

蓄電池システムの マルチユース導入ガイド

2024年3月4日

マルチユース評価ワーキンググループ

蓄電池システムのマルチユース導入ガイド(案)

目 次

1. ガイド作成の背景	・・・5
1－1 はじめに	・・・5
1－2 マルチユースとは何か	・・・6
1－3 ガイド作成の意義と活用方法	・・・7
2. これまでの検討経緯	・・・8
2－1 これまでの主な検討経緯	・・・8
2－2 検討の概要	・・・11
3. 蓄電池システムの概要と特徴	・・・17
3－1 蓄電池の種類と概要	・・・17
3－2 蓄電池システムの主な規格の概要	・・・21
3－3 蓄電池システムの特徴	・・・25
4. 蓄電池システムを取り巻く環境変化	・・・26
4－1 これまでの初期の実績	・・・26
4－2 電力自由化に伴う戦略商品としての活用実績	・・・30
4－3 再エネ主力電源化時代の要請とその傾向	・・・30

4-4 電力市場の構築	・・・34
4-5 取り巻く情勢変化に対応した蓄電池システムのこれまでの 傾向と今後	・・・35
5. 蓄電池システムに求められる機能	・・・37
5-1 単一機能の洗い出し	・・・37
5-2 単一機能の主な仕様	・・・42
5-3 単一機能の仕様整理と分類	・・・48
6. 現状の課題とマルチユースの動向	・・・52
6-1 現状におけるマルチユースの主な実績	・・・52
6-2 各事業者が期待するマルチユース	・・・54
6-3 マルチユース実施上の課題	・・・57
7. 求められるマルチユースの仕様	・・・66
7-1 マルチユースのための仕様・評価波形の検討にあたって	・・・66
8. マルチユース仕様の評価手法の考察	・・・71
8-1 マルチユース仕様の評価波形	・・・71
8-2 蓄電池システムの設置条件と運用条件	・・・72
8-3 マルチユース仕様の評価のための試験イメージ	・・・74

8-4 マルチユース仕様の評価に向けての課題	・・・76
9. マルチユース検討にあたっての考慮事項	・・・77
9-1 主な論点と前提条件	・・・77
9-2 各事業者間で明確にすべき主な事項	・・・81
9-3 ユーザー・メーカー間で明確にすべきポイント事項	・・・90
10. 海外を含めた今後の動き	・・・91
10-1 海外の動向	・・・91
10-2 国内の動向	・・・92
11. ガイドのとりまとめ	・・・92
(1) ガイド活用の方角性	・・・93
(2) おわりに	・・・93
参考文献一覧	・・・95

1. ガイド作成の背景

【概要】もとより日本は優れた蓄電技術を有しており、早くから蓄電池システムを実用化・運用してきたが、定置型システムの普及において海外に遅れをとっている現状である。今後カーボンニュートラル実現に向けてますます期待される蓄電池システムの活用に対して、マルチユースの導入ガイドとして蓄電池システムに関わるユーザー・メーカー等の双方の目線で検討・作成した。

1-1 はじめに

日本はエネルギー資源の殆どを海外に依存せざるを得ないことから、高度経済成長期に伸び続ける電力のピーク需要を平準化するために省エネルギーと負荷平準化の推進を国策として取り組んできた。特に第二次オイルショックにより電力貯蔵技術が注目され、揚水発電所(水の位置エネルギー利用)と同様の機能を持つものとして、フライホイール(回転エネルギー利用)、超電導貯蔵(磁気エネルギー利用)、圧縮空気貯蔵(圧力エネルギー利用)、電池貯蔵(化学エネルギー利用)等の各種の電力貯蔵装置の開発が行われてきた。とりわけ、1980 年台に国のムーンライト計画において、大型の定置型蓄電池の開発が行われ、これを引き継ぎ電力会社において共同研究が行われた。

その成果もあり、固体電解質のナトリウム・硫黄(NaS)電池や酸化還元反応を利用したレドックスフロー電池等の大型蓄電池が開発されるとともに、性能の高いリチウムイオン電池の開発等において日本は蓄電池の開発・実用化において世界をリードする形であった。しかしながら、その後価格の安い中国・韓国のリチウムイオン電池が欧米の市場に台頭し、急速に普及する電気自動車等に標準装備されるなどして、最近の系統用の定置型蓄電池は米国・中国そして欧州で導入が加速されているが、日本においては普及がまだ低迷しているのが実情である。(図 1.1 参照)

一方、このように急拡大する海外での大型蓄電池システムにおいて、竣工試験や運開から数年で火災事故が多く発生していることも事実である。(図 1.2 参照)

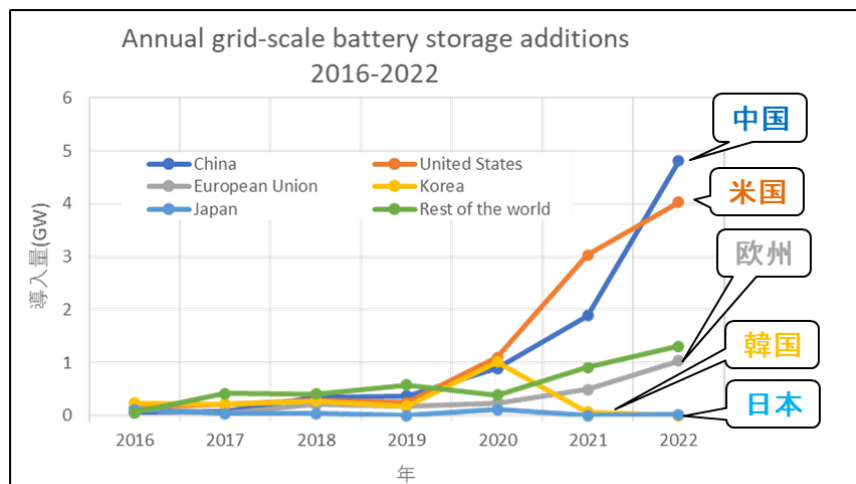


図 1.1 世界における系統用蓄電池システムの導入状況(IEAより)

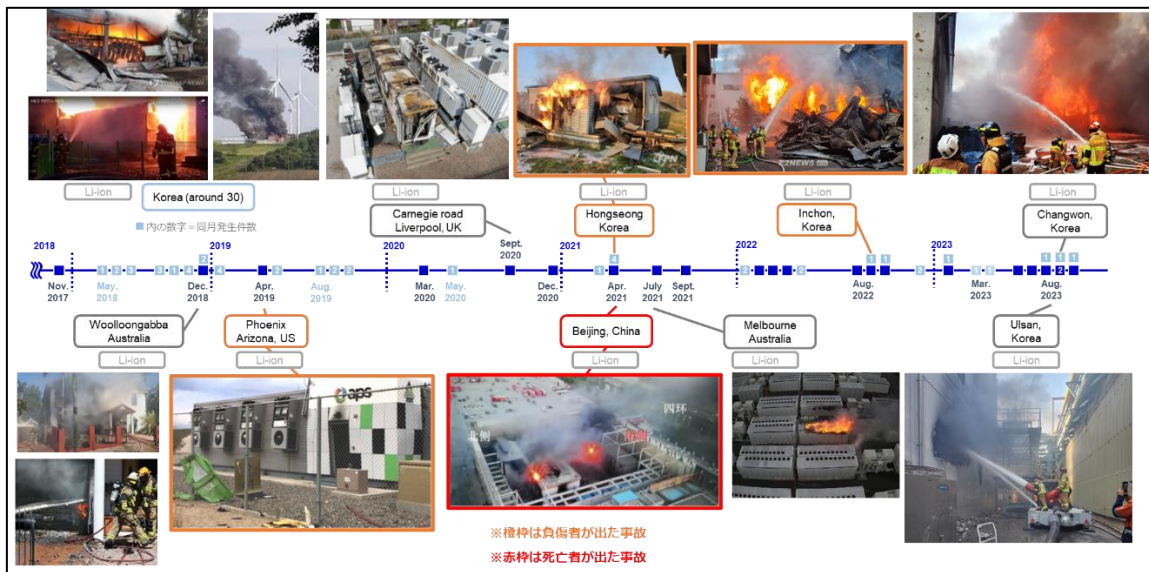


図 1.2 世界における大型蓄電池システムの火災発生状況

このような実情に対して、蓄電池システムの関連メーカーによる弛まぬコストダウン努力や蓄電池設置者や活用事業者に対する国の助成事業等が継続されつつ、これと並行して蓄電池システムの運用によるインセンティブ確保等につながる制度や市場が構築されつつある。この運用価値アップは蓄電池システム普及に有効であるが、出来て間もない市場でのマルチユース運用が難しいこともありビジネスとして蓄電池システム普及にあまり寄与していないのが実情である。

