

平成31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

令和2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 28～30 年度の実証試験等の成果と課題	4
(2) 平成 31 年度の実証試験について	4
第 2 章 山口県産業技術センター実証試験棟における実証試験	5
2-1 施設・設備の概要	5
2-2 中小企業工場における太陽光発電＋蓄電池によるピークカット効果の検証	7
(1) 中小企業モデル工場の電力消費形態	7
(2) 太陽光発電及び蓄電池によるピークカット検証方法	7
(電力ピークカットの可能性調査方法)	9
(蓄電システムの制御)	10
(3) 太陽光発電＋蓄電池によるピークカットの検証	10
① ケース 1 (PV 発電電力を蓄電池で有効に活用することを考慮した場合) ...	10
② ケース 2 (蓄電池を最大限有効活用することを考慮した場合)	13
(4) まとめ	15
2-3 事務所ビルを対象とした実証試験	16
(1) 実証試験の構成	16
(2) 実証試験の結果 (負荷変動について)	18
(3) 実証試験の結果 (最低気温記録日における蓄電システムの効果)	21
(4) 実証試験結果からの示唆	23
第 3 章 県立美祢青嶺高等学校大気測定局における実証試験	25
3-1 実証試験の概要	25
(1) 施設・設備の概要	25
(2) 蓄電池の運転条件	28
(3) 収集データ項目	29
(4) 評価指標	30
3-2 実証試験結果	31
(1) 実証試験結果 (月平均電力供給・消費量の推移)	31
(2) 実証試験結果 (春季 2019 年 5 月における結果)	33

(3) 実証試験結果（夏期 2019 年 7 月における結果）	36
(4) 実証試験結果（秋期 2019 年 10 月における結果）	39
(5) 実証試験結果（冬期 2019 年 12 月における結果）	42
(6) 2019 年 5～12 月における実証試験結果の小括.....	45
第 4 章 まとめ	46
4-1 平成 31 年度実証試験の成果	46
(1) 中小企業の工場や事務所ビルにおけるリユース蓄電池のピークカット効果の検証	46
(2) 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証.....	46
4-2 平成 28～31 年度の実証試験の全体的な成果と今後の方向性	47

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

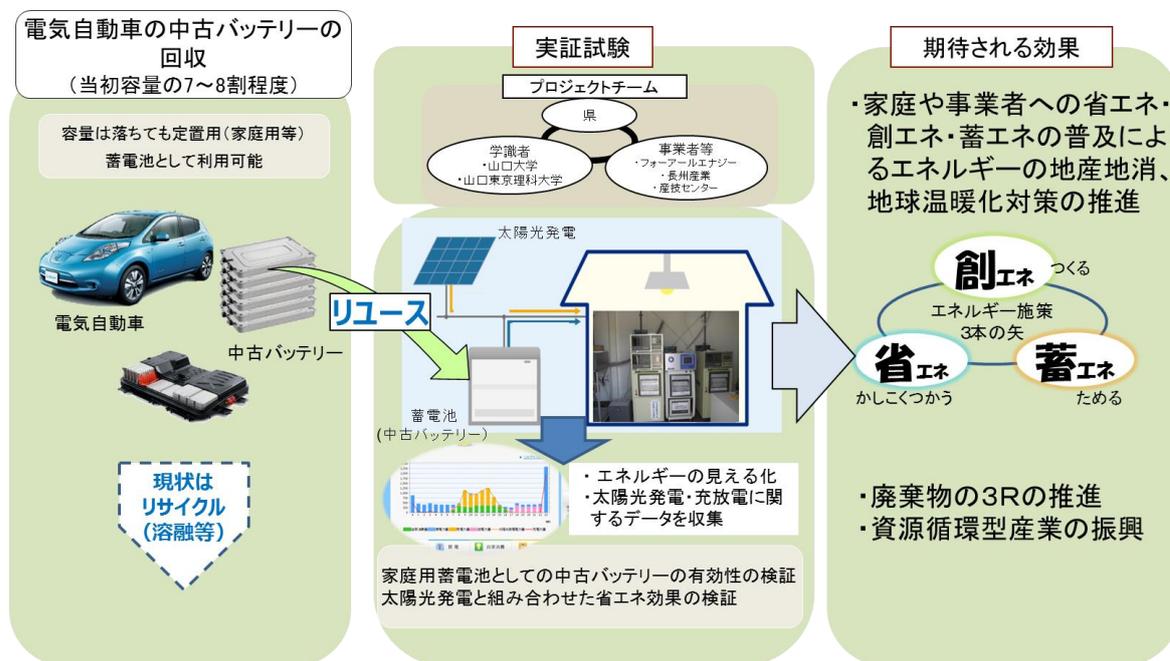


図 1-1-1 実証試験イメージ図

(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%にすることを目指すと同時に、『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。

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）。

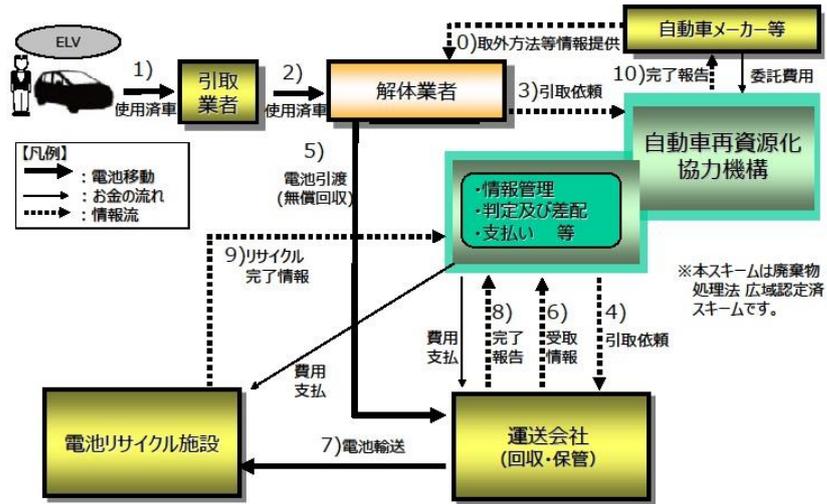


図 1-1-2 中古バッテリー回収スキーム（現状）

（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）

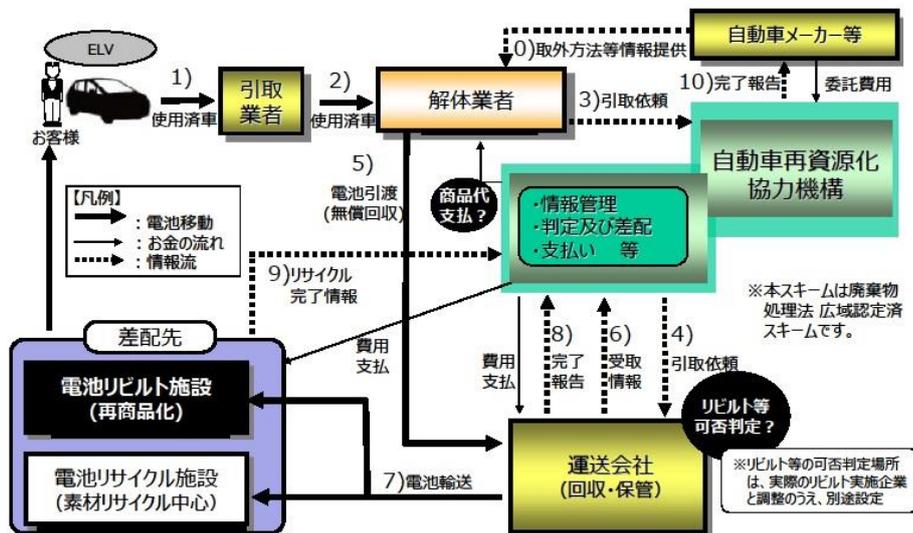


図 1-1-3 中古バッテリー回収スキーム（リユース・リビルト時）

（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）

また、国は、新たに電動車活用社会推進協議会を 2019 年 7 月に設立し、電動車の車載電池の二次利用の活用について議論することとしており、同年 12 月には、車載用電池リユース促進 WG を立ち上げた。なお、WG の第 1 回会議において、本県からバッテリーリユースに係る県の取組について発表している。

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、産学公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

2019年4月～2020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実証試験棟（以下、「産技センター」又は「実証試験棟」という。）
- ・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」という。）

(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	小田 聡克	

(4) 会議

第1回 2019年 7月 24日 (水)

第2回 2019年 3月 書面開催にて実施*

(※ 新型コロナウイルス感染拡大防止のため)

1-3 これまでの成果と今年度の取組

(1) 平成 28～30 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 30 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について、年間を通じて測定し、季節毎の省エネ効果等を検証した。

また、新たに工場・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システムを確立することができた。

(2) 平成 31 年度の実証試験について

平成 31 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。

- 30 年度に構築した工場・事業場の消費負荷を再現するモデルにより、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
- また、新たに事務所（オフィス）の消費負荷を再現するモデルを構築し、一般的な事務所における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
- これらの実証により、リユース蓄電池の活用用途をさらに広げ、今後の再エネ・蓄エネ施設の普及の一助とする。

※電力需要のピークを低く抑えるように電力消費を制御すること。本報告書では、蓄電池等により、電力を使用する時間帯をピーク時間帯以外に移行する「ピークシフト」を含む。

第2章 山口県産業技術センター実証試験棟における実証試験

2-1 施設・設備の概要

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 (実証試験棟)	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 最大出力：2kW(系統連系時) ※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	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：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	実証試験棟内データ 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

2-2 中小企業工場における太陽光発電+蓄電池によるピークカット効果の検証

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 2-2-1 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。

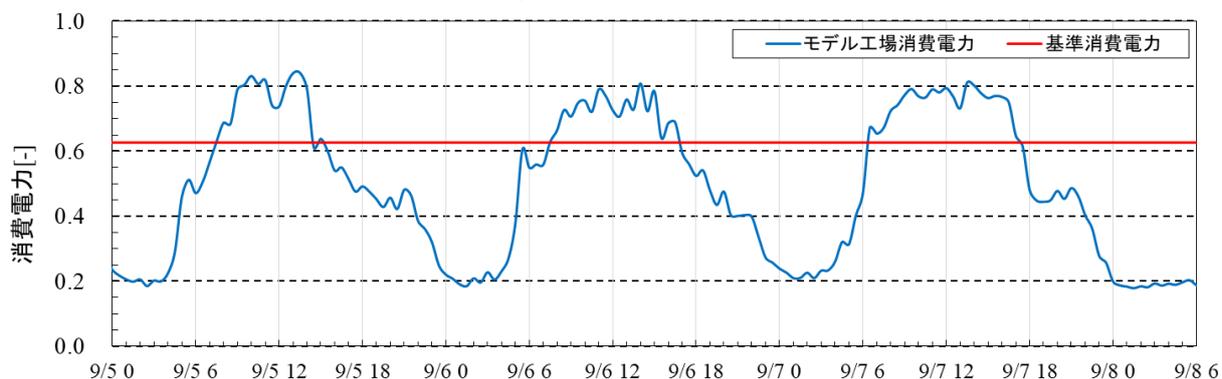


図 2-2-1 モデル工場の消費電力の時系列データ

(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 2-2-1 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」という。）及び蓄電池によるピークカット効果の検証を行う。図 2-2-2 に実証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。

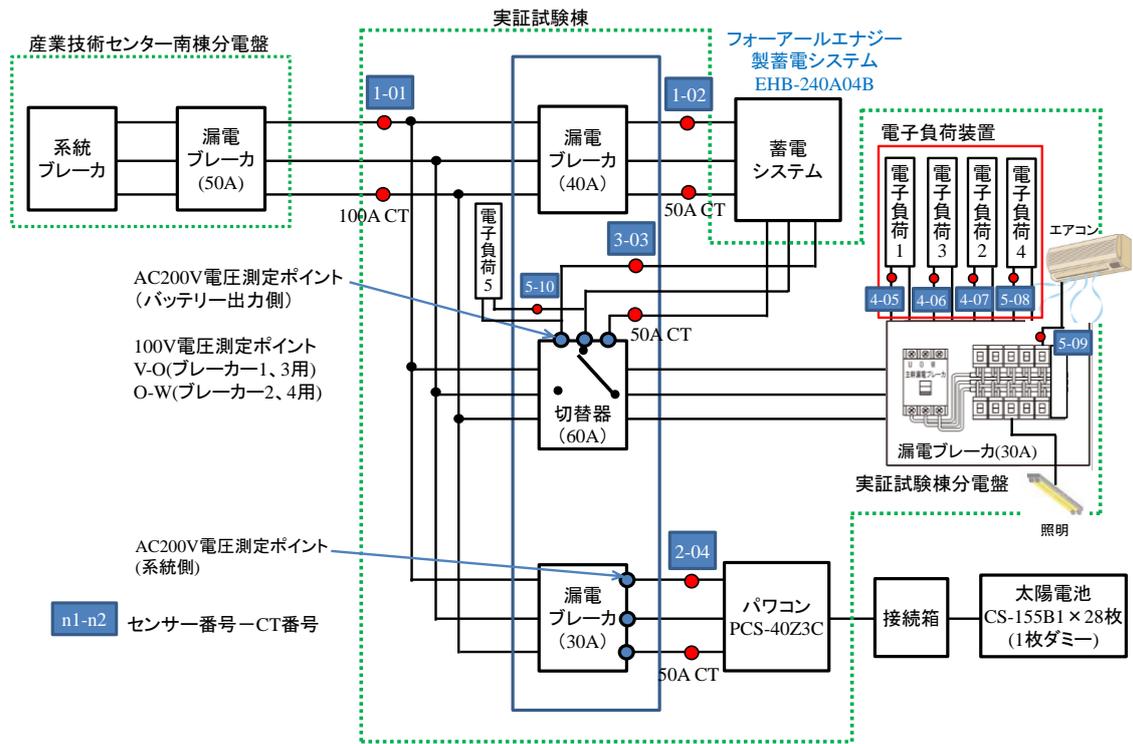


図 2-2-2 実証試験システム構成図

産業技術センター 計測機器・ネットワーク構成図

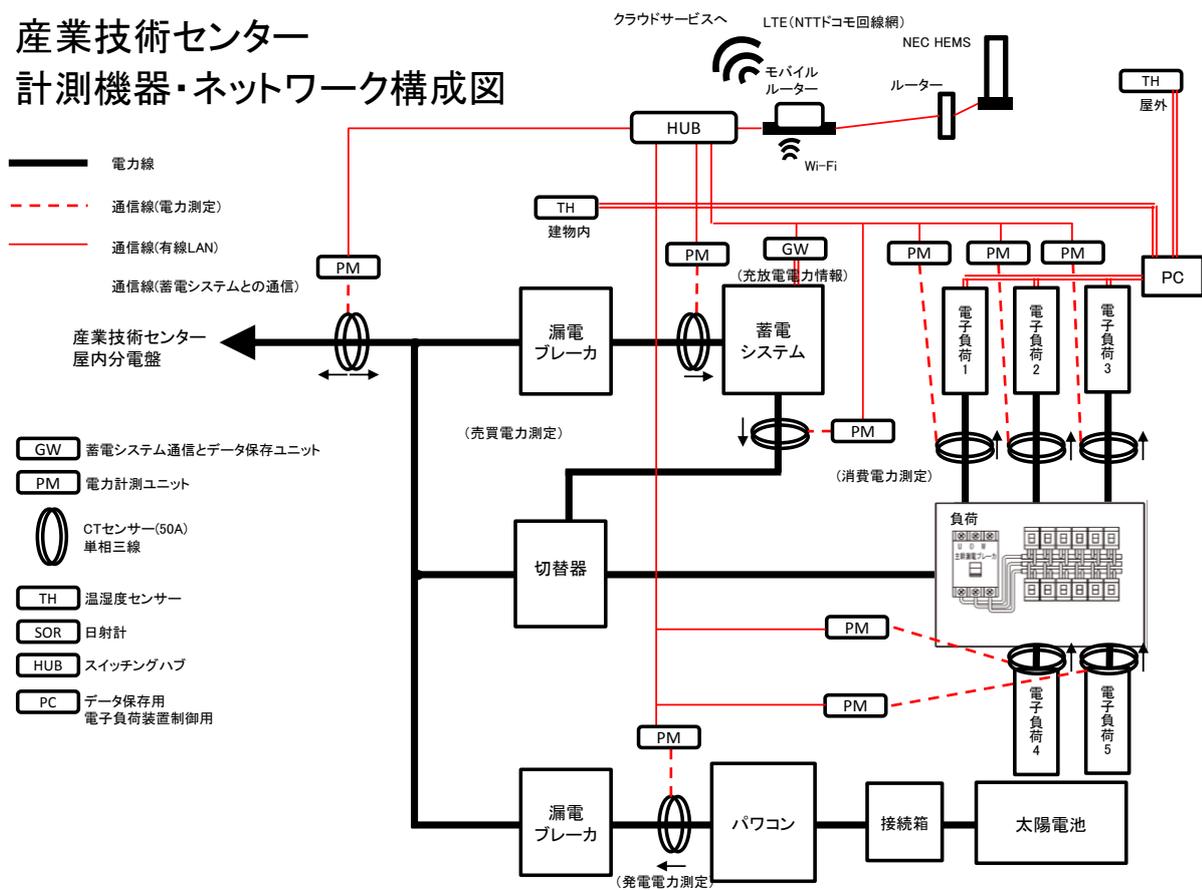


図 2-2-3 計測機器・ネットワーク構成図

図 2-2-3 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 2-2-1 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 2-2-1 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 (契約電力*1)	実証試験システム (実験負荷*2)
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 2-2-1 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」という。) 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) である。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、実証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} 及び蓄電池からの供給 $P_{ex_Battery}$ でどれだけ賄うことができるか、その寄与を調査する。

