30日は日照量不足のため、十分な発電及び充電がおこなわれず、Net Zero 性能は24.9%に低下し、買電依存度は76.2%に達している。蓄電池依存度は4.6%だった。

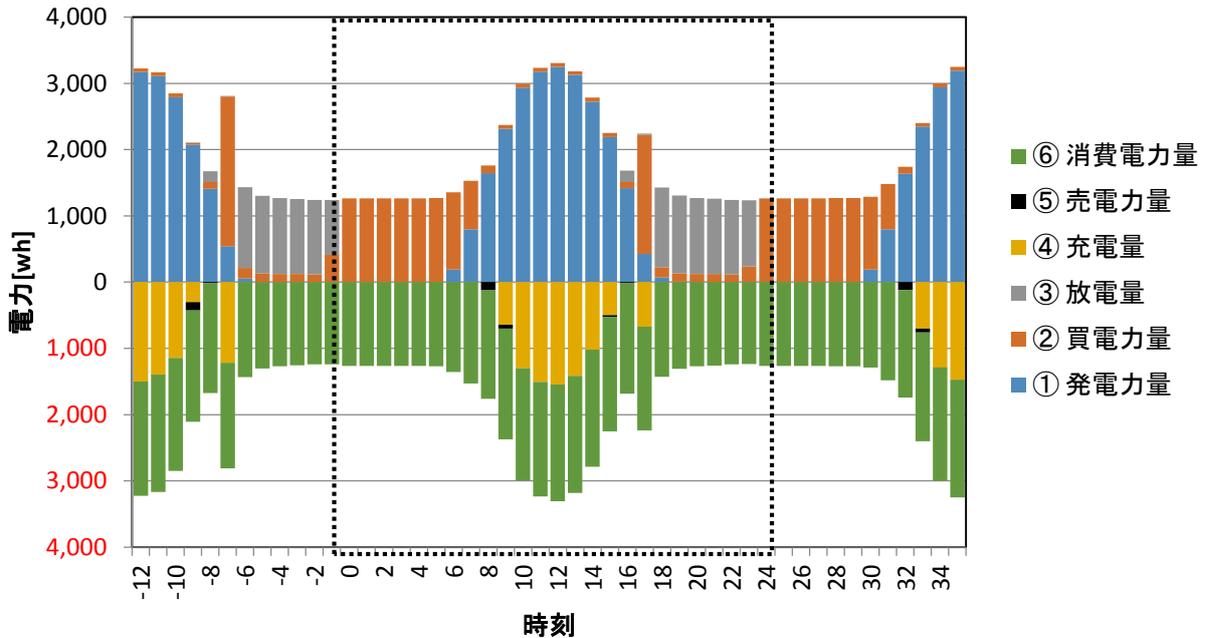


図 2-1-21 2018 年 8 月 13 日（日照時間 9.8 時間）の電力の推移



図 2-1-22 2018 年 8 月 30 日（日照時間 1.7 時間）の電力の推移

【秋季（10月1日～10月31日）の状況】

秋季（2018年10月1日～10月31日）の日別の太陽光発電量、消費電力量、売買電量、充放電量の推移を下図に示す。夏季に比べると消費電力量が減少しているため、売電する余裕が生じている。

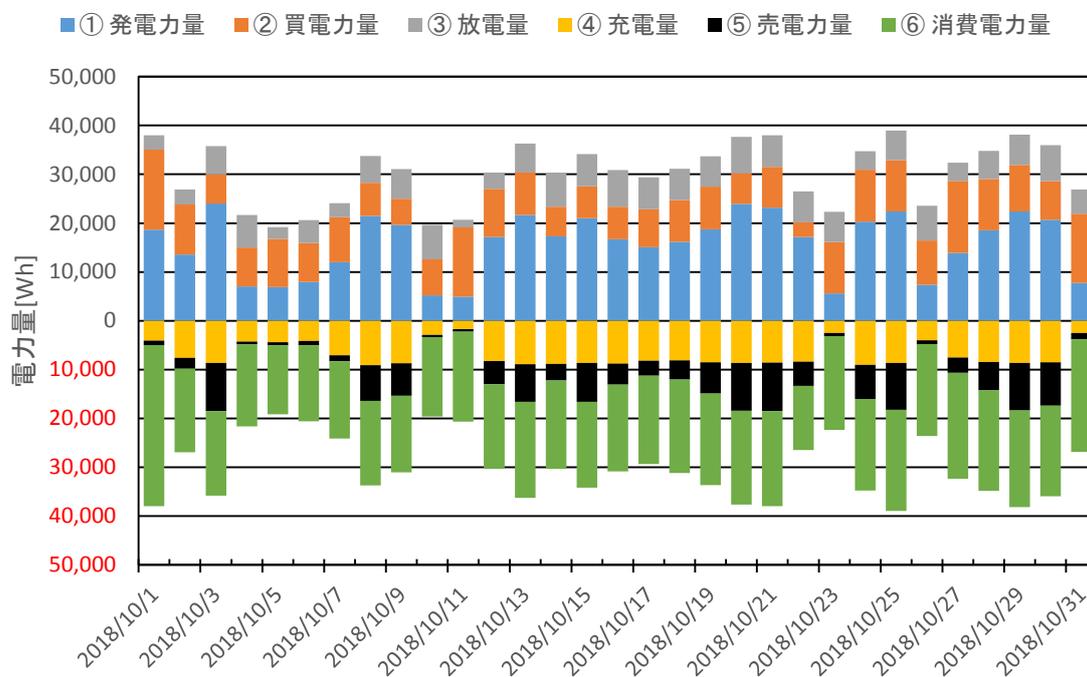


図 2-1-23 2018 年 10 月の太陽光発電量、消費電力量、売買電量、充放電量の推移

以下の図は 10 月 1 日～10 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）、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。ここでも太陽光発電量は日照時間に正比例する。

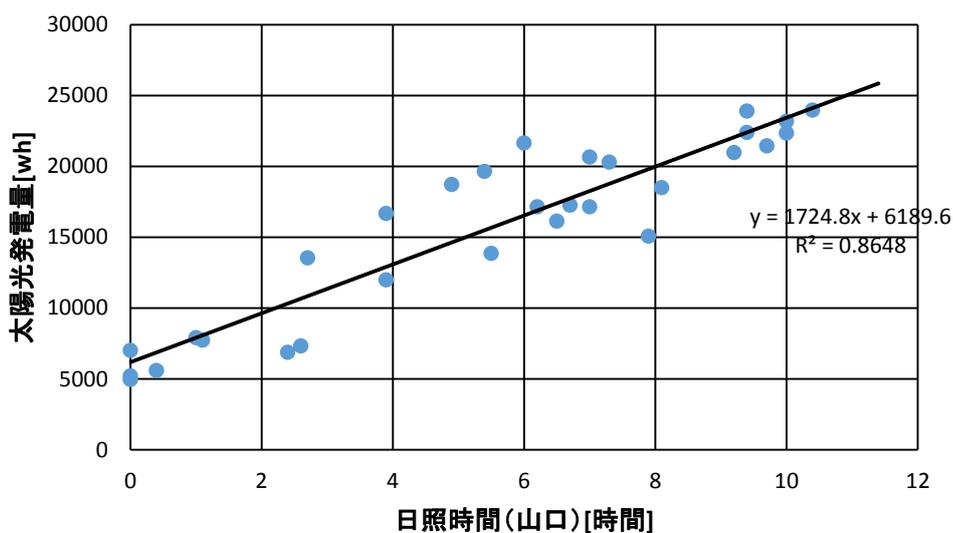


図 2-1-24 日照時間（山口）と太陽光発電量

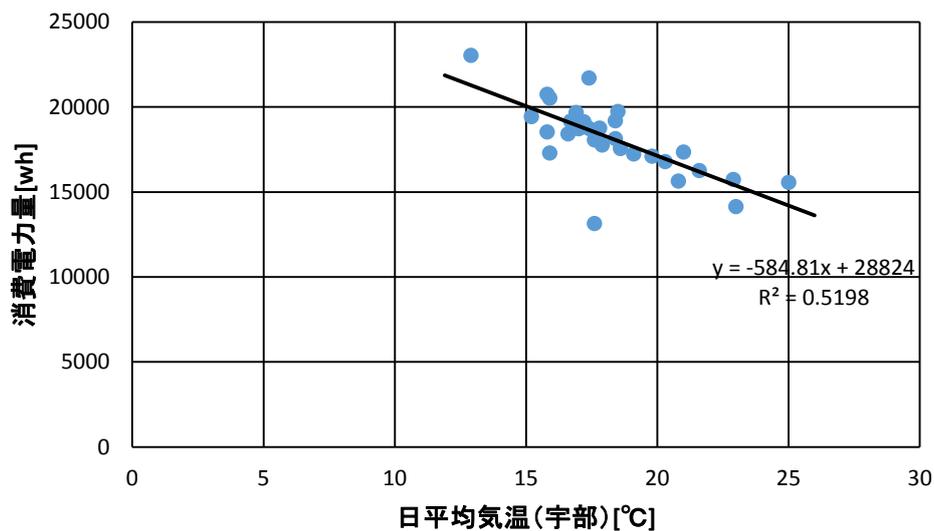


図 2-1-25 日平均気温（宇部）と消費電力量

また、暖房や給湯に電力を使用するため、消費電力量は気温に反比例している（温度が低いほど消費量が増大する）。

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

これまでの季節と同様に 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 86.7%である。天候に恵まれない日は発電ができないため、買電が増加する。買電依存度は月平均で 48.1%である。

蓄電池利用度及び蓄電池依存度は他の季節と同様に日によって大きく変動し、月平均の蓄電池依存度は 30.9%である。

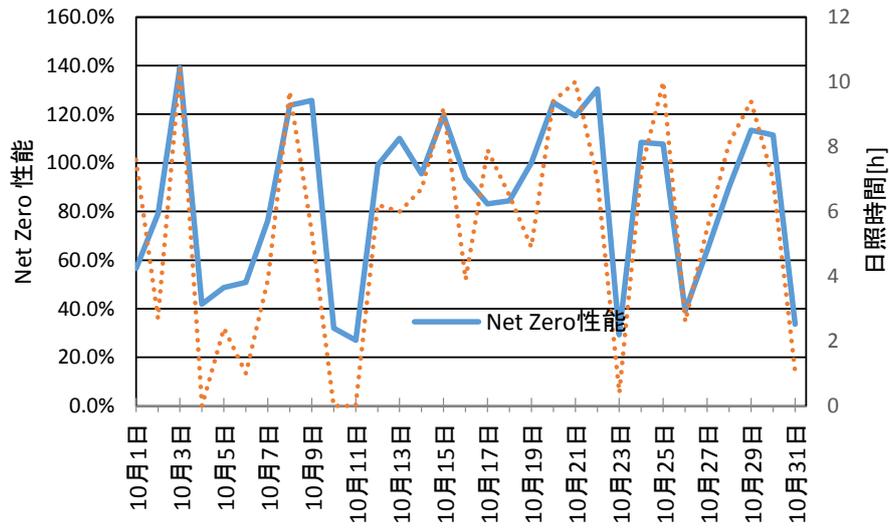


図 2-1-26 Net Zero 性能の推移

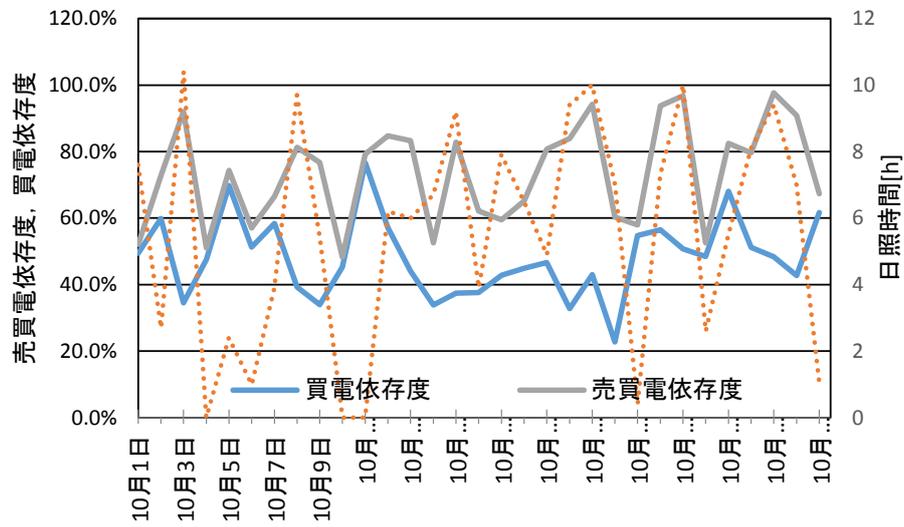


図 2-1-27 売買電依存度及び買電依存度

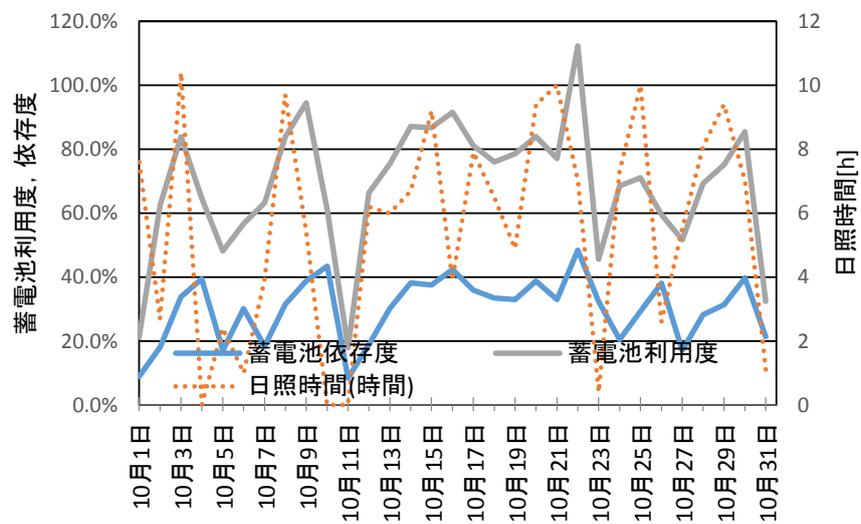


図 2-1-28 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち10月3日（日照時間10.4時間）と10月11日（日照時間0.0時間）の電力の推移を下図に示す。

10月3日は日照時間が長く、消費電力を大きく上回る発電がおこなわれ、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139.1%に達する。ただし、早朝の消費電力増大に対応して買電があるため、買電依存度は大きくは低下せず、34.6%となっている。

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27.0%に低下し、買電依存度は76.7%に達している。充電が不十分なため蓄電池依存度は8.5%だった。

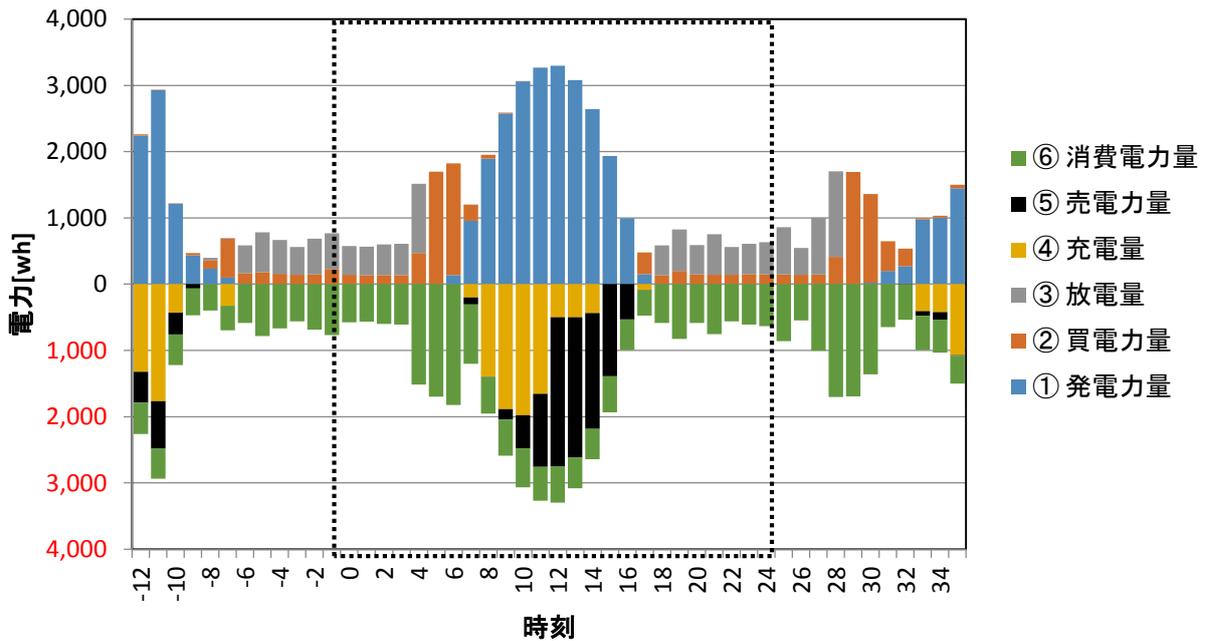


図 2-1-29 2018 年 10 月 3 日（日照時間 10.4 時間）の電力の推移

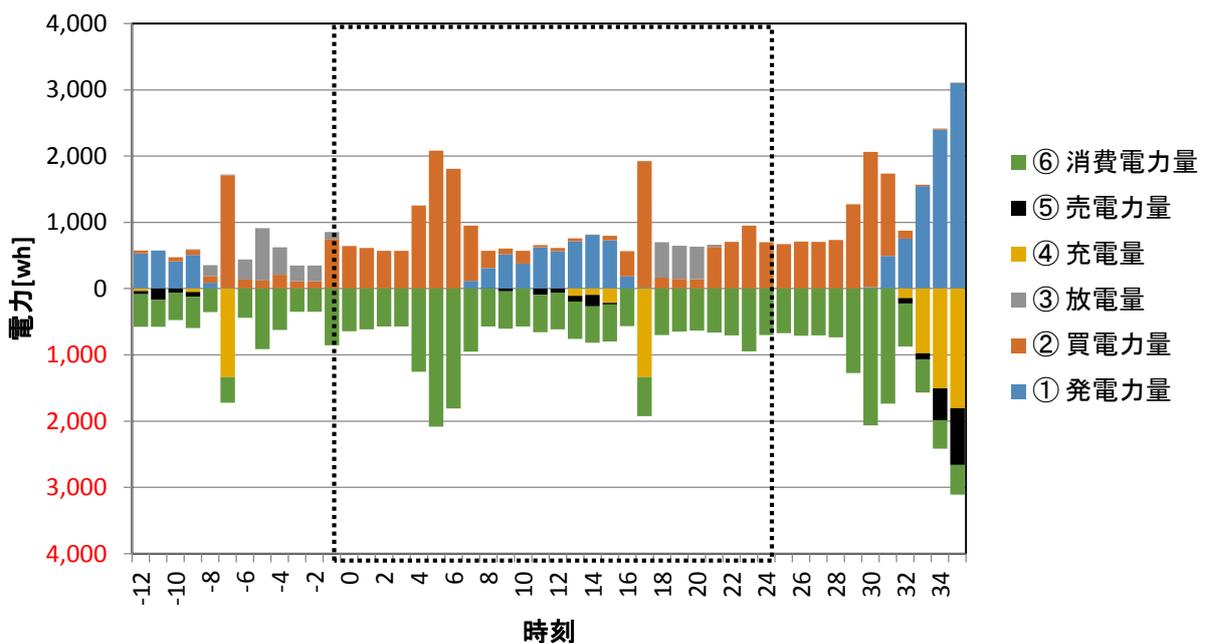


図 2-1-30 2018 年 10 月 11 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移

【冬季（2019年1月1日～1月31日）の状況】

冬季（2019年1月1日～1月31日）の日別の太陽光発電量、消費電力量、売買電量、充放電量の推移を下図に示す。以下では消費電力量が正常化した1月9日以降について分析を行う。

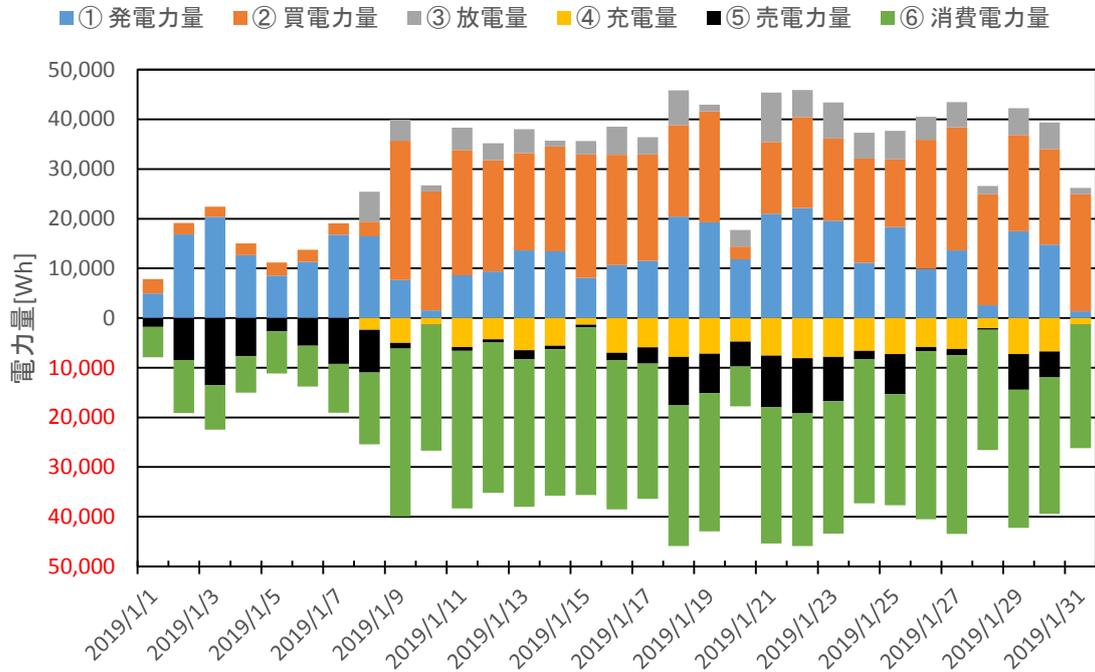


図 2-1-31 2019 年 1 月の太陽光発電量、消費電力量、売買電量、充放電量の推移

以下の図は1月1日～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）、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。冬季は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する。