そこで今回、蓄電池システムに造詣の深い学識経験者、蓄電池システムをビジネスとして活用する事業者等のユーザー、蓄電池・交直変換装置(PCS)・システム(BEMS)等の設計・製造者であるメーカー、調査研究・試験実施機関等の方々とともに、蓄電池システムのマルチユース運用のための仕様の整理と評価手法、検討にあたってのポイント、国内外の動向等について検討してきた。

1-2 マルチユースとは何か

「マルチユース(multi-use)」は漠然とした表現のため「多目的利用(multipurpose use)」の方が適しているかもしれないが、既に多くの場で使われている言葉なので本ガイドではタイトルを「蓄電池システムのマルチユース導入ガイド」とした。蓄電池システムとは、充放電を繰り返して行なえる蓄電池(二次電池)と電力系統と交流と蓄電池の直流を相互に変換する交直変換装置(PCS)との組合せであり、基本的に系統から充電して電力を貯めることと、その貯めた電力を好きな時に系統に放電することができるシステムである。蓄電池システムの使い方は当初は大きく、電気がない時(停電時等)の非常用電源としての使い方と系統に接続しながら負荷平準化のような電力の平滑化としての使い方であった。この非常用電源や負荷平準化としての使い方をそれぞれ単一のユースケースとすれば、この二つを同じ蓄電池システムで行なうことはマルチユースといえる。

さらに蓄電池の耐久性や性能が向上するとともに交直変換装置等のパワーエレクトロニクス技術・制御技術、通信技術やIoT技術の高度化によって蓄電池システムの充放電の高速性・高精度制御性

を活かして、以下のような電力系統の安定化や環境性向上に利用されることとなった。[]内は主にニーズを有する事業者等である。

- ・発電機アシスト(発電機の安定運転への寄与)[発電事業者]
- ・デマンドレスポンス(周波数調整、需給逼迫対応)[送配電事業者、アグリゲーター]
- ・インバランス回避(契約上の同時同量の達成)[発電事業者、小売電気事業者、アグリゲーター]
- ・再生可能エネルギーの活用促進(発電出力の平滑化、FIP対応、電源市場価格への連動)[同上]
- ・地域マイクログリッド(地域系統の安定化、自立運転継続)[小売電気事業者、エリア事業者]
- ・疑似慣性力(系統動揺時の安定化への寄与)[送配電事業者、アグリゲーター]

これらの機能はそれぞれが求める事業者によって仕様が異なるため、マルチユースはこれらをいかに組み合わせるかによる。マルチユースの詳細については後述する。

1-3 ガイド作成の意義と活用方法

蓄電池システムは高速に充放電でき、かつ高精度に制御できることから、電力系統の制御に適している。特にカーボンニュートラル(CN)を実現するために、太陽光発電や風力発電等による自然変動電源は出力の増減が大きく導入量が増えると電力系統に大きな影響が出てくる。それと地球温暖化に伴う風水害の増加や地震等の自然災害に対するレジリエントなマイクログリッド技術においても蓄電池システムは欠かせない。このように今後ますます蓄電池システムは電力系統を安定化する調整力等として重要になってくる。

日本では優れた蓄電池システムの導入が早くから進められてきたが導入コストが高いことから多くのニーズがあるにもかかわらずなかなか導入が進まなかった。このような中で蓄電池システムを複数の用途で(マルチに)活用したい事業者が増えてきている。そのため蓄電池システムに関わる制度や電力市場が構築されつつある中で、どのように蓄電池システムをマルチユースしていけばいいかを分かりやすく解説する導入ガイドが求められている。したがってこのガイドでは蓄電池システムを導入しようとしている人はもちろん、蓄電池システムのユーザー及び製造者、そして蓄電池システムに関心のある多くの人々を対象に、蓄電池システムの一つ一つの活用仕様の明確化と、それらを組み合わせて各事業者がどのようなマルチユースに期待を寄せているのかを整理し、そのマルチユース仕様と評価手法を検討するとともに、メーカーとユーザーの間等での誤解やズレが生じやすい用語・項目を浮き彫りにしてその対応方法を示した。

なお、本ガイドを活用するにあたって、特に以下の方々にとって最も参照すべき章を例示すると以下のとおりである。参考にいただきたい。

- ・蓄電池システムにあまり詳しくない一般の方々 → 基本的事項(3章、4章、5章)
- ・蓄電池システムを使ってメリットを得たいユーザーの方々 → 単一とマルチ機能(5章、6章、7章)
- ・蓄電池システムを活用して事業を行なう方々 → マルチユースの概要(6章以降、特に9章)
- ・蓄電池システムを普及させたいメーカーの方々 → マルチユース仕様評価(7章以降、特に9・10章)
- ・蓄電池システム普及に向けた施策検討・コンサルを行なう方々 → 質問に対する照会等(全般)
- ・蓄電池システムの新技術開発、標準化戦略を検討する方々 → 戦略的検討(8章、10章、11章)

2. これまでの主な検討経緯

【概要】蓄電池の普及に伴い蓄電池に関する国際標準化の動きが著しい。こうした中で経産省の委託を受けて独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)で蓄電池マルチユースに向けた検討を開始した。これを受けて NITE では独自に学識経験者、ユーザー・メーカー、試験機関等を交えてワーキンググループにて検討してきた。

2-1 これまでの主な検討経緯

NITE では、2021 年度に経済産業省から「電力システムの安定性向上に向けた蓄電池システムの評価に係る標準化調査」を受託した。この調査では電力システムに接続される蓄電池システムに対して、電力システムの安定性の視点から求められる多種多様な機能要求について調査を行い、これらへの適合を合理的に試験・評価する手法を、我が国における豊富な運用実績を踏まえ整理した。併せて、これらに関連する海外動向及び規格・基準についても調査・整理し対比することにより、電力システム向けの蓄電池システム市場確保にとって実効性のある新たな標準化の可能性について検討した。調査の実施に当たっては、技術開発動向、市場ニーズ、国際標準開発や試験・認証に係る様々な知見・経験が必要になるとともに、新たな国際標準原案の開発とその普及に当たっては蓄電池システムに関わる様々な関係者による十分な合意形成が必要であると考えられたため、関係者により構成される「電力システムの安定性向上に向けた蓄電池システムの評価に係る標準化検討委員会」を設置し、2021 年度中に委員会を 3 回開催した。委員会では調査の進捗内容、状況等について、外部有識者委員の意見を頂き、検討を行うとともに、これらの結果を調査に反映させた。調査結果からは、蓄電池システムは充放電の高速性・制御性が優れているため多くのユースケースが考えられ、さらに普及拡大していくためにマルチユースに期待が寄せられていたものの、マルチユースの仕様や評価方法が不明確でありその実現に多大な労力がかかるため、蓄電池システムの普及が進んでいないことが判明した。これを受けて NITE では 2022 年度から「マルチユース評価ワーキンググループ(WG)」を立ち上げた。前出委員会の関係者で引き続き構成された WG では、日本が有する優れた蓄電技術と運用技術を用いてマルチユース仕様とその評価方法を確立し、海外市場も見据えた蓄電池システム普及スキームの構築が必要であり、そのために蓄電池システムの用途や目的に応じた単一機能の組み合わせを調査することでマルチユースの類型化を行い、類型化したそれぞれの仕様やその評価方法、試験プラットフォームについての検討を行った。(図 2.1 参照)