図 2-2-4 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、実証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。

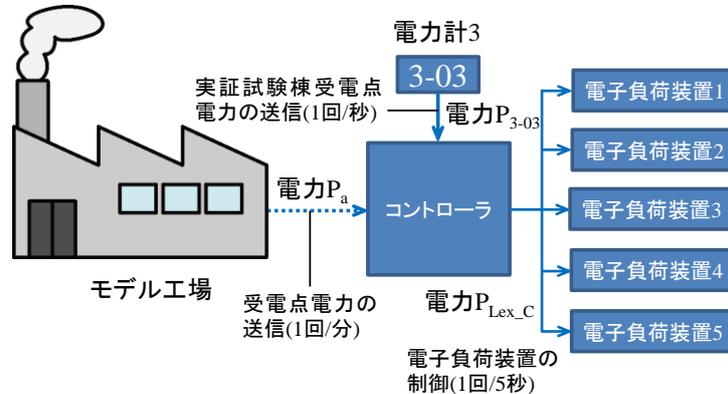


図 2-2-4 実証試験の電子負荷装置の制御の概要

(蓄電システムの制御)

- 制御モード：「フルコントロールモード」
- 充電開始時間・放電開始時間・強制充電終了時間：

【ケース 1 (7-8 月)】

PV 発電電力を蓄電池で有効に活用することを考慮（操業前に蓄電池充電 0%）。
 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

【ケース 2 (9 月)】

蓄電池を最大限有効活用することを考慮（操業前に蓄電池充電 100%）。
 充電開始時間：23:00、放電開始時間：9:00、強制充電終了時間：18:00
 → 充電時間帯：23:00-翌 9:00、待機時間帯：18:00-23:00

(3) 太陽光発電+蓄電池による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。）を比較することで、PV と蓄電池からの電力供給による消費電力 P_{ex} のピークカットの可能性を検証する。

① ケース 1 (PV 発電電力を蓄電池で有効に活用することを考慮した場合)

ケース 1 では、PV 発電電力を蓄電池で有効に活用することを考慮し、操業前に蓄電池を充電 0%の状態として、ピークカットを行う。7 月～8 月のデータの内、ピークカットの検証が可能な 25 件のデータを用いた。

図 2-2-5 に代表的な 4 日間の系統及び消費電力の 30 分デマンド値（以下、「デマンド値」という。）の推移を、図 2-2-6 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 2-2-7 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。なお、蓄電池電力については正 (>0) の場合、充電、負 (<0) の場合、放電を表す。この 4 日間について、7/22 は雨、7/23 及び 7/24 は曇り、7/25 は晴れである。ここで、系統電力と消費電力のそれぞれのデマンド値のピーク値の

差をピークカット量とする。なお、図 2-2-5 において、17:00~18:00 の間に系統電力が約 2kW まで上昇しているのは、蓄電池への充電によるものであり（図 2-2-6）、ピークカット量を算出する場合、系統電力のピーク値から除外する。図 2-2-5 及び 2-2-6 から、図示する 7/23~25 の3日間の 6:00~16:00 で PV 発電出力により、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ことが分かる。7/22 の雨の日には、PV の発電がほとんどなく、PV によるピークカットがほとんど見られない。また、図 2-2-6 の太陽光発電出力と蓄電池の充放電電力の変化から、負荷への電力供給の余剰分は蓄電池に充電され（例えば、7/23, 8:00~13:00）、また、PV 発電出力が不足する場合は、放電されている（例えば、7/23, 13:30~16:00）。蓄電池については、図 2-2-7 より、SOC は操業前の 6:00 にはほぼ 0% となっており、その後 PV の発電に伴い充電され、PV から負荷への電力供給が不足する場合には放電されていることが分かる。

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。図 2-2-8 に 7 月~8 月における検証対象の 25 日間のモデル工場のデマンド値と低減後のデマンド値（推定値）を示す。また、表 2-2-2 に検証に用いた 25 日間のピークカット効果の一覧を示す。これより、デマンド値の推定低減率（=デマンド低減量/デマンド値×100%。以下、「低減率」という。）は、平均で 6.7%、最大で 18.3% となっており、ピークカット効果があることが分かる。低減率の最小値は 1.7% であるが、このように低減率の小さい日は雨あるいは曇りで PV 発電が非常に小さい場合であり、低減率が 2% 未満の日が 5 日（25 日中）あった。また、図 2-2-9 に PV 発電電力最大値に対する低減率を示す。これより、PV 発電電力最大値と推定デマンド値低減率の相関に係るデータのバラつきについては、デマンド値と PV 発電電力のピークをとる時間が異なることが原因の一つと考えられる。

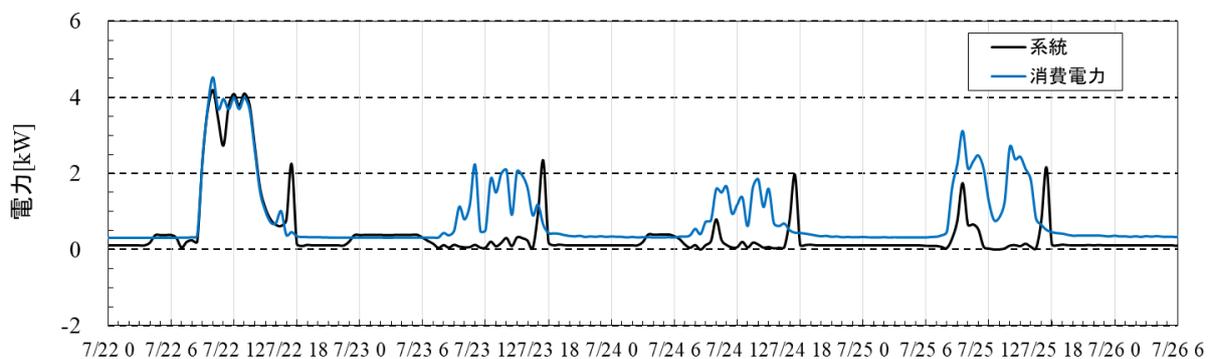


図 2-2-5 系統及び負荷電力の 30 分デマンド値の推移（ケース 1）

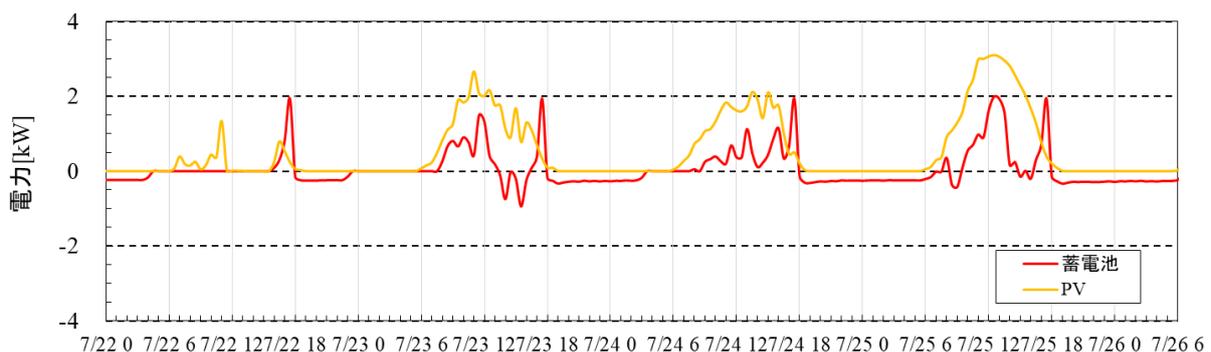


図 2-2-6 太陽光発電及び蓄電池充放電電力の 30 分平均電力（ケース 1）

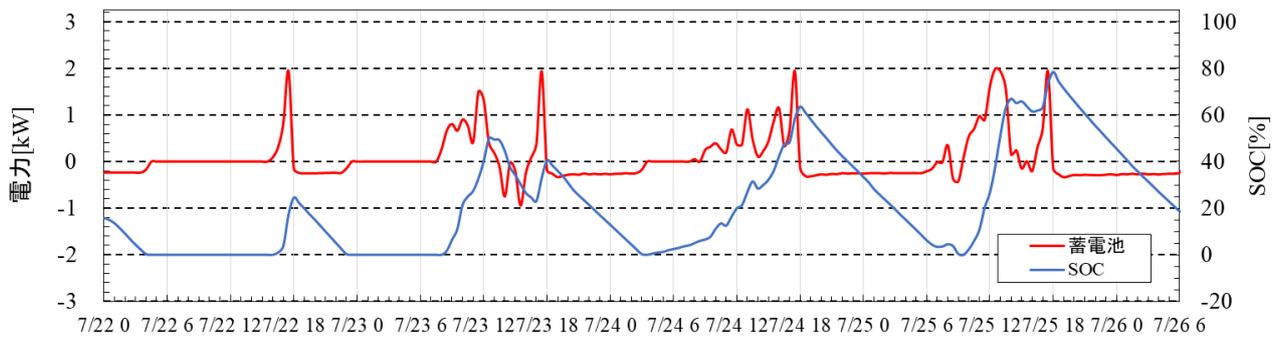


図 2-2-7 蓄電池充放電電力及び SOC の 30 分平均電力（ケース 1）

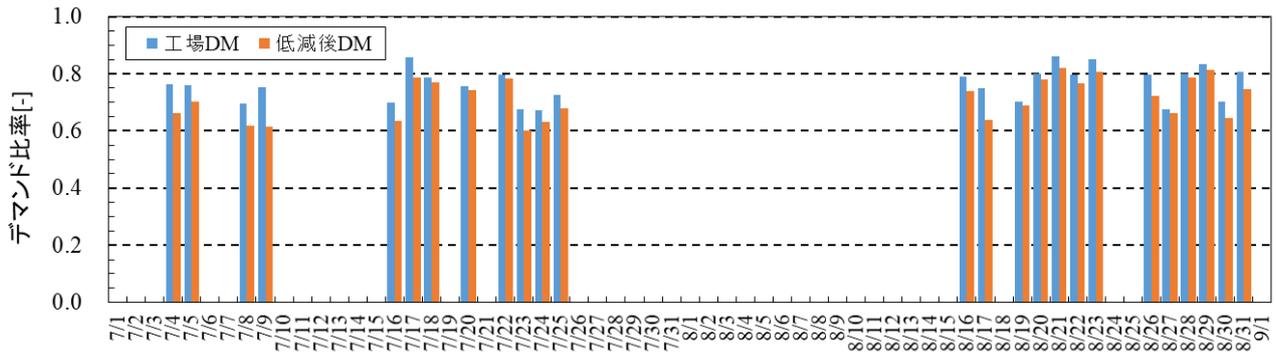


図 2-2-8 工場デマンド値（工場 DM）とデマンド低減後のデマンド値（低減後 DM）（ケース 1）
デマンド値[-]は契約電力に対する比率を示す。

表 2-2-2 デマンド値低減効果（ケース 1）

デマンド値	工場 DM*	低減量	低減後 DM*	低減率
最小値	0.673	0.012	0.601	1.7%
最大値	0.862	0.137	0.820	18.3%
平均値	0.764	0.051	0.714	6.7%

* 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。

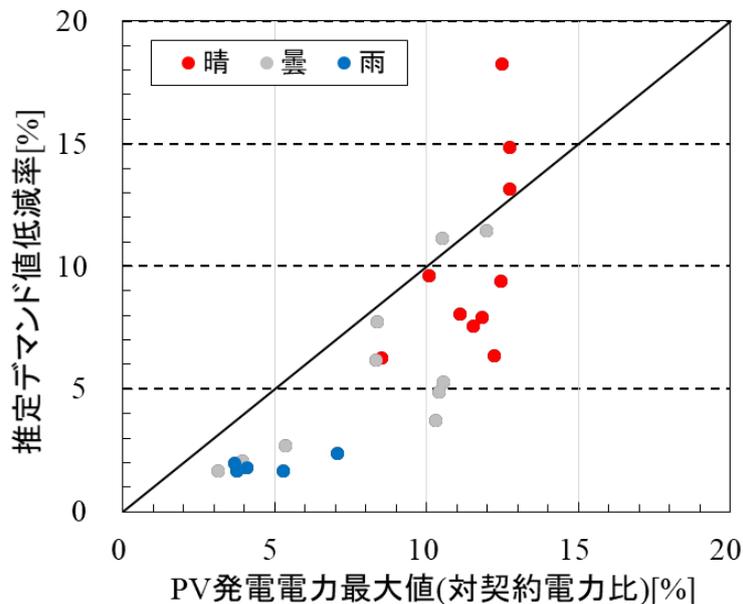


図 2-2-9 PV 発電電力最大値に対するデマンド低減率（ケース 1）

② ケース 2（蓄電池を最大限有効活用することを考慮した場合）

ケース 2 では、蓄電池を最大限有効活用することを考慮し、操業前に蓄電池を充電 100%の状態とし、PV 発電電力と併せてピークカットを行う。本ケースにおいては、9 月のデータの内、ピークカットの検証が可能な 17 件のデータを用いた。

図 2-2-10 に代表的な 3 日間の系統及び消費電力のデマンド値の推移を、図 2-2-11 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 2-2-12 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。この 3 日間について、9/5 及び 9/6 は晴れ、9/7 は曇りである。ここで、系統電力と消費電力のそれぞれのデマンド値のピーク値の差をピークカット量とする。なお、図 2-2-10 において、23:00 以降に系統電力が約 2.6kW まで上昇しているのは、蓄電池への充電 2kW によるものであり（図 2-2-11）、ピークカット量を算出する場合、系統電力のピーク値から除外する。図 2-2-10 及び 2-2-11 から、図示する 3 日間において PV 発電出力及び蓄電池からの電力供給により、消費電力に対して系統電力が低減しており、特に 9/5、6 は大幅にピークカットされていることが分かる。9/7 は曇りであることから 9/5、6 と比較するとピークカット量が小さい。蓄電池については、図 2-2-12 より、SOC は操業前の 6:00 にはほぼ 100%となっており、操業開始に伴う消費電力増加に対して、PV 発電電力と併せて負荷への電力供給が可能となっていることが分かる。

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。図 2-2-13 に 9 月における検証対象の 17 日間のモデル工場のデマンド値と低減後のデマンド値（推定値）を示す。また、表 2-2-3 に検証に用いた 17 日間のピークカット効果の一覧を示す。これより、デマンド値の低減率は、平均で 11.7%、最大で 17.7%となっており、ピークカット効果があることが分かる。ケース 1 と比較すると低減率の平均値が 6.7%（ケース 1）から 11.7%（ケース 2）に著しく増加しており、これは、操業前に蓄電池の充電をほぼ 100%にしている効果と考えられる。平均低減率の最小値は 1.4%であるが、この日は曇りであった。低減率 2%未満は 1 日のみであり、他に低減率が 8%未満と比較的低い日が 4 日あったが、これは、例えば図 2-2-10 の 9/7 に見られるように、午前からの蓄電池の放電によって SOC が 0%となり、午後に蓄電池から電力供給ができなくなったことで、デマンド値の低減効果が小さくなったためである。なお、検証対象データにおいては、雨の日はなかった。また図 2-2-14 に PV 発電電力の最大値に対する推定デマンド値低減率を示す。これより、データのバラつきは大きいものの、晴れの日において PV 発電電力最大値が大きく、低減率が大きくなる傾向を示している。PV 発電電力と推定デマンド値低減率の相関に係るデータのバラつきが大きいのは、ケース 1 と同様にデマンド値と PV 発電電力のピーク値をとる時間が異なることが原因の一つと考えられる。

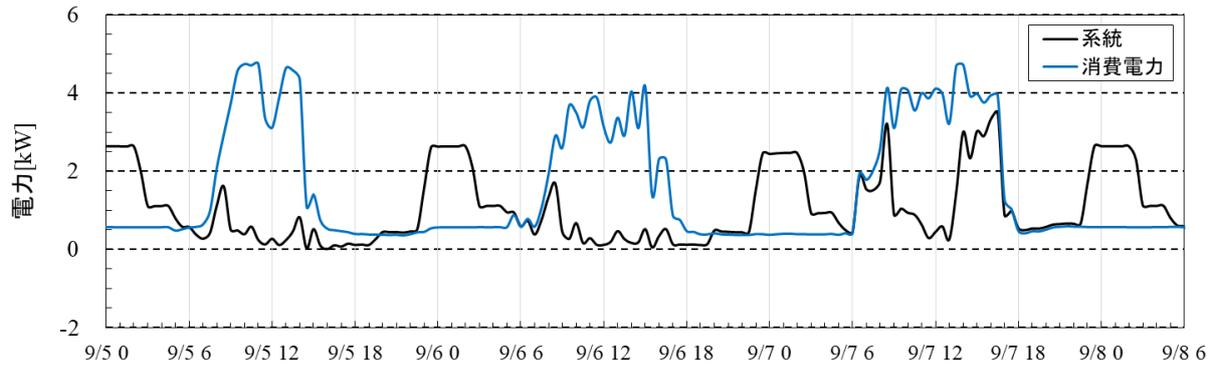


図 2-2-10 系統及び負荷電力の 30 分デマンド値の推移 (ケース 2)