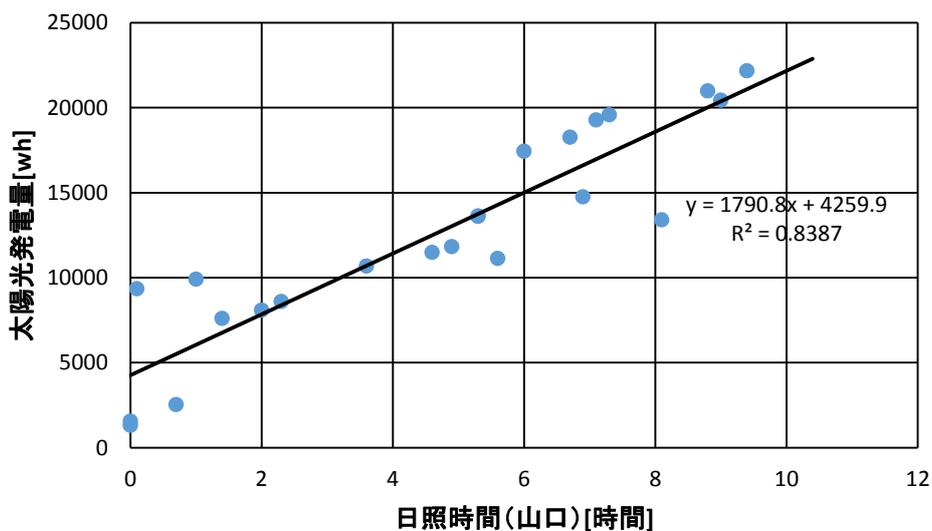


図 2-1-32 日照時間（山口）と太陽光発電量

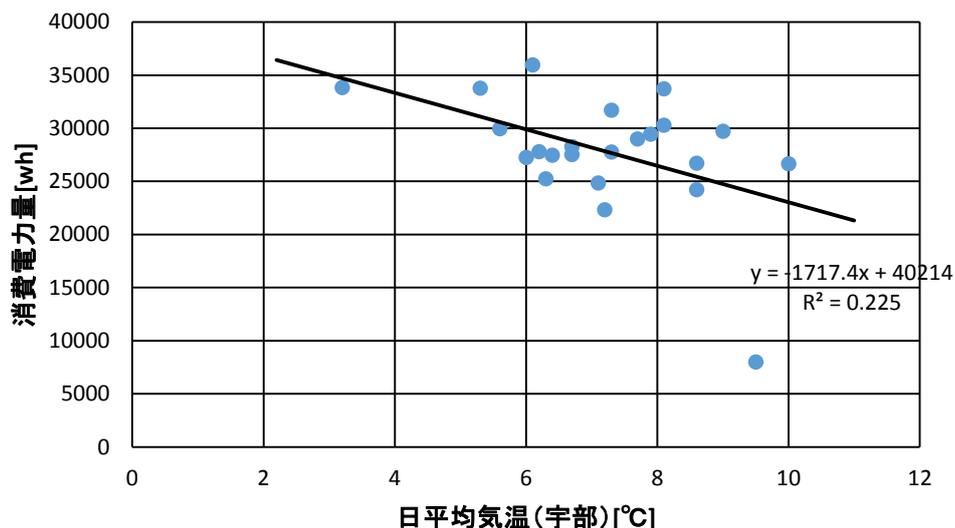


図 2-1-33 日平均気温（宇部）と消費電力量

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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 48.8%である。天候に恵まれない日が多く、買電が増加していることから、買電依存度は月平均で 72.2%に達している。

蓄電池利用度及び蓄電池依存度は日によって変動しており、月平均の蓄電池依存度は 16.5%にとどまっている。

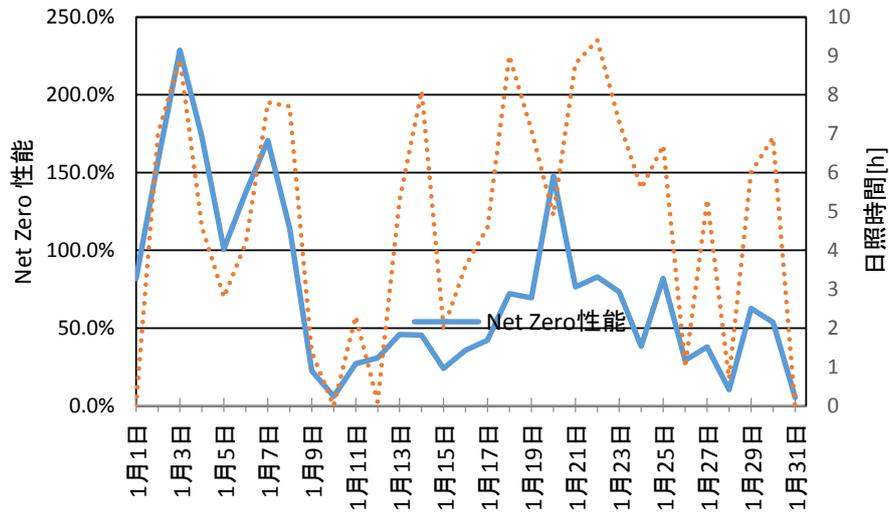


図 2-1-34 Net Zero 性能の推移

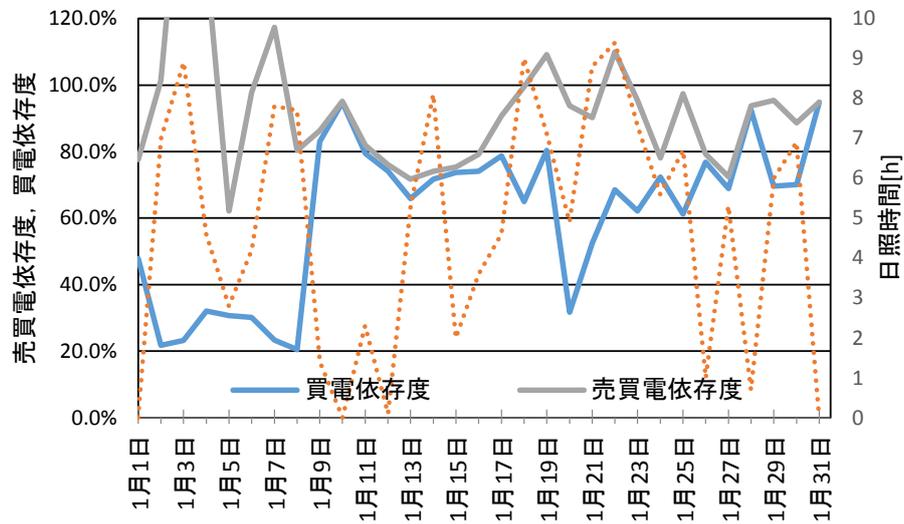


図 2-1-35 売買電依存度及び買電依存度

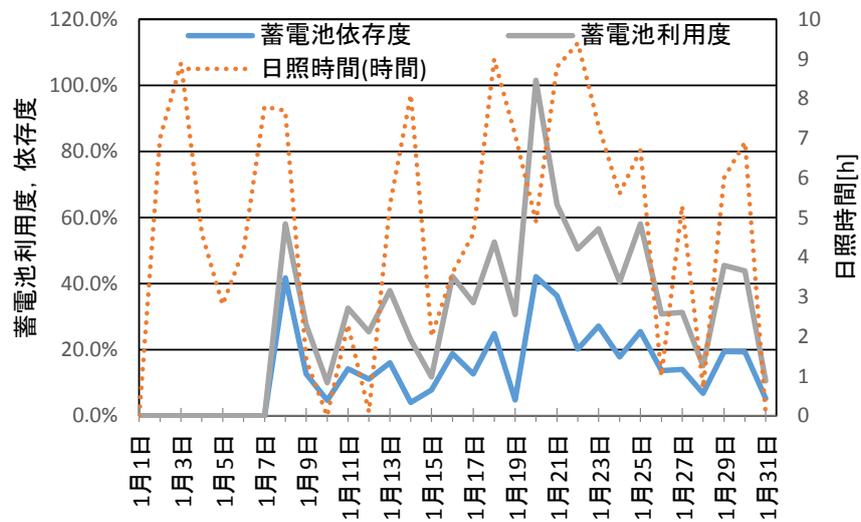


図 2-1-36 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち1月22日（日照時間9.4時間）と1月10日（日照時間0.0時間）の電力の推移を下図に示す。

1月22日は未明から早朝にかけて暖房・給湯用に大量の電力消費があり、買電が盛んに行われている。しかし日中は日照時間が長く、消費電力を大きく上回る発電がおこなわれ、充電の他、売電も行われている。結果として、この日の Net Zero 性能は83.0%に達するが、買電依存度も68.5%となっている。

1月10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6.2%に低下し、買電依存度は94.7%に達している。蓄電池には十分な充電がなく、蓄電池依存度は4.7%だった。

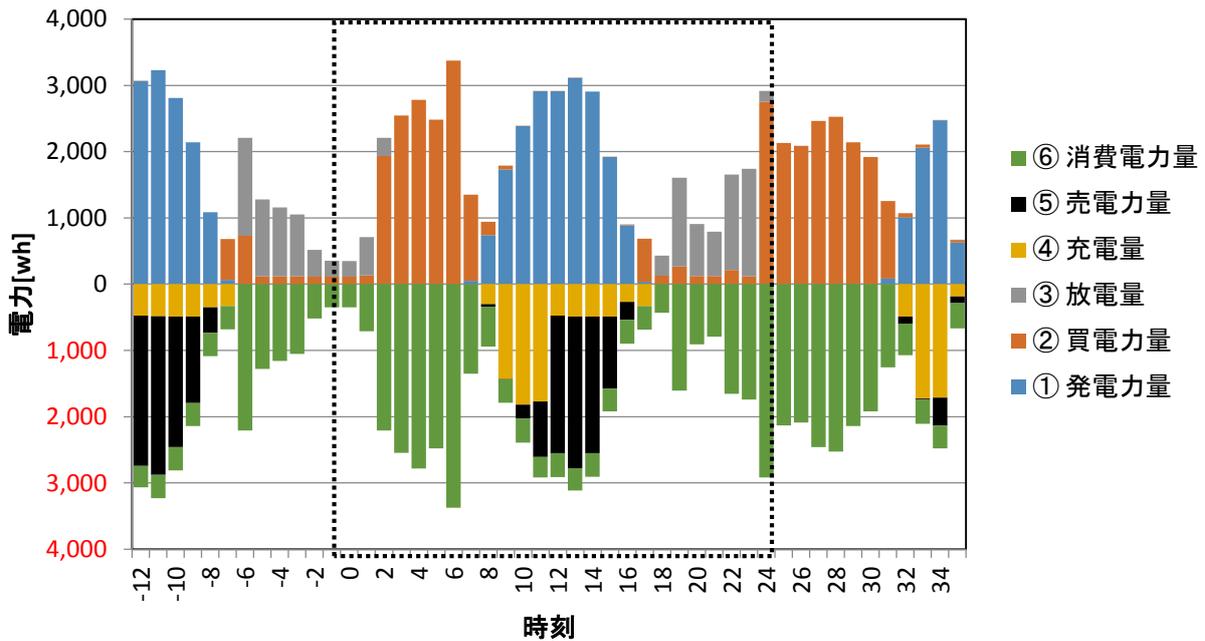


図 2-1-37 2019 年 1 月 22 日（日照時間 9.4 時間）の電力の推移

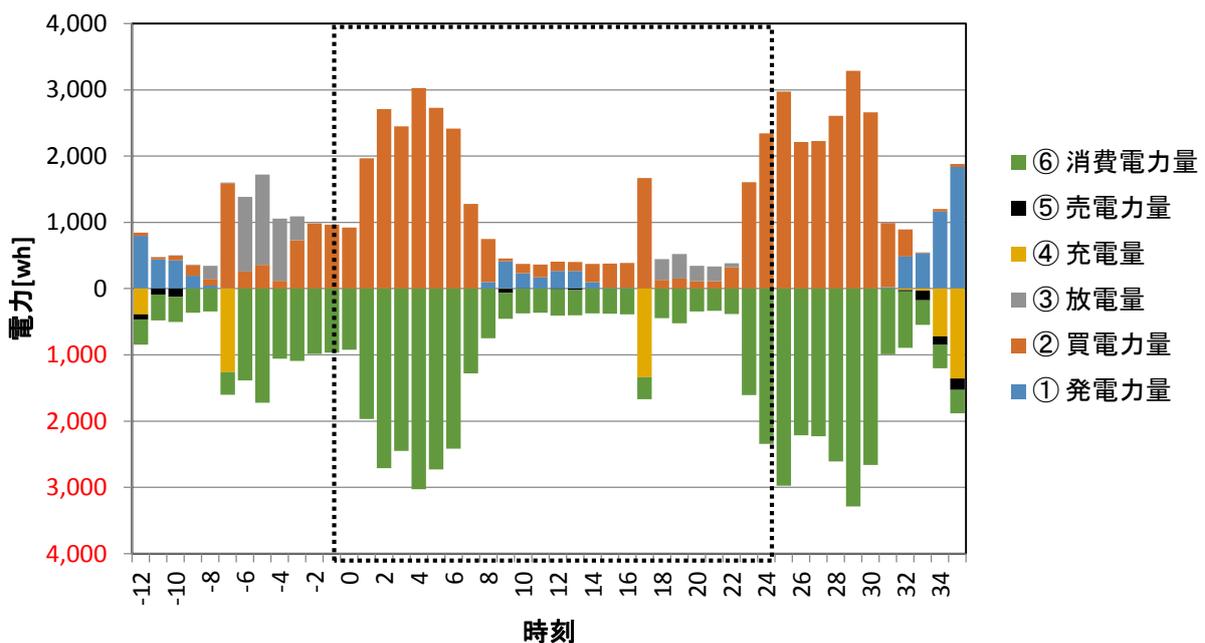


図 2-1-38 2019 年 1 月 10 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移

③ 季節間の比較に関する小括

季節ごとの結果を下表にまとめた。今年度は一般家庭（オール電化住宅）を模擬した電力負荷を与えるという条件下での試験である。このため、十分な充電があった場合でも、蓄電池が対応（放電）できるのは電力深夜までであり、早朝の電力需要に対しては買電で対応しなければならないという問題が生じている。

夏季は消費電力が大きすぎるため、また冬季は太陽光発電量が小さいため、蓄電池への十分な充電が行われず、それぞれ蓄電池が十分に活用されていない（蓄電池依存度が低い）。

表 2-1-4 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 2018年春季 (5/1~5/31)	日照に恵まれている場合には、消費電力量と充電量を上回るほどの発電量があり、売電も行われる。ただし太陽光発電が利用できない早朝には買電が必要となる。これらの理由から、Net Zero 性能が高い一方、買電依存度は低下しにくい。	月日		5/11	5/13
		平均気温/宇部 [°C]	18.1	15.5	17.8
		日照時間/山口 [h]	5.8	12.0	0.0
		Net Zero 性能 [%]	115.7	185.8	21.9
		買電依存度 [%]	39.2	24.5	41.2
		蓄電池依存度 [%]	37.8	47.7	52.0
フルコントロールモード 2018年夏季 (8/1~8/31)	日中の発電量は消費電力を大きく上回り、充電が行われているが、売電をするだけの余裕はない。そのため、春季に比べて Net Zero 性能は低下、買電依存度は上昇する。	月日		8/13	8/30
		平均気温/宇部 [°C]	28.4	29.3	27.4
		日照時間/山口 [h]	8.5	9.8	1.7
		Net Zero 性能 [%]	52.0	69.0	24.9
		買電依存度 [%]	51.0	36.3	76.2
		蓄電池依存度 [%]	13.0	19.8	4.6
フルコントロールモード 2018年秋季 (10/1~10/31)	暖房や給湯に電力を使用するため、気温の低下にともなって消費電力が増加する。日照に恵まれている場合には売電を行う余裕もある。Net Zero 性能が春季の次に高く、買電依存度は春季の次に低い。	月日		10/3	10/11
		平均気温/宇部 [°C]	18.4	19.1	16.6
		日照時間/山口 [h]	5.6	10.4	0.0
		Net Zero 性能 [%]	86.7	139.1	27.0
		買電依存度 [%]	48.1	34.6	76.7
		蓄電池依存度 [%]	30.9	33.9	8.5
フルコントロールモード 2019年冬季 (1/1~1/31)	天候に恵まれないため、発電量が低下し、一方で気温低下に伴って暖房・給湯電力が上昇する。すべての季節の中で Net Zero 性能は最も低く、買電依存度は最も高い。	月日		1/22	1/10
		平均気温/宇部 [°C]	6.9	8.6	6.3
		日照時間/山口 [h]	4.8	9.4	0.0
		Net Zero 性能 [%]	48.8	83.0	6.2
		買電依存度 [%]	72.2	68.5	94.7
		蓄電池依存度 [%]	16.5	20.2	4.7

2-2 山口県産業技術センターでの試験データを用いた家庭モデルの最適化シミュレーションについて

(1) シミュレーションの概要

本節で想定している最適化とは、家庭において太陽光発電と蓄電池とを組み合わせたシステムを導入した場合に、Net Zero 性能と買電依存度が低くなり、システムの自立性／自律性が高くなるような運転を行うことである。

本節では山口県産業技術センターでの実運転データ（一般家庭モデル、前節で取り上げたもの）を用いて、自立性を向上させる手法についてシミュレーションを行うこととした。

シミュレーションの基準ケースとしては、春季の好天時 2018 年 5 月 9 日～11 日の実運転結果を使用することとした。図 2-2-1 に基準ケースの電力の推移を示す。時刻 0 時から 23 時が 5 月 10 日であり、それ以前は 5 月 9 日、それ以後は 5 月 11 日の各時の電力量の状況である。

また、表 2-2-1 と 2-2-2 にこの 3 日間における各種電力量（日積算値）と各種性能を示す。

図 2-2-1 に示すように、この基準ケースでは、未明から早朝にかけて電力消費が集中している一方で、日中に大量の電力が太陽光発電パネルによって生み出されており、いわば需要と供給に時間のギャップが生じていることがわかる。このため、Net Zero 性能は高いものの、買電依存度はそれほど低くならないという結果になっている。

この基準ケースに対して、蓄電池の容量ならびに運転の仕方を変化させた場合、どの程度、システムの自立性／自律性が向上するのかを調べることを以下のシミュレーションの目的とした。

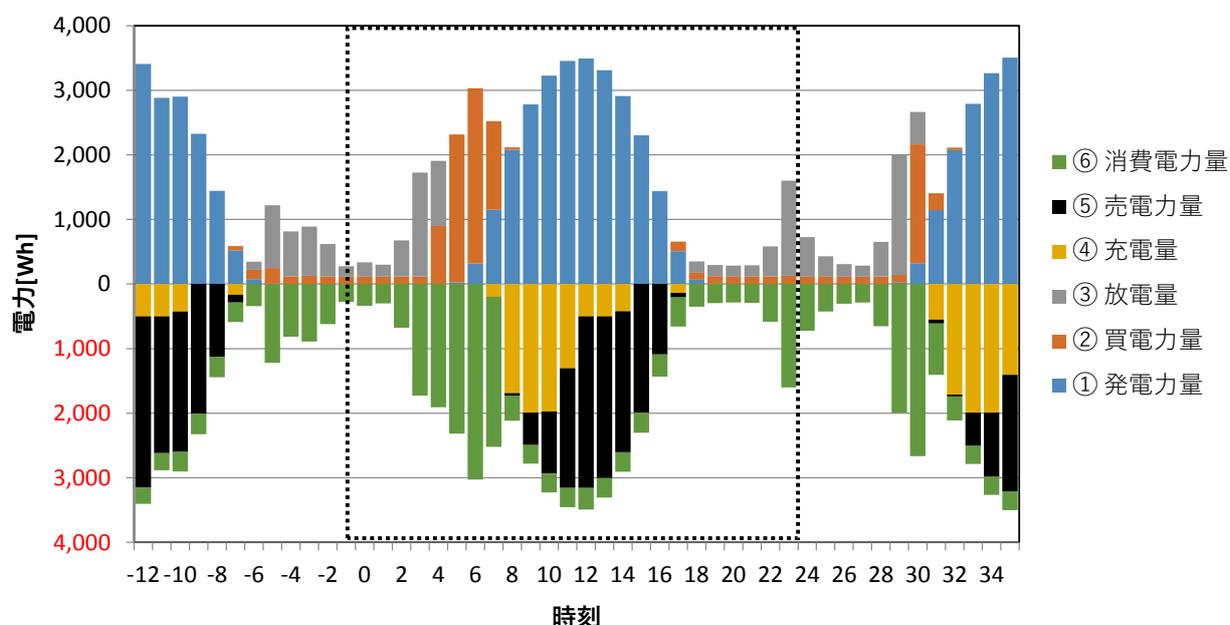


図 2-2-1 シミュレーションの基準ケース（2018 年 5 月 9 日～11 日の実運転結果）

表 2-2-1 基準ケースにおける各種電力量

	① 発電力量	② 買電力量	③ 放電量	④ 充電量	⑤ 売電力量	⑥ 消費電力量
2018年5月9日	26757	7898	5940	8790	13784	18021
2018年5月10日	27067	8617	6221	8708	13861	19336
2018年5月11日	26652	3519	6848	9000	13676	14343
3日間平均	26825	6678	6337	8833	13774	17233

表 2-2-2 基準ケースにおける各種性能

	Net Zero 性能	売買電依存度	買電依存度	蓄電池利用度	蓄電池依存度
2018年5月9日	148.5%	120.3%	43.8%	81.7%	33.0%
2018年5月10日	140.0%	116.3%	44.6%	77.2%	32.2%
2018年5月11日	185.8%	119.9%	24.5%	110.5%	47.7%
3日間平均	155.7%	118.7%	38.8%	88.0%	36.8%