その経緯を以下に示す。

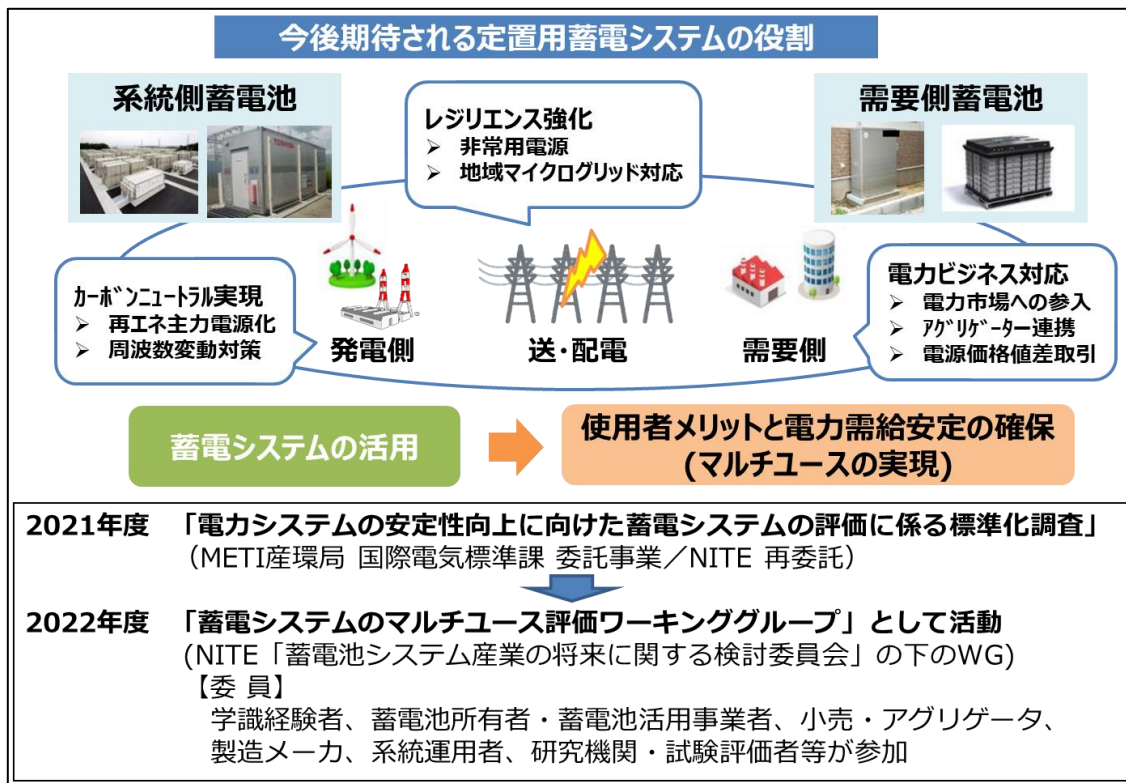


図 2.1 蓄電池システムのマルチユース評価検討の主な経緯

(1) マルチユース評価 WG の概要

蓄電池システムは、多様なニーズに応じたマルチユースが技術的に可能であり、導入コストを上回る価値を見出せることが期待されている。しかしながら、マルチユースの仕様やその評価手法が明確でないことから、実現するのに多大な労力と時間を要する実態がある。したがってユーザー・メーカー等が一体となって検討すべき項目や、求められるマルチユース仕様とその合理的な評価手法について検討するために WG が設置された。

(a) 目的

日本が有する優れた蓄電技術と運用技術を用いてユーザー・メーカーが一体となったマルチユースのガイドを作成するとともに、マルチユース仕様とその評価手法を整理し、海外市場も見据えた蓄電池システムの普及スキームを構築と国際標準化の提案の可能性を探り、世界に向けて蓄電池システムの導入拡大に貢献する。

(b) 検討体制

NITE 内で検討中の「蓄電池システム産業の将来に関する検討委員会」の下にマルチユース評価 WG を設置し、蓄電池システムに造詣の深い以下の分野の方々が参加した。

- ・ 学識経験者(電力系統技術、蓄電池活用技術)
- ・ ユーザー(系統運用者、送配電事業者、電力小売・アグリゲーター、蓄電池システム販社・エンジニアリング会社等)

- ・ メーカー(電池、PCS、EMS等の製造者)
- ・ 研究機関(調査研究機関)
- ・ 試験評価者(交直変換設備、蓄電池設備等の評価試験機関)

(c) 主な検討項目

主な検討項目は以下のとおり。(図 2.2 参照)

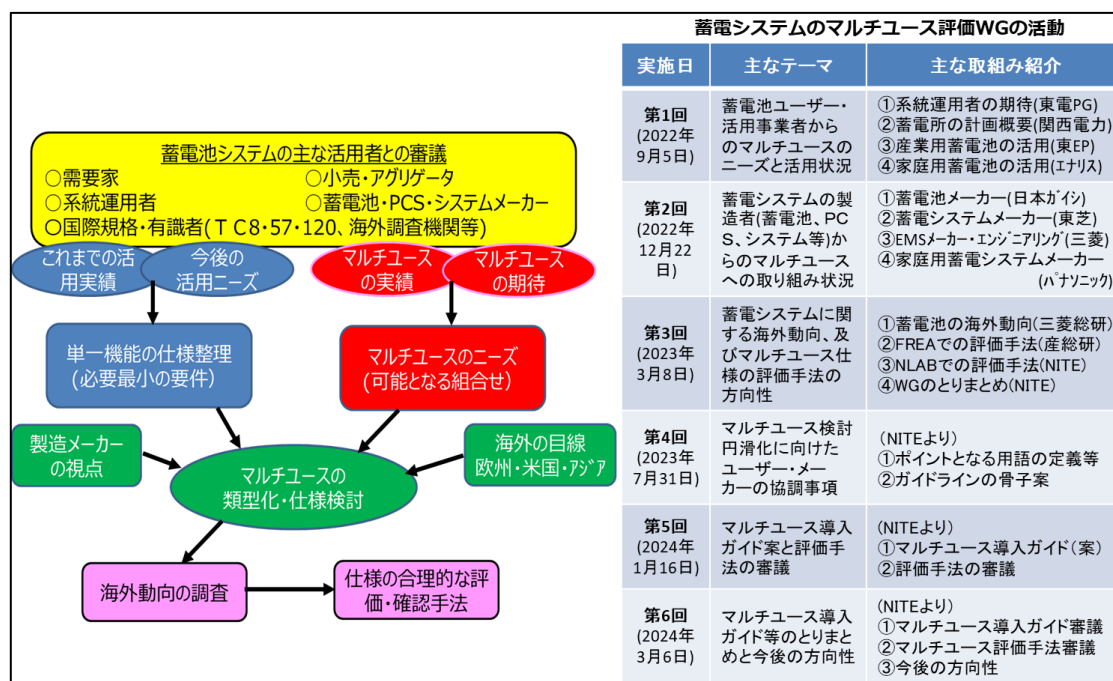


図 2.2 「マルチユース評価 WG」の検討項目

① 蓄電池システムの主な活用者へのヒアリング

蓄電池を活用する主な事業者(需要家、系統運用者、小売・アグリゲーター、蓄電池システムメーカー、国際規格 IEC の TC8・TC57・TC120 関係者、海外調査等の研究機関、有識者等)にヒアリングを実施し、蓄電池活用の取組・課題等を整理

② ユーザーによる蓄電池システム活用の現状把握

蓄電池活用の実態を把握するとともに、単一のニーズに対する主な仕様を整理。さらにマルチユースに対する期待を整理。

③ 製造メーカーによる蓄電池システム設計の現状とマルチユースに向けた取り組み把握

製造メーカーの蓄電池システム設計・製造の現状とコストダウンに向けた標準化の可能性、マルチユースに向けた取り組みと課題を把握

④ 蓄電池システム活用・試験評価に関する海外動向把握

研究機関、試験機関等から海外おける最新動向を紹介

⑤ 実態に即したマルチユースの類型化

幅広いヒアリングにより、真に必要とされるマルチユースを類型化、評価すべき機能の範囲と優先順位づけ(協調領域と競争領域の見極め)

⑥ 類型毎の仕様と評価手法の構築検討

類型化されたマルチユース機能の性能を評価するための手法を整理、標準プロセスは、幅広く公開し、日本の蓄電池産業界で有効活用

⑦ 仕様を確認するための合理的な試験評価手法の実現検討

より合理的なマルチユース試験評価手法について、WG メンバーとのクローズドでの議論を実施

⑧ 国際標準化に向けた可能性

検討を通じて日本からの国際規格発信の可能性について審議

2-2 検討の概要

(1) 課題認識

蓄電池システムが期待されつつも日本において「なぜ定置型蓄電池システムが普及しないのか」「コストダウン以外の導入価値の向上に向けたマルチユースが何故具体的に展開されにくいのか」について意見交換を行った。その結果、多くの事業者からは以下の意見が多く聞かれた。(図 2.3 参照)