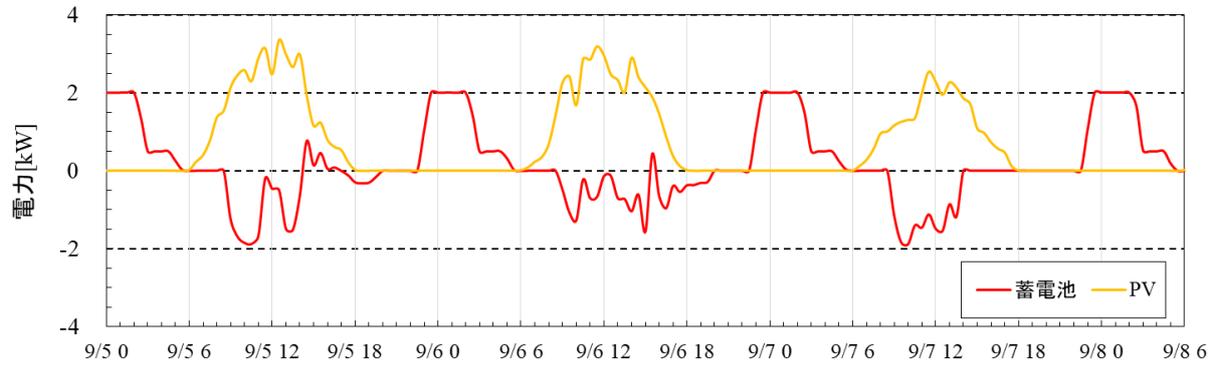


図 2-2-11 太陽光発電及び蓄電池充放電電力の 30 分平均電力 (ケース 2)

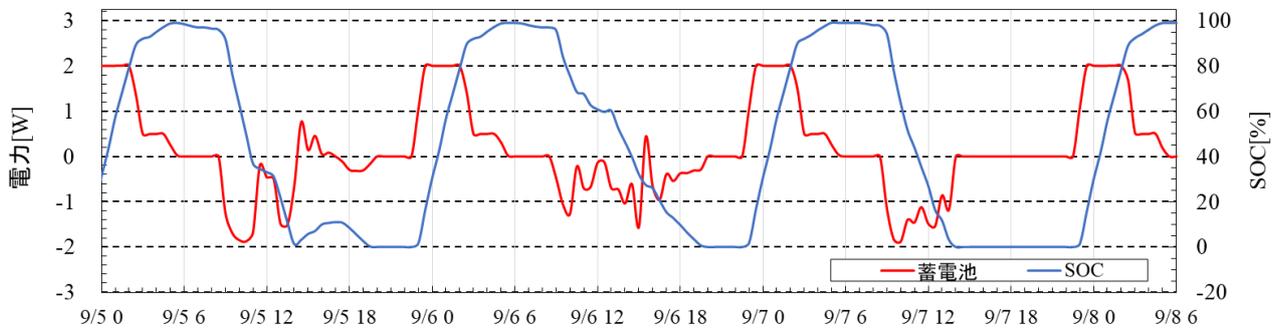


図 2-2-12 蓄電池充放電電力及び SOC の 30 分平均電力 (ケース 2)

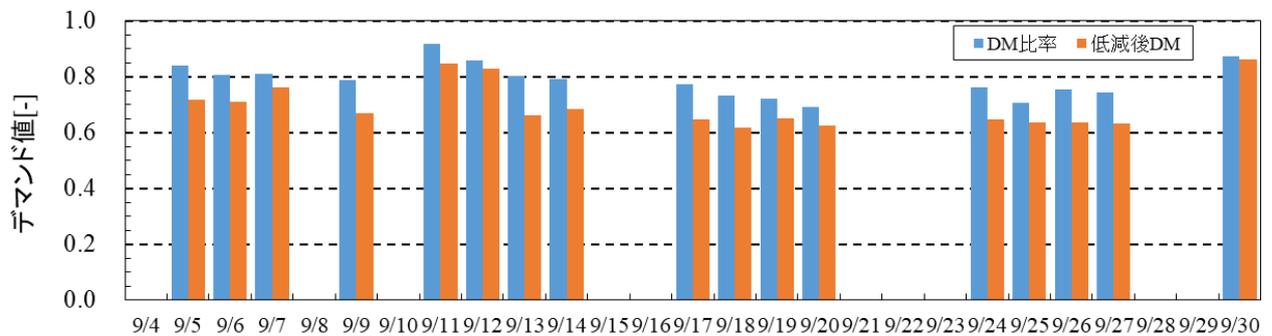


図 2-2-13 工場デマンド値 (工場 DM) とデマンド低減後のデマンド値 (低減後 DM) (ケース 2)

デマンド値[-]は契約電力に対する比率を示す。

表 2-2-3 デマンド値低減効果 (ケース 2)

デマンド値	工場 DM*	低減量	低減後 DM*	低減率
最小値	0.691	0.013	0.618	1.4%
最大値	0.917	0.142	0.860	17.7%
平均値	0.787	0.091	0.696	11.7%

* 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。

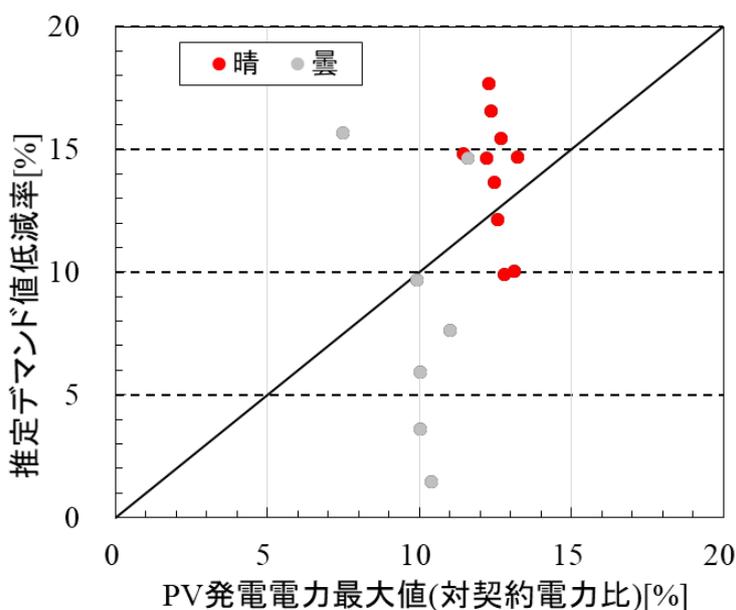


図 2-2-14 PV 発電電力最大値に対するデマンド低減率 (ケース 2)

(4) まとめ

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。

- PV 発電電力を蓄電池で有効に活用することを考慮した場合のケース 1 では、デマンド低減率が平均で 6.7%、最大で 18.3%のピークカット効果が確認された。
- 蓄電池を最大限有効活用することを考慮した場合のケース 2 では、デマンド低減率が平均で 11.7%、最大で 17.7%のピークカット効果が確認され、ケース 2 において、デマンド低減率の平均値が著しく増加した。
- PV 発電電力が大きいほどデマンド低減率は大きくなる傾向を示す。

今後、ピークカット効果を最大化するためには、目標デマンド値以下にデマンド値を制御するシステムと連携して蓄電池の充放電を制御することを検討する必要があると考える。

2-3 事務所ビルを対象とした実証試験

事務所ビルにおける消費電力のピークカットを図る一つの方法として、蓄電池を利用することが挙げられる。本節では実際に存在する事務所ビルの電力消費の変動（ロードカーブ）を用い、この事務所ビルにおいて蓄電池を運用した場合に、どの程度、消費電力のピークカットが可能になるのかについて検討を行うこととする。

この際、モデル事務所（下関市内の実際の事務所ビル）に蓄電池を設置して実証試験を行うと、モデル事務所内の業務に支障をきたす可能性があるため、モデル事務所と実証試験棟（産技センター）とを分け、モデル事務所において取得した消費電力の情報を実証試験棟に送信し、実証試験棟で電子負荷装置による模擬負荷を与えて蓄電池の運用を行うという形式で実証試験を行うこととした。次節以降に詳細を述べる。

(1) 実証試験の構成

実証試験は2019年12月～2020年1月の2か月間実施した（準備期間や撤収期間は含まない）。

モデル事務所と実証試験棟の電子負荷の関係を図2-3-1に示す。

モデル事務所では受電点電力データ（電力消費量）を1分間隔、実証試験棟では受電点電力データを1秒間隔で取得している。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を5秒間隔で出力する。この際、モデル事務所の実際の消費電力 P_a 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 $P_{Lex_C}=k \cdot P_a$ としている。5台の各負荷装置へは P_{Lex_C} を5等分した値を指令値として与えている。なお、この指令値には、実証試験棟を維持するために必要な常時約300Wの消費電力を含んでいる。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、蓄電池からの供給 $P_{ex_Battery}$ でどれだけ賄うことができるか、その寄与を調査する。

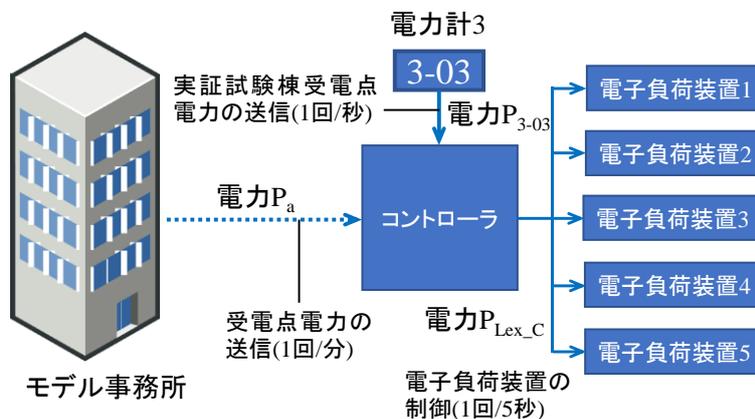


図 2-3-1 実証試験の電子負荷装置の制御の概要

図 2-3-2 に実証試験棟の実証試験システム構成図を示す。本実証試験の電力システムは太陽光発電（以下、「PV」という。）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。本実証試験では、太陽電池によらず、蓄電池によるピークカットを検証するため、PVのパワコンからの出力を停止して実験を行っている。

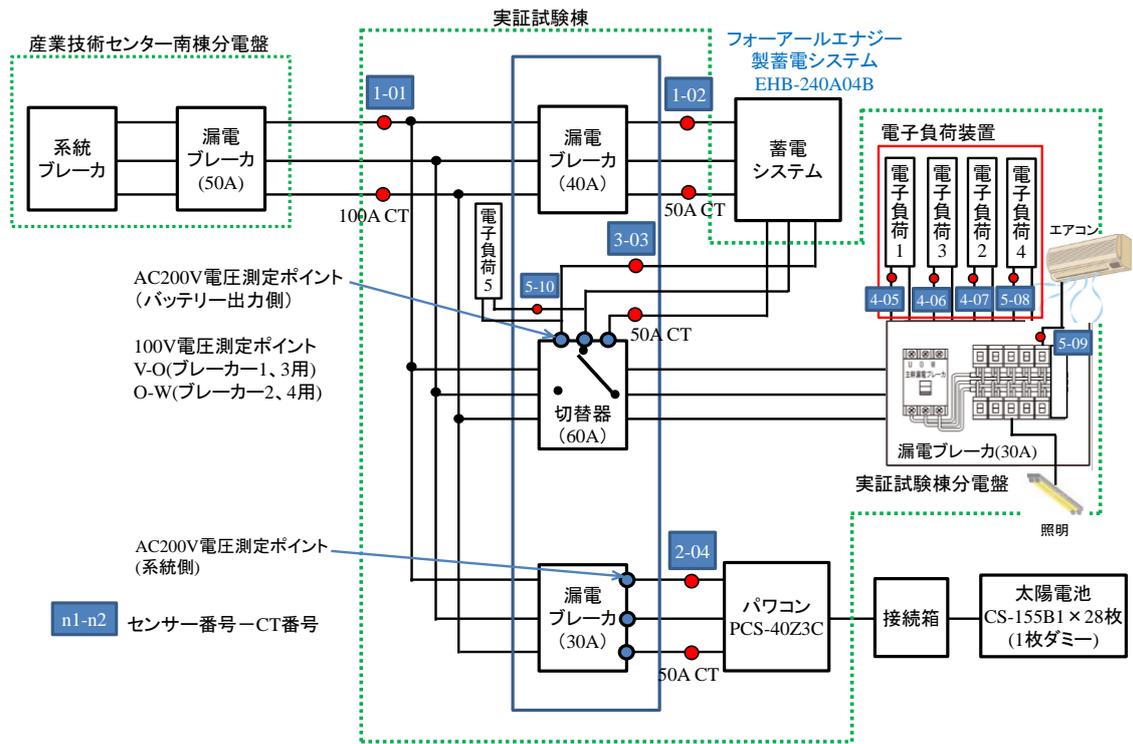


図 2-3-2 実証試験システム構成図

産業技術センター 計測機器・ネットワーク構成図

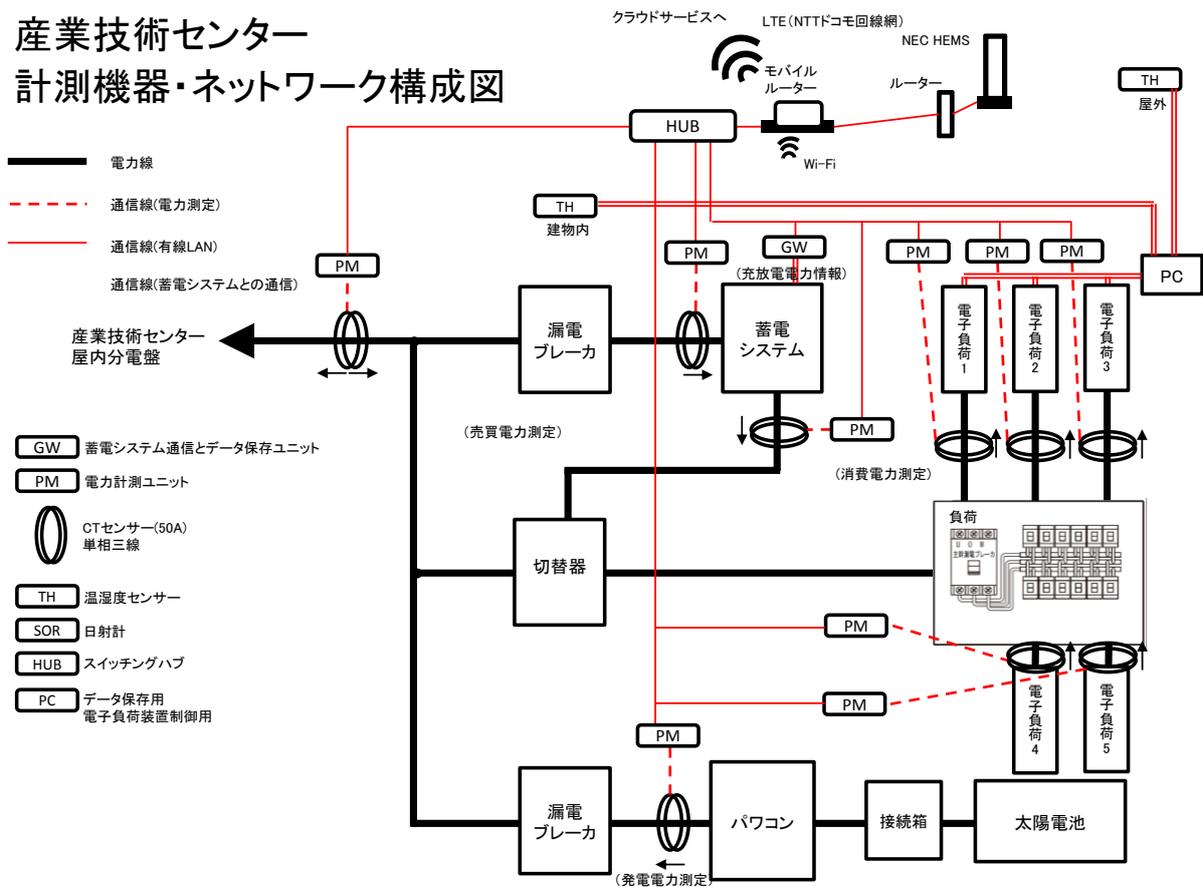


図 2-3-3 計測機器・ネットワーク構成図

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。蓄電システムの制御モー

ドは「深夜電力モード」とし、次のように稼働する。

○充電開始時間・放電開始時間：

- ・充電開始時間： 23：00
- ・放電開始時間： 7：00

(2) 実証試験の結果（負荷変動について）

実験期間 2019 年 12 月～2020 年 1 月のうち、モデル事務所において屋外気温の最低値が観測されたのは 12 月 13 日（金）、最高値が観測されたのは 12 月 18 日（水）であった。そこで、この 2 日を含む 8 日間（2019 年 12 月 12～19 日）に注目して実証試験の結果の分析を行うこととする。

図 2-3-4 にこの 8 日間のモデル事務所の外気温の変化を、また、図 2-3-5 にこの期間のモデル事務所の 30 分毎の照明・OA 機器・エアコン等の消費電力（相対値）の変動を示す。消費電力の相対値は、この期間のモデル事務所の消費電力（合計）の最大値を 100%として表示している。