シミュレーションとして蓄電池容量 9kWh（ほぼ現状と同じ）、12kWh、15kWh の 3 つのケースを想定した。また、電力の管理は、フルコントロールモードを参考に、表 2-2-3 のように設定した。

表 2-2-3 シミュレーションにおける諸設定

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
蓄電池容量	9kWh	12kWh	15kWh
電力の管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 制御は 1 時間刻み ● 太陽光発電量： 負荷に対して優先的に送り、余剰分を蓄電池の充電に回し、さらに余剰がある場合に売電する ● 蓄電池： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 充放電ともに 2kW を超えない ➢ 日中の充電が不足する場合、17 時～18 時に充電する ➢ 18 時以降に放電を行う ➢ 放電時： 電池残量が 1kWh に達したら放電を停止 ➢ 充電時： 容量－1kWh に達したら充電を停止 		

(2) シミュレーション結果

＜ケース 1：容量 9kWh＞

基準ケースの実容量 8.4kWh に近い容量であるため、また、電力の管理方法がフルコントロールモードに近いものであるため、結果は基準ケースとほぼ同等のものとなった。図 2-2-2 に本ケースにおける各時刻の電力量の推移を示すが、基準ケースにおいて放電時にも若干の買電が行われているということを除けば、ほぼ同じ電力量の推移パターンとなっている。表 2-2-5 に示すように、買電依存度は基準ケースよりも若干良くなった程度である。

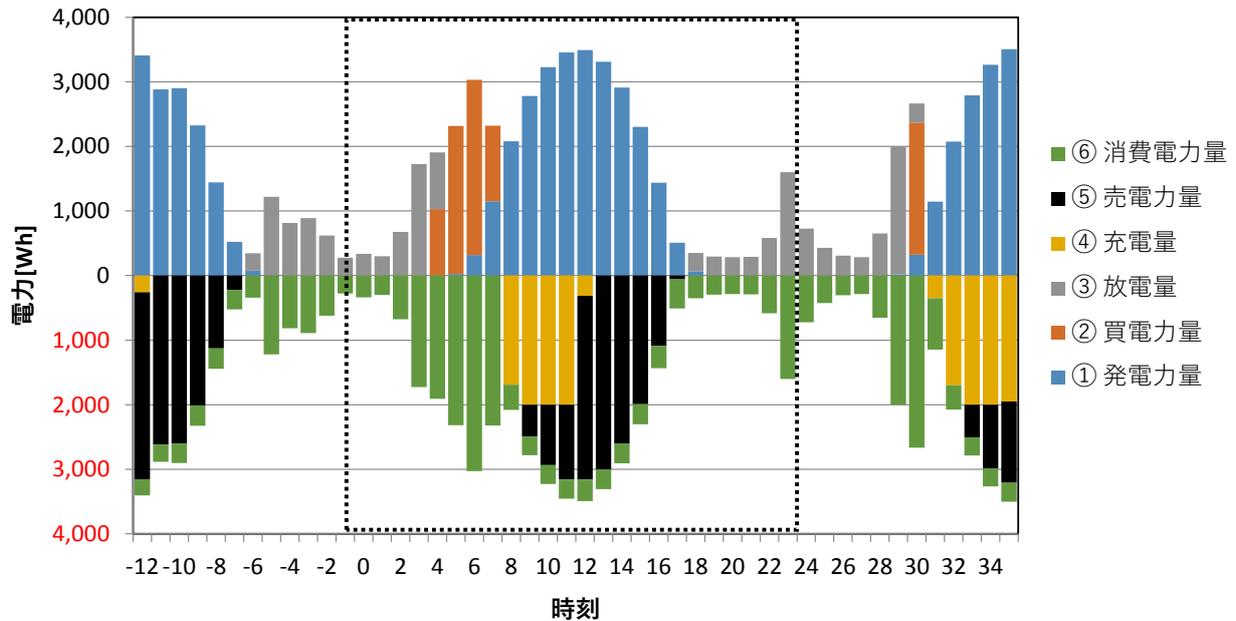


図 2-2-2 ケース 1 における各時刻の電力量の推移

表 2-2-4 ケース 1 における各種電力量

	① 発電力量	② 買電力量	③ 放電量	④ 充電量	⑤ 売電力量	⑥ 消費電力量
2018 年 5 月 9 日	26757	7898	5940	8790	13784	18021
2018 年 5 月 10 日	27067	8617	6221	8708	13861	19336
2018 年 5 月 11 日	26652	3519	6848	9000	13676	14343
3 日間平均	26825	6678	6337	8833	13774	17233

表 2-2-5 ケース 1 における各種性能

	Net Zero 性能	売買電依存度	買電依存度	蓄電池利用度	蓄電池依存度
2018 年 5 月 9 日	148.5%	116.5%	37.3%	82.1%	37.7%
2018 年 5 月 10 日	140.0%	110.6%	37.2%	78.9%	37.5%
2018 年 5 月 11 日	185.8%	114.4%	14.2%	111.6%	55.9%
3 日間平均	155.7%	113.7%	30.9%	89.1%	42.7%

<ケース 2 : 容量 12kWh>

容量をケース1よりも若干大きくしたケースである。基準ケースやケース1に比べ、日中により多くの充電を行っているため、未明から早朝にかけての電力需要のかなりの部分を蓄電池からの放電によって賄うことができる。このため5月10日(0時~23時)においては朝5~7時を除いて、また、5月11日(24時以降)においては朝7時を除いて、買電を必要としていない。表2-2-7に示すように、買電依存度は基準ケースよりも大きく低下している。

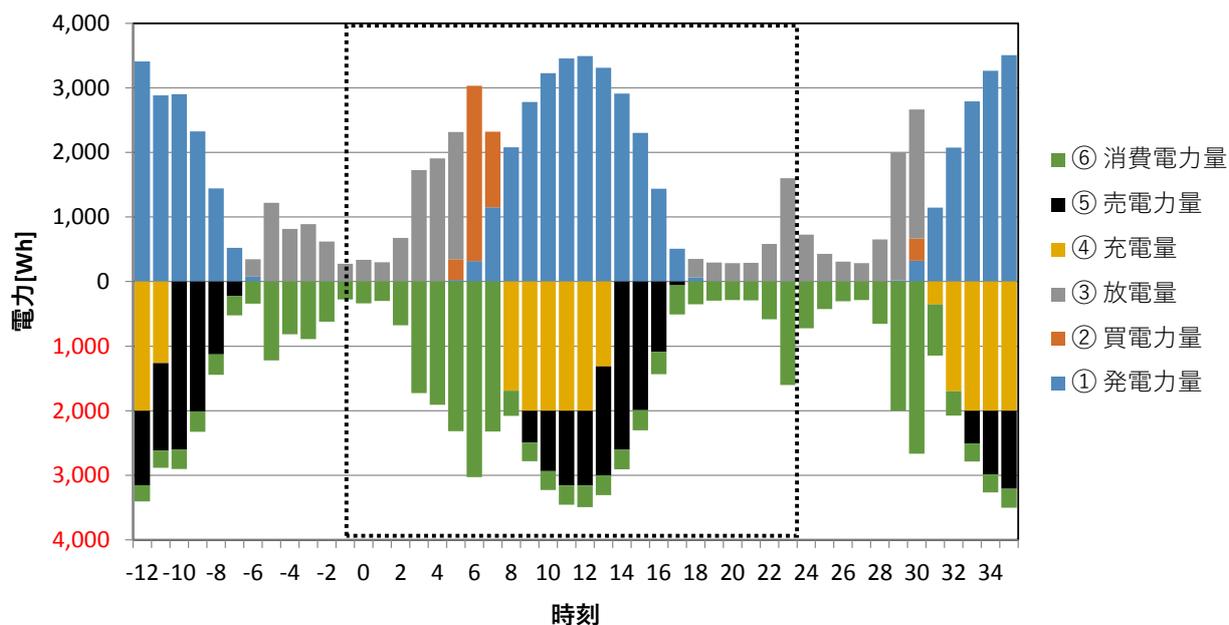


図 2-2-3 ケース 2 における各時刻の電力量の推移

表 2-2-6 ケース 2 における各種電力量

	① 発電力量	② 買電力量	③ 放電量	④ 充電量	⑤ 売電力量	⑥ 消費電力量
2018年5月9日	26757	6727	6798	11000	11261	18021
2018年5月10日	27067	4199	10253	11000	11183	19336
2018年5月11日	26652	343	9713	9700	12664	14343
3日間平均	26825	3757	8921	10567	11703	17233

表 2-2-7 ケース 2 における各種性能

	Net Zero 性能	売買電依存度	買電依存度	蓄電池利用率	蓄電池依存度
2018年5月9日	148.5%	99.8%	37.3%	98.8%	37.7%
2018年5月10日	140.0%	79.5%	21.7%	109.9%	53.0%
2018年5月11日	185.8%	90.7%	2.4%	135.3%	67.7%
3日間平均	155.7%	89.7%	21.8%	113.1%	51.8%

＜ケース 3：容量 15kWh＞

容量をケース 2 よりもさらに大きくしたケースである。他のケースに比べ、日中により多くの充電を行っているため、未明から早朝にかけての電力需要のほとんどを蓄電池からの放電によって賄うことができる。このため 5 月 10 日（0 時～23 時）においては朝 5～7 時、また 5 月 11 日（24 時以降）においては朝 7 時にわずかな量の買電を必要とするだけである。表 2-2-9 に示すように、買電依存度は基準ケースよりも極めて小さくなっている。

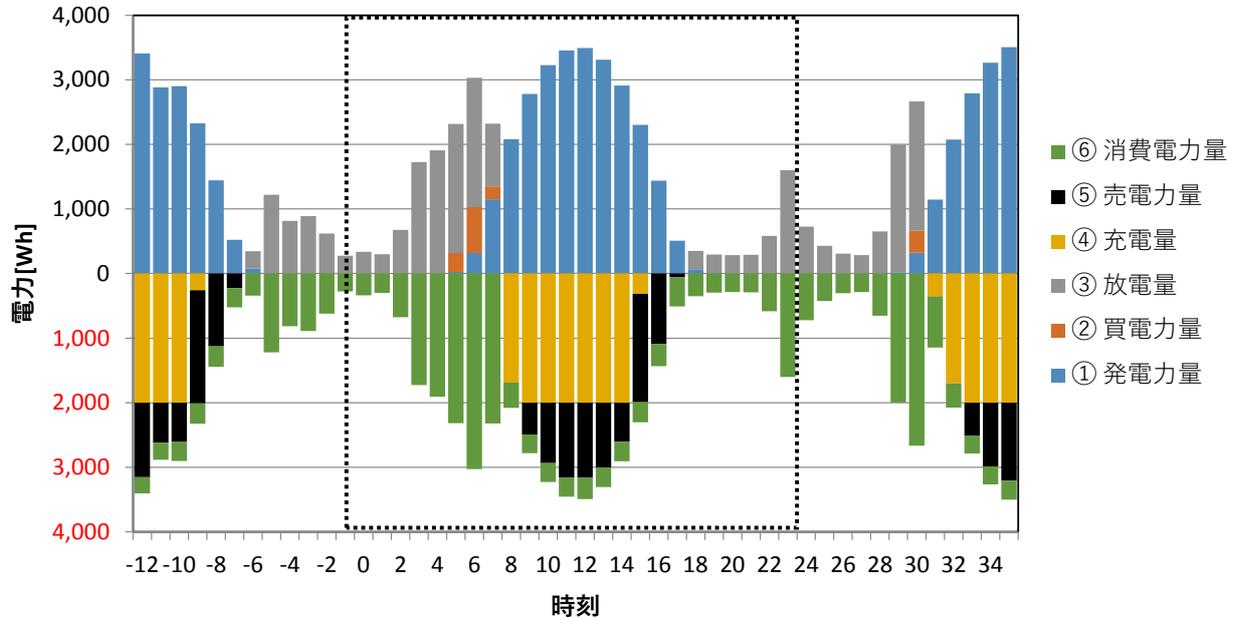


図 2-2-4 ケース 3 における各時刻の電力量の推移

表 2-2-8 ケース 3 における各種電力量

	① 発電力量	② 買電力量	③ 放電量	④ 充電量	⑤ 売電力量	⑥ 消費電力量
2018 年 5 月 9 日	26757	6727	6798	14000	8261	18021
2018 年 5 月 10 日	27067	1199	13253	14000	8183	19336
2018 年 5 月 11 日	26652	343	9713	9700	12664	14343
3 日間平均	26825	2757	9921	12567	9703	17233

表 2-2-9 ケース 3 における各種性能

	Net Zero 性能	売買電依存度	買電依存度	蓄電池利用度	蓄電池依存度
2018 年 5 月 9 日	148.5%	83.2%	37.3%	115.4%	37.7%
2018 年 5 月 10 日	140.0%	48.5%	6.2%	140.9%	68.5%
2018 年 5 月 11 日	185.8%	90.7%	2.4%	135.3%	67.7%
3 日間平均	155.7%	72.3%	16.0%	130.5%	57.6%

<シミュレーション結果のまとめ>

山口県産業技術センターでの試験で負荷変動のモデルとした K 邸のようなオール電化では、給湯需要などを賄うため早朝に消費電力が大きくなり、太陽光発電のピークとの時間的ギャップが生じ、買電に頼らざるを得ない状況となることがある。

電力の生産と消費の時間的ギャップを埋める手段として活躍するのが蓄電池である。しかし、本節で示したように、基準ケース（実運転）の蓄電池容量（8.4kWh）では、早朝の電力需要を賄うだけの充放電ができなかった。

これに対し、ケース 1 から 3 が示したように、蓄電池容量を拡大すれば、下表に示すように、買電依存度が低下する。

ただし、充放電時の電力には制限があるため（本シミュレーションでは最大 2kW）、蓄電容量を大きくし続けても買電依存度を 0 にすることはできない。今回のシミュレーションでは、ケース 2 からケース 3 の間の買電依存度の減少幅は、ケース 1 からケース 2 の間の買電依存度の減少幅よりも小さいことが示されている。蓄電池のコストを考えると、この 3 つのケースの中ではケース 2 程度の容量が適切であると考えられる。

表 2-2-10 蓄電池容量と買電依存度

	基準ケース	ケース 1	ケース 2	ケース 3
蓄電池容量	8.4kWh	9.0kWh	12.0kWh	15.0kWh
買電依存度（3 日間平均）	38.8%	30.9%	21.8%	16.0%

2-3 中小規模の工場・事業場モデル構築について

中小企業における太陽光発電と蓄電池を有するシステムの効果の一つとして、最大 30 分デマンド値の低減（以下、ピークカットという。）効果について検証する。

(1) 中小企業モデル工場の電力消費形態

図 2-3-1 に県内のある中小企業（以下、モデル工場という。）の消費電力（契約電力に対する比率）の時系列データの一例を示す。このモデル工場では、朝の操業開始とともに消費電力が増加し、日中に最大値（ピーク）を取った後、操業終了に向けて減少する電力消費形態をとっている。このように消費電力にピークが生じる場合に対するピークカット効果について検証する。

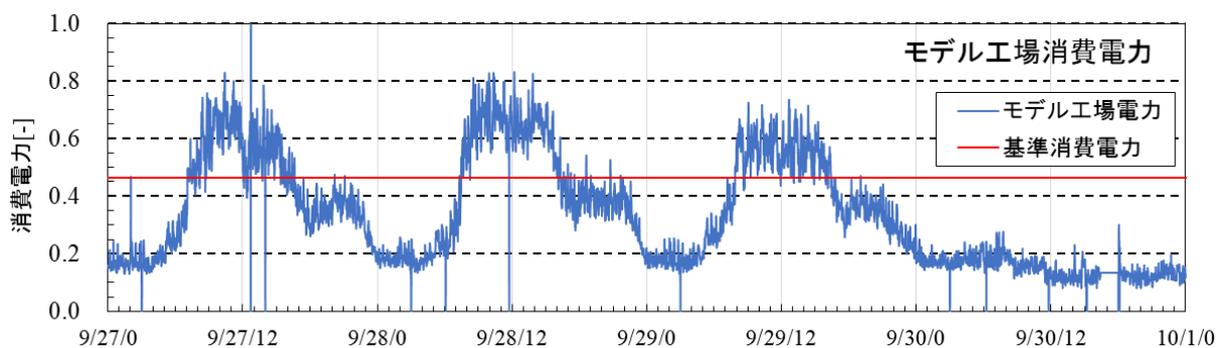


図 2-3-1 モデル工場の消費電力の時系列データ

(2) 太陽光発電及び蓄電池によるピークカット検証方法

図 2-3-1 に示すような電力消費形態をとるモデル工場を対象に、産技センター実証試験システムを用いて太陽光発電（以下、「PV」とする。）及び蓄電池によるピークカット効果の検証を行う。図 2-3-2 に試験棟の実証試験システム構成図を示す。本実証試験の電力系システムは PV システム（4kW）、蓄電池システム（2kW）及び電子負荷装置（5kW=1kW/台×5 台）から構成される。

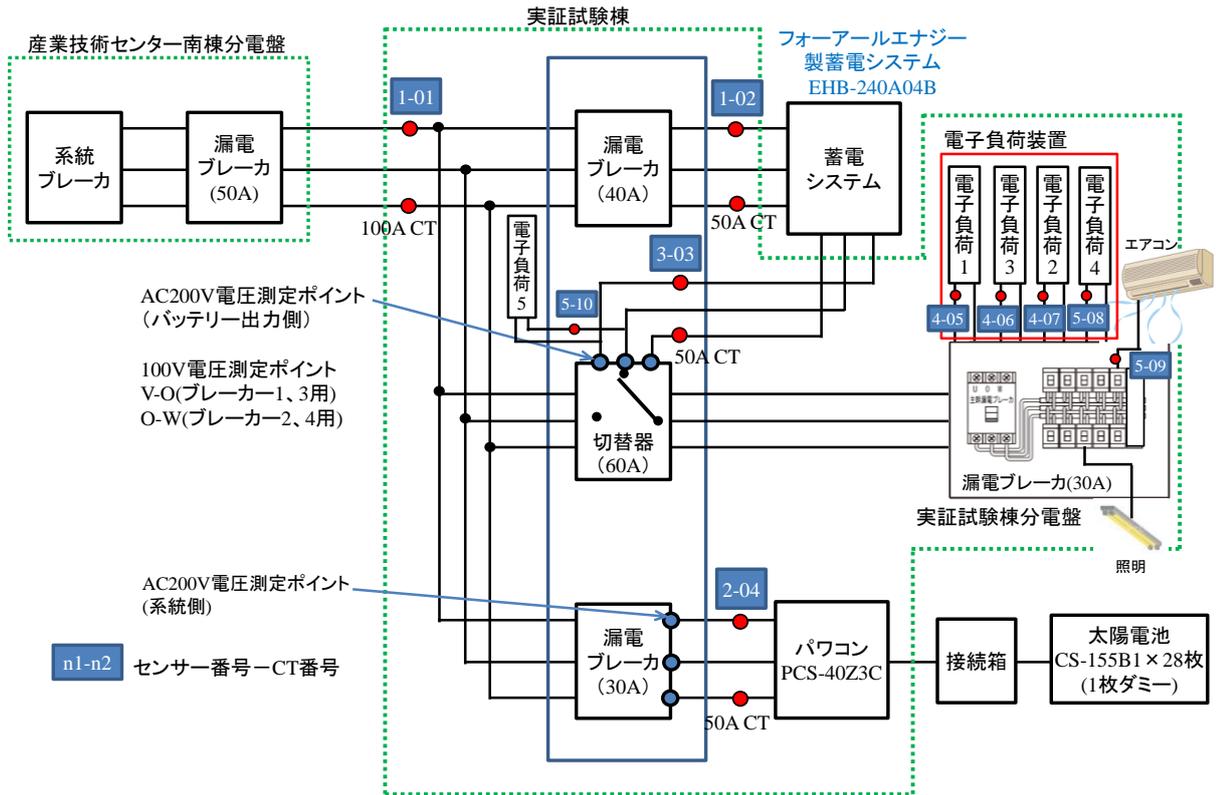


図 2-3-2 実証試験システム構成図

産業技術センター 計測機器・ネットワーク構成図

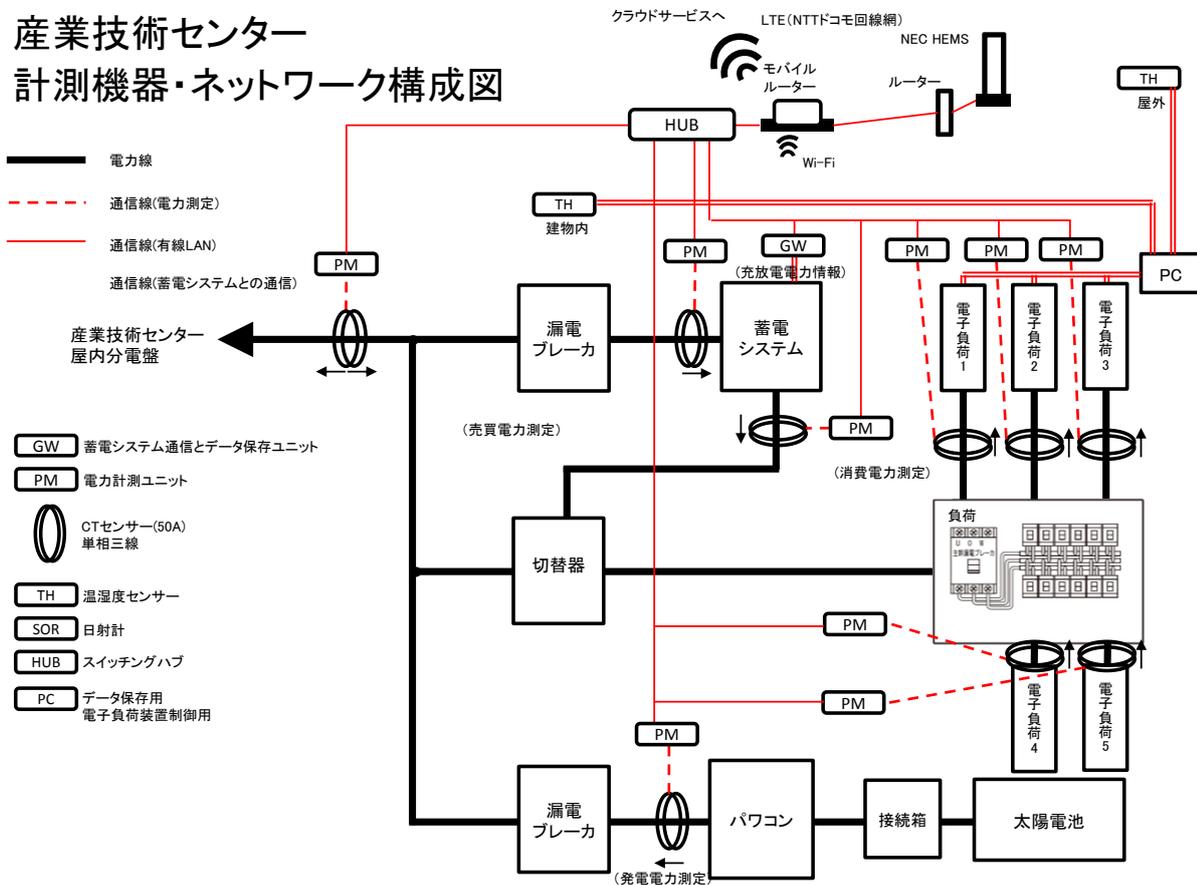


図 2-3-3 計測機器・ネットワーク構成図

図 2-3-3 に計測機器及びネットワークの構成図を示す。計測されたデータはモバイルルーターを介して、クラウドサーバへ送信・保存される。

本検証試験で対象とするモデル工場には PV 及び蓄電池システムが設置されていない。そこで、想定する PV 設備容量については、工場建屋の屋根面積から設置可能な PV パネルから算出し、また、想定される蓄電池出力については、産技センター実験システムの PV 設備容量に対する蓄電池定格出力の比率 (0.5) から算出した。表 2-3-1 にモデル工場と実証試験システムの各電力の比率を示す。この表からわかるように、実証試験システムでは、PV 設備容量及び蓄電池出力に対して、モデル工場の契約電力に対応する実験負荷が小さく、モデル工場の契約電力、想定 PV 設備容量、想定蓄電池出力の割合が再現できない。そこで以下の方法により、電力ピークカットの可能性を調査する。