- 一部の単一仕様に対する規格はあるが、マルチユースに関する仕様がない
- マルチユースを提案したくても、電力市場構築・制度変更が途上であり内容も複雑でどのようなマルチユースが最適なのか分からない
- マルチユースを客先に提案するにしてもメリット評価のための蓄電池システムの的確な性能・劣化等の情報がメーカーから得られにくい
- ユーザーがどのように蓄電池システムを使うのか分からず、やみくもにマルチユース仕様を提案せざる得ない
- 結果として蓄電池システムの導入・運用のコストが高くなり設置者の意向に合わず導入に至らない

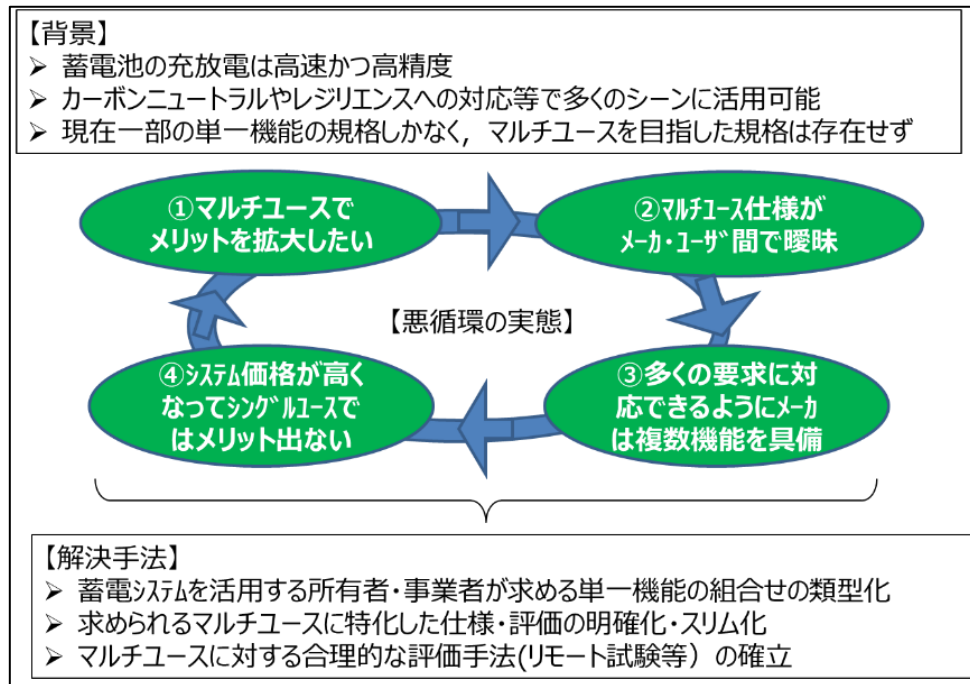


図 2.3 関連事業者に対するヒアリング結果の一例

以上の課題に対して以下の解決手法があるのではないかという意見が出された。

- マルチユースの仕様を明確にして設計の標準化・裕度削減をはかるべき
- ユーザー・メーカー間でマルチユースで重要となる言葉の定義や考え方の統一をはかるべき
- 海外市場も見据えた、マルチユース仕様の合理的な評価手法を検討すべき

(2) ユーザーの取り組み

蓄電池システムを導入・活用する以下の事業者からユーザーとしての蓄電池システム活用の現状とマルチユースの課題と期待について報告を受けた。(表 2.1 参照)

- ・ 系統運用者
- ・ 系統用蓄電池活用事業者
- ・ 大口産業用需要家向け蓄電池活用事業者
- ・ 小口業務用需要家・家庭向け蓄電池活用事業者

(a) 全般

現状、多くの案件では 導入コスト > 運用メリット のケースが多いため、蓄電池活用事業者にとっては「導入コストの低減」と「運用メリットの最大化」が課題

(b) 性能・寿命(定格、容量低下、耐用年数等)について

- ユーザーにとっては、AC 端での容量・効率が必要
- ユーザーとしては出来るだけ長く使いたいので、メーカーからの AC 端容量低下の想定図をもとに、終了期の年数・初期と終了期の容量値を明確にする必要がある。

- マルチユースは充放電波形が複雑となるため、ユーザーとしては各波形毎の劣化との関連を出
来るだけ知りたい。(マルチユースはいくつかの波形の重畳)
 - マルチユースの波形・頻度から基準の充放電波形での等価サイクル算出は可能か。
 - ユーザーとしては、常に蓄電池システムの残容量を出来るだけ正確に知る必要があるため、使用
可能容量(SOC)の計測・算出方法、及びその精度等を確認する。
- (c) コスト内訳(機器代、点検・監視費用、工事費他) について
- ユーザーとしては、エンドユーザーへのメリット試算のために抜け落ちのないコスト提示が必要な
ことから、コスト・費用の確認のためのチェックシートが必要。

表 2.1 ユーザーからの主な紹介事項

	事業者	主な周辺状況と傾向	
背景	系統運用者 (①東電PG)	・カーボンニュートラルの実現 ・自然災害へのレジリエンス対応 ・エネルギー情勢不安も含めた電力需給逼迫対応 ・再エネ大量導入に伴う系統混雑緩和、慣性力対策	
	蓄電池活用事業者 〔②関西電力 ③東電HD ④エナリス〕	・②需給安定と再エネ活用 ・③再エネ活用、需給調整、電力市場取引、防災・BCP ・④災害対策、卒FIT対応、調整力活用 →費用対効果面でマルチ化の方向だが自然普及に未到達	
	系統側②	大口需要家側③	小口需要家・家庭側④
設備概要	系統直結(蓄電所) ・出力:48MW ・容量:113MWh ・単独設置	需要家設置蓄電池 ・出力:数10kW～数MW ・容量:数10分～数時間 ・複数箇所をアグリゲート	家庭用蓄電池 ・出力:数kW～10数kW ・容量:数10分～1時間 ・800台をアグリゲート
必要なUC	調整力(市場参加)、再エネ余剰吸収、需給逼迫対策	BCP対応、ピークカット、再エネ最大化、需給調整	ほぼ同左
主な課題		・メーカー毎に異なる仕様 →最低限の共通項をDB化、標準システム+オプション化、Allin1化 ・コスト、規制、助成、処分費 →蓄電システムコストの低減化	・機能、運用、コスト →家庭用蓄電システム機能不足、仕様の標準化、通信コスト削減、マルチユースしても投資回収困難(防災面、経済モードの重視化)

(3) メーカーの取り組み

以下の蓄電池システムの製造事業者からメーカーとしての蓄電池システム設計の現状とマルチユースに向けた取り組みについて報告を受けた。(表 2.2 参照)

- ・ 大型蓄電池メーカー(NAS電池)
- ・ 交直変換装置(PCS)メーカー
- ・ 蓄電池システム・EMS メーカー
- ・ 産業・業務用蓄電池システムメーカー(リチウムイオン電池)
- ・ 家庭用蓄電池システムメーカー(リチウムイオン電池)

(a) 主な視点

- 蓄電池システムにおけるマルチユースの仕様が現行の規格・基準にはない。
- 構築が進む制度・市場検討の中でユーザーが蓄電池システムをどう使うのか分からない。
- 電力市場の概要は下表のとおり、一次・二次調整力は 2024 年度開設予定
- 現状では全て受電点計量だが、機器個別計量への移行も検討中

(b) 要求仕様(設置環境、マルチユース仕様他)

- 本 WG ではユーザーニーズを踏まえて、マルチユースの類型化・概要仕様抽出を実施
- 高速な応動性と正確な制御性を有する蓄電池システムであればほぼ仕様が満足すると推定
- ただし、マルチユース適用にあたっては特に以下を留意することが必要

- ・ 需要家設置の場合、現状の受電点計量に対する需要家負荷変動への対応
 - ・ 発電と需要のバランシンググループ(BG)における制約
 - 調整力の評価は受電点計量の方が分かりやすいが、負荷変動に対応した蓄電池システムの制御が必要であり、需要側リソースの市場参入のネックとなりつつある。
 - 需要家設置と系統用の蓄電池は所属するバランシンググループが異なる
 - BG 毎にマルチユースが異なるが蓄電池システムとしてはどちらにも対応可能とすべき
- (c) インターフェース(取り合い、通信・制御方式他)
- 蓄電池システムを構成する、電池・PCS・EMS の各メーカー間で必要な情報をやり取りしながら最適設計がなされているか。
 - 特に安全面や経年劣化を踏まえた性能維持のための設計が重要
 - 蓄電池システム内部外部の通信・プロトコルはメーカー毎に仕様が異なる
 - メーカー間、ユーザー・メーカー間で出来るだけ統一を図れないか