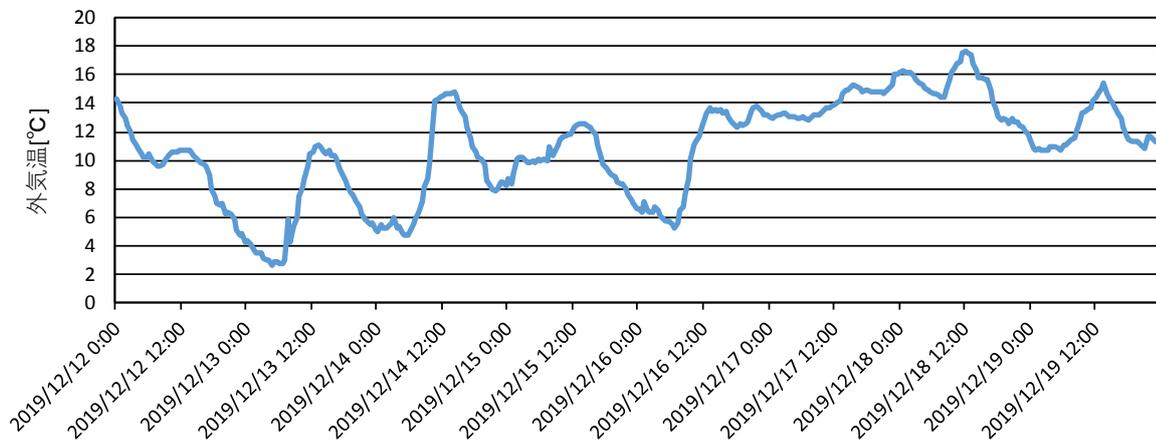


図 2-3-4 2019 年 12 月 12～19 日のモデル事務所における外気温の変化

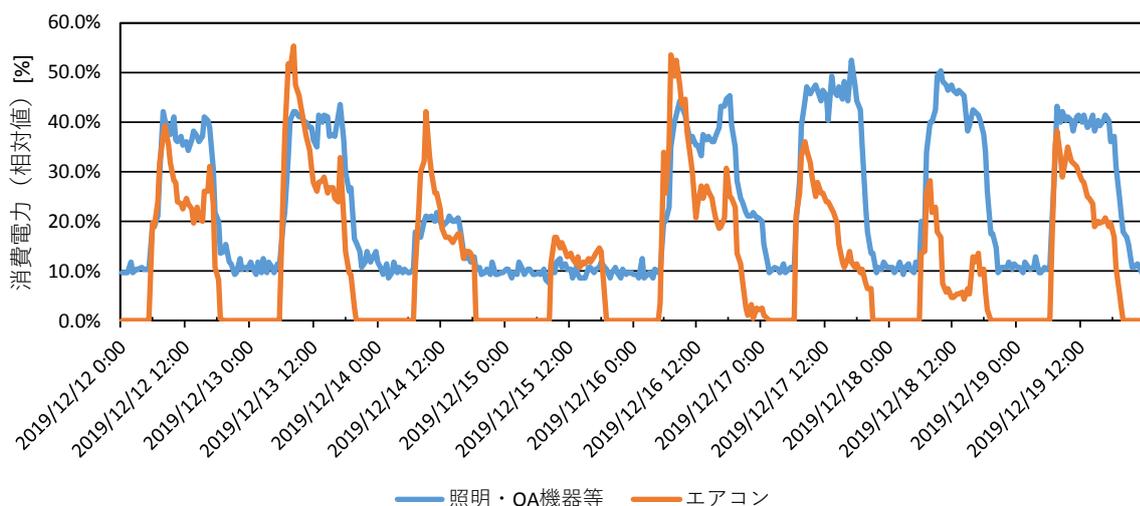


図 2-3-5 2019 年 12 月 12～19 日の消費電力（相対値）の変動

図 2-3-5 が示すように、12 月 14 日および 15 日は土・日であるため照明・OA 機器・エアコン等の消費電力は平日に比べて低い。また平日は始業前の 7 時から照明・OA 機

器・エアコン等が稼働し、消費電力がピークを迎える。

図 2-3-6 に 30 分毎の実負荷（相対値）および実証試験棟の模擬負荷（電子負荷）の出力を示す。実負荷とはモデル事務所の消費電力（合計）のことであり、その相対値は、この期間の実負荷の最大値を 100% として表示している。

この図でもわかるように、模擬負荷は実負荷に対応して変動している。12 月 14 日および 15 日は土・日であるため実負荷ならびに模擬負荷は他の日に比べて小さくなっている。屋外気温が最低値を記録した 12 月 13 日には実負荷が最大値を示しており、最高を記録した 12 月 18 日には平日の中で実負荷が最も小さくなっている。

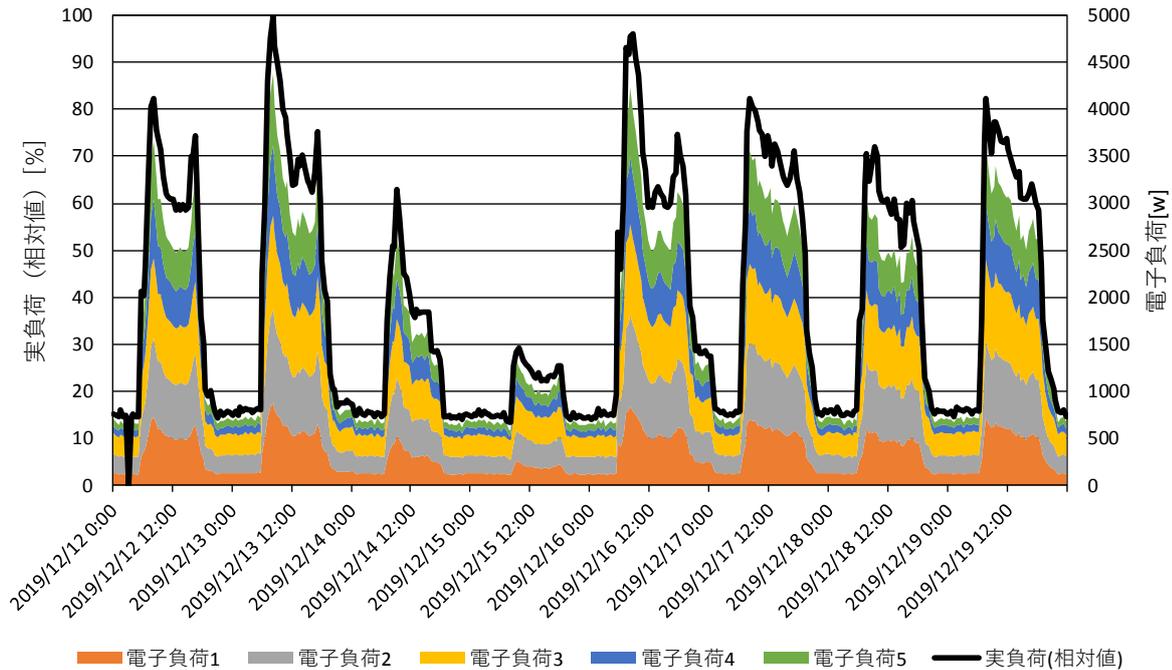


図 2-3-6 2019 年 12 月 12~19 日の実負荷および模擬負荷（電子負荷）の変動

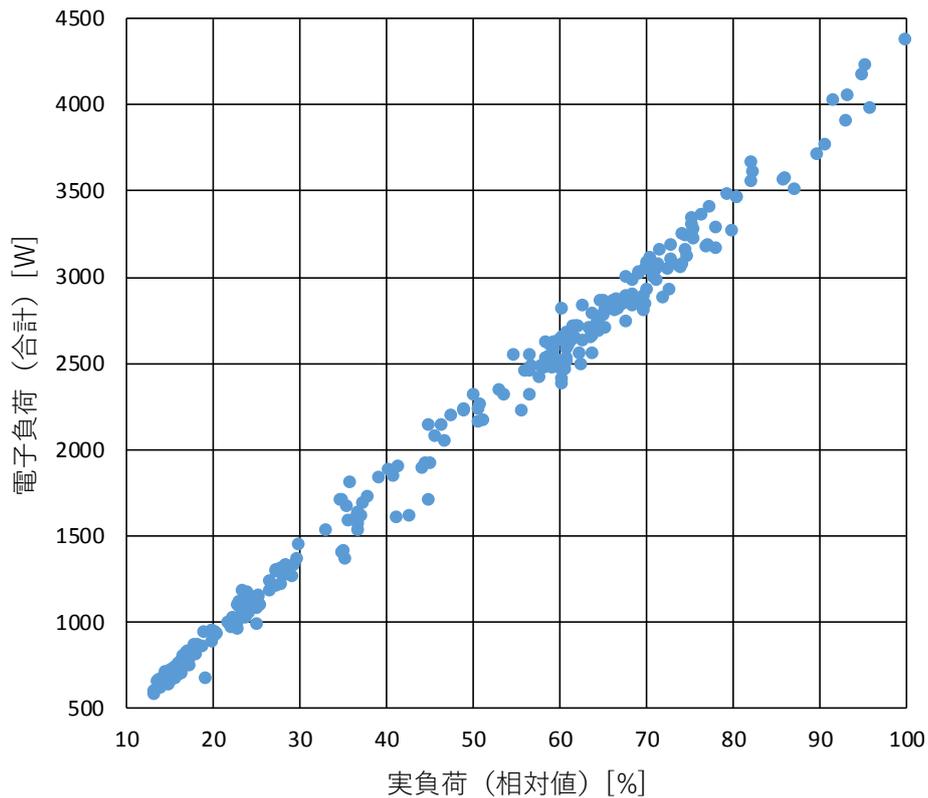


図 2-3-7 2019 年 12 月 12～19 日の実負荷および模擬負荷（電子負荷合計）

図 2-3-7 に各時点の実負荷（相対値）ならびに模擬負荷（電子負荷の合計値）を示す。実負荷が 10% 増加する毎に模擬負荷が約 500W 増加するという関係となっている。

次に、12 月 13 日に着目して、1 分毎の実負荷および模擬負荷を確認してみる。

図 2-3-8 に 12 月 13 日における 1 分毎の実負荷および模擬負荷（電子負荷の合計値）の変動を示す。同図で実負荷は同日の最大電力を 100% として示している。また、同図で実負荷が 0.0% または電子負荷（合計）が 0W となるのは測定データの欠測を表している。この図からわかるように、模擬負荷は実負荷に対応して変動している。

図 2-3-9 には各時点の実負荷（相対値）ならびに模擬負荷（電子負荷の合計値）を示す。1 分毎に見た場合には、モデル事務所でのデータ収集時刻や電子負荷への指令時刻のずれがあるため、図 2-3-7 に比べてばらつきが大きくなっている。しかしながら、実負荷が 10% 増加する毎に模擬負荷が約 500W 増加するという関係は保たれている。

図 2-3-6～2-3-9 が示すように、モデル事務所の実負荷に応じ、ほぼリアルタイムで実証試験棟では模擬負荷を変化させることができている。

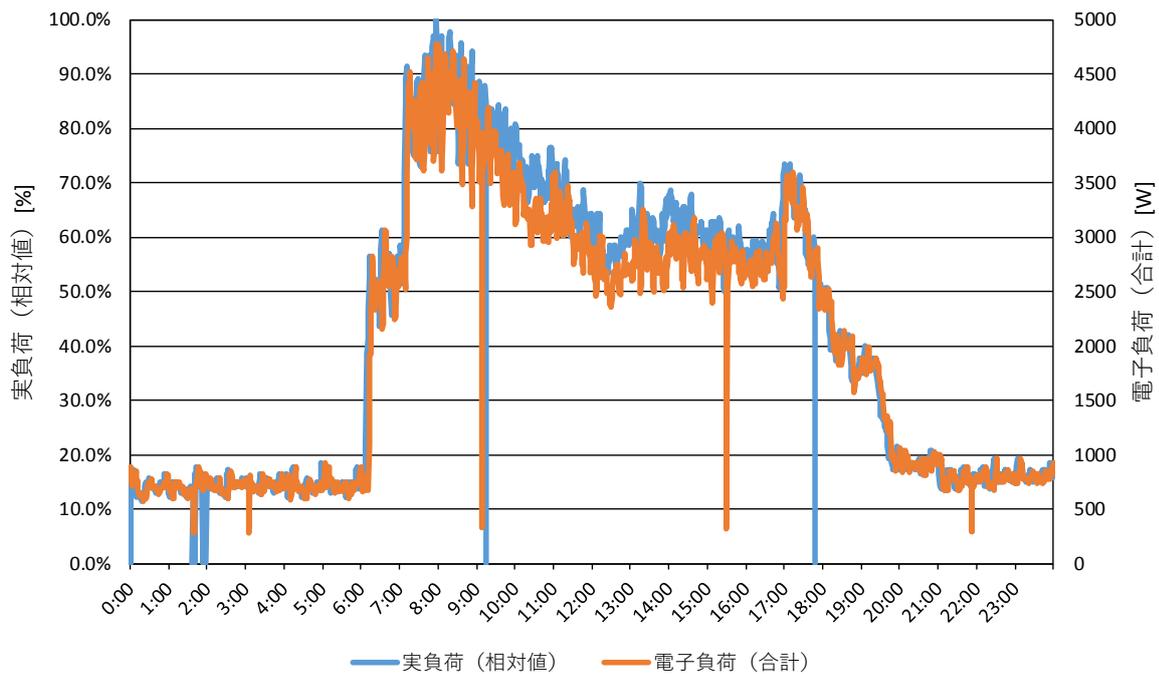


図 2-3-8 2019 年 12 月 13 日の実負荷および模擬負荷（電子負荷）の変動（1 分毎）

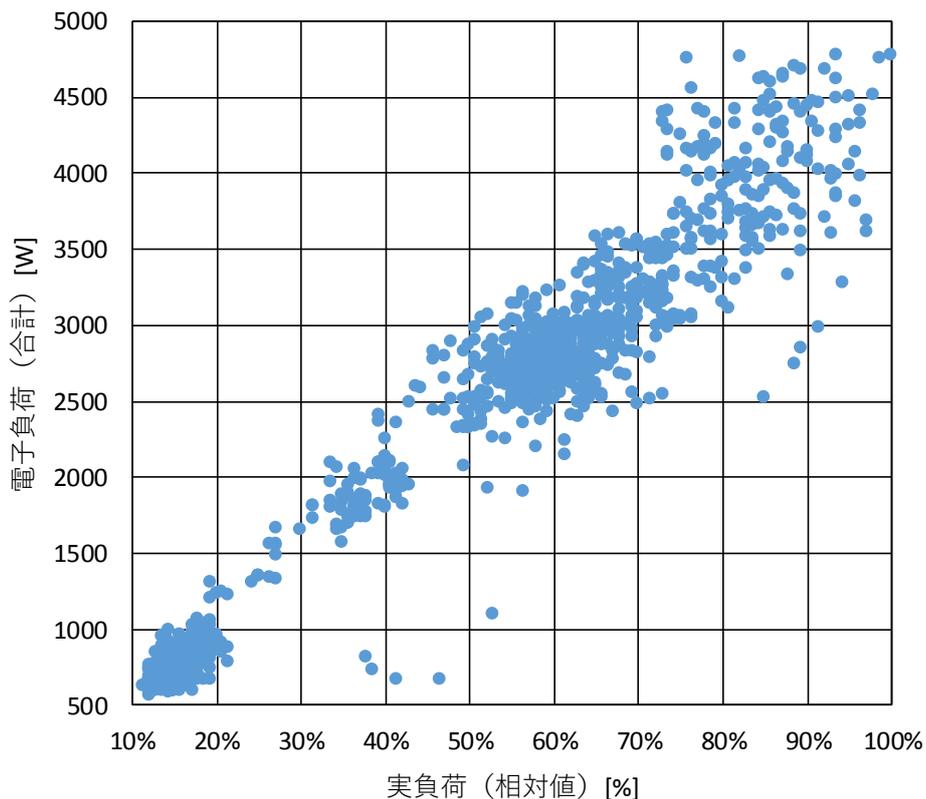


図 2-3-9 2019 年 12 月 13 日の実負荷および模擬負荷（電子負荷合計）

(3) 実証試験の結果（最低気温記録日における蓄電システムの効果）

本項では、モデル事務所において外気温の最低値を記録した 12 月 13 日を対象とし

て、負荷の変動要因、蓄電システムの効果について検討する。

図 2-3-10 に示すように、12 月 13 日午前 7 時～9 時に実証試験棟の負荷（実負荷に基づく模擬負荷（電子負荷の合計））がピークに達する。1 分毎の値では 7 時 57 分に 4779.5W が模擬負荷の最高値である。これはモデル事務所の始業時のエアコン暖房、照明、OA 機器の立ち上げによる実負荷の急増を再現したものである。冬期の事務所ビルにおけるピークカットとは、早朝の電力消費を蓄電池からの放電によって支えることを意味する。

蓄電システムの稼働状況は次の通りである。図 2-3-10 に示すように、蓄電システムは深夜電力モードで稼働し、前日 12 日 23 時 18 分から 13 日 6 時 57 分まで充電している（13 日 1 時 9 分までは 2000W で、1 時 37 分以降は 500W で充電）。そして 13 日 7 時 9 分から 9 時 57 分にかけて 2000W で放電している。

7 時～9 時台の約 3 時間の間、蓄電システムからの放電により、負荷の一部は軽減され、結果として実証試験棟への外部からの電力供給（買電量）は抑制されている。



図 2-3-10 2019 年 12 月 13 日の実証試験棟の充電・負荷・放電・買電電力の推移（1 分毎）

図 2-3-11 に各時間帯における充電・負荷・放電・買電電力量を示す。また表 2-3-1 に 7 時～9 時台における負荷、放電量および負荷に対する放電量の割合を示す。

1 時間毎の電力量で表した時の負荷のピークは 8 時台の 4.2kWh であるが、同時帯に蓄電池から 1.99kWh の供給（放電）があるため、買電量は 2.21kWh に抑えられる。このとき、負荷に対する蓄電池からの放電量の割合は 47.4%に達する。7 時台も 9 時台も同様に負荷の多くが蓄電池からの放電に支えられ、7 時～9 時台では平均で 47.6%の負荷が蓄電池からの電力供給に支えられている。