表 2-3-1 モデル工場及び実証試験システムの各電力の比率

	モデル工場	実証試験システム
契約電力*1・実験負荷*2 [-]	100.0	100.0
太陽光発電設備容量 [-]	15.1	80.0
蓄電池出力 [-]	7.6	40.0

*1 契約電力：モデル工場の契約電力で、それを 100 とする。

*2 実験負荷：実証試験システムの電子負荷装置の総容量で、それを 100 とする。

【電力ピークカットの可能性調査方法】

モデル工場の想定 PV 設備容量と産技センター実証試験システム PV 設備容量の比率 k をモデル工場と実証試験システムにおける各電力の比率とする。この比率を考慮した場合、モデル工場で消費される電力の全てを実証試験システムの電子負荷装置で消費することができない。そこで、モデル工場の消費電力のピーク部分に着目して、ある基準値以上の消費電力を実証試験システムの負荷で消費することとする。つまり、図 2-3-1 において、青線の消費電力に対して赤線の基準消費電力を差し引いた電力を実証試験システムの負荷で消費する電力とする。具体的な手順は、以下の通りである。

- モデル工場の想定 PV 設備容量と産技センター実証試験システム PV 設備容量 (4kW) の比率を k とする。
- このとき、モデル工場の契約電力値 (以下、デマンド値) P_{dm} に対して実証試験システムで模擬するデマンド値は $k \cdot P_{dm}$ となる。
- モデル工場の実際の消費電力 P_a に対して、ある基準消費電力 P_b を差し引いた値に比率 k を掛けたものを実証試験システムへの消費電力指令値 $P_{Lex_C} = k \cdot (P_a - P_b)$ とする。

$$P_{Lex_C} = k \cdot (P_a - P_b) \quad (P_{Lex_C} \leq P_{Lex_C_mx} \text{ のとき})$$

$$P_{Lex_C} = P_{Lex_C_mx} \quad (P_{Lex_C} > P_{Lex_C_mx} \text{ のとき})$$

ここで、 $P_{Lex_C_mx}$ は、実証試験システムの負荷装置 5 台の合計容量 (5kW=1kW/台×5 台)

なお、5 台の各負荷装置へは P_{Lex_C} を 5 等分した値が指令値として与えられる。この指令値には、試験棟を維持するために必要な常時約 300W の消費電力が考慮される。

- 上記の指令値により、実際の実証試験システムで消費される電力 P_{ex} に対して、PV

による発電電力 P_{ex_PV} でどれだけ賄うことができるか、その寄与を調査する。

図 2-3-4 に実証試験における電子負荷装置の制御の概要を示す。モデル工場の受電点電力データが 1 分間隔、試験棟受電点電力データが 1 秒間隔で取得され、これらのデータを用いて計算された電子負荷装置の制御信号が 5 秒間隔で出力される。

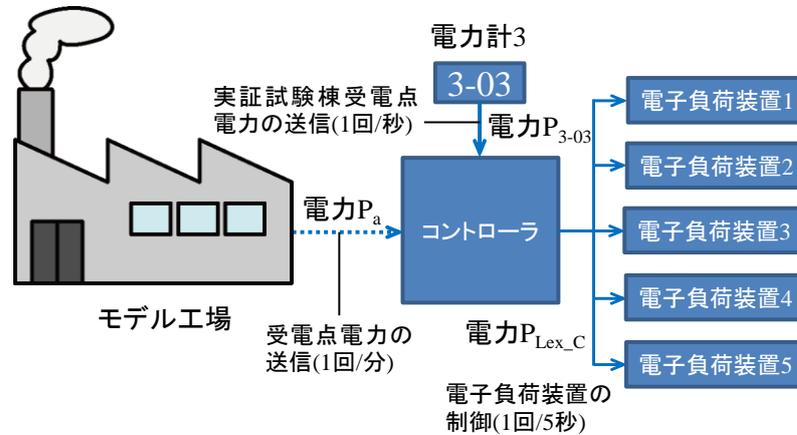


図 2-3-4 計測機器・ネットワーク構成図

【蓄電システムの制御】

蓄電システムの制御モードは「フルコントロールモード」で試験を実施した。充放電等の詳細は以下のとおり。

○充電開始時間・放電開始時間・強制充電終了時間：

充電開始時間：17:00、放電開始時間：18:00、強制充電終了時間：18:00

→ 充電時間帯：17:00-18:00、待機時間帯：なし

(3) 太陽光発電+蓄電池によるピークカットの検証

消費電力 P_{ex} に対する PV による発電量 P_{ex_PV} 及び蓄電池からの供給 $P_{ex_Battery}$ の寄与を調査することにより、ピークカット可能性を検討する。

① 系統、太陽光発電、蓄電池及び負荷の電力需給状況

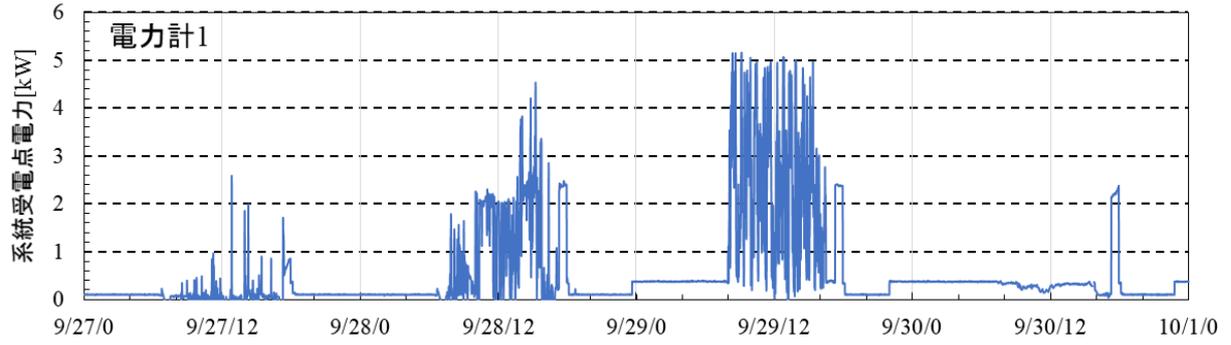
図 2-3-5 に (a) 試験棟系統受電点 (系統接続点) 電力 (電力計 1)、(b) 蓄電池入側電力 (電力計 2)、(c) 試験棟分電盤入側電力 (負荷) (電力計 3)、(d) 太陽光発電電力 (電力計 4)、(e) 蓄電池充放電電力 (POWER) (<0 : 放電、>0 : 充電) の 1 分毎の計測値を示す。これらの図から、消費電力 (電力計 3) に対して、PV 電力 (電力計 4) と蓄電池放電電力 (POWER) からの電力供給により、系統からの供給電力が減少していることが分かる。また、図 2-3-5 (e) の 9/27 において、蓄電池充放電が激しく繰り返されている。この部分の各電力を詳細に見ると、消費電力に対して、PV からの電力供給が不足する場合は、蓄電池から放電され、余剰分がある場合は、蓄電池に充電されており、蓄電池は電力需給によく追従している。なお、この充放電の激しい繰り返しが蓄電池に及ぼす影響については、今後調査していく必要がある。

図 2-3-2 に示すシステム構成からは、

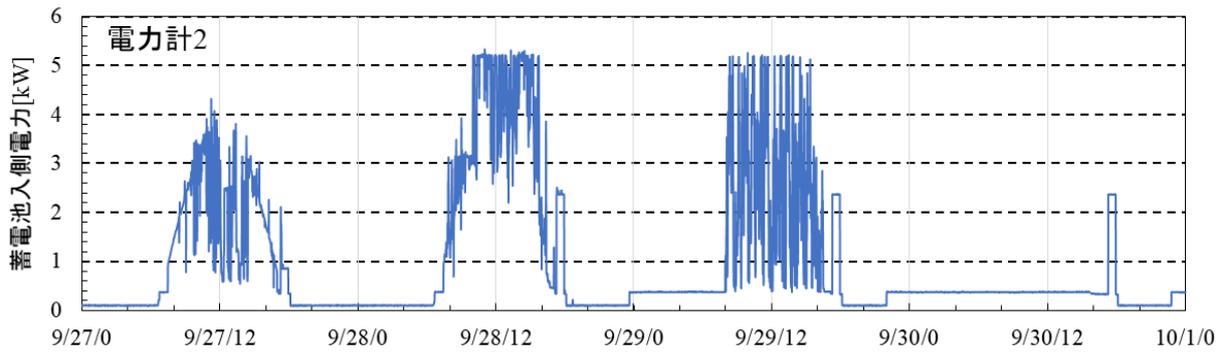
$$\text{電力計 1 (系統)} + \text{電力計 4 (太陽光発電)} = \text{電力計 2 (蓄電池入側)} \quad (1)$$

$$\text{電力計 2 (蓄電池入側)} + \text{蓄電池 (POWER)} = \text{電力計 3 (負荷)} \quad (2)$$

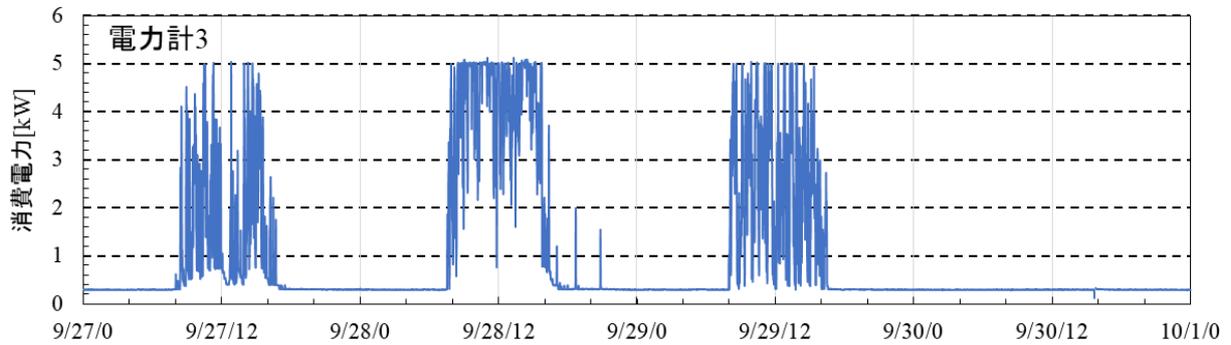
になるものと推定される。



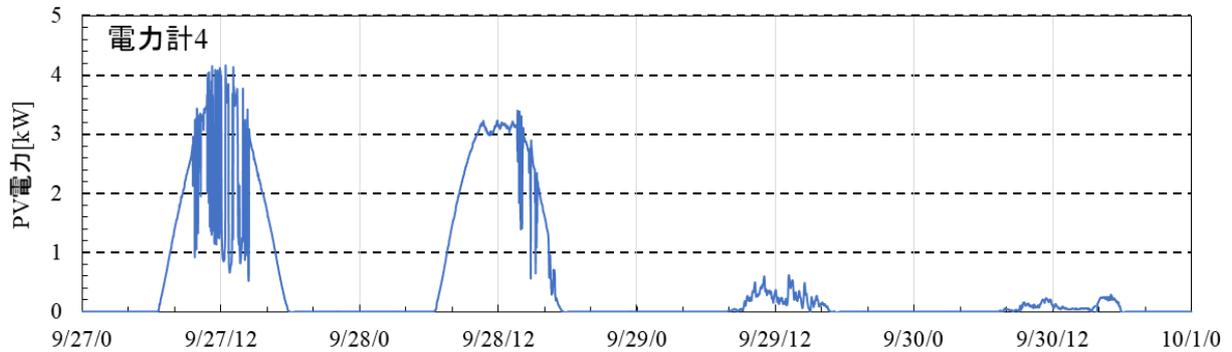
(a) 試験棟受電点（系統接続点）電力



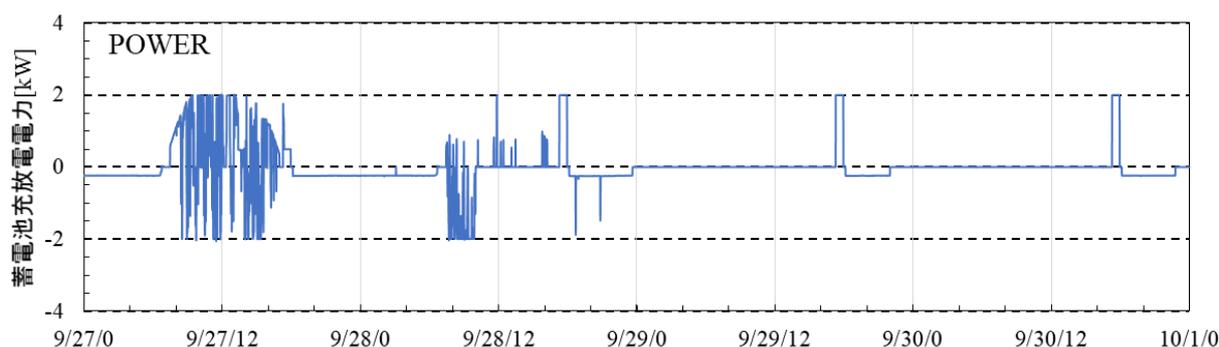
(b) 蓄電池入側電力



(c) 試験棟分電盤入側電力（負荷）



(d) 太陽光発電電力



(e) 蓄電池充放電電力 (<0: 放電、>0: 充電)

図 2-3-5 各電力計の 1 分毎の計測値

② ピークカットの検証

系統受電点電力（以下、系統電力という。）と負荷による消費電力（以下、消費電力という。）の比較により、ピークカットの検証を行う。まず初めに、系統及び消費電力の 30 分デマンド値、太陽光発電及び蓄電池充放電の 30 分平均電力を求める。図 2-3-6 に系統及び消費電力の 30 分デマンド値の推移を、図 2-3-7 に太陽光発電及び蓄電池充放電の 30 分平均電力の推移を示す。また、図 2-3-8 には蓄電池の充放電電力と充電率 SOC の 30 分平均値の推移を示す。ここで、系統電力と消費電力のそれぞれの 30 分デマンド値のピーク値の差をピークカット量とする。図 2-3-6 及び 2-3-7 から、晴れの日（9/27, 28）に太陽光発電出力がある場合、消費電力に対して系統電力が低減しており、ピークカットされている。また、9/28 には 8:00~10:00 の時間に蓄電池からの放電があり、これによる系統電力の低減が確認できるが、10:00 以降については、蓄電池からの放電がなく系統電力低減への寄与がない。これは、図 2-3-8 から 8:00 以降 SOC が急激に低下し、10:00 過ぎに 0 となっているためである。一方、雨の日（9/29）においては、太陽光発電出力がほとんどないため、系統電力と消費電力はほぼ同様の推移を示し、系統電力は低減されていない。なお、9/28, 29 の 17:00~18:00 に蓄電池へ充電されており、蓄電池システムの充放電制御が機能していることが確認できる。9/27 において、17:00~18:00 の蓄電池へ充電電力が小さいのは、図 2-3-8 から SOC が 80%以上あるためと推測される。9/28 及び 9/29 において、系統から電力供給されているにもかかわらず、蓄電池からの放電がないのは、図 2-3-8 から SOC が 15%未満となっているためと考えられる。また、図 2-3-8 から、日中のピークカットに蓄電池からの放電を利用するためには、充電開始時間の適正化、十分な充電時間の確保及び放電開始時間の設定が重要であると考えられる。さらに、蓄電池の仕様決定においては、目標とするピークカット量に対して、蓄電池の放電出力、放電時間及びそれらを可能とする蓄電池容量が重要となる。

本実証試験によるピークカットを定量的に検証してみる。表 2-3-2 に 3 日間のピークカット効果の一覧を示す。これより、晴れの日には 11~15%のピークカット効果があることがわかる。また、雨の日（9/29）は太陽光発電によるピークカット効果はほとんどないが、ピーク値も低いため、デマンド値低減後の値は 3 日間でほぼ同程度の 0.6 となっており、モデル工場の契約電力超過への影響は小さい

と考えられる。

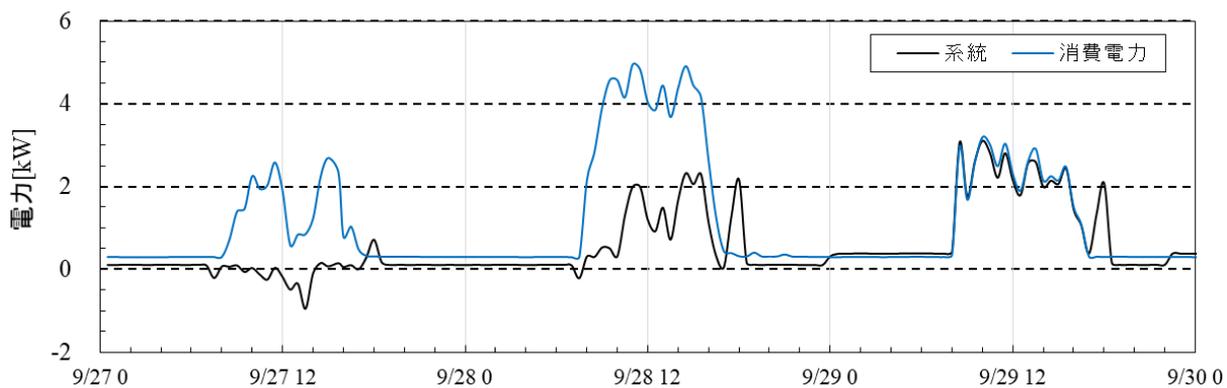


図 2-3-6 系統及び負荷電力の 30 分デマンド値の推移

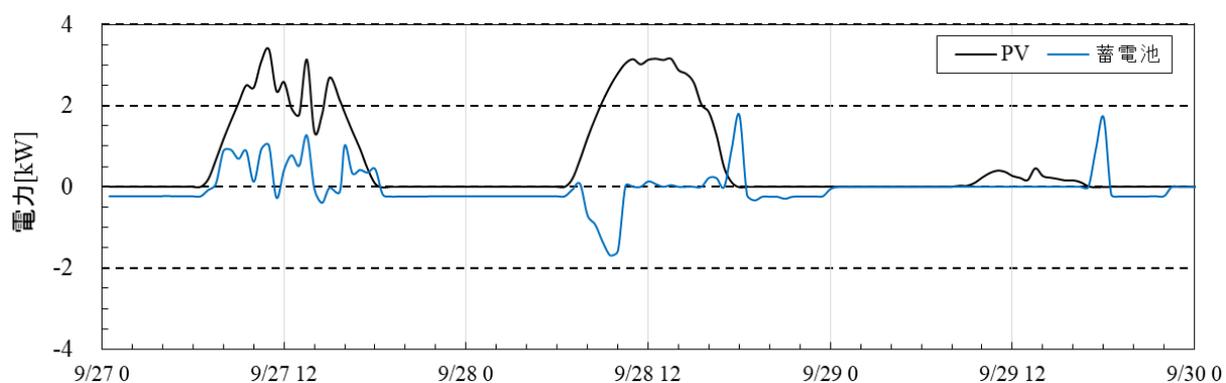


図 2-3-7 太陽光発電及び蓄電池充放電電力の 30 分平均電力

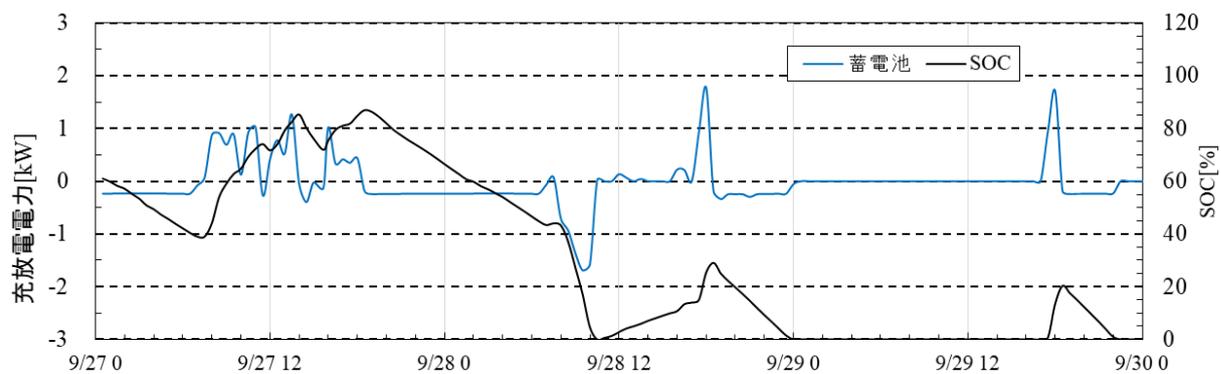


図 2-3-8 蓄電池充放電電力及び SOC の 30 分平均電力

表 2-3-2 デマンド値低減効果

日にち	天候	工場 DM*	低減量	低減後 DM*	低減率
9/27	晴	0.691	0.078	0.613	11.3%
9/28	晴	0.693	0.104	0.590	14.9%
9/29	雨	0.592	0.004	0.589	0.6%