表 2.2 メーカーからの主な紹介事項

	協調領域 (共通化すべき項目)	競争領域 (共通化困難な項目)
製造者 (電池・PCS製造者間) (購入者間)	・各装置間のインターフェイス、通信仕様 ・諸データの定義 (寿命、安全性、効率、電圧・電流の変動範囲等) ・価格算定の範囲、前提条件	・性能、機能を実現する技術 ・経年変化、リスク回避を見越した設計裕度 ・価格に占める利益配分
蓄電池活用事業者 (製造者間)	・マルチユースの仕様 (応動速度、継続時間、動作頻度、動作精度) ・遠隔からの通信仕様	・マルチユース実現のための運用技術 ・リスク回避を含めたビジネス性
導入先 (製造者間)	・設置場所の物理的制約 ・系統への接続条件	・契約電力、負荷条件、運用制約
その他	・制度、市場要件	・ビジネス性に関わる事項

(d) 調査機関、試験機関の立場から

以下の調査機関、試験機関から海外における蓄電池システム活用と試験に関する動向の報告を受けた。

- ・ 調査研究機関
- ・ 試験評価機関

①国内における蓄電池システム活用の動向

国内におけるマルチユースの動向として蓄電池システムの導入先のセグメント毎の特徴は以下

- 家庭用に関しては、導入量は多いが製品としては標準化済の商品
- 系統用は市場が拡大中だが規模が大きいだけにマルチ度は低い
- これらに比べて、業務産業用はマルチユース効果が高い

②海外における蓄電池システム活用の動向

- 蓄電池システム導入量としては米国・中国・欧州で拡大中
- 家庭用は堅調だが、特に系統用の増大が著しい
- 逆に海外では業務産業用での導入量が少ない(米国はあるが)
- 要件は国により大きく異なる

③蓄電池の試験動向

蓄電池試験機関より以下の実績の報告があった。

- 試験対象の蓄電池の安全性確保の観点から系統から切り離れた試験を行うために大型蓄電ユニット(500kW×4 セット)等の試験設備(NPU)を具備
- 上記 NPU では以下の試験を実施中、現状での課題は出力不足等
 - ・ 負荷応答試験(0↔±1000kW)
 - ・ 系統模擬試験(0↔±1000kW)
 - ・ 連続充放電試験(2MW/2MWh)
 - ・ 交流遮断試験(500kW/1 秒)
- リモート試験の可能性
 - ・ 現状の模擬 PCS(250kW)を用いたりリモート検証を実施すること可能
 - ・ さらに NPU を模擬的に用いて3MW 程度の電力回生試験は実施可能
(今後さらに模擬 PCS の規模拡大が課題)

④PCS・蓄電池システムの試験実績と海外の傾向

- 最近のスマートインバータは周波数・電圧・広域制御等のサポート機能があり、適合性評価のための試験が複雑化、特に蓄電池マルチユースは試験も複雑になると予想
- リモート試験への期待と課題
 - ・ 一方、導入が進む海外案件に対しては製品認証のために人・モノの移動を伴うが、コロナ対応のために移動ができず日本は孤立化の様相
 - ・ そのため国内における試験能力拡充が急務であり、リモート試験による海外認証への道筋をつけたいところ
 - ・ 通信遅れ、制御遅れ等の技術制約に伴う再現性の程度を見極め、適切な試験用途を設定することが重要

(e) 検討結果のとりまとめ

2022 年度からの検討で WG として以下のようにとりまとめた。

- カーボンニュートラル実現のためには需要側の蓄電池システムの高度利用が不可欠
- しかしながら、蓄電池システムコストが高いことから普及のためには需要・系統両面にメリットあるマルチユースが必要
- ただし現状ではマルチユース仕様が明確でないため、メーカーとユーザーが一体となったマルチユース仕様の明確化と簡易・安価な評価手法が望まれる
- 一方、マルチユースは蓄電池システムの運用過酷化につながる可能性もあるため、安全性データとの相関評価が急がれる

- さらに、制度改革・市場構築が進む海外では蓄電池システム普及が急速に進んでいることから、海外市場も視野に入れた試験プラットフォームの構築検討も必要
- まずはマルチユースに対する導入ガイドとして以下を作成
 - ・ マルチユースに対する理解を高めるべく、仕様・類型化等をユーザー/メーカー双方の目線で導入ガイド等を作成
 - ・ 上記ガイドを踏まえ、試験実施者の負担が少なく、応用性の高い試験・評価手法を検討
- さらに蓄電池システムの普及拡大に繋がるマルチユース仕様の国際標準化や、マルチユース評価手法に対応する試験プラットフォームの構築等を検討

3. 蓄電池システムの概要と特徴

【概要】電力系統に接続する代表的な蓄電池の種類と概要、蓄電池システムの構成と機能を紹介するとともに、その優れた特性にスポットライトを当てて、なぜ蓄電池システムに期待が寄せられるのかを解説する。

3-1 蓄電池の種類と概要

蓄電池は乾電池などの使い切りの『一次電池』と、鉛蓄電池などの充電することにより繰り返し使える『二次電池』に大きく大別される。いずれも可搬型の電子機器や自動車等の移動体にとって欠かせない重要なツールになっている。このうち二次電池については繰り返し使える利便性から自動車や産業界等で広く使われており、正極・負極の電極材料や電解質の種類によって異なる蓄電池が開発され長寿命化や大容量化が進んでいる。またパワーエレクトロニクス技術の発展により電池が持つ直流の電力を任意の周波数の交流電力に双方向で変換する高性能な交直変換装置や制御・通信装置の実用化とも相俟って、蓄電池システムが多くの分野に応用されつつある。

(1) 鉛蓄電池

鉛蓄電池は正極に二酸化鉛、負極に鉛、電解質に硫酸水溶液を用いた電池である。近年開発された二次電池に比べてエネルギー密度などの性能が優れているわけではないが、その経済性、信頼性、安全性、リサイクル性などに加え、その時々々の要求に対応した性能、特性の改善により、発明から150年以上を経た現在でも主要な二次電池として市場で使用されている。電力貯蔵用、風力発電出力変動抑制用に開発された鉛蓄電池も存在する。以下に鉛蓄電池の主な特徴を示す。

- ① 自動車やUPS等、各種用途で使用実績が多い。
- ② 単電池容量の範囲が広く、直・並列接続により小規模設備から大きなものまで設備規模の範囲が広い。
- ③ 大電流短時間放電(ピークカット)から小電流長時間放電まで、用途に応じた設定が可能である。
- ④ 半充電状態からの充放電により、風力発電や太陽光発電等の変動抑制に対応できる。
- ⑤ リサイクルシステムが完成されている。

- ⑥ 高安全であり、容量当たりの価格が安価である。

(2) ナトリウム・硫黄電池(NAS 電池)

NAS 電池は、負極物質に「ナトリウム」、正極物質に「硫黄」、固体電解質に「ベータアルミナ」というファインセラミックスを用いた電池である。ベータアルミナはナトリウムイオンを通す性質を持ったセラミックスである。このベータアルミナを介して負極と正極間をナトリウムイオンが移動することにより充放電が行われる。単電池の構造は円筒形をしており、中心からナトリウム、ベータアルミナ管、硫黄の順に配置される。単電池は一本一本が金属容器で密閉されており、内部の電極物質がモジュール電池外部に漏洩しない構造となっている。単電池のみでは起電力が 2 V と低く容量が小さいため、多数の単電池を直並列に接続して集合化したモジュール電池を構成する。NAS 電池は高温作動型電池で運転温度は約 300℃となっている。これは電池を構成しているすべての電極物質を熔融状態に保つ必要があるため、真空断熱用機に収容し温度を保つようにしている。運転開始時は電気ヒーターで運転温度まで昇温する必要があるが、その後は充放電時の熱収支バランスを図ることにより、保温に必要なヒーター電力を最小限にしている。NAS 電池は国内外で、負荷平準化用途、非常電源兼用システム、風力発電所における系統安定化等の目的での導入実績が存在する。また、主な特徴は以下のとおりである。