ピークカットという視点で見れば、蓄電池が存在しない場合、8 時台の負荷 4.2kWh がそのまま買電量のピークとなる。これに対し、蓄電池が存在する場合、買電量のピークは 10 時台の 3.21kWh に移る。このことから蓄電池によるピークカット効果は、

$(4.2 - 3.21) / 4.2 = 23.6\%$ となる。



図 2-3-11 2019 年 12 月 13 日の実証試験棟の充電・負荷・放電・買電電力量の推移

表 2-3-1 2019 年 12 月 13 日 7 時～9 時台における負荷、放電量

	負荷 [kWh]	放電量 [kWh]	放電量／負荷 [%]
7 時台	3.88	1.69	43.7
8 時台	4.20	1.99	47.4
9 時台	3.71	1.92	51.8
合計	11.78	5.61	47.6

(4) 実証試験結果からの示唆

以上の実負荷に基づく本実証試験では、始業時の 7～9 時台の 3 時間に電力の負荷がピークを迎えた。この時間帯、外気温が最低値を記録する日においては、1 分毎の電力では最大 4779.5W、時間帯ごとの電力量では最大 4.2kWh の負荷があった。これに対し、2000W の出力を 3 時間継続できる蓄電池を稼働させることにより、ピーク時の負荷を 47.6% 支え、また一日の中でのピークを 23.6% 低減できた。

本実証試験で対象としたモデル事務所と同様のロードカーブを持つ事務所ビルにおいて、冬期に蓄電池を用いて消費電力の大幅な（半減程度の）ピークカットを図ろうとすれば、ピーク電力、ピーク電力量に対応して、表 2-3-2 のような蓄電池を配置すれば、本実証試験と同様のピークカット効果が得られると考えられる。

表 2-3-2 最大負荷に対する蓄電池の出力および容量

最大電力 [kW]	時間帯別 最大電力量 [kWh]	蓄電池 最大出力 [kW]	蓄電容量 [kWh]	備考
4.8	4.2	2.0	6.0 以上	本実証試験の場合
10.0	9.0	4.2	12.6 以上	
20.0	18.0	8.4	25.2 以上	
50.0	44.0	20.8	62.5 以上	

当然のことながら、蓄電池の設置にあたっては、事務所ビルのロードカーブならびに気象条件（外気温等）が負荷に与える影響をあらかじめ把握しておくことが必要である。しかしながら、上の表は、蓄電池の容量を検討する際の材料となると考えられる。

第3章 県立美祢青嶺高等学校大気測定局における実証試験

3-1 実証試験の概要

本プロジェクトでは蓄電池と太陽光発電とを組み合わせたシステムを長期的に運用した場合の効果を実証するため、2017年2月以来、美祢青嶺高校の大気測定局舎において蓄電池と太陽光発電を運用する実証試験を行っている。

本節では、この3年におよぶ実証試験の結果と分析結果とを記述する。

(1) 施設・設備の概要

美祢青嶺高校での試験の施設・設備の内容を表3-1-1に、施設・設備の外観を図3-1-1に、システム・測定機器・ネットワーク構成図を図3-1-2に示す。

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3-1-1 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 最大出力：2kW（系統連系時）	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	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 ・NOx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

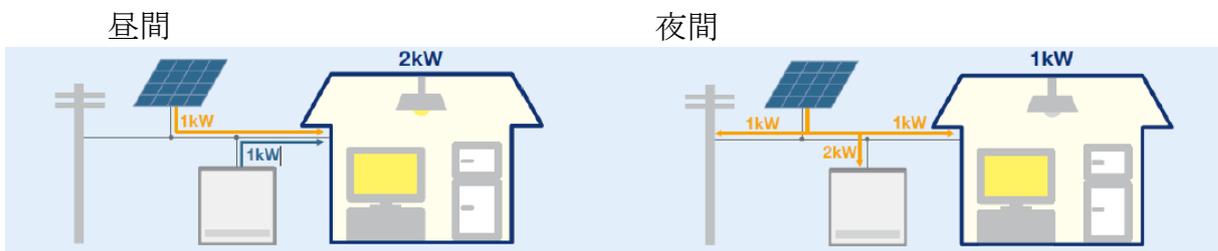
図 3-1-1 施設・設備の外観

(2) 蓄電池の運転条件

蓄電池の運転条件は、図 3-1-3 に示す 2 つの運転モードのうち、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。

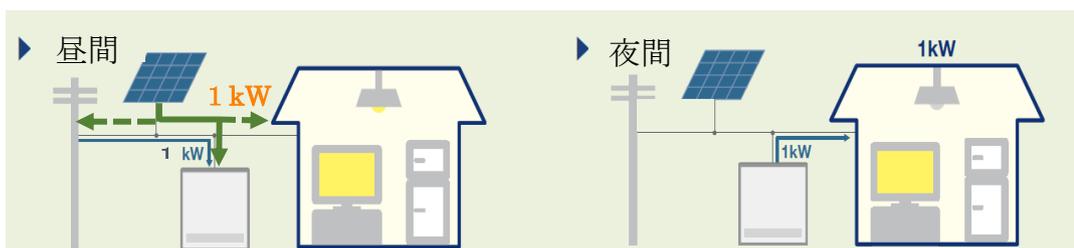
○ フルコントロールモード

- ◆昼間：太陽光発電を優先的に接続負荷へ供給。余剰分を蓄電池に充電
- ◆夜間：蓄電池から接続負荷へ供給
 - ※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：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。
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。



○ 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。



※蓄電池に優先的に充電、不足分は買電

※電池残量がなくなるまで放電

蓄電池が満充電で、負荷消費、さらに余剰分は売電

雨天時等は買電で充電

図 3-1-3 フルコントロールモードとピークシフトモードの概要

(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（図 3-1-4）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（表 3-1-2）。

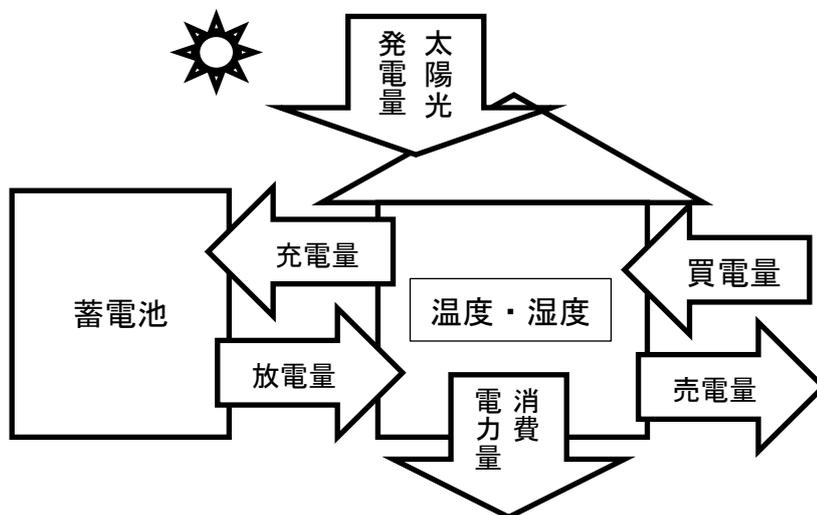


図 3-1-4 電力収支の概念図

表 3-1-2 収集データ項目

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 データロガーは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 (美祿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	

(4) 評価指標

これまでと同様に、美祢青嶺高校大気測定局においても下表に示す指標によって実験結果の分析を行う。

表 3-1-3 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。

フルコントロールモードの場合、23時～0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。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。

3-2 実証試験結果

(1) 実証試験結果（月平均電力供給・消費量の推移）

図 3-2-1 に 2017 年 4 月～2019 年 12 月の月平均一日当たりの電力供給・消費量の推移を示す。2019 年 8 月はデータの欠測日が多いため、ここでは省いている。

同図ではシステムに対して流入する電力量、すなわち①発電量（太陽光発電）、②買電力量、③放電量（蓄電池からの放電）を正の値、システムから流出する、またはシステムにて消費される電力量、すなわち④充電量（蓄電池への充電）、⑤売電力量、⑥消費電力量（負荷）を負の値で示している。

①～⑥のうち、発電量と消費電力量を取り出して表示したものを図 3-2-2 に示す。発電量、消費電力量は月ごとに大きく変動している。同図には各月の一日当たりのエアコン（冷房）の電力消費量を合わせて示しており、エアコンの電力消費量の増減が消費電力量の増減に影響を及ぼしていることがわかる。

図 3-2-3、3-2-4 に示すように、発電量およびエアコン電力消費量はそれぞれ月平均気温および月平均日照時間と強い相関がある。

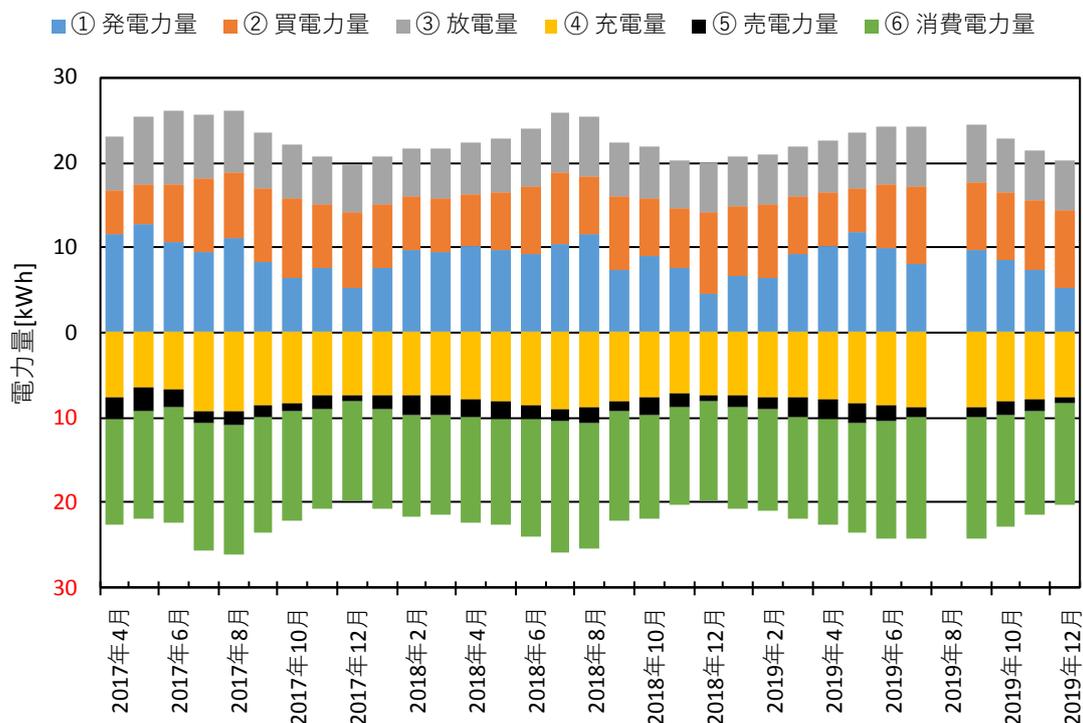


図 3-2-1 月平均一日当たりの電力供給・消費量の推移

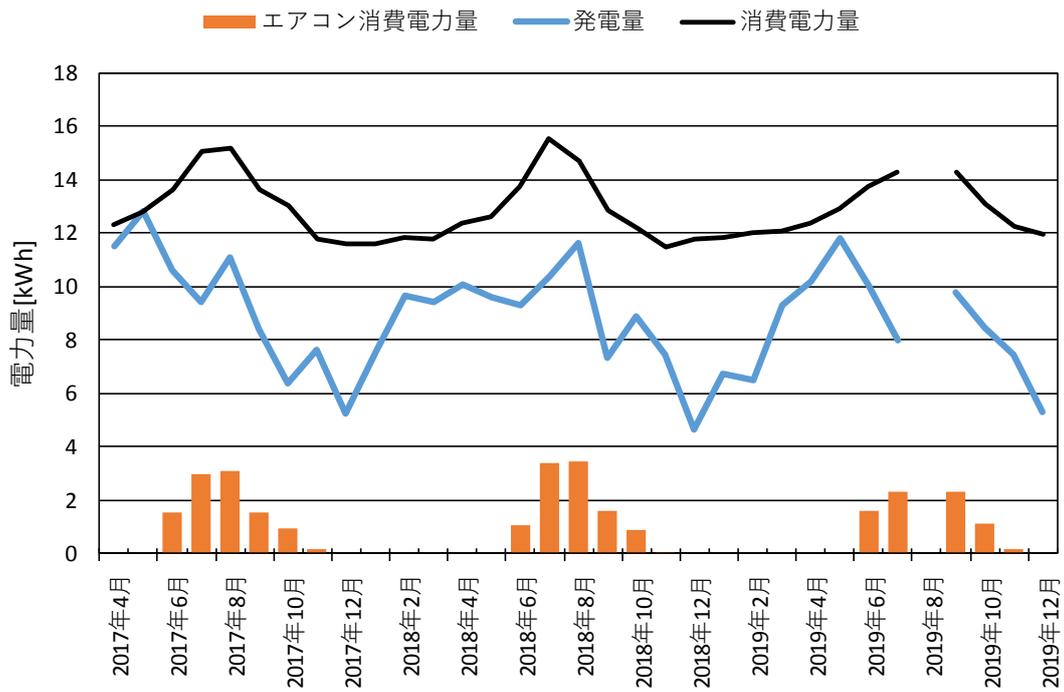


図 3-2-2 月平均一日当たりの電力供給・消費量の推移

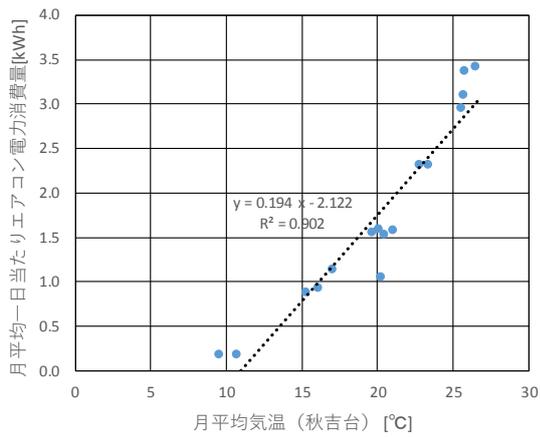


図 3-2-3 月平均気温と月平均一日当たりエアコン電力消費量

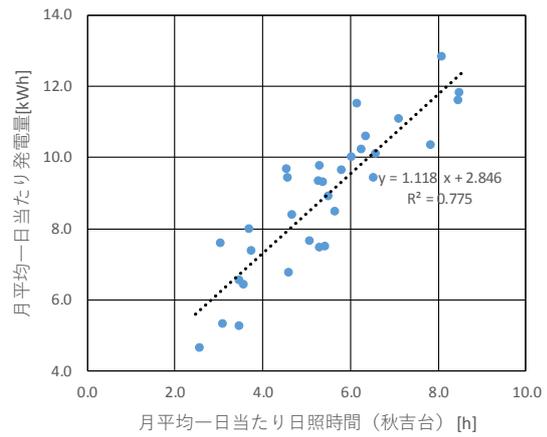


図 3-2-4 月平均一日当たり日照時間と月平均一日当たり発電量

(2) 実証試験結果（春季 2019 年 5 月における結果）

2019 年 5 月 1 日～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 3-2-5 に示す。

太陽光発電量や消費電力はそれぞれ日射量や気温の影響を受ける。図 3-2-6 および図 3-2-7 に 5 月 1 日～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（日積算値）をプロットしたものを示す。太陽光発電量は日照時間に正比例しているが、5 月は冷房需要がないため、消費電力は日平均気温に必ずしも比例しない。