* DM : 30 分デマンド値

工場 DM*、低減量、低減後 DM*は契約電力に対する比率である。

(4) 中小工場におけるピークカット効果の検証の小括

ピークカット効果を検証した結果、本実証試験の範囲において以下のことが分かった。

○晴れの日には PV 発電が寄与することにより、約 11～15%のピークカット効果が確認された。

○雨の日は PV 発電の寄与がほとんどないが、ピーク値も低いため、モデル工場の契約電力超過への影響は小さいと考えられる。

○日中のピークカットに蓄電池からの放電を利用するためには、充電開始時間の適正化、十分な充電時間の確保及び放電開始時間の設定が重要である。

今後は、ピークカット効果の検証データ数の増加と、本蓄電池の充放電制御に係る充電開始時間・放電開始時間・強制充電終了時間の変更による日中ピークカット効果増大の可能性を調査していく必要がある。

2-4 山口県立美祢青嶺高等学校大気測定局での試験データ

(1) 試験の概要

美祢青嶺高校での試験の施設・設備の内容を表 2-4-1 に、システム・測定機器・ネットワーク構成図を図 2-4-1 示す。

試験では、一般的な家庭規模で設置される最小規模の 2.56kW の太陽光発電システムと、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を連係し、24 時間運転を行った。対象負荷は、大気測定局で使用する機器類である。

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 2-4-1 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
太陽光発電システム	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

(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。

○ 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
 - ※放電を終え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。

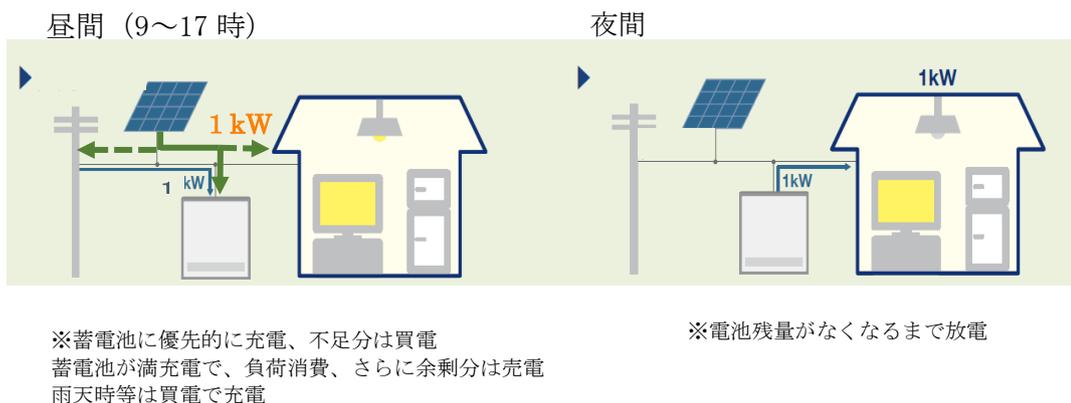
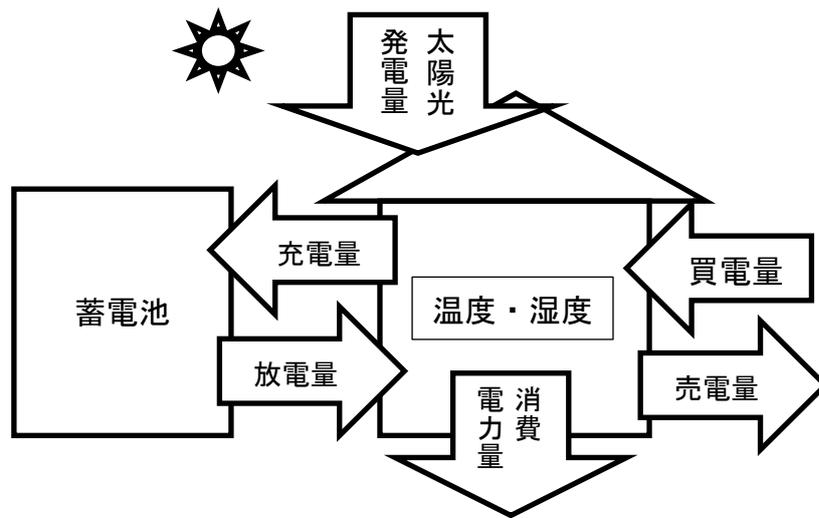


図 2-4-2 ピークシフトモードの内容

(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 2-4-3）。



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 2-4-3 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 評価の観点及び指標

昨年度と同様に、また産技センターと同様に、美祢青嶺高校においても下表に示す指標によって試験結果の分析を行う。

<評価指標>

月間、日間など複数の時間スケールごとに、以下のような指標によって定量的にシステムの評価を行う。

- Net Zero 性能： $\text{発電量} / (\text{総消費電力量})$
 - 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： $(\text{売電量} + \text{買電量}) / (\text{総消費電力量})$
 - 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、余剰の電力を売電する、あるいは不足分を買電する等、システム外の電力（つまりは電力会社）に依存している状況を測る指標
- 買電依存度： $\text{買電量} / (\text{総消費電力量})$
 - 不足分をシステム外の電力（つまりは電力会社）に依存している状況を測る指標
- 蓄電池利用率： $(\text{充電量} + \text{放電量}) / (\text{総消費電力量})$
 - バッテリー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： $\text{放電量} / (\text{総消費電力量})$
 - 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

売買電依存度と買電依存度との差が無いときは、完全に買電に依存している状況であることを示す。また、蓄電池利用率と蓄電池依存度との差が無いときは、完全に蓄電池に依存している状況であることを示す。

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 季節間の比較

【春季（2018年5月）における結果】

2018年5月1日～5月31日の太陽光発電量、消費電力量、売買電量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を下図に示す。

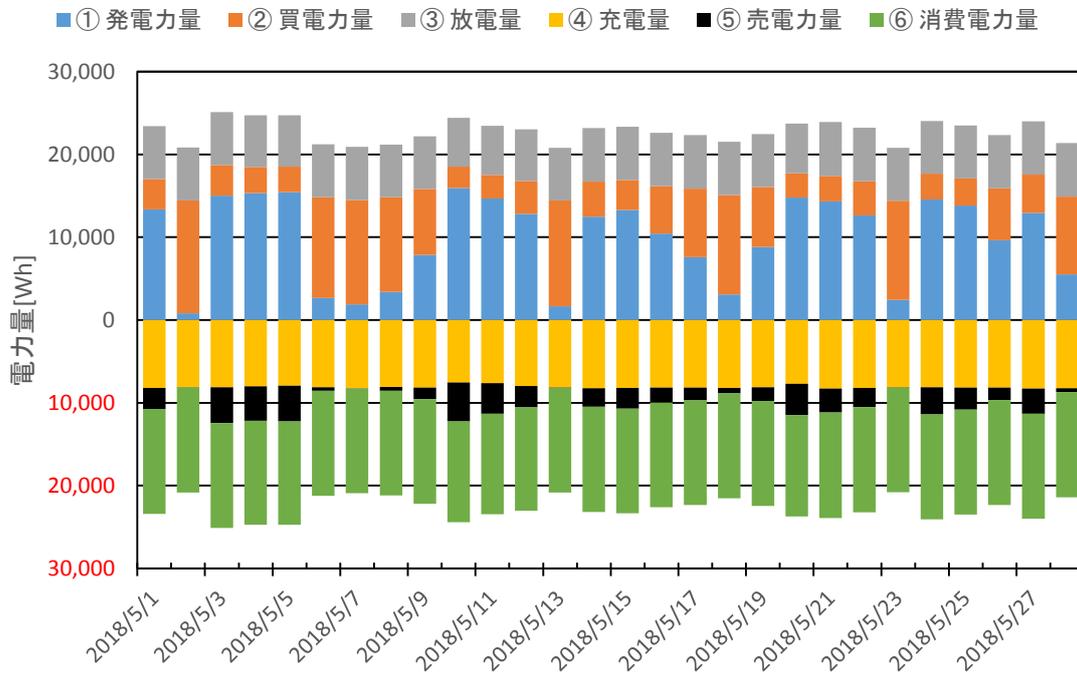


図 2-4-4 2018年5月の太陽光発電量、消費電力量、売買電量、充放電量の推移

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。以下の図は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）、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、消費電力量と日平均気温の相関性は低い。

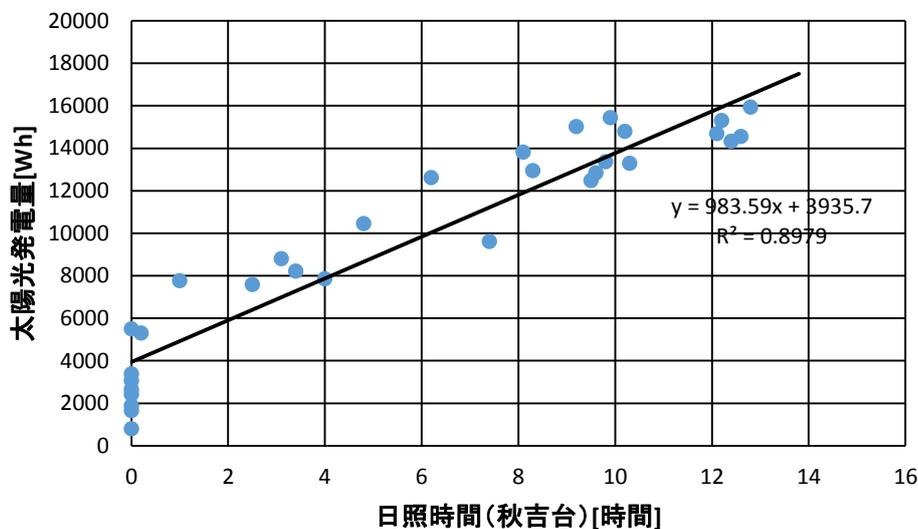


図 2-4-5 日照時間と太陽光発電量

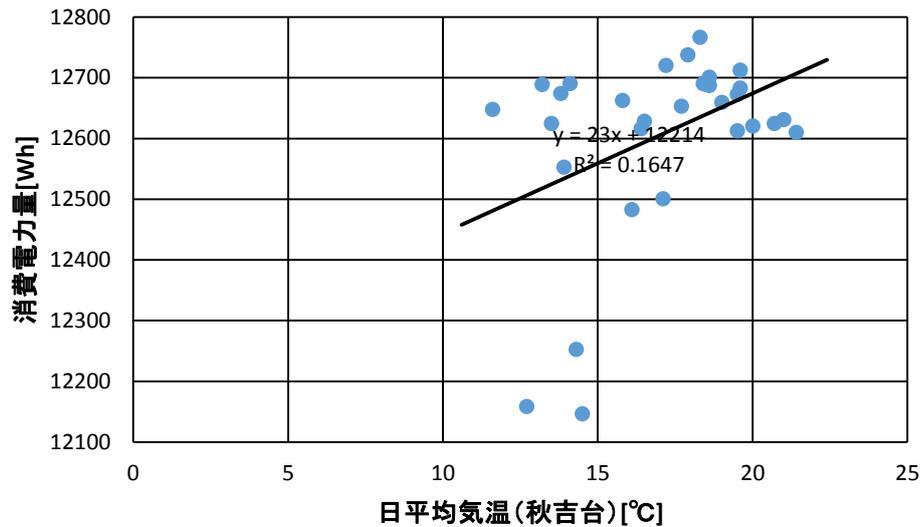


図 2-4-6 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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 76.6%である。

買電依存度は月平均で 53.4%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、蓄電池利用度及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 50.4%である。

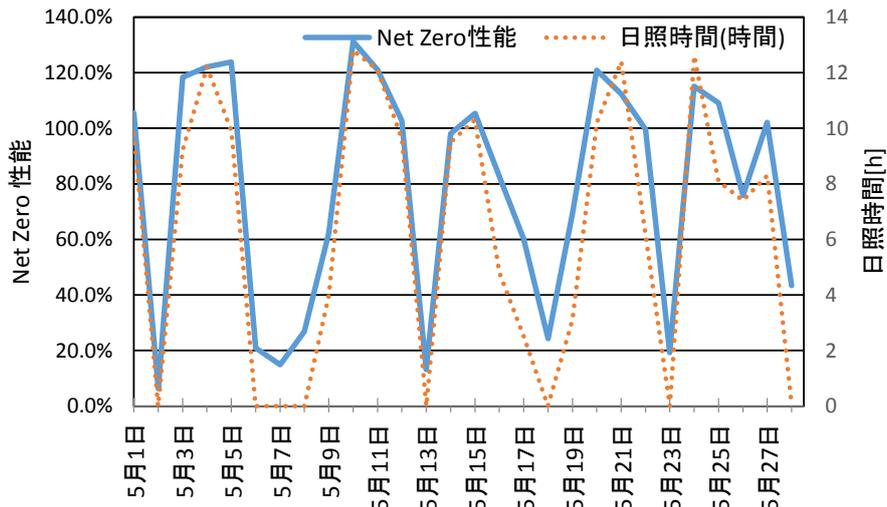


図 2-4-7 Net Zero 性能の推移

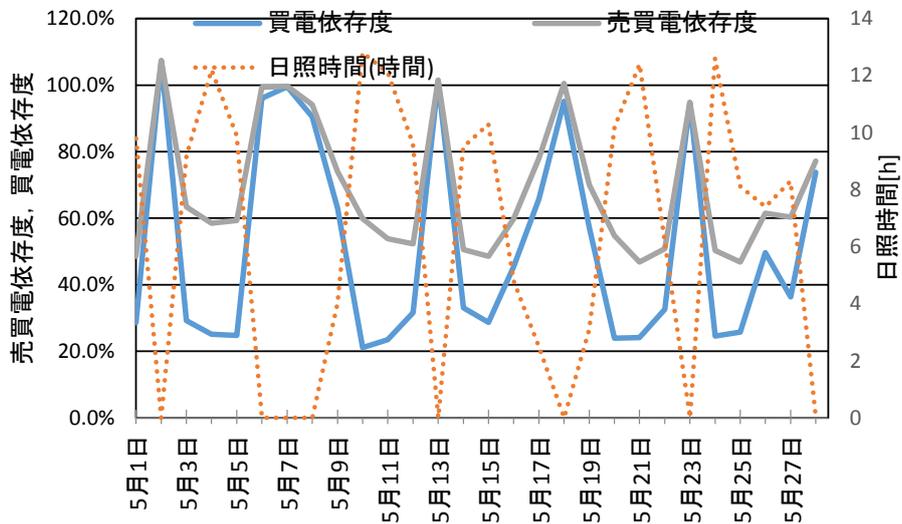


図 2-4-8 売買電依存度及び買電依存度

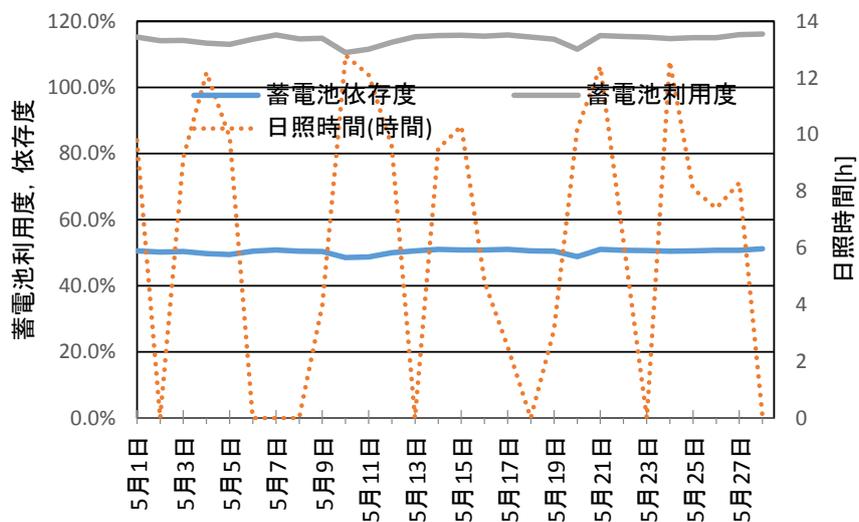


図 2-4-9 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち5月10日（日照時間12.8時間）と5月2日（日照時間0.0時間）の電力の推移を下図に示す。

5月10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131.2%に達し、買電依存度は21.1%となっている。

5月2日は日照量不足のため、十分な発電がおこなわれず、ほぼ買電に依存している。Net Zero性能は6.3%に低下し、買電依存度は107.4%に達している。

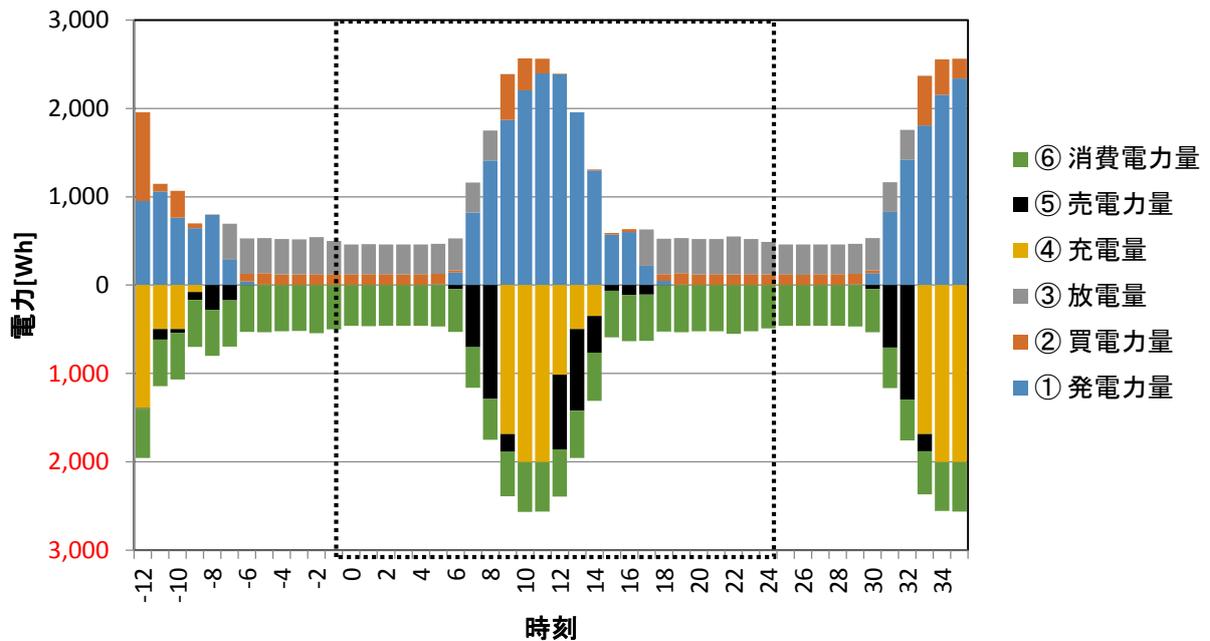


図 2-4-10 2018年5月10日（日照時間12.8時間）の電力の推移

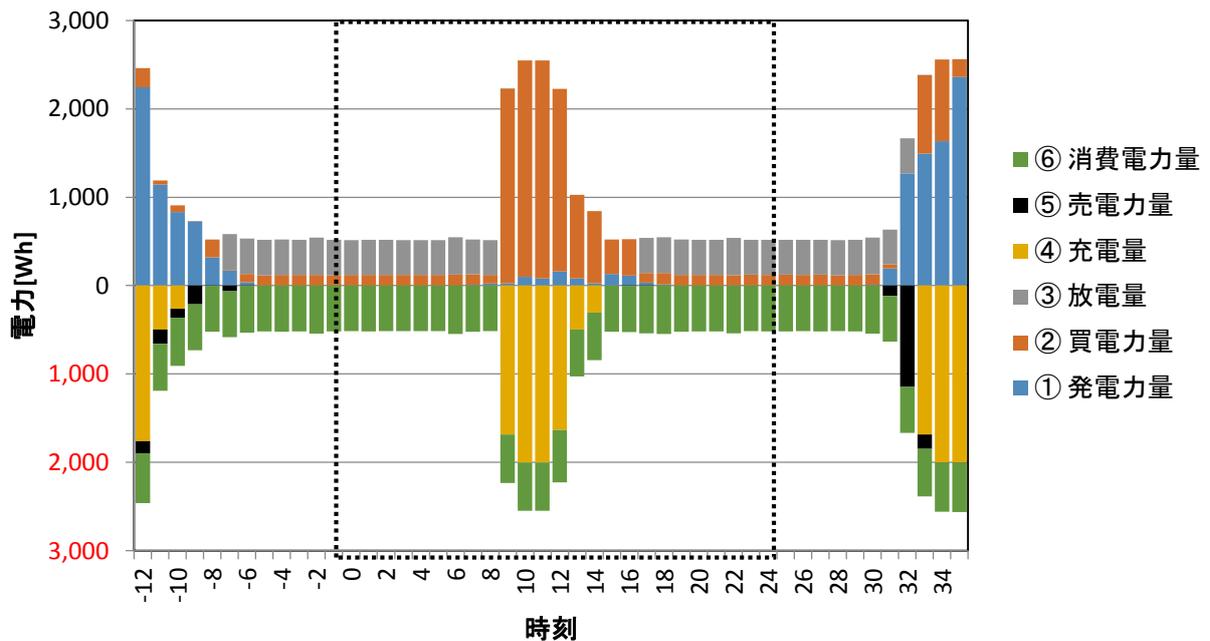


図 2-4-11 2018年5月2日（日照時間0.0時間）の電力の推移

【夏季（2018年8月）における結果】

2018年8月1日～8月31日の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を下図に示す。

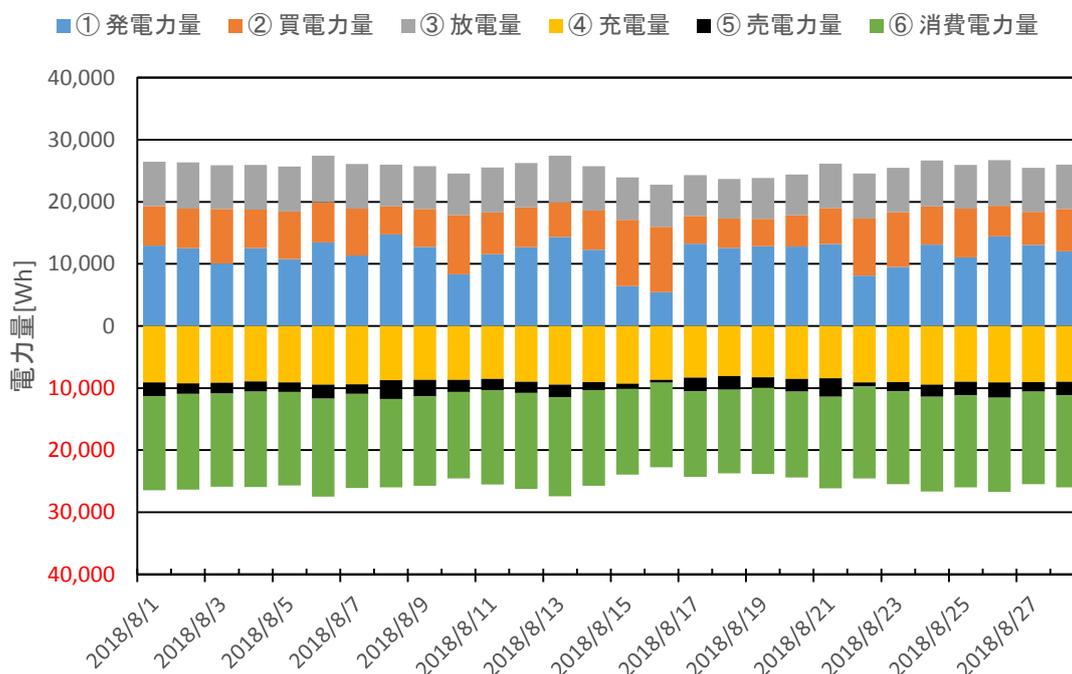


図 2-4-12 2018年8月の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移

以下の図は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）、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。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。