- ① 自然界に豊富な資源を材料としているため量産化によりコストダウンが可能。(容量当たりの価格が安価)
- ② 鉛蓄電池に比べて約 3 倍のエネルギー密度を有する。
- ③ 自己放電がない。
- ④ 充放電回数が従来の鉛蓄電池より多く長寿命(充放電回数約 4,500 回、部材耐久性約 15 年)。
- ⑤ 充放電効率がよく(約 70~80%)、オンサイトで CO₂を発生しない。
- ⑥ 補機や可動部品が少なく保守が簡易。

一方で、NAS 電池の難点は、下記のとおりである。

- ⑦ 高温電池のためヒーターが必要(300℃程度、常温からの昇温に数十時間かかる)。
- ⑧ ナトリウムと硫黄といった消防法上危険物に指定されている材料を使っているため取り扱いに注意が必要。(正極:第 2 類、負極:第 3 類)

(3) レドックスフロー電池

レドックス(redox)という用語は、還元(reduction)と酸化(oxidation)を合成したものであり、酸化還元という意味である。酸化還元対(正負極の活物質の組み合わせ)の溶液を外部のタンクなどに蓄え、ポンプなどにより流通型電解セルに供給して充放電させる電池をレドックスフロー電池(redox flow battery)という。

レドックスフロー電池は電池反応を行う流通型電解セル(以下、「セル」とする。)、活物質の溶液(電解液)を貯蔵する正負極のタンク、さらに電解液をタンクからセルへと循環するためのポンプ、配管など

から構成される。交流電力系統とは交流／直流変換器を介して連系される。

活物質の組み合わせとしては、価数の変化する金属イオンがその候補対象となり得る。レドックス系には鉄($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$)—クロム($\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}$)、バナジウム($\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}$ 、 $\text{VO}^{2+}/\text{VO}_2^{+}$)をはじめとする様々な系が提案・開発されているが、貯蔵可能容量や経済性などから現在もっとも一般的なものは、正極負極ともにバナジウムイオンを用いるバナジウム系である。レドックスフロー電池は国内外での系統用蓄電池、マイクログリッド電源、風力発電の出力平滑化、需要家でのピークカットや非常電源兼用システム等の目的での導入実績が存在する。また、主な特徴は下記の通りである。

- ① 充放電サイクル寿命が長く、深い放電、不規則な充放電操作によっても寿命が阻害されない。
- ② 活物質が不燃であり、火災の危険性が極めて低い。このため、設置、運用にあたり消防法危険物保管に関する手続きが不要。
- ③ 電解液は、半永久的に再利用可能であり、環境にやさしい。
- ④ 運転中も常時電池の充電状態(SOC: State of Charge)を把握できる。
- ⑤ セル部を除いて待機、停止時の自己放電がない。
- ⑥ 電解液量を増やす(タンクの増設)ことで時間容量を増加できる。

一方で、レドックスフロー電池の難点は、下記のとおりである。

- ⑦ 溶解液に制限があり、タンク部の占める体積が大きくなるため、他の二次電池に比べてエネルギー密度が比較的小さい。
- ⑧ 電解液をセルへ循環させるためのポンプ動力が必要である。

(4) リチウムイオン電池

リチウムイオン電池は、鉛蓄電池やニッケル水素電池に比べエネルギー密度が高く、小型・軽量化が可能なことから、その特徴を活かしこれまで主に携帯電話、ノート型パソコン、さらには電気自動車などの電源として使用されている。また鉛蓄電池やニッケル水素電池などの二次電池と異なり、充放電の際に電極の構造が変化しないため劣化が少なく充放電効率が良いという特徴を持つ。リチウムイオン電池は正極活物質としてリチウムイオンを含有した金属複合酸化物を、負極活物質として炭素材料または金属複合酸化物を、電解液として有機溶媒を用いる。それぞれの材料の選択肢は多岐にわたり、選定した材料系によりその特性は大きく変化する。電極材料には、熱安定性の高いリン酸鉄系やチタン酸系、作動電圧の高いマンガン系、三元系、ニッケル系などが存在する。リチウムイオン電池は現在の蓄電池の主流であり、家庭用・業務用電力貯蔵システムや、系統連系円滑化蓄電池システム等での運用が期待されている。

リチウムイオン電池の主な特徴をまとめると以下のとおりである。

- ① 小型・軽量かつ高容量である。(携帯電話、電動工具、車用の電池として大量に普及)
- ② 充放電効率が低い。
- ③ 急速充電が可能である。(高出力である)
- ④ 自己放電がほぼない。
- ⑤ 系統での使用実績が多い。

⑥ 正負極材料の種類が多い。

一方で、リチウムイオン電池の難点は、下記のとおりである。

⑦ 過放電、過充電が発生すると熱暴走の危険性が高いため、保護機能は必須である。

⑧ 低温では流せる電流が低減する。

⑨ 電解液に消防法危険物(第4類)を使用している。

(5) ニッケル水素電池

ニッケル水素電池は、負極活物質に金属水素化物、正極活物質にニッケル酸化物(オキシ水酸化ニッケル)を用い、電解液に水酸化カリウムを主体とするアルカリ水溶液を用いた二次電池である。ニッケル水素電池は作動電圧が平坦である、充放電サイクル寿命が長い、急速充電・大電流放電が可能、取り扱いが比較的容易、長期放置に耐える、使用温度範囲が広い、安全性に優れている、環境適合性に優れる、などの特徴を備えた信頼性の高い蓄電池であり、1990年の実用化以来、デジタルカメラや電動工具などの民生用小型電池として使われている。1990年代後半からは、技術開発の進展に伴い、その用途も広がり小型ポータブル機器に加え電動アシスト自転車やハイブリッド自動車(HEV)などに搭載されているようにリチウムイオン電池と競合しつつ普及が進んでいる。ニッケル水素電池の主な特徴をまとめると以下のとおりである。

① 高出力・高安全である。(電動工具、ハイブリッド車用等の電池として普及)

② 作動電圧が平坦である。

③ 高速充放電の用途に向いている。

④ 長期放置に耐える。(自己放電がほぼない)

⑤ 使用温度範囲が広い。

⑥ 環境適合性に優れる。

(6) 各種電池の主な特徴の整理

以上の電池について比較した資料を以下に示す。

表 3.1 各種電池の主な特徴の整理

		NaS 電池	レドックスフロー電池	鉛蓄電池	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池
システム規模	出力	200～ 50,000 kW	250～ 18,000 kW	3～1,000 kW	10～300 kW	6～40,000 kW
	容量	1,200～ 300,000 kWh	750～ 60,000 kWh	10～25,000 kWh	28～507 kWh	48～40,000 kWh
充放電効率	電池単体	85%	85%	85%	95%	95%
	システム全体	80%	70%	75%	85%	85%
理論エネルギー密度 (Wh/kg)		786	100	167	225	～585
耐久性		4,500 サイクル	カレンダー 寿命 20 年 以上	4,500 サイクル	3,500～サイ クル	3,500～サイ クル

電力貯蔵用電池規格(JEAC5006－2022)より抜粋

3-2 蓄電池システムの主な規格の概要

この項目では、蓄電池のような電気化学的技術を用いた貯蔵装置をもつ、電力システムに接続される電気エネルギー貯蔵システム(BESS: Battery Energy Storage System)について、その構成や機能を示す。

(1) 主な構成

BESS は JIS C 4441 において、「二次電池を用いた蓄電サブシステムをもつ電気エネルギー貯蔵システム」と定義される。電気エネルギー貯蔵システムは一般的に複数のサブシステムから構成される。代表的なサブシステムとその定義、BESS の構成の一例及び各サブシステムの構成要素の例を次に示す。(表 3.2、3.3 及び図 3.1 参照)

表 3.2 JIS C 4441 におけるサブシステムの定義

サブシステムの例	JIS C 4441 におけるサブシステムの定義
主サブシステム	電気エネルギー貯蔵システム内で、電力の貯蔵及び放出に直接的に関わる電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム 注釈 1 一般的に、主サブシステムは(主接続端子を経由して)主 POC に接続され、少なくとも蓄電サブシステム及び電力変換サブシステムを含んで構成される。