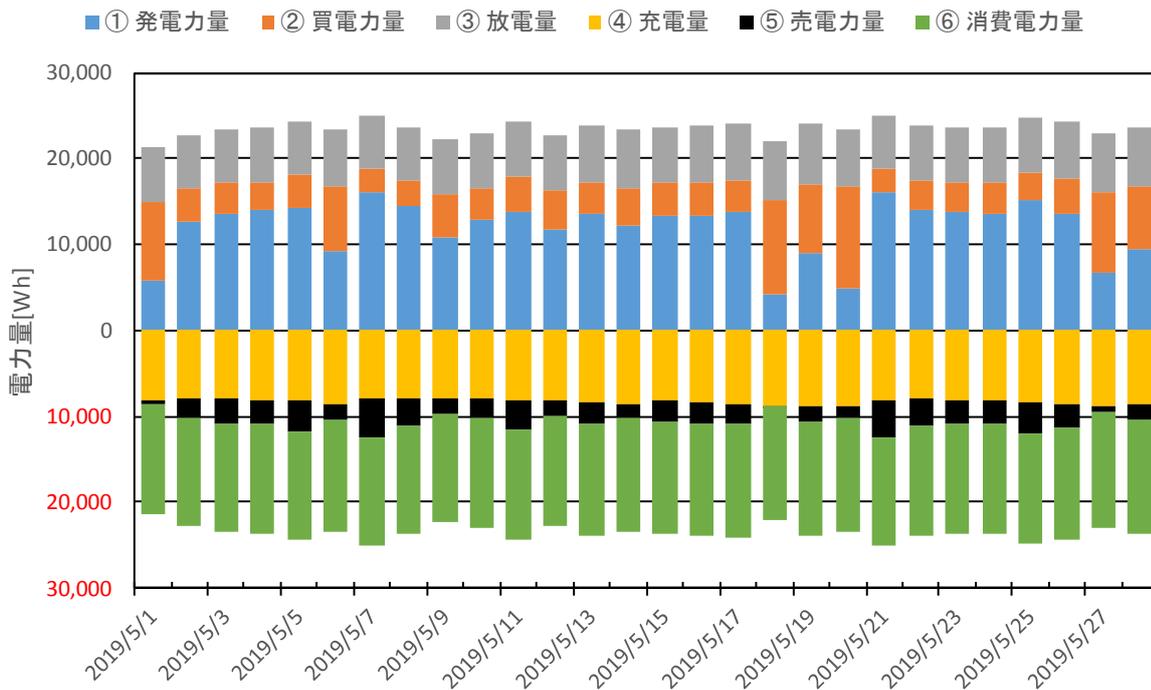


図 3-2-5 2019 年 5 月の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

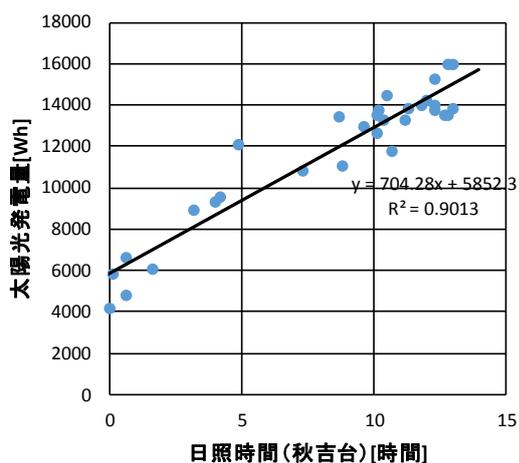


図 3-2-6 日照時間と太陽光発電量

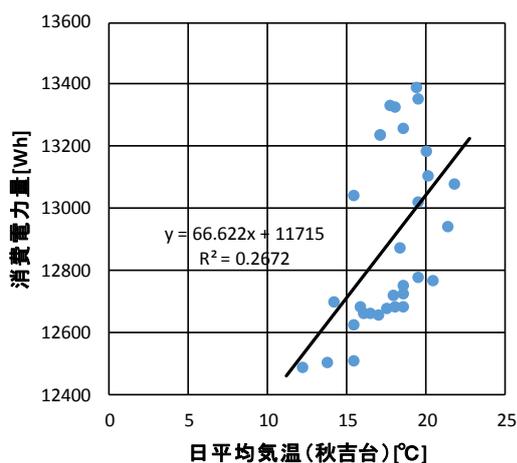


図 3-2-7 日平均気温と消費電力

図 3-2-8～3-2-10 に Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、およ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 92.1%である。

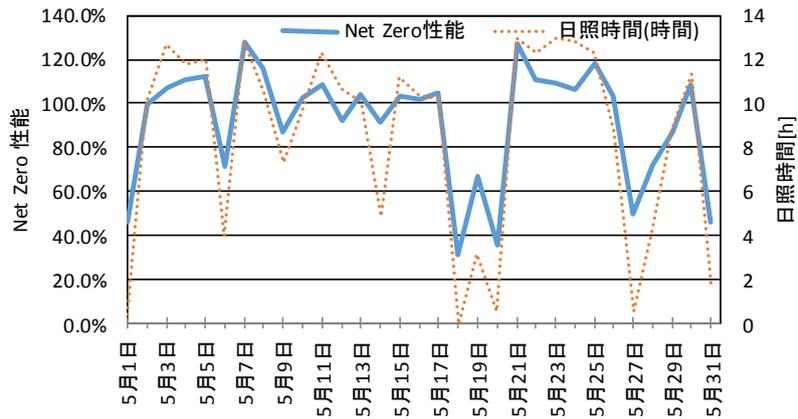


図 3-2-8 Net Zero 性能の推移

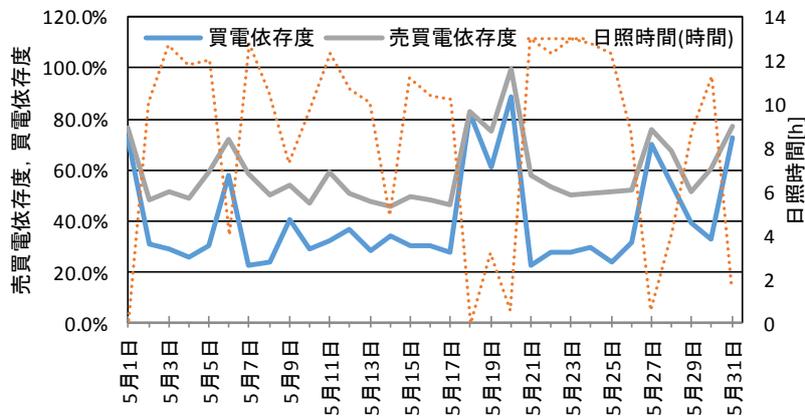


図 3-2-9 売買電依存度および買電依存度

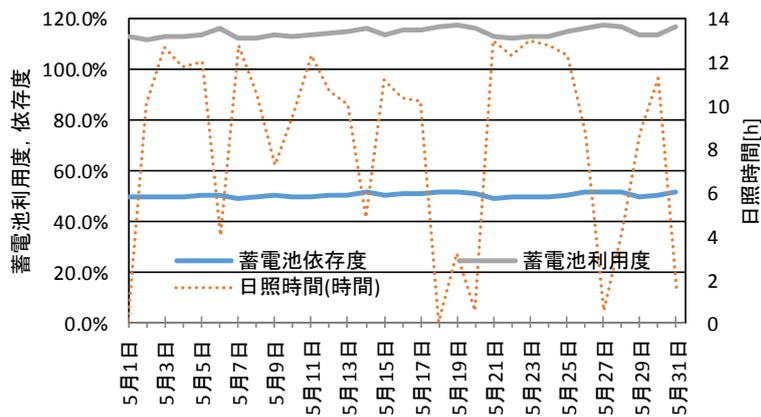


図 3-2-10 蓄電池利用度および蓄電池依存度

買電依存度は月平均で 40.1%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。月平均の蓄電池依存度は 50.4%である。

次に特徴ある 2 日、すなわち 5 月 24 日 (日照時間 12.8 時間) と 5 月 18 日 (日照時

間 0.0 時間) の電力の推移を図 3-2-11、3-2-12 に示す。

5 月 24 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 106.0%に達し、買電依存度は 29.4%となっている。

これに対し 5 月 18 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 31.6%に低下し、買電依存度は 82.5%に達している。

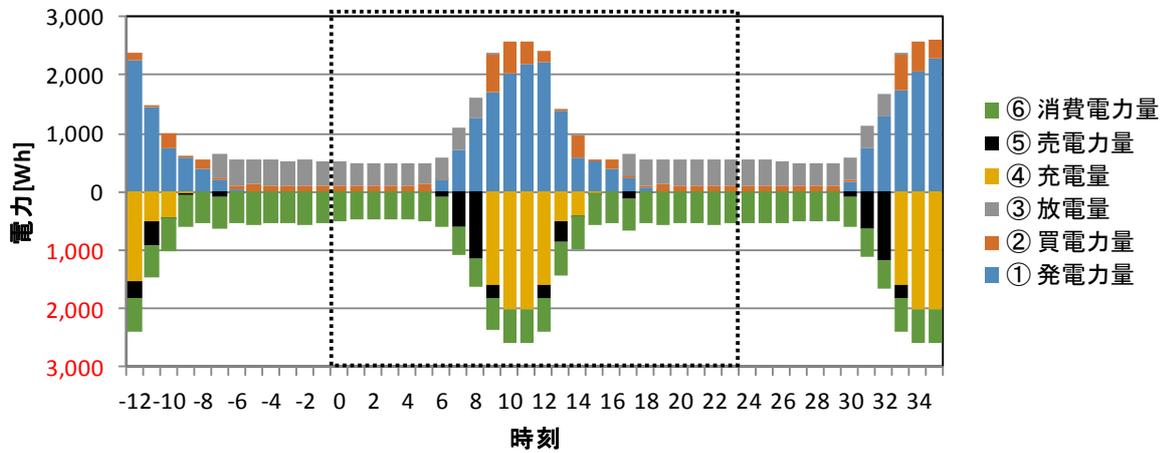


図 3-2-11 2019 年 5 月 24 日 (日照時間 12.8 時間) の電力の推移

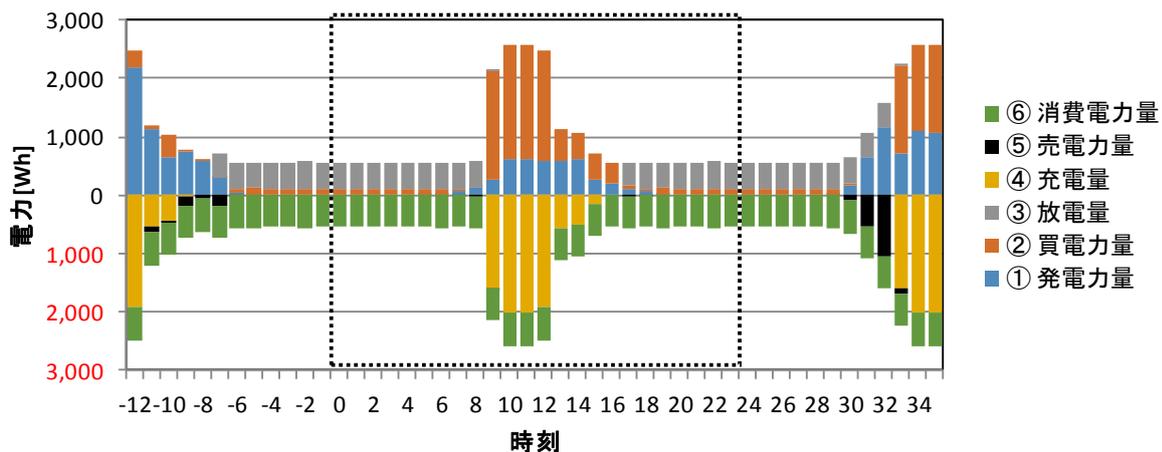


図 3-2-12 2017 年 5 月 18 日 (日照時間 0.0 時間) の電力の推移

(3) 実証試験結果（夏期 2019 年 7 月における結果）

2019 年 7 月 1 日～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 3-2-13 に示す。

図 3-2-14、3-2-15 は 7 月 1 日～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。夏季においては冷房需要があり、消費電力量は日平均気温に正比例している。

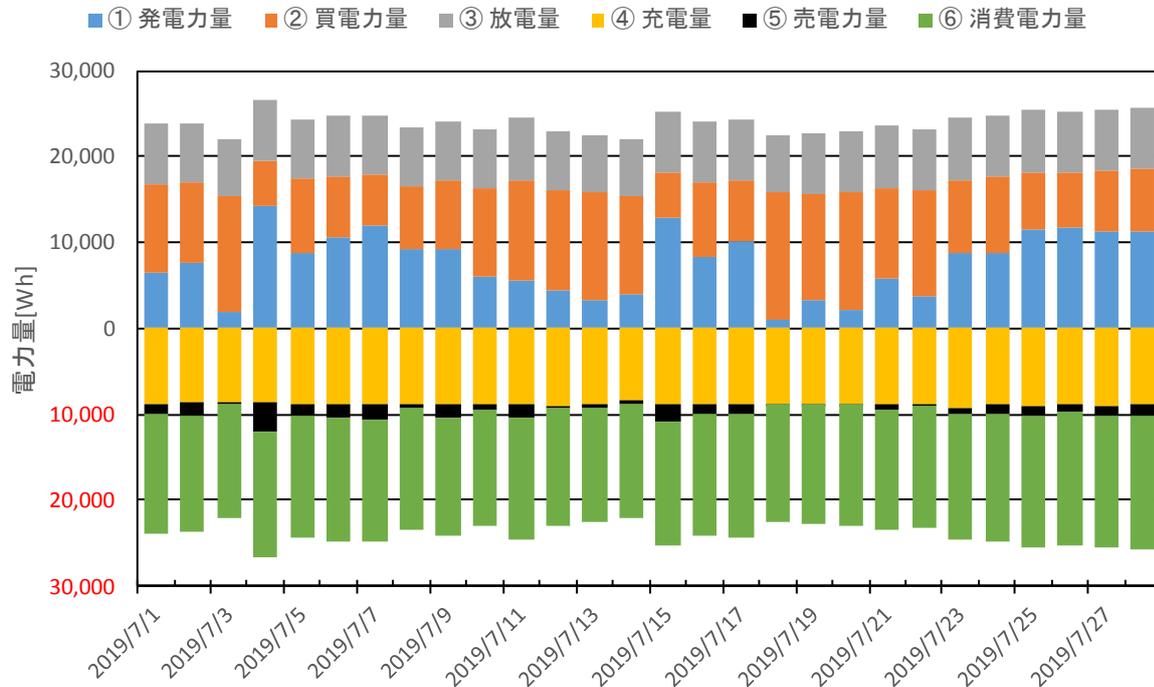


図 3-2-13 2019 年 7 月の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

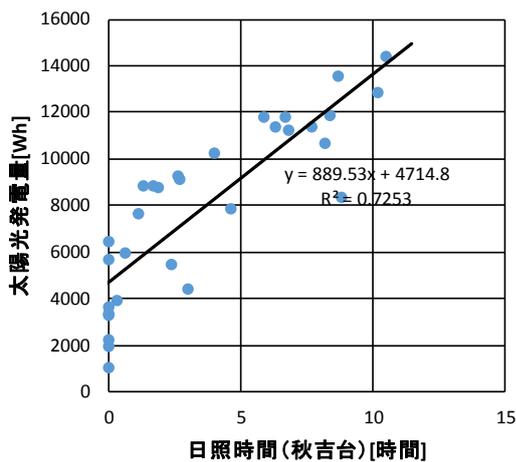


図 3-2-14 日照時間と太陽光発電量

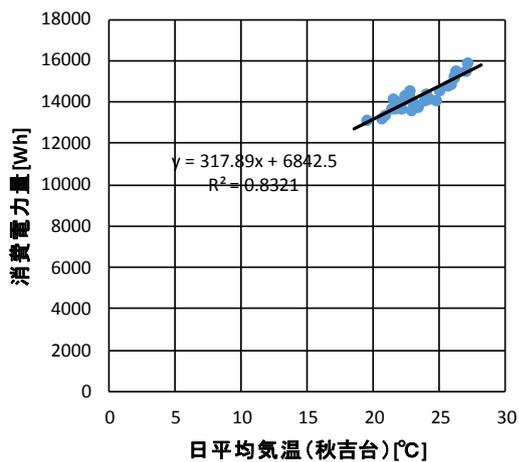


図 3-2-15 日平均気温と消費電力量

図 3-2-16～3-2-18 に Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、およ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。この月は日照時間が短い日が多いため、月平均の Net Zero 性能は 55.2%である。

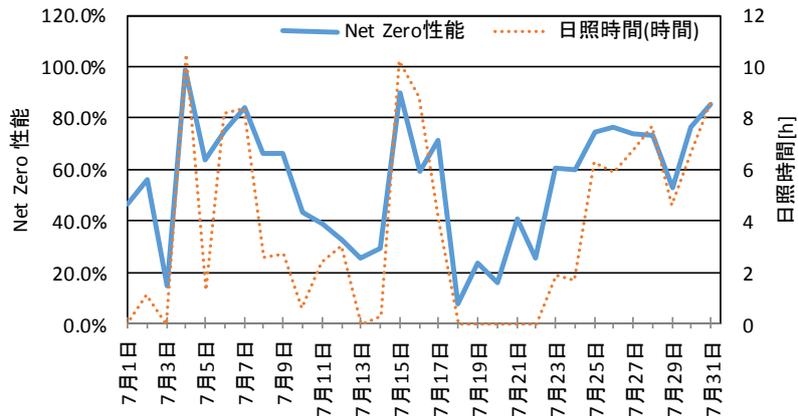


図 3-2-16 Net Zero 性能の推移

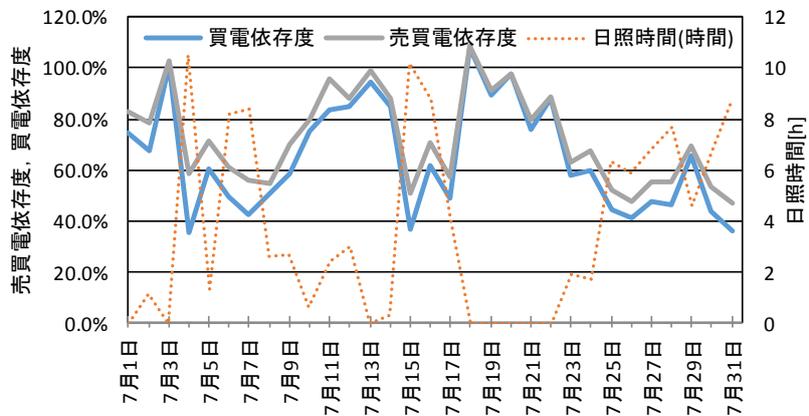


図 3-2-17 売買電依存度および買電依存度

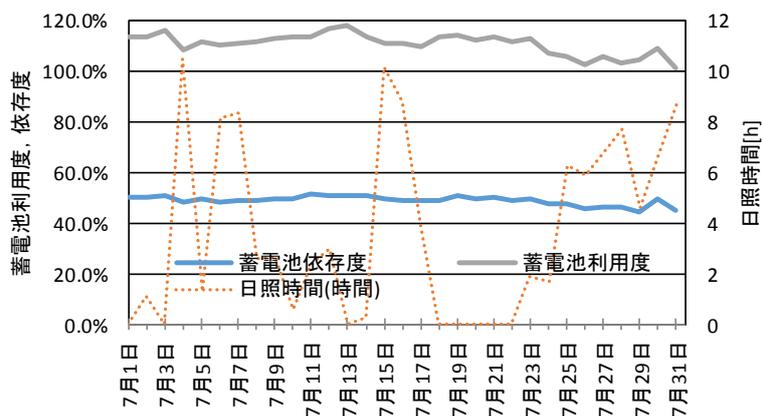


図 3-2-18 蓄電池利用度および蓄電池依存度

買電依存度は月平均 64.9%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 49.1%である。

特徴ある2日、すなわち7月4日（日照時間10.5時間）と7月18日（日照時間0.0時間）の電力の推移を図3-2-19、3-2-20に示す。

7月4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99.0%に達し、買電依存度は35.1%となっている。