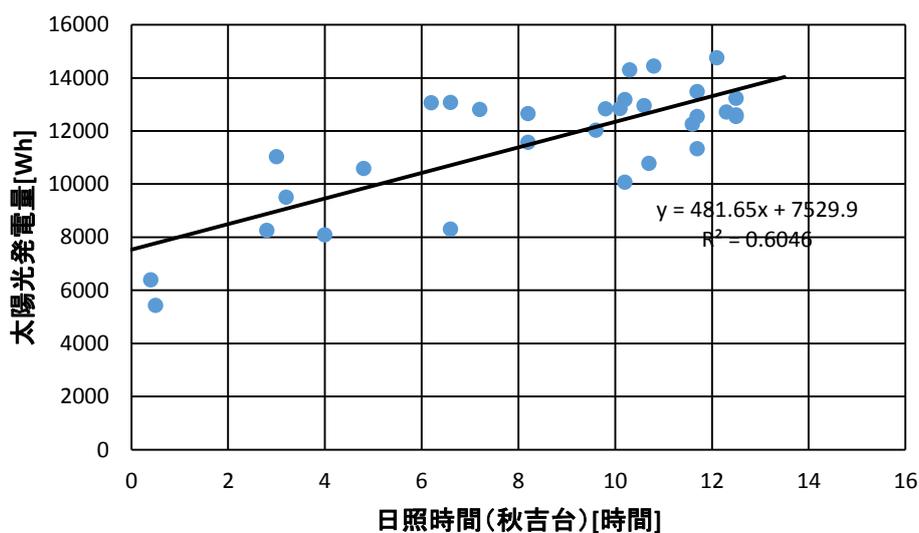


図 2-4-13 日照時間と太陽光発電量

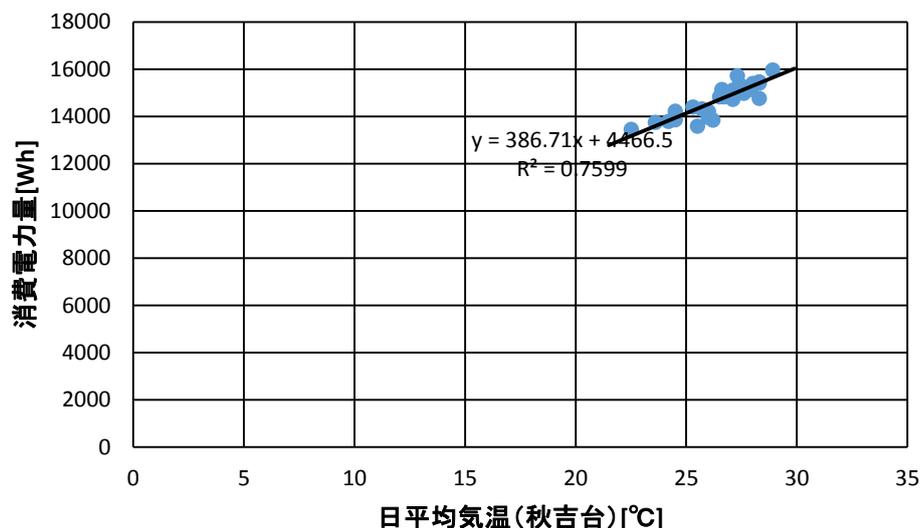


図 2-4-14 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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 78.7%である。

買電依存度は月平均 46.6%で春季よりも低い。これは、冷房負荷の増大により電力需要が増加した一方で、発電量も増加しているためであると考えられる。

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、蓄電池利用度及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 47.8%である。

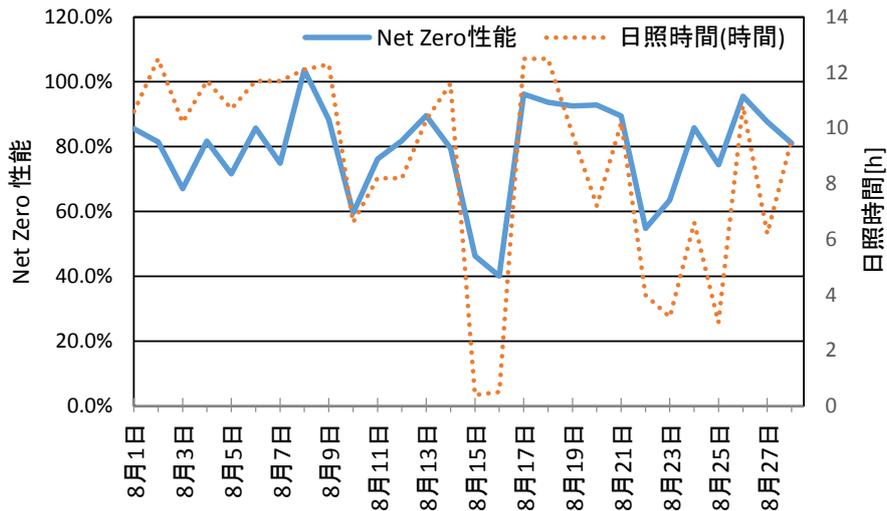


图 2-4-15 Net Zero 性能の推移

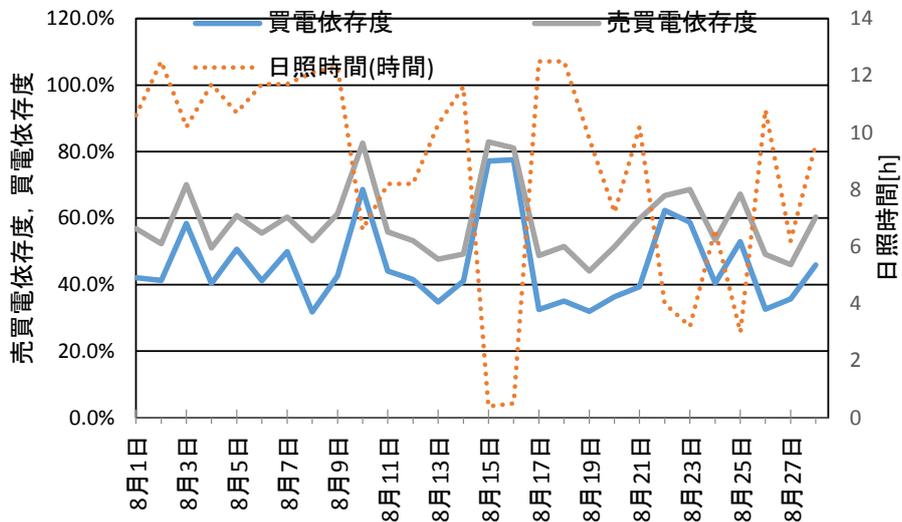


图 2-4-16 売買電依存度及び買電依存度

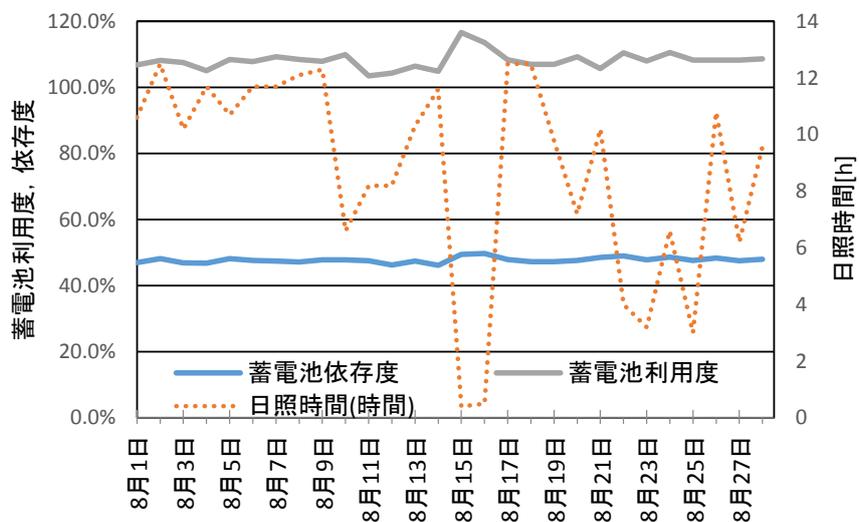


图 2-4-17 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち8月8日（日照時間12.1時間）と8月16日（日照時間0.5時間）の電力の推移を下図に示す。

8月8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103.7%に達し、買電依存度は31.8%となっている。

これに対し、8月16日は十分な発電ができず、Net Zero性能は40.1%にとどまり、買電依存度は77.6%に達している。

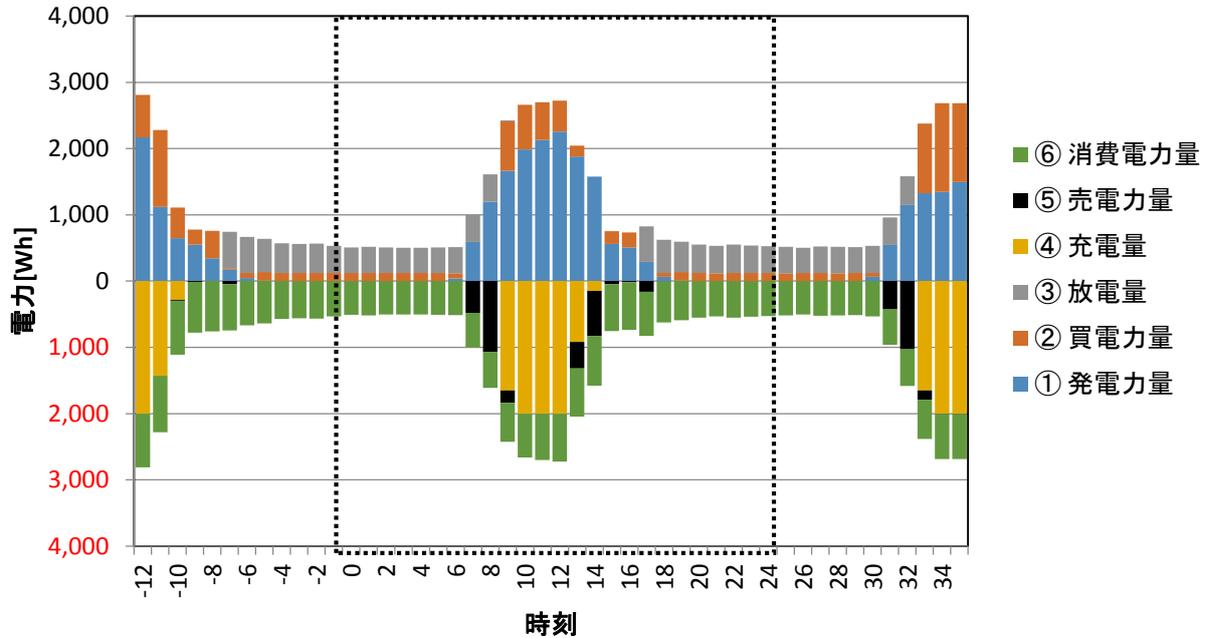


図 2-4-18 2018 年 8 月 8 日（日照時間 12.1 時間）の電力の推移

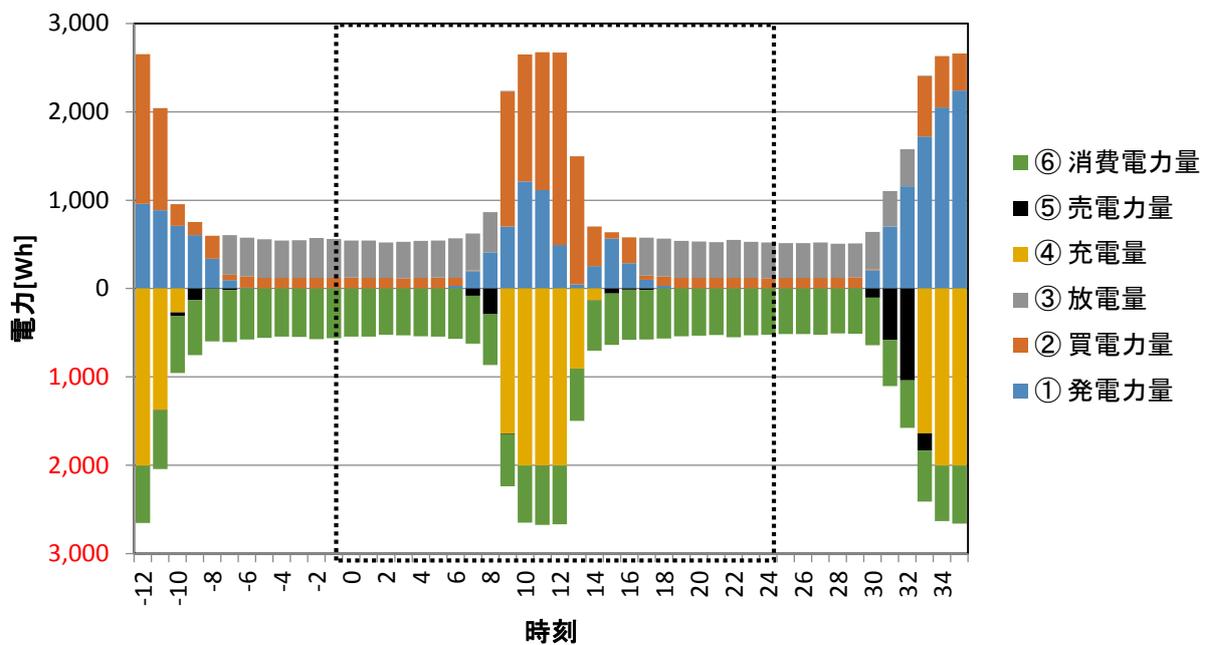


図 2-4-19 2018 年 8 月 16 日（日照時間 0.5 時間）の電力の推移

【秋季（2018年10月）における結果】

2018年10月1日～10月31日の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を下図に示す。

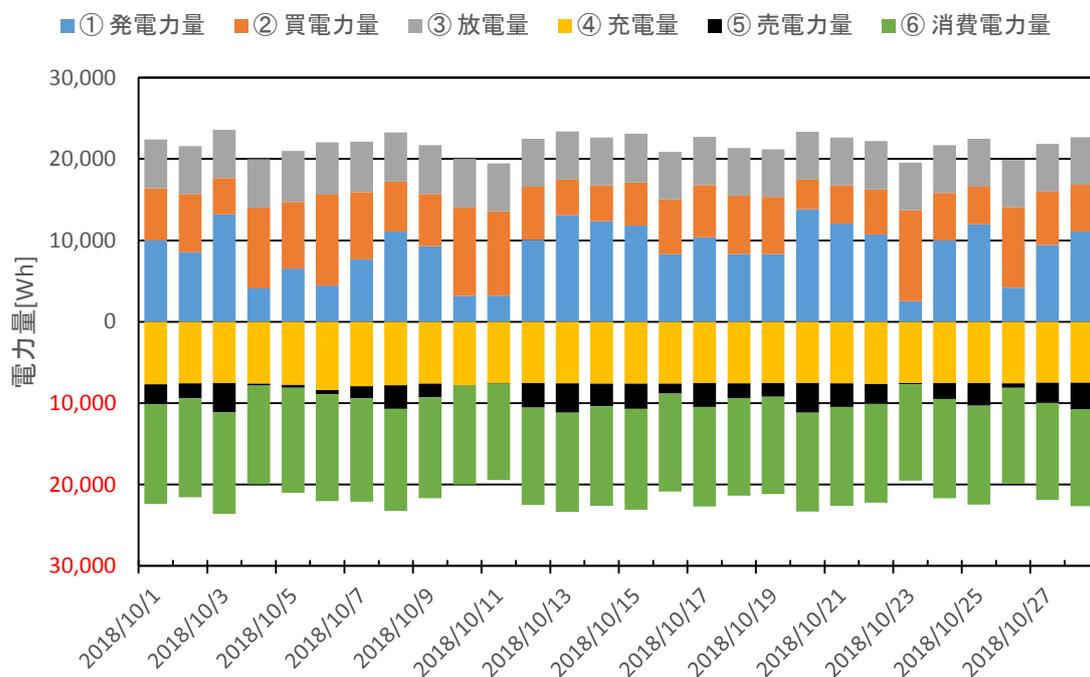


図 2-4-20 2018年10月の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移

以下の図は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）、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。

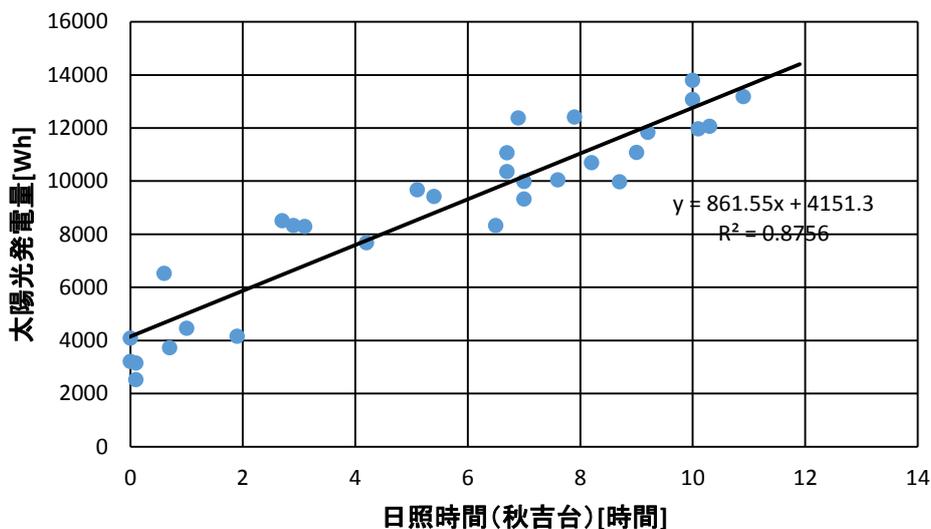


図 2-4-21 日照時間と太陽光発電量

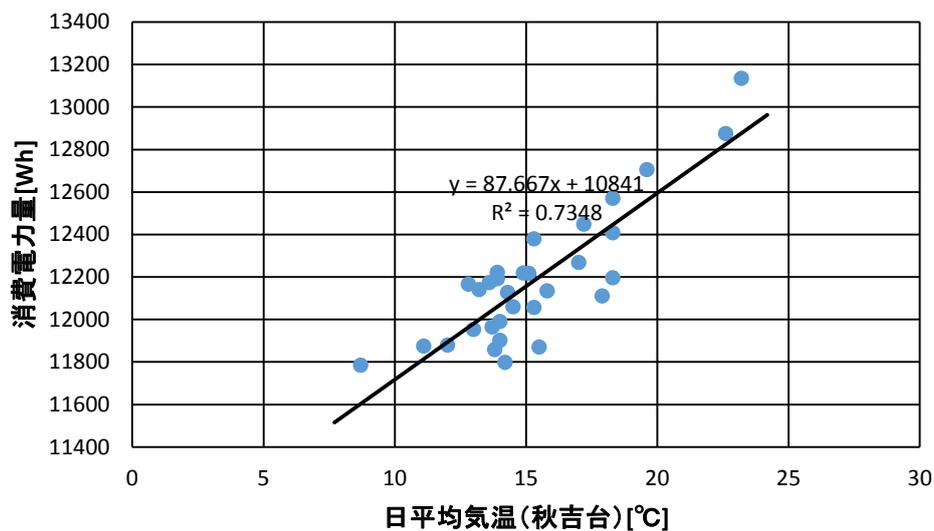


図 2-4-22 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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 72.9%である。