蓄電サブシステム, 貯蔵装置	エネルギーを何らかの形式で貯蔵する, 少なくとも一つの電気エネルギー貯蔵をもつ電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム 注釈 1 エネルギー貯蔵として, 機械的エネルギー, 電気化学的エネルギー及び電磁エネルギーの形式がしばしば利用される。 注釈 2 一般的に, 蓄電サブシステムは, エネルギーの形式を変換する機能をもつ電力変換サブシステムに接続されるが, 蓄電サブシステム自体にエネルギーの形式を変換する機能が組み込まれている場合もある(例えば, 電気化学的二次電池においては, エネルギーは電気的な形式で直接的に利用可能である。)
電力変換サブシステム	電気エネルギー貯蔵システム内部において, 蓄電サブシステムから出力された電気エネルギーを, 主 POC で利用可能な特性(電圧, 周波数など)をもつ電気エネルギーに変換する電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム 注釈 1 一般的に, 電力変換サブシステムは, 蓄電サブシステムに接続され, 主接続端子を経由して主 POC に接続される。
補助サブシステム	主サブシステムで行われる電気エネルギーの貯蔵及び放出に加えて, 特定の機能を実行することを目的とした装置を含む電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム 注釈 1 一般的に, 補助サブシステムは, 補助接続端子を経由して補助 POC に接続される。 注釈 2 補助サブシステムの装置(補助装置)は, 通常, 全ての電気エネルギー貯蔵システムのあらゆる動作状態をセットアップし, 任意の操作モード中に主サブシステム及び制御サブシステムの適正な動作を評価するために不可欠である。 注釈 3 補助サブシステムは, 主サブシステムのエネルギーを利用するように設計される場合がある。
制御サブシステム	必要なプロセス情報の取得, 処理, 送受信及び表示のための全ての機器及び機能を含む, 電気エネルギー貯蔵システムのモニタリング及び制御を行う電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム 注釈 1 一般的に, 制御サブシステムは, 通信インターフェースに接続され, 少なくともマネジメントサブシステム, 通信サブシステム及び保護サブシステムを含んで構成される。 注釈 2 制御サブシステムは, 通常, 補助サブシステムから給電される。
通信サブシステム	外部リンクをもつデータインターフェースを含んだ, 電気エネルギー貯蔵システムの構成部品若しくはサブシステムから別の構成部品, 又はサブシステムへのメッセージの送信を可能にするハードウェア, ソフトウェア及び伝搬メディアを含む電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム

マネジメントサブシステム	安全で効果的かつ効率的な電気エネルギー貯蔵システムの運用に必要な機能を提供する電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム
保護サブシステム	一つ以上の保護装置、又は一つ以上の特定の保護機能を実行することを目的としたその他の装置を含む電気エネルギー貯蔵システム内のサブシステム 注釈1 保護サブシステムは、一つ以上の保護装置、計器用変圧器、トランスデューサ、配線、引外し回路及び補助電源を含む。保護サブシステムの原則に応じて、保護された区域の一端又は全ての末端の保護機能、及び場合によって自動再閉路装置を含む場合がある。 注釈2 スイッチ及びヒューズは、保護サブシステムから除外される。 (出典:IEC 60050-448:1995 の 448-11-04 を修正。定義を EESS に特化し、注釈2を一般化し、回路遮断器だけでなく、全てのスイッチ及びヒューズを除外している。)

※1)主 POC とは電気エネルギー貯蔵システムが、電力システムから内部に電気エネルギーを貯蔵するために電気エネルギーを吸収し、その後に電力システムへ電気エネルギーを放出する接続点である。(一般的に、主 POC は、主接続端子を介して電気エネルギー貯蔵システムの主サブシステムに接続される。)

※2)補助 POC とは主 POC が各サブシステムに給電しない場合にだけ用いられる、又は補助サブシステムに給電するために用いられる、電気エネルギー貯蔵システムと電力システムとの接続点である。(一般的に、補助 POC は、電気エネルギー以外のエネルギー源(例:ディーゼル発電機)に置き換えることが可能である。制御サブシステムは、通常、補助サブシステムによって給電されるため、補助 POC によって給電される。)

図 3.1 BESS 構成の一例

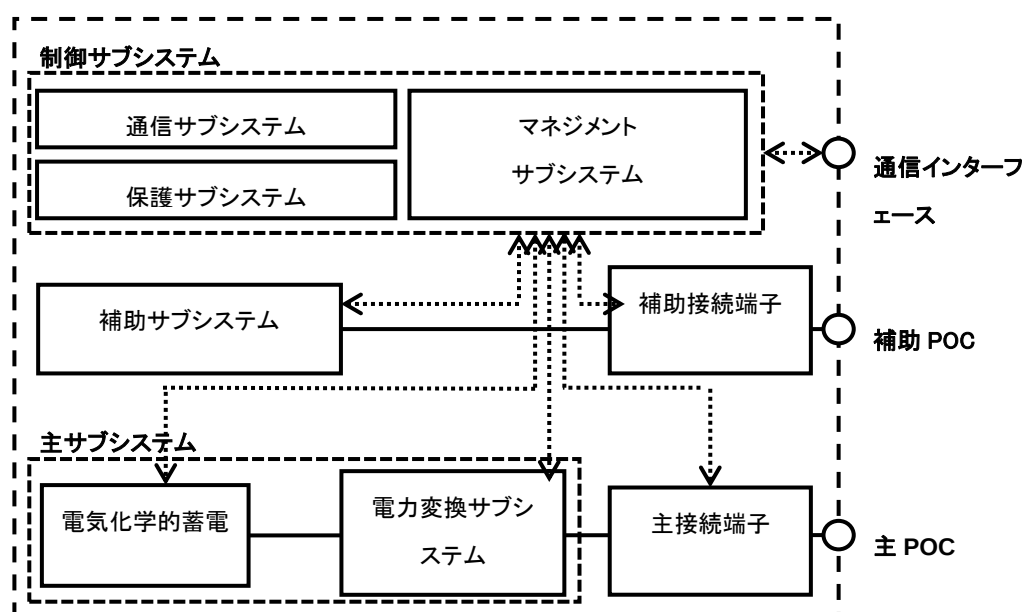


表 3.3 BESS サブシステム内の構成要素の例

サブシステム	構成要素, 仕様など
マネジメントサブシステム	システム制御及び／又は電力マネジメントなど
通信サブシステム	操作パネル(ヒューマンインターフェース), システム通信及び／又は監視, 計器通信など
保護サブシステム	継電器(接地, 過電流, 過電圧, 不足電圧, 周波数上昇, 周波数低下など)など
補助サブシステム	火災, 熱及び／又は発煙検出システム, 消火システム, 消火器, HVAC(暖房・換気・空調), システムアンカー, 予備変圧器, 予備電源供給スイッチ, 予備 UPS など
補助接続端子	接続端子, ケーブル(形, 耐火等級, 耐熱等級, 化学耐性等級, 大きさ, 柔軟性)など
電気化学的蓄電サブシステム	電池(BMSを含む。), 通信機器, 保護機器, 機械的固定, ケーブルなど 注記 一つの BESS が複数の電気化学的蓄電サブシステム, 複数の形の電池種をもつ場合がある。
電力変換サブシステム	変圧器, 逆変換装置, 制御装置, スイッチなど
主接続端子	接続端子, ケーブル(形, 耐熱等級, 化学耐性等級, 大きさ, 柔軟性)など
その他	個室及び／又は建屋・きょう(筐)体, 基礎, 水道, 建物の HVAC(暖房・換気・空調)システム, ヒューズ, 安全表示など

(2) 主な機能

EESS の機能には一例として、次のようなものがある。

- ピークシェービング(長期的機能)
- 負荷平準化(長期的機能)

発電所及び変電所に電力貯蔵用電池設備を設置して、電力を貯蔵し、放電することによって、電力需要のピークを抑制し、電源や送電線等の流通設備の効率的な運用をはかる。

- 周波数調整(短期的機能)
- 再生可能エネルギーの安定化(短期的機能)
- バックアップ電源
- 受電電力平準化

受電設備の一部として電力貯蔵用電池設備を設置して、電力を貯蔵し、放電することによって、安価な電力の活用や契約電力の低減をはかる。

- 発電電力平準化

太陽光や風力等の自然エネルギーによる発電において、気象条件によって異なる発電量を平準化して電源の安定化を図ったり、活用できなかった電力を貯蔵し必要な時に使うなどの有効利用をはかる。

➤ 系統安定化対策

発電所及び変電所並びに受電設備に、電力貯蔵用電池設備を設置することによって、系統の電圧や周波数を調整する。

➤ 停電対策

系統電力が停電したときに備えて、発電所及び変電所並びに受電設備に電力貯蔵用電池設備を設置し、事前に電力を貯蔵し、停電時に電力負荷への電力供給を行う。

(3) 主な用途

蓄電池システムの用途には次のようなものがある。(表 3.4 参照)