これに対し、7月18日は十分な発電ができず、Net Zero性能は7.9%にとどまり、買電依存度は108.0%に達している（100%を超えるのは、翌日分の充電のため）。

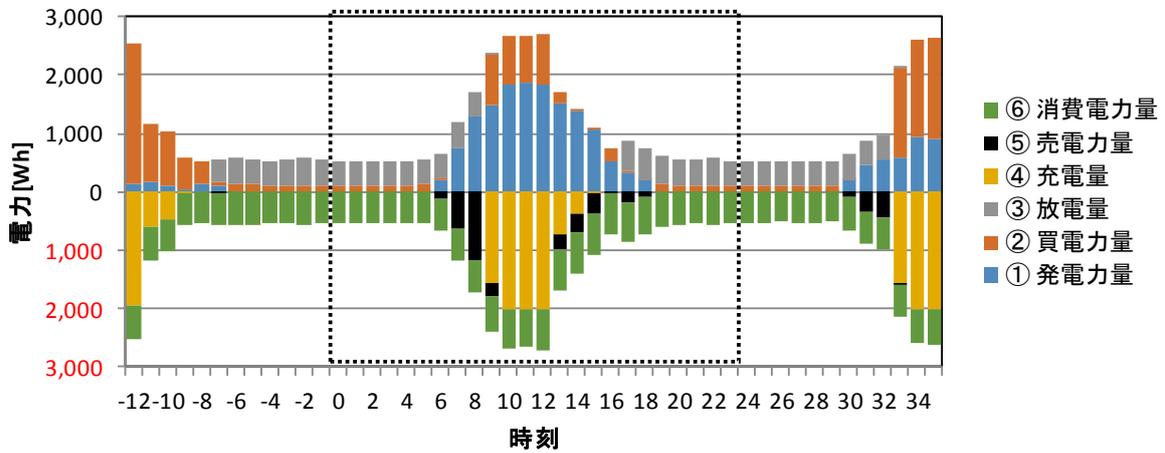


図3-2-19 2019年7月4日（日照時間10.5時間）の電力の推移

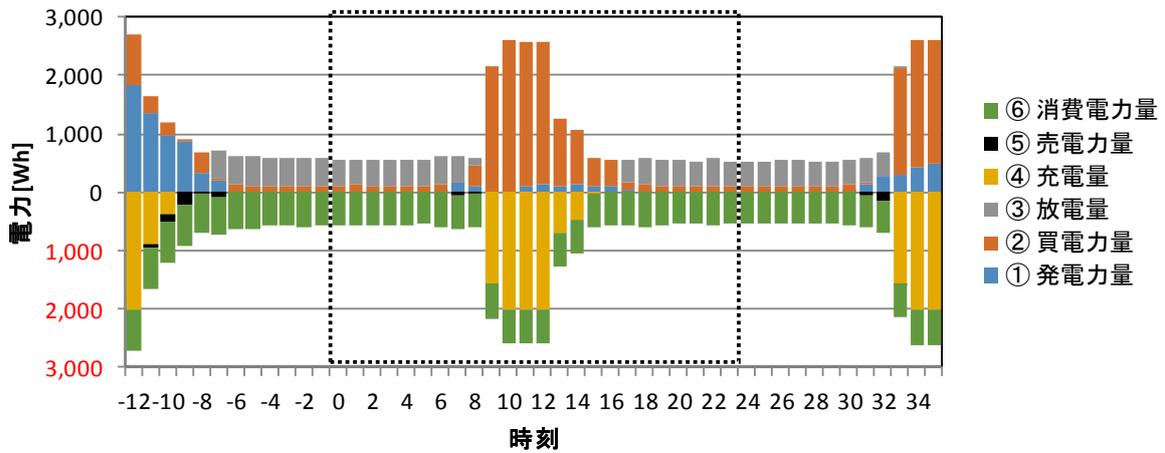


図3-2-20 2017年7月18日（日照時間0.0時間）の電力の推移

(4) 実証試験結果（秋期 2019 年 10 月における結果）

2019 年 10 月 1 日～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 3-2-21 に示す。

図 3-2-22、3-2-23 は 10 月 1 日～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。

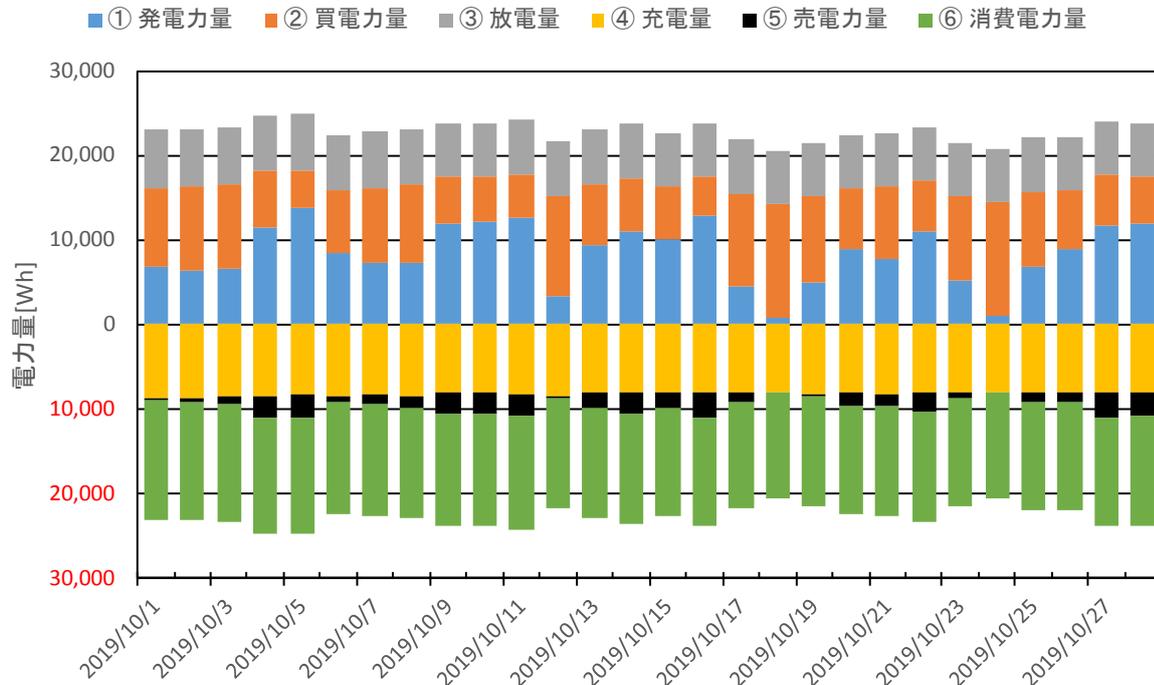


図 3-2-21 2019 年 10 月の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

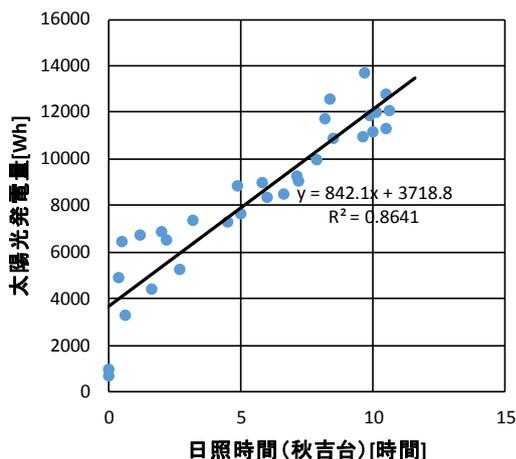


図 3-2-22 日照時間と太陽光発電量

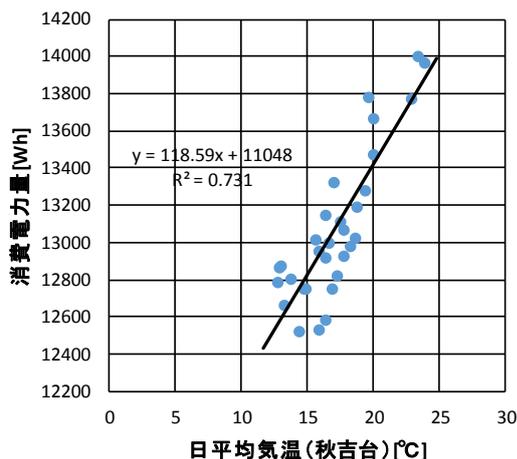


図 3-2-23 日平均気温と消費電力量

図 3-2-24～3-2-26 に Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、およ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 64.7%である。

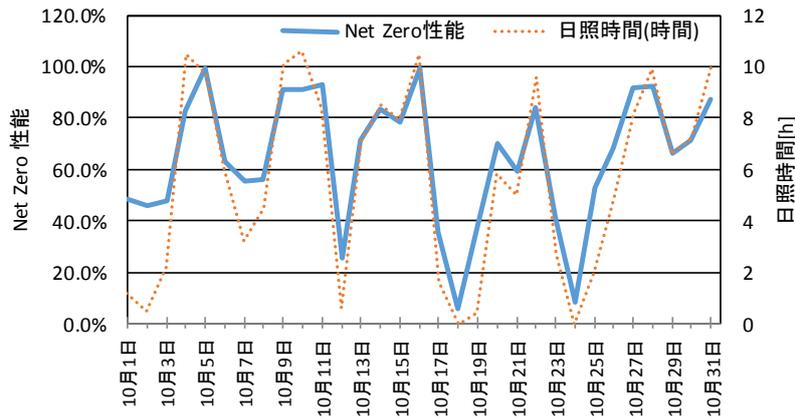


図 3-2-24 Net Zero 性能の推移

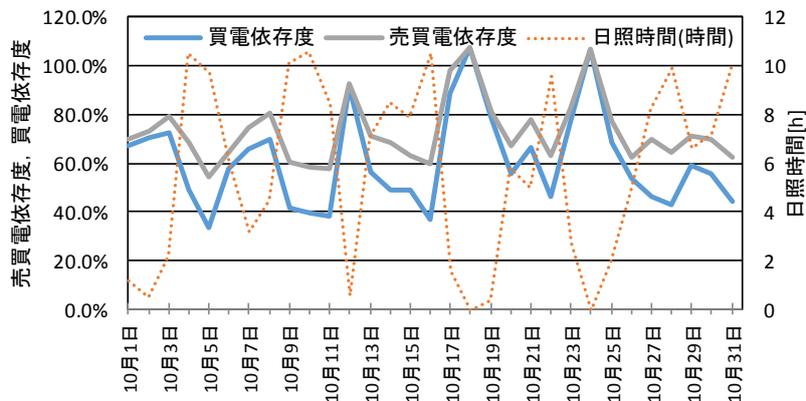


図 3-2-25 売買電依存度および買電依存度

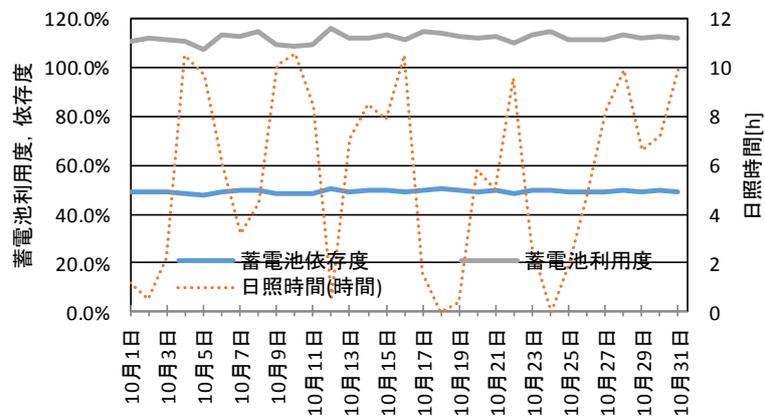


図 3-2-26 蓄電池利用度および蓄電池依存度

買電依存度は月平均 60.8%で春季よりも高い。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 49.3%である。

特徴ある 2 日、すなわち 10 月 10 日（日照時間 10.6 時間）と 10 月 24 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移を下に示す。

10 月 10 日は前日からの好天に恵まれ、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 91.0%、買電依存度は 39.7%である。

10月24日はほぼ完全に買電頼りである。Net Zero 性能は 8.1%しかなく、買電依存度は 106.6%に達する。

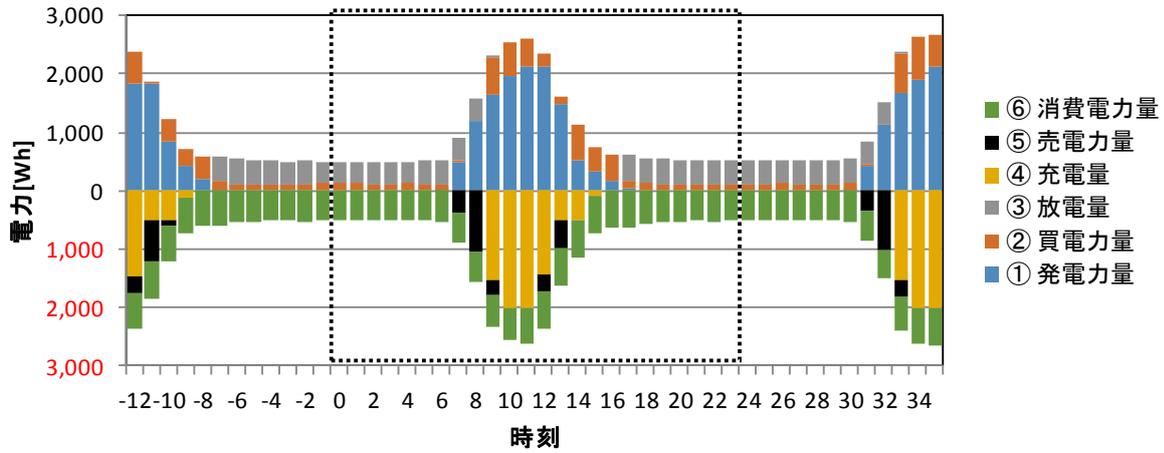


図 3-2-27 2019 年 10 月 10 日（日照時間 10.6 時間）の電力の推移

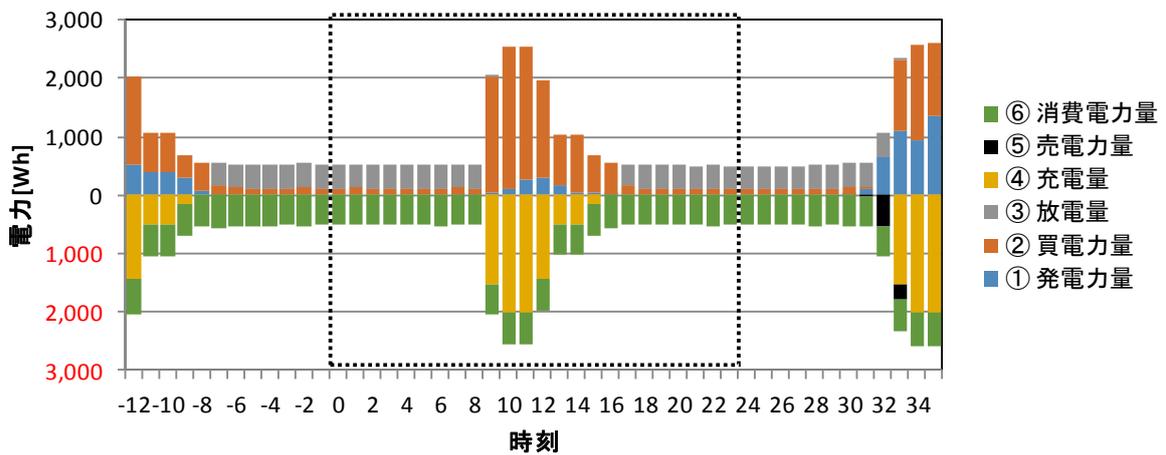


図 3-2-28 2019 年 10 月 24 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移

(5) 実証試験結果（冬期 2019 年 12 月における結果）

2019 年 12 月 1 日～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 3-2-29 に示す。

図 3-2-30、3-2-31 は 1 月 1 日～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、冬期においては冷房需要がないため、消費電力量は日平均気温に必ずしも比例しない。