買電依存度は月平均 57.4%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、蓄電池利用度及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 48.7%である。

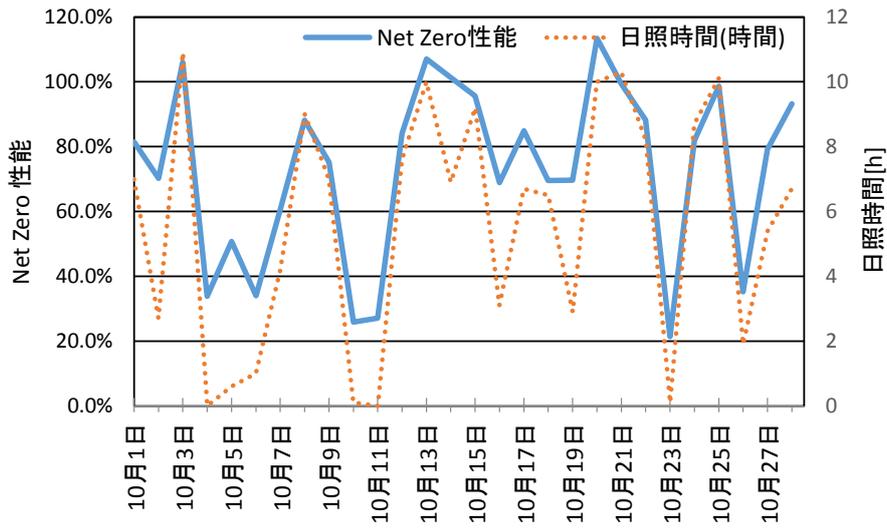


図 2-4-23 Net Zero 性能の推移

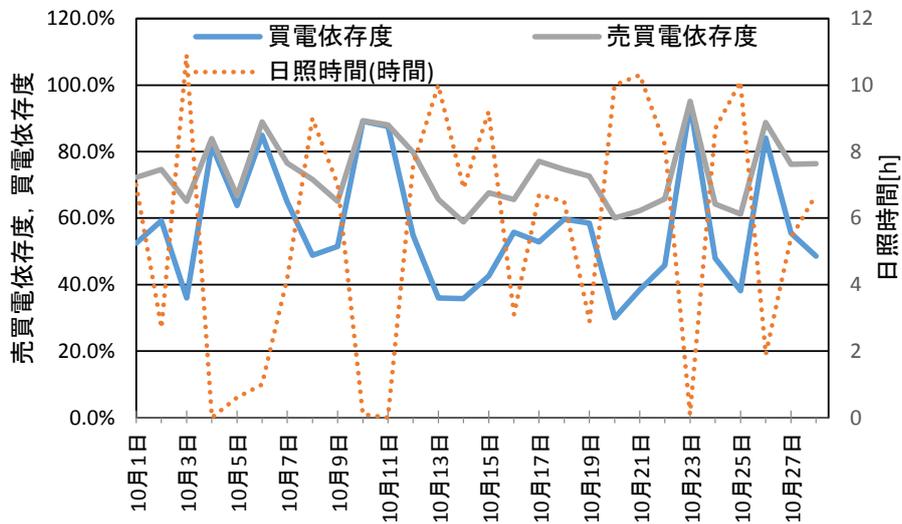


図 2-4-24 売買電依存度及び買電依存度

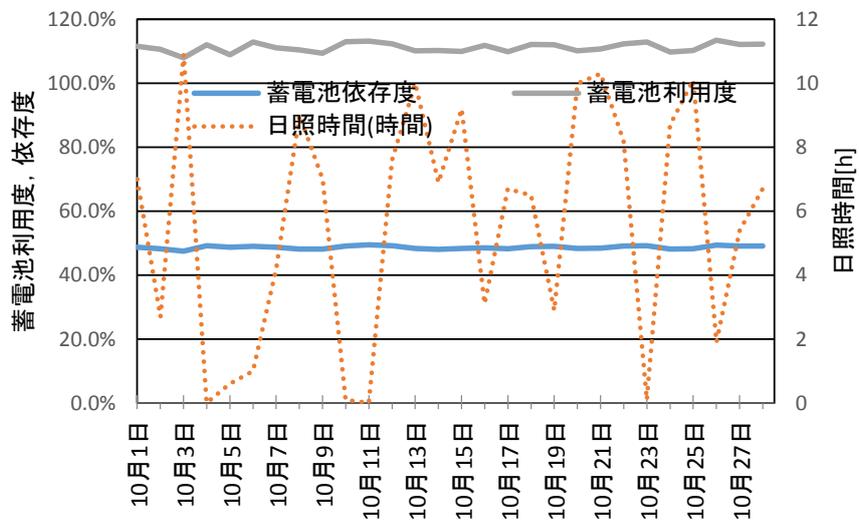


図 2-4-25 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち10月20日（日照時間10.0時間）と10月23日（日照時間0.1時間）の電力の推移を下図に示す。

10月20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113.4%、買電依存度は30.1%である。

10月23日は買電に依存している。Net Zero性能は21.4%にとどまり、買電依存度は94.1%に達する。

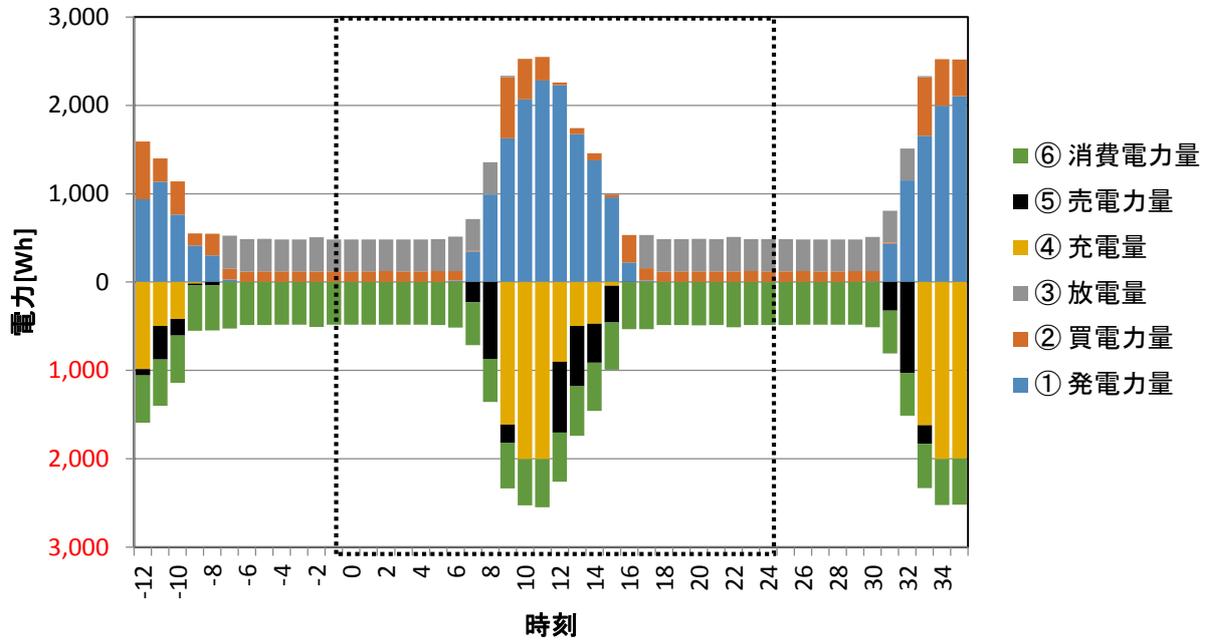


図 2-4-26 2018年10月20日（日照時間10.0時間）の電力の推移

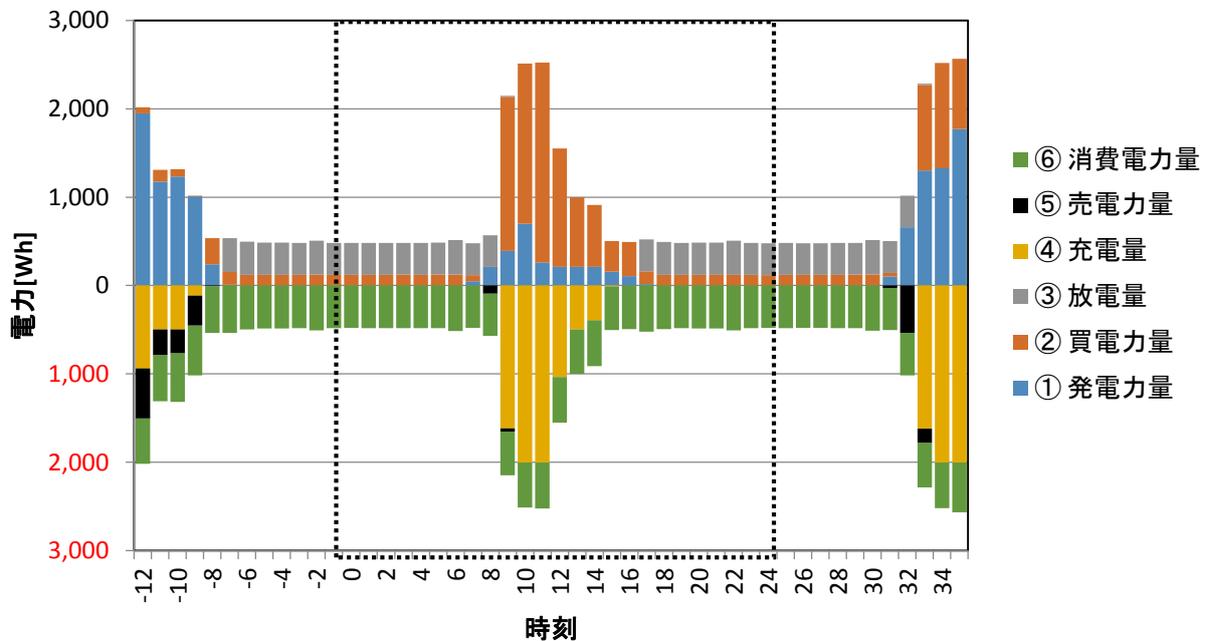


図 2-4-27 2018年10月23日（日照時間0.1時間）の電力の推移

【冬季（2019年1月）における結果】

2019年1月1日～1月31日の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量（いずれも一日当たりの積算値）の推移を下図に示す。

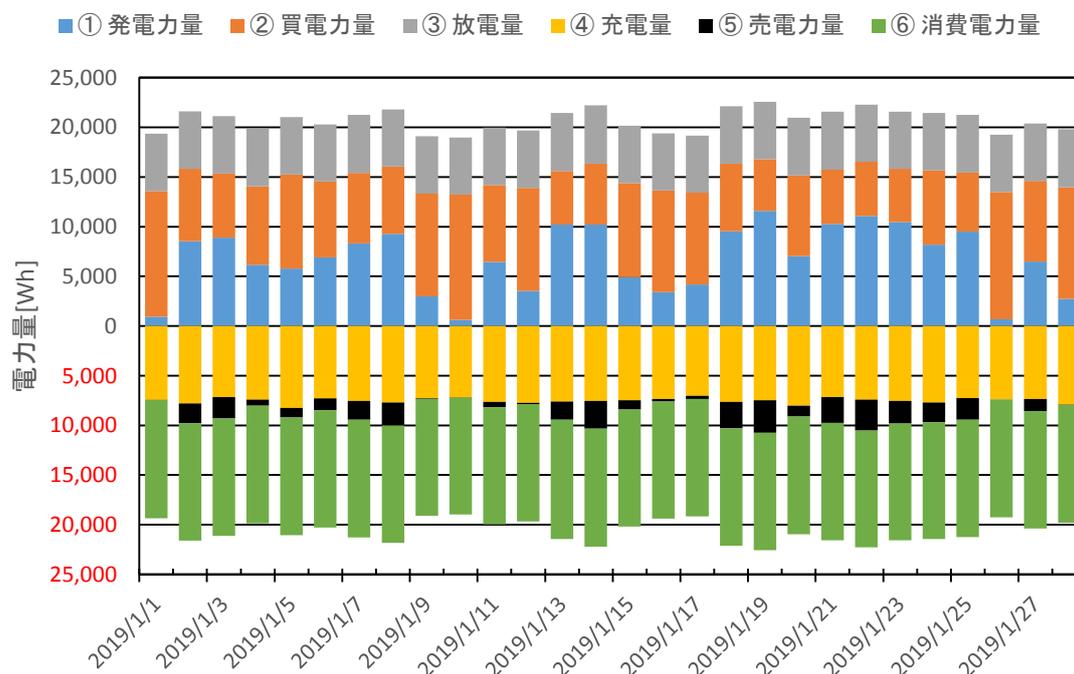


図 2-4-28 2019 年 1 月の太陽光発電量、消費電力量、売買電力量、充放電量の推移

以下の図は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）、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、冬季においては冷房需要がないため、消費電力量と日平均気温との間の相関性は低い。

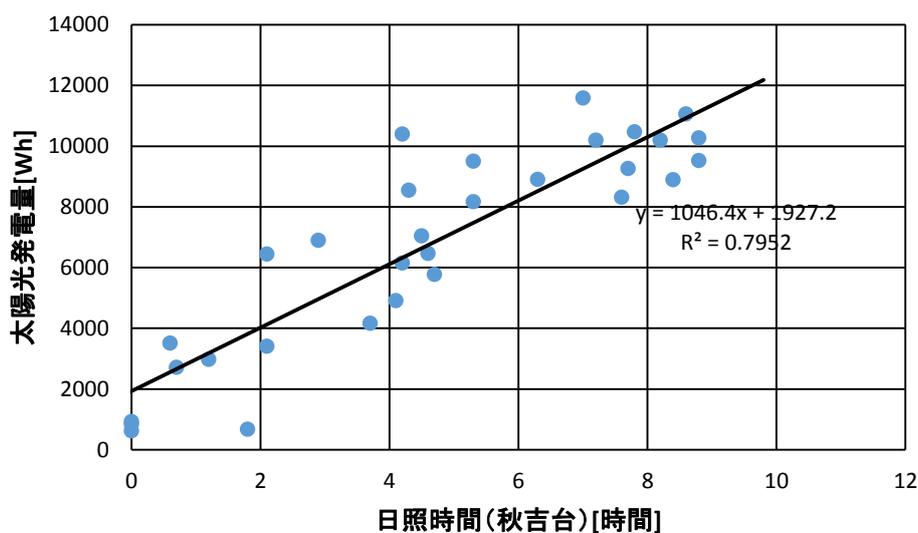


図 2-4-29 日照時間と太陽光発電量

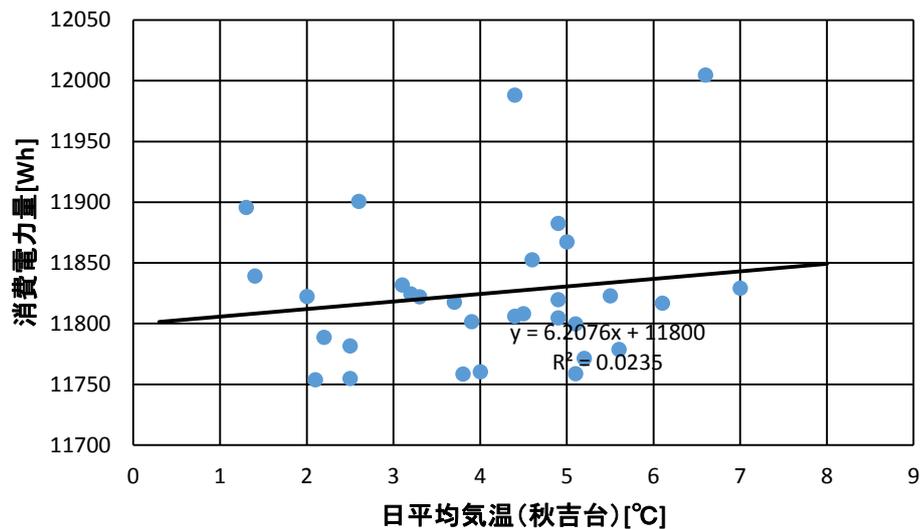


図 2-4-30 日平均気温と消費電力量

次ページに Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、及び蓄電池依存度の推移を示す。

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、買電に依存せざるを得ず、月平均の Net Zero 性能は 57.0%となっており、また買電依存度は月平均 69.5%で他の季節よりも高い。