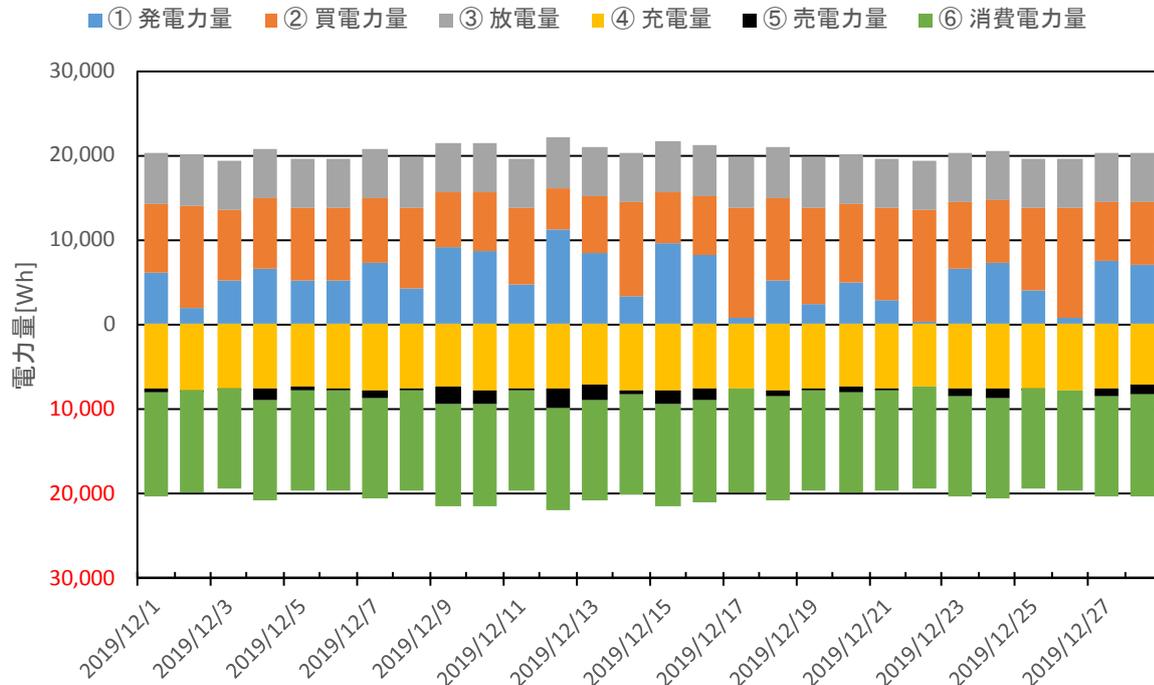


図 3-2-29 2019 年 10 月の太陽光発電量、電力消費量、売買電量、充放電量の推移

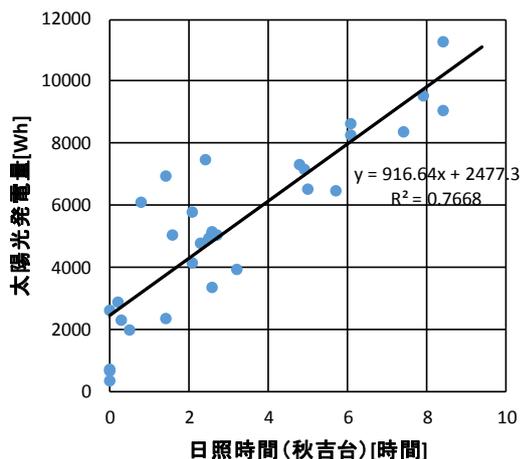


図 3-2-30 日照時間と太陽光発電量

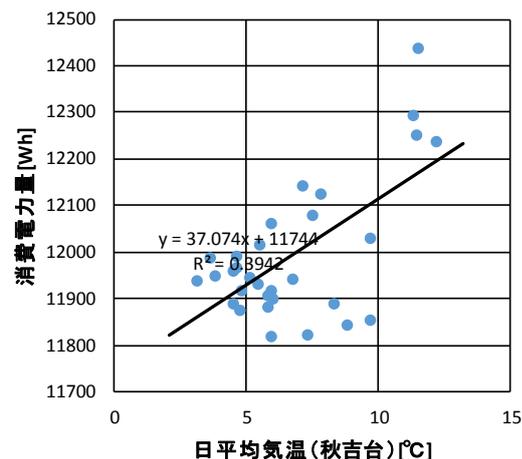


図 3-2-31 日平均気温と消費電力量

図 3-2-32～3-2-34 に Net Zero 性能、売買電依存度、買電依存度、蓄電池利用度、およ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。冬期は天候に恵まれず、日照時間が短く、太陽光発電量が不足するため、月平均の Net Zero 性能は 44.3%

となっている。

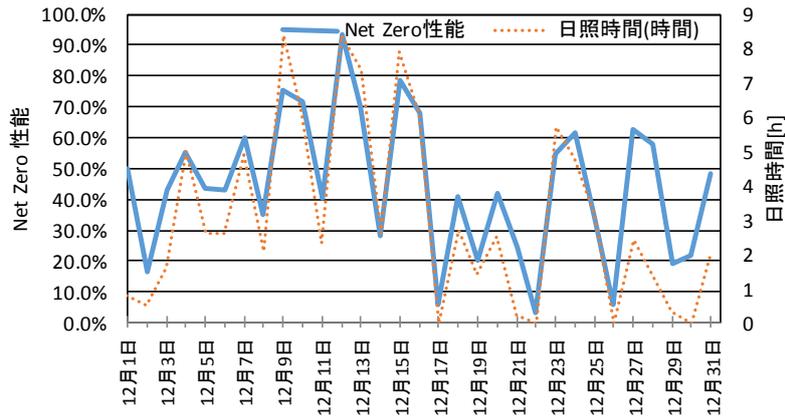


図 3-2-32 Net Zero 性能の推移

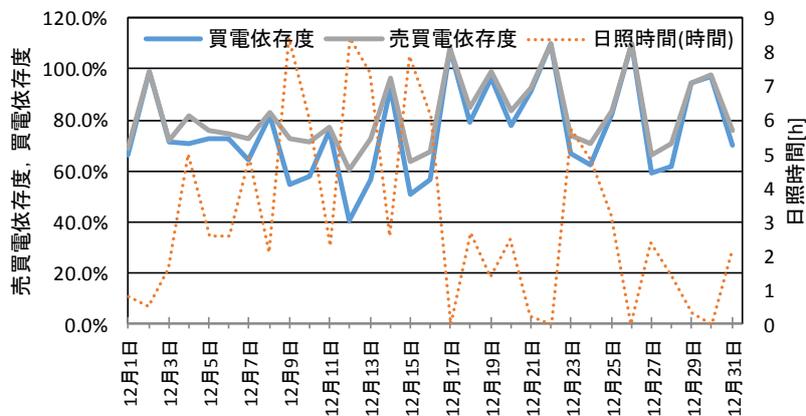


図 3-2-33 売買電依存度および買電依存度

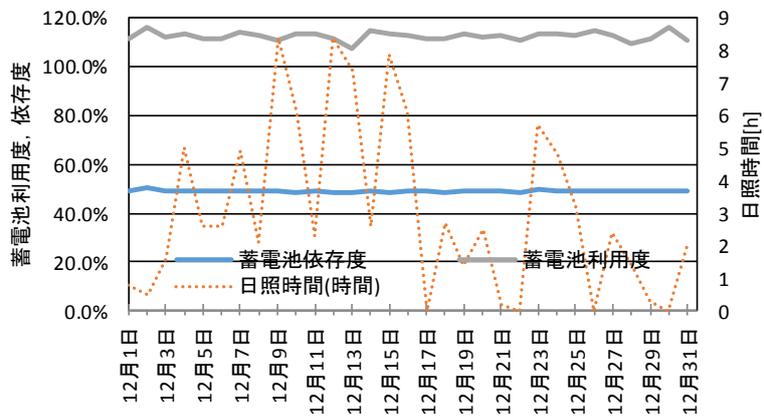


図 3-2-34 蓄電池利用度および蓄電池依存度

また、太陽光発電量が不足するため、買電依存度は月平均 75.8%で他の季節よりも高い。

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 49.1%である。

特徴ある 2 日、すなわち 12 月 12 日（日照時間 8.4 時間）と 12 月 22 日（日照時間 0.0 時間）の電力の推移を下に示す。

12 月 12 日は太陽光による発電量が十分であるため、Net Zero 性能は 93.5%に上り、

買電依存度は40.6%まで低下している。

これに対し、12月8日は太陽光による発電がほとんど無いため、Net Zero性能は3.0%に過ぎず、買電依存度は110.2%に上っている（100%を超えるのは、翌日分の充電のため）。

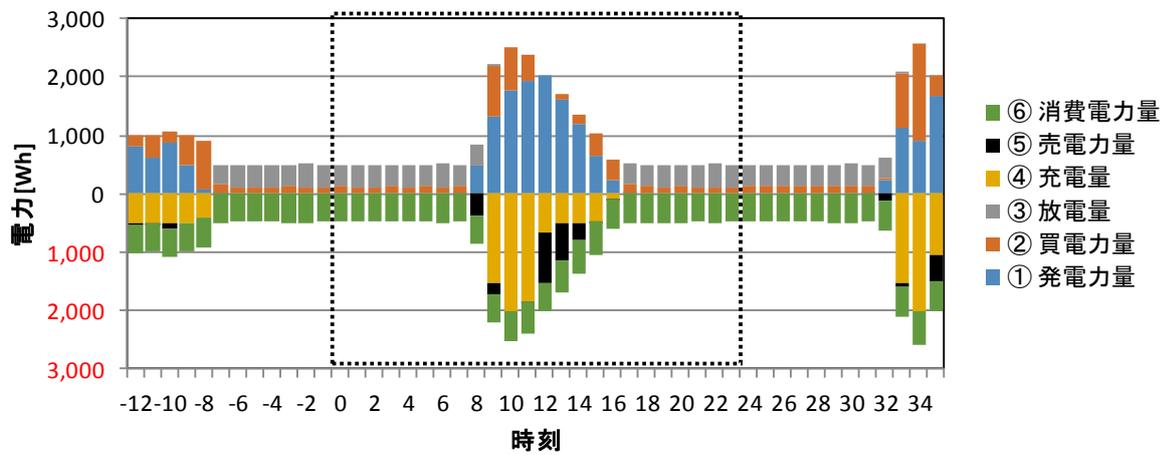


図 3-2-35 2019年12月12日（日照時間8.4時間）の電力の推移

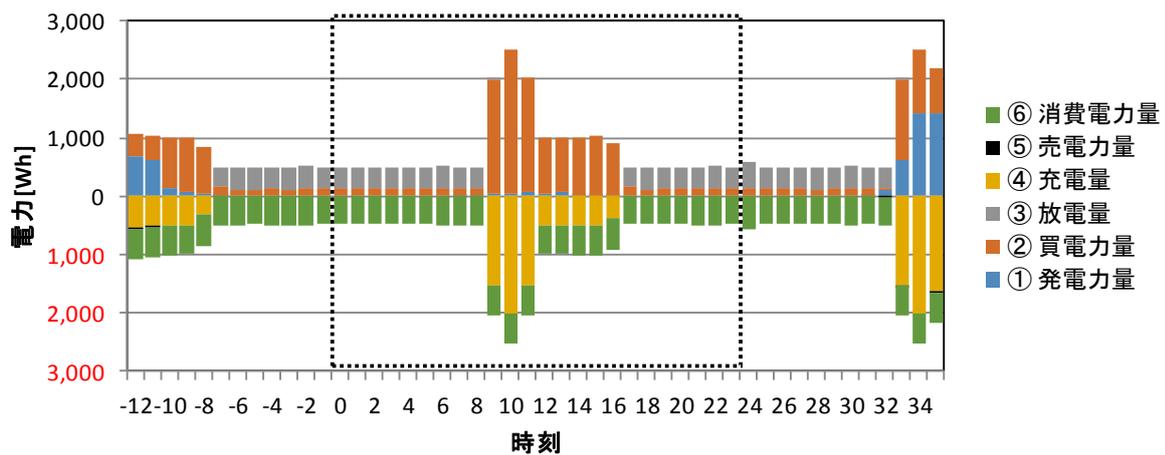


図 3-2-36 2019年12月22日（日照時間0.0時間）の電力の推移

(6) 2019年5～12月における実証試験結果の小括

既に述べたように、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。

2019年の夏季は、天候が悪く、太陽光発電が不足したため、例年よりもNet Zero 性能は低下した。

表 3-2-1 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
2019年 春季 (5/1～5/31)	日照時間が長い一方で、冷房需要が無い ため、Net Zero 性能が高く、買電依 存度が小さい。	月日		5/24	5/18
		平均気温 [°C]	17.7	20.4	18.0
		日照時間 [h]	8.5	12.8	0.0
		Net Zero 性能 [%]	92.1	106.0	31.6
		買電依存度 [%]	40.1	29.4	82.5
		蓄電池依存度 [%]	50.4	49.8	51.7
2019年 夏季 (7/1～7/31)	気温上昇により冷房需要が増加する一 方で、天候が悪い日が続いて日照時間 が不足したため、例年に比べNet Zero 性能が大幅に低下し、買電依存度が上 昇した。	月日		7/4	7/18
		平均気温 [°C]	23.4	22.7	22.9
		日照時間 [h]	3.7	10.5	0.0
		Net Zero 性能 [%]	55.2	99.0	7.9
		買電依存度 [%]	64.9	35.1	108.0
		蓄電池依存度 [%]	49.1	48.8	49.2
2019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不足 したため、例年よりもNet Zero 性能が 低下し、買電依存度が上昇した。	月日		10/10	10/24
		平均気温 [°C]	17.1	17.0	15.8
		日照時間 [h]	5.7	10.6	0.0
		Net Zero 性能 [%]	64.7	91.0	8.1
		買電依存度 [%]	60.8	39.7	106.6
		蓄電池依存度 [%]	49.3	48.3	50.1
2019年 冬季 (12/1～12/31)	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		12/12	12/22
		平均気温 [°C]	6.7	5.9	4.5
		日照時間 [h]	3.1	8.4	0.0
		Net Zero 性能 [%]	44.3	93.5	3.0
		買電依存度 [%]	75.8	40.6	110.2
		蓄電池依存度 [%]	49.1	48.6	48.7

第4章 まとめ

4-1 平成31年度実証試験の成果

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、ピークカット効果や省エネ効果等の実証試験を実施し、多様な使用用途の可能性について評価を行った。

(1) 中小企業の工場や事務所ビルにおけるリユース蓄電池のピークカット効果の検証

産技センター試験場の工場モデルのシミュレーションを行うシステムにより、実際の中小企業の工場や事務所ビル（以下、「事業所」という。）の電力消費負荷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、事業所に太陽光発電と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、モデル事業所の消費電力のピーク部分をリユース蓄電池によりピークカットすることができ、リユース蓄電池が多様な用途で使用可能なことが示された。

一般に、法人の電気料金の基本料金については、年間の最大消費電力（ピーク）に基づき決定されるため、事業所で太陽光発電や蓄電池を導入する動機の一つとして、ピークカット効果が挙げられる。本実証試験を通じて、リユース蓄電池のピークカットへの寄与が示されたことにより、事業用途におけるリユース蓄電池の導入可能性が示された。

事業用途へのリユース蓄電池の導入にあたっては、負荷のカーブならびに気象条件が負荷に与える影響をあらかじめ把握し、適切な容量の蓄電池を選定することや、事業所に導入されているデマンドコントロールシステムと連携して蓄電池の制御を行うことが、効果の最大化に寄与すると考えられた。

(2) 太陽光発電と組み合わせた省エネルギー効果の検証

美祢青嶺高校においては継続的にデータを取得しており、表4-1-1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。今年度の試験では引き続き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。

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。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。今季は天候不良などの影響で、夏季から秋季にかけて日照時間が不足し、例年に比べNet Zero性能が低下した。

美祢青嶺高校の試験では、買電依存度は春季に低く、冬季に高くなっており、一定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。

表 4-1-1 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

4-2 平成 28～31 年度の実証試験の全体的な成果と今後の方向性

中古バッテリーをリユースした蓄電池、太陽光発電と連携した定置型蓄電池として有効に運転できた。また、実証期間にわたって蓄電池の運転状況は良好であり、長期的な使用にも有効に活用できることが示された。

家庭モデルや美祢青嶺高校の実証試験において、太陽光発電による電気を蓄電し、夜間に利用することで買電量を抑えることにより、省エネの効果を確認することができた。買電依存度を下げ、自家消費を促進するためには、太陽光発電量、消費電力やロードカーブを考慮した適切な蓄電池容量や運転モードの選択が重要であることが示された。今後、県内の住宅にリユース蓄電池の設置を促すことで、省エネ効果だけでなく、住宅の価値向上や防災機能の強化につながると考えられる。

また、中小企業の工場や事務所ビルの実証試験において、リユース蓄電池を用いたピークカット効果を実証することができた。近年、ピークカットやBCP対応として、事業所においても蓄電池への関心が高まっていることから、コスト面での強みがあると考えられるリユース蓄電池の普及が期待される。

地球温暖化をもたらす温室効果ガスの排出源としては、産業部門（工場など）、民生業務部門（事務所ビルなど）、家庭部門、運輸部門（自動車など）が挙げられる。本取組では、電気自動車の普及に伴い排出される中古バッテリーをリユースし、家庭や工場・事務所ビルなどで定置型蓄電池として省エネに活用できることが示された。今後、中古バッテリーのリユースが普及すれば、部門横断的な地球温暖化対策に繋がることが期待される。

全国的にも、リユース蓄電池を電力需給バランスの調整やバックアップ電源等に活用する取組が始まっており、国の電動車活用社会推進協議会の車載用電池リユースWGにおいて議論されているところである。今後、本事業の成果を、県内の省・創・蓄エネ関連設備を活用した住宅の普及や、低炭素地域づくりに活用していきたい。

○ 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 地球温暖化対策班

T e l 083-933-2690 F a x 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



公立大学法人 山陽小野田市立
山口東京理科大学



※ 無断転載禁止