他の季節と同様に、蓄電池利用度及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 48.9%である。

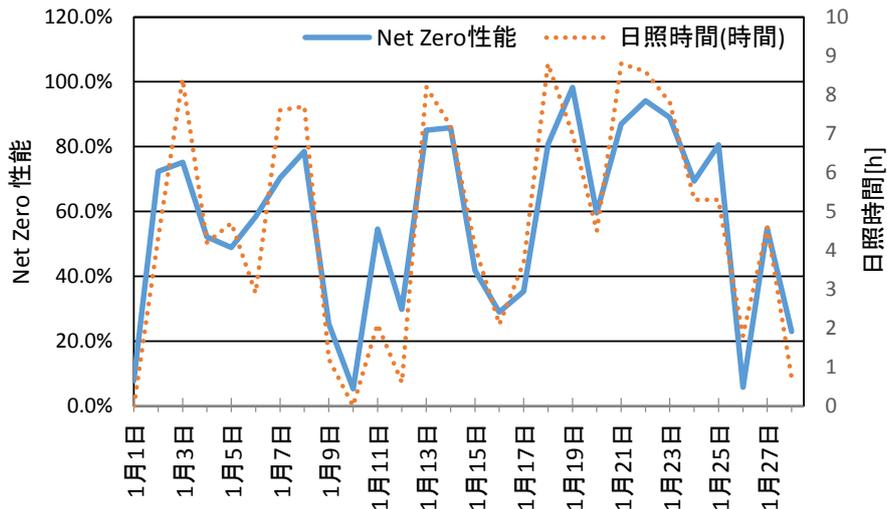


図 2-4-31 Net Zero 性能の推移

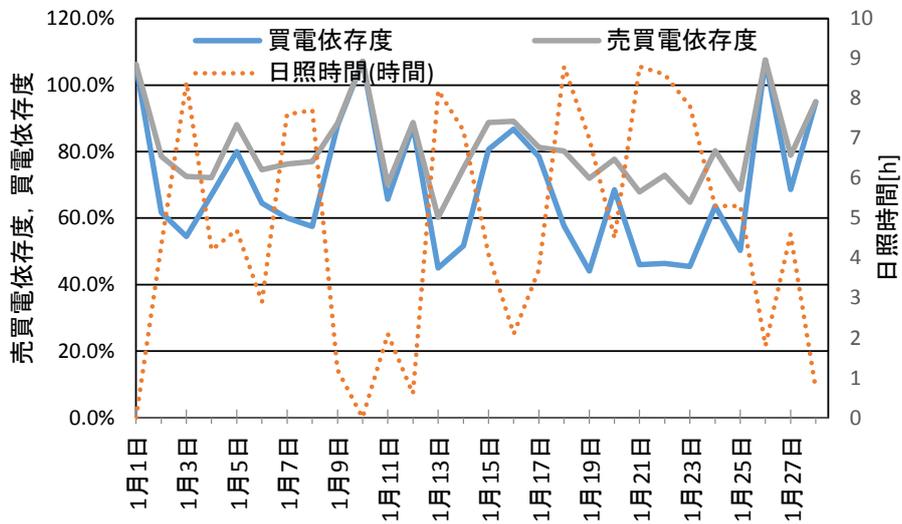


図 2-4-32 売買電依存度及び買電依存度

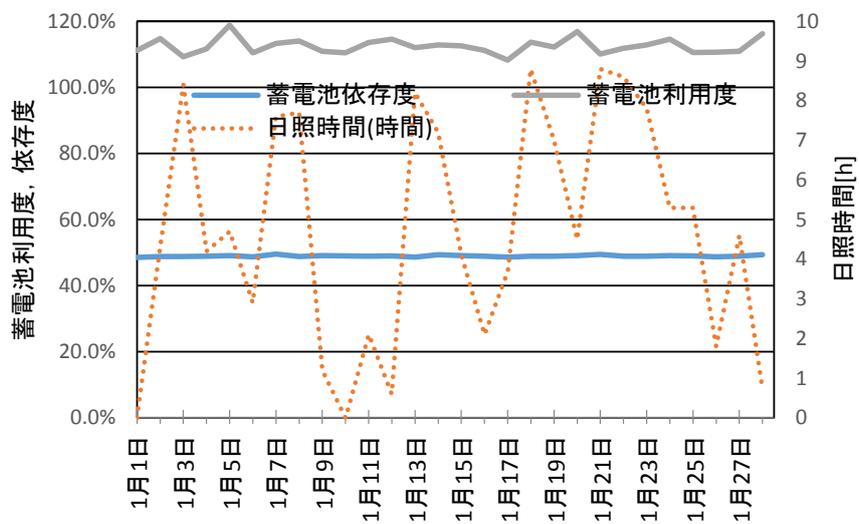


図 2-4-33 蓄電池利用度及び蓄電池依存度

日照に特徴ある2日、すなわち1月19日（日照時間7.0時間）と1月10日（日照時間0.0時間）の電力の推移を下図に示す。

1月19日は太陽光による発電量が十分であるため、Net Zero性能は98.3%に上り、買電依存度は44.1%まで低下している。

1月10日は太陽光による発電が不十分であるため、Net Zero性能は5.3%に過ぎない。一方で買電依存度は107.2%に上っている。

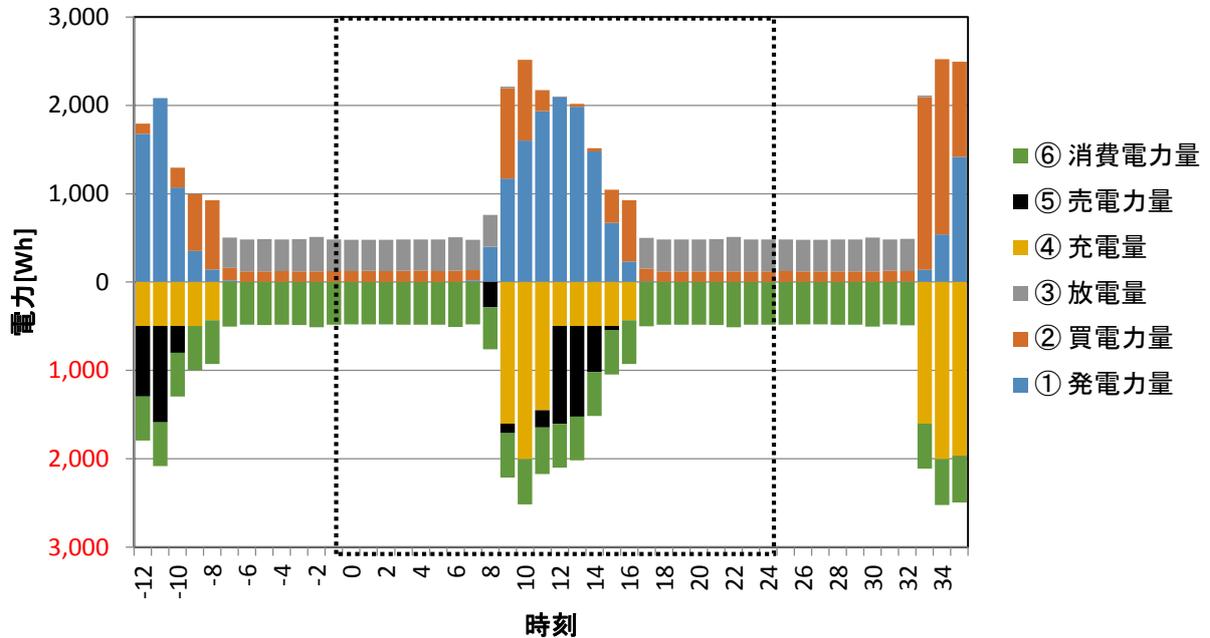


図 2-4-34 2019年1月19日（日照時間7.0時間）の電力の推移

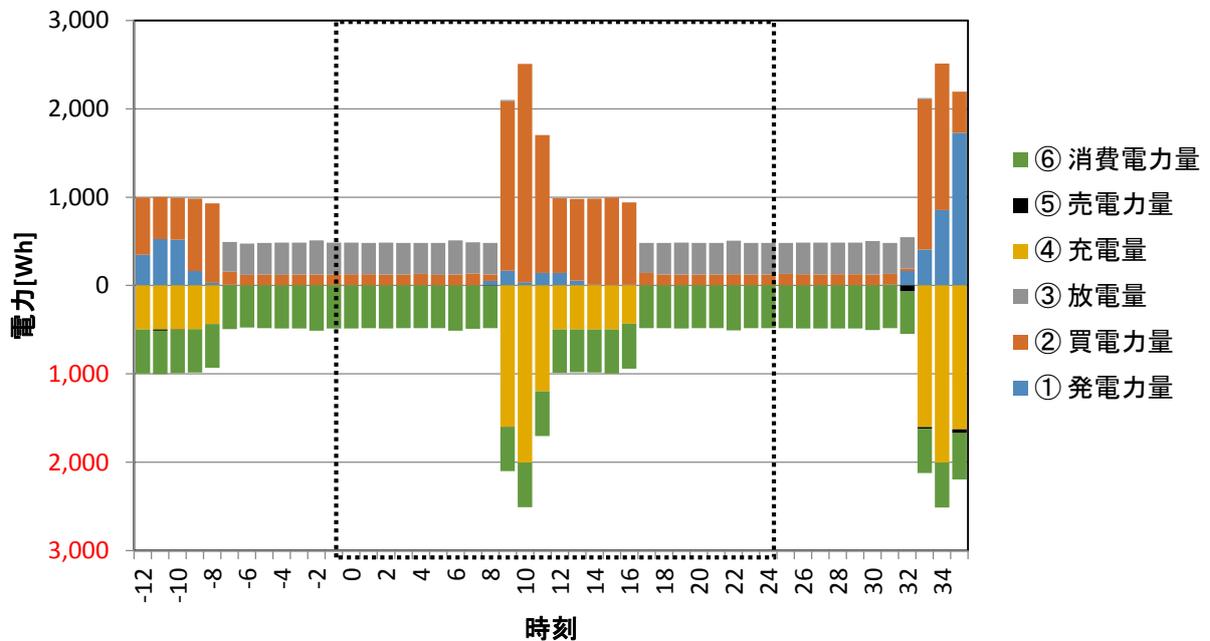


図 2-4-35 2019年1月10日（日照時間0.0時間）の電力の推移

③ 省エネ等の効果

美祢青嶺高校における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 2-4-36）・電気利用料金（図 2-4-37）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、美祢青嶺高校の買電電力量、電気料金とも減少している。特に、日射量の大きい春～夏にかけて削減量が大きく（表 2-4-2）、9 月頃各施設が冷房需要により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。

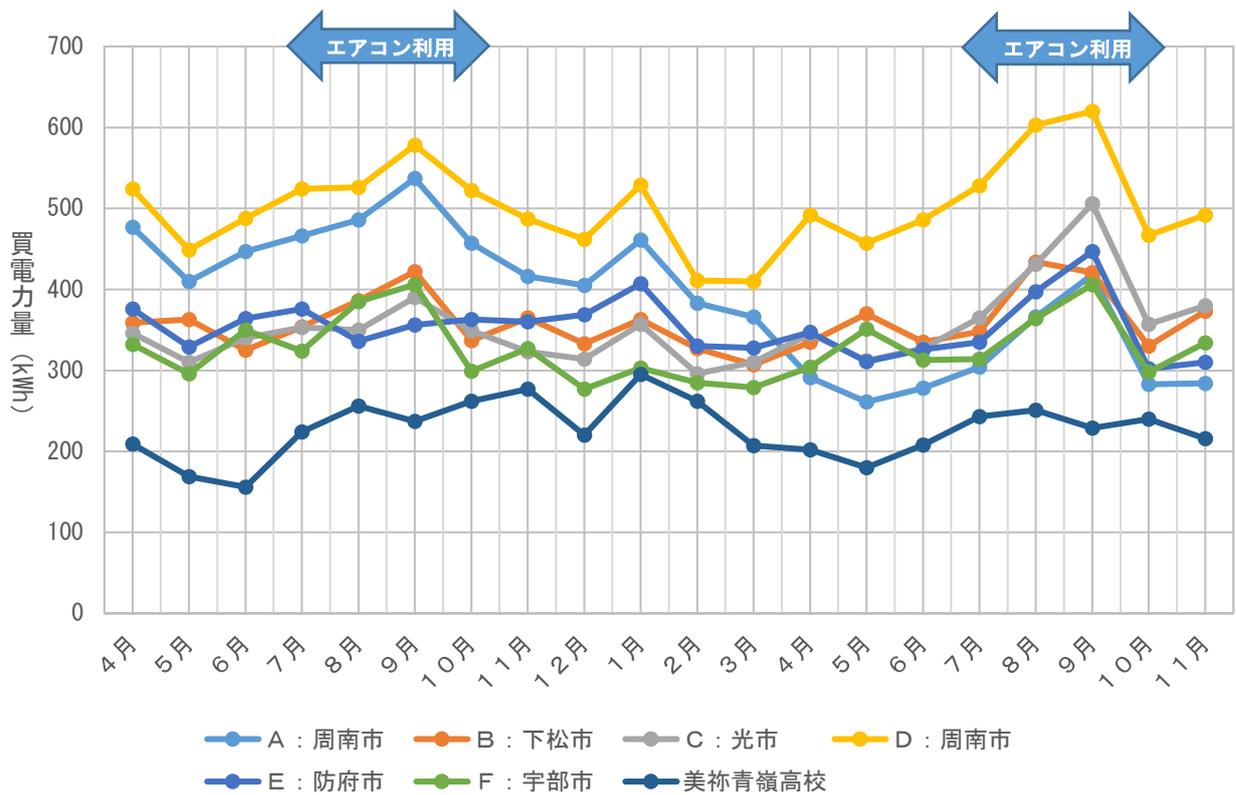


図 2-4-36 月毎の買電電力量の推移 (H29. 4~H30. 11)

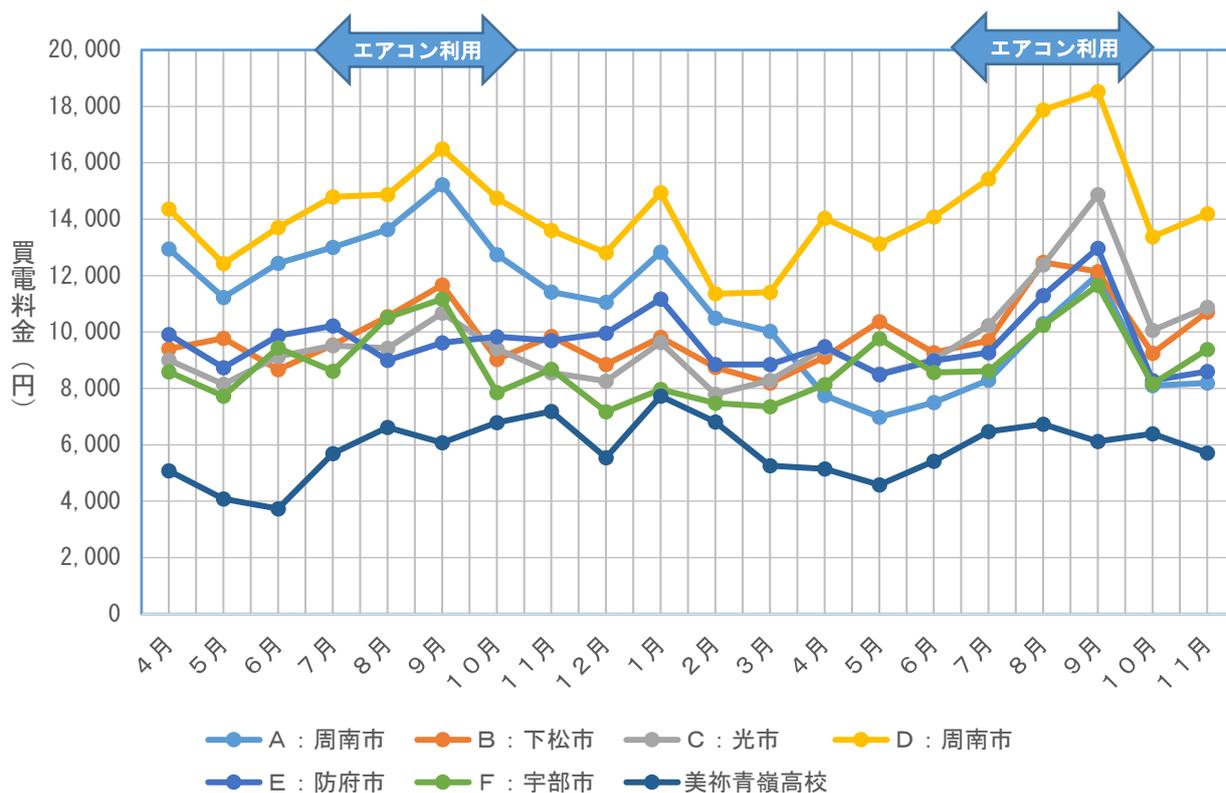


図 2-4-37 月毎の買電料金の推移 (H29. 4~H30. 11)

年度	2017				2018			合計
	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~11	
電力量削減率	58%	47%	36%	32%	47%	47%	39%	44%
電気代削減率	53%	43%	33%	29%	43%	43%	35%	40%

表 2-4-2 季節毎の削減率 (対 他の大気測定局の平均買電力量、電気代)

④ 美祢青嶺高校の実証試験に関する小括

実証試験の結果を下表にまとめた。昨年度と同じような結果が得られた。

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・秋季は冷房需要があるものの、太陽光発電が十分にできるため、Net Zero 性能は高い。冬季は冷房需要がないが、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。

なお、上記については③の実際の実証試験の買電電力量の比較からも確認できる。冬季では買電電力量の削減率が小さくなり、春季～夏季に、省エネ効果が大きいことが確認された。

表 2-4-2 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
2018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		5/10	5/2
		平均気温 [°C]	17.1	12.7	17.2
		日照時間 [h]	5.8	12.8	0.0
		Net Zero 性能 [%]	76.6	131.2	6.3
		買電依存度 [%]	53.4	21.1	107.4
		蓄電池依存度 [%]	50.4	48.5	50.2
2018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、日照に恵まれ、春季に比べNet Zero 性能がやや上昇し、買電依存度が低下する。	月日		8/8	8/16
		平均気温 [°C]	26.5	24.5	25.5
		日照時間 [h]	8.5	12.1	0.5
		Net Zero 性能 [%]	78.7	103.7	40.1
		買電依存度 [%]	46.6	31.8	77.6
		蓄電池依存度 [%]	47.8	47.2	49.7
2018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、日照に恵まれ、Net Zero 性能が年間で最も高くなっている。	月日		10/20	10/23
		平均気温 [°C]	15.3	13.6	15.5
		日照時間 [h]	5.5	10.0	0.1
		Net Zero 性能 [%]	72.9	113.4	21.4
		買電依存度 [%]	57.4	30.1	94.1
		蓄電池依存度 [%]	48.7	48.4	49.2
2019年 冬季 (1/1～1/31)	気温低下により冷房需要がなくなるものの、天候不良により日照時間が減少するため、他の季節に比べてNet Zero 性能が最も低く、買電依存度が高い。	月日		1/19	1/10
		平均気温 [°C]	4.0	5.1	2.1
		日照時間 [h]	4.6	7.0	0.0
		Net Zero 性能 [%]	57.0	98.3	5.3
		買電依存度 [%]	69.5	44.1	107.2
		蓄電池依存度 [%]	48.9	48.9	49.0

第3章 まとめ

3-1 実証試験の成果と課題

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

産技センター試験場の家庭モデルのシミュレーションを行うシステムにより、実際の一般家庭の電力消費を再現することができた。蓄電池はシステムが再現した負荷に対し、適切に充放電を行っており、一般家庭に太陽光発電とEV中古バッテリーのリユース蓄電池を設置した場合に、電力の需給調整に寄与することがわかった。

また、工場・事業場モデルのシミュレーションでは、産技センターのシミュレーションシステムにより、モデル工場の消費電力のピーク部分を再現することができた。負荷に対応して、リユース蓄電池が充放電を行っていることが示されたが、今後さらにデータを蓄積していく必要がある。

通信系で数回トラブルは発生したものの、産技センター・美祢青嶺高校のいずれにおいても、リユース蓄電池自体は安定して稼働している。本試験において平成28年度から蓄電池を稼働させているが、現在までのところ、蓄電池の目立った性能劣化は認められていない。今後、蓄電池の劣化度（SOH）の評価等を踏まえ、長期的な使用による影響を検討していく。

(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の指標により、計測データの評価を行った。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、蓄電池容量、消費電力量と蓄電池の運転モードが挙げられる。今年度の試験では、年間を通じた日照条件に着目して、効果を検証した。

太陽光発電量は、年間を通じて日照時間に正比例する。そのため、日照時間の長い春季から秋季にかけて発電量は大きくなり、日照時間の短い冬季の発電量は小さくなる。

一方で、消費電力量は気温の影響を受けており、冷暖房や給湯に電力を使用する一般家庭モデルでは夏季や冬季で大きくなり、冷房のみに電力を使用する美祢青嶺高校では夏季や秋季で大きくなる。ただし、冷暖房を使用していない春季や、逆に毎日の平均気温が高く冷房が多用される夏季など、同じ季節内であっても、消費電力量と日平均気温の相関が低い場合もある。

全体としては、Net Zero性能は日照時間に強く依存しているが、日照時間が比較的長く、消費電力量の小さい春季は、Net Zero性能・蓄電池依存度ともに高く、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。次いで、日照時間が比較的長いですが、暖房や給湯などで電力を消費する秋季が続く。

日照時間が短く、消費電力量の大きい冬季は、Net Zero 性能が低くなる。また、消費電力だけでなく、蓄電池への充電も買電に頼ることから、買電依存度が高くなる。

また、工場・事業場モデルのシミュレーション試験では、太陽光発電と蓄電池を組み合わせることで、ピークカットに一定程度寄与することがわかった。今後さらにデータを蓄積するとともに、充放電の制御を確認することで、ピークカット効果の適正化及び蓄電池の効果の検証に繋げることが必要と考えられる。

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
蓄電池利用率	(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、消費電力量及び蓄電池の運転モードが影響している。

美祢青嶺高校の試験では、買電依存度は多少の季節変動があるが、蓄電池依存度は年間を通じて 50%程度で、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。消費電力量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は、適切な蓄電池容量を決めることが重要になる。

一方、産技センターの家庭モデルのシミュレーション試験では、モデル家庭がオール電化で消費電力量が多いため、十分な充電があった場合でも、蓄電池が早朝の電力需要に対しては対応できず、買電で対応しなければならない。本試験で使用したリユース蓄電池の容量は、8.4kWh と家庭用蓄電池としては比較的大きいが、早朝の需要まで対応するためには、2-2(2)シミュレーション結果でも示されたように、さらに大容量の蓄電池を設置することが有効である。

また、V2H (Vehicle to Home) を活用することにより、住宅の太陽光発電で発電した電気を EV に蓄電しておき、必要な時間には住宅に供給することも考えられる。EV は、大容量のバッテリーを備えており、例えば、現行のリーフ X では 40kWh に達している。EV が家に駐車していない時間帯は蓄電池として利用できないという制約はあるものの、家庭用蓄電池との組み合わせにより、再エネの効果的な自家消費に寄与し得る。このことから、エネルギー利用の観点から考えると、今後、ライフスタイルごとのエネルギー消費、太陽光発電や蓄電池といった設備、EV などの移動体蓄電池を組み合わせることも重要となると考えられる。

また、季節間で、Net Zero 性能、買電依存度、蓄電池依存度の顕著な違いが見られた。これについては、一般家庭では、冷暖房や給湯による消費電力の季節変動が大きく、現状の蓄電池の充放電制御パターンでは細やかな対応ができなかったためと考え

られる。

現状では、誤操作を防止するため、蓄電池で設定できる制御項目は少ない（モードと充放電の開始時間帯程度）が、蓄電池の運転スケジュールをより細かく設定し、充電出力をなめらかに変更できれば、家庭における太陽光発電と蓄電池とを組み合わせたシステムの自立性/自律性は向上すると考えられる。また、近年注目されている、AIが気象・発電量の予測やユーザーの消費電力量の予測を分析・学習し、遠隔制御により蓄電池の最適な充放電を行うシステムが実現できれば、よりシステムの自立性/自律性が高まると考えられる。

3-2 今後の課題

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年間を通じた有効性を確認できた。また、中小規模の工場・事業場のピーク部分の消費電力を再現し、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）への太陽光発電とリユース蓄電池の寄与が示された。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。

今後は、リユース蓄電池の活用用途の検証として、中小規模の工場・事業場のデータモデル取得・分析をさらに進め、リユース蓄電池の省エネへの寄与を明らかにしていく。また、工場・事業場と同様に、一般的なオフィスについても消費電力負荷を再現し、ピークカットへの効果を検証する。これらの実証試験を通じて、中小規模の工場・事業場やオフィスでのリユース蓄電池の普及を図り、民生業務部門のエネルギー削減、CO₂削減へ繋げることが期待される。

また、これまでの本プロジェクトチームで実施した実証試験の検証結果や、調査事業の結果を踏まえたリユース蓄電池の活用方策について検討し、県内における蓄エネシステムの普及、蓄電池とEVを組み合わせた住宅への展開、VPPなどの低炭素型地域づくりにおける活用を図っていく。

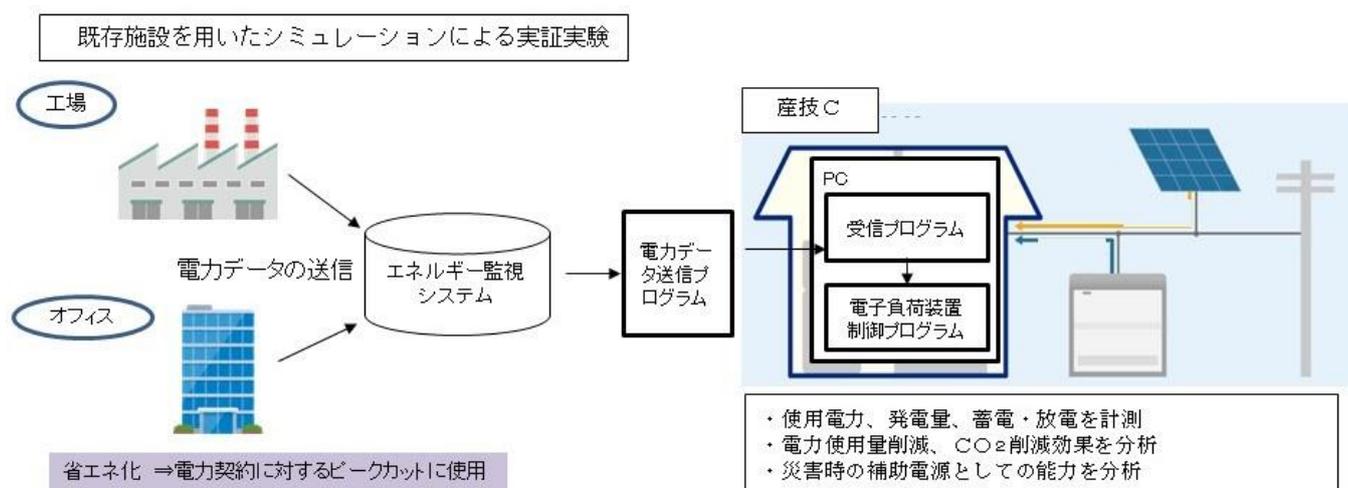


図 3-2-1 中小規模の工場・事業場及びオフィスにおけるピークカット実証試験

○ 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

Mail a15500@pref.yamaguchi.lg.jp

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



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