表 3.4 BESS の用途例

用途	設置形態	立入制限／稼働中・保守中の状態
家庭用	・個々の住居単体で設置 ・複数の戸建、一軒のアパートなどで共有する形で設置	居住者の協力なしに通常の保守を行うことができず、専門的な操作・保守体制をもたない場合がある。
商業用	・小規模な商業施設に設置 ・多数の住居で共有する形で設置 ・区画、建物などの単位で共有されており上記が混在する形で設置	営業時間中に通常の保守を行うことができ、専門的な操作・保守体制をもつ。
産業用	・工場、データセンター、倉庫のような大規模な商業施設に設置 ・街区のような住居で共有する形で設置	営業時間中に通常の保守を行うことができ、専門的な操作・保守体制をもつ。
電力用	直接、電力系統に接続する形で設置	常に通常の保守を行うことができ、専門的な操作・保守体制をもつ。この種のシステムは通常、アクセス制限の課されたエリア内に設置されているか、又はシステム内へのアクセス権限が付与されている人員だけに許されている。

3-3 蓄電池システムの特徴

蓄電池には正極、負極、電解質にどのような材質が使われるかによって種類が異なるが、いずれも電子の授受を伴う化学反応であることから直流回路の動作は早い。電力系統は交流であることから蓄電池を系統に接続するためには交直変換装置が必要であるが、交直変換はパワーエレクトロニクス素子を用いることから制御の動作も早く、精度も高い。

以下は蓄電池システムの充放電を短い時間で示したものである(図 3.2 参照)。この波形は需要家に設置した NAS 電池システムによって受電電力を一定に保つ負荷追従制御をさせた一例だが、他の蓄電池を用いたものでも同様に秒オーダーの充放電制御が可能である。さらに瞬時電圧低下対策機能を有する蓄電池システムにおいては数ミリ秒での動作が必要であることから、PCS 側でそのような

高速制御機能さえ具備させれば全体システムとしても高速かつ高精度の制御は可能である。

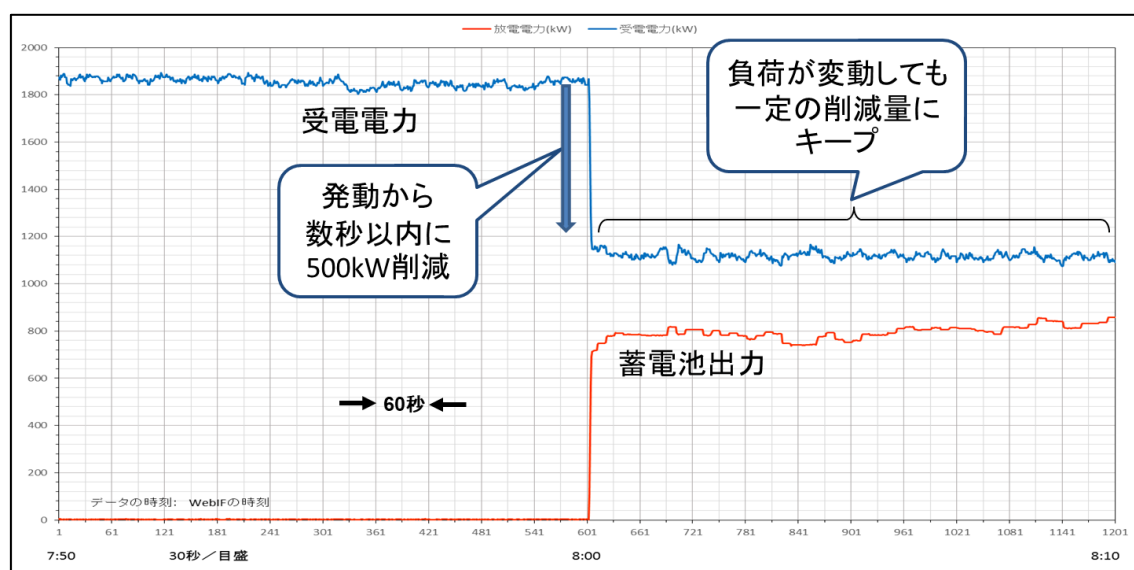


図 3.2 DR発動に対する蓄電池の応答結果

4. 蓄電池システムを取り巻く環境変化

【概要】日本における蓄電池システム導入の経緯を振り返るとともに、経済・社会動向や自然災害など幾たびかの時代の要請に応じて蓄電池システムに何が求められてきたか、またカーボンニュートラル実現に向けて今後さらに何が求められていくかについて紹介する。

4-1 これまでの初期の実績

(1) 負荷平準化の必要性

日本は島国であり水力以外の石油・天然ガス等のエネルギー資源のほとんどを海外に依存してきた。また四季の移り変わりで気候も変化し、特に夏の高温多湿な時期は冷房需要等で電力需要が大きくなり夏場の数日でのピーク需要に合わせた電力設備形成が電力会社に求められた。そのため1960年代以降の高度経済成長期には需要が急激に増大することに対して、比較的電力需要の低い夜間に電力を蓄え、電力需要の大きい昼間にそれを使う「負荷平準化」が政策的に行なわれた。これと同様の機能は既に揚水発電所で行なわれており、夜間に下ダムの水を上ダムにポンプアップして、昼間に放水して発電することで対応していた。しかしながら発電所を作るには数十年オーダーの期間と労力を要することと、揚水発電所の建設もいろいろな制約で候補地が少ないことから、都市近郊に揚水発電所と同等の機能を持つ設備ということで、電力貯蔵設備の検討が進められた(図 4.1 参照)。電力貯蔵設備には蓄電池の他にフライホイールや超伝導、そして圧縮空気等を使ったものがあるが現在では蓄電池が最も可能性の高い技術として検討されている。電力会社では当初変電所等の供給側に大容量の蓄電池システムを設置する計画もあったが、より需要地に近いところに設置することが社会コスト的に合理的なことから需要家側への蓄電池システム導入が進められた。需要側においては先行し

てヒートポンプ等の蓄熱設備が負荷平準化に貢献することから、これに見合った時間帯別料金やピーク調整契約等のメニューが用意された。蓄電池システムでもその料金制度を活用して負荷平準化システムが多く用いられた。特に比較的早く実用化されたNAS電池においては、2002 年度から導入が開始され、産業用や業務用の大きな工場や商業施設、上下水道施設や研究施設に主に導入され、約 10 年間で合計出力 18 万 kW、合計容量 13 万 kWh の規模まで拡大した(図 4.2 参照)。

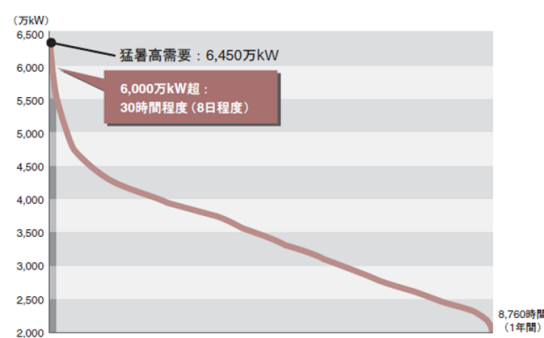
【1980年当初の状況】

- 日本は島国であり水力以外のエネルギー資源を海外に大きく依存
- ピーク電力は年間で夏季数日に限られ、昼夜間の需要差も大きく低負荷率
- ピーク電力に合わせた設備投資を行うことは電力会社に重荷



- 負荷平準化が必要 (大容量蓄電池の開発が必要)

【東電管内需要のデューションカーブ】



【負荷平準化の効果イメージ】

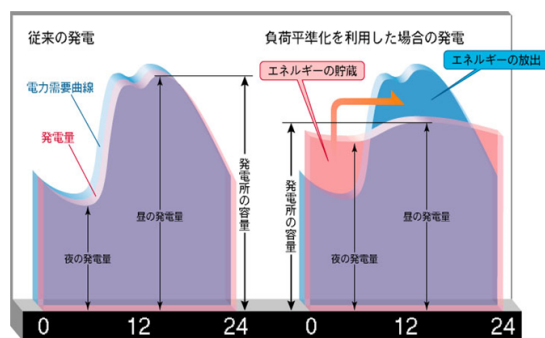


図 4.1 日本の高度経済成長期における負荷平準化の必要性

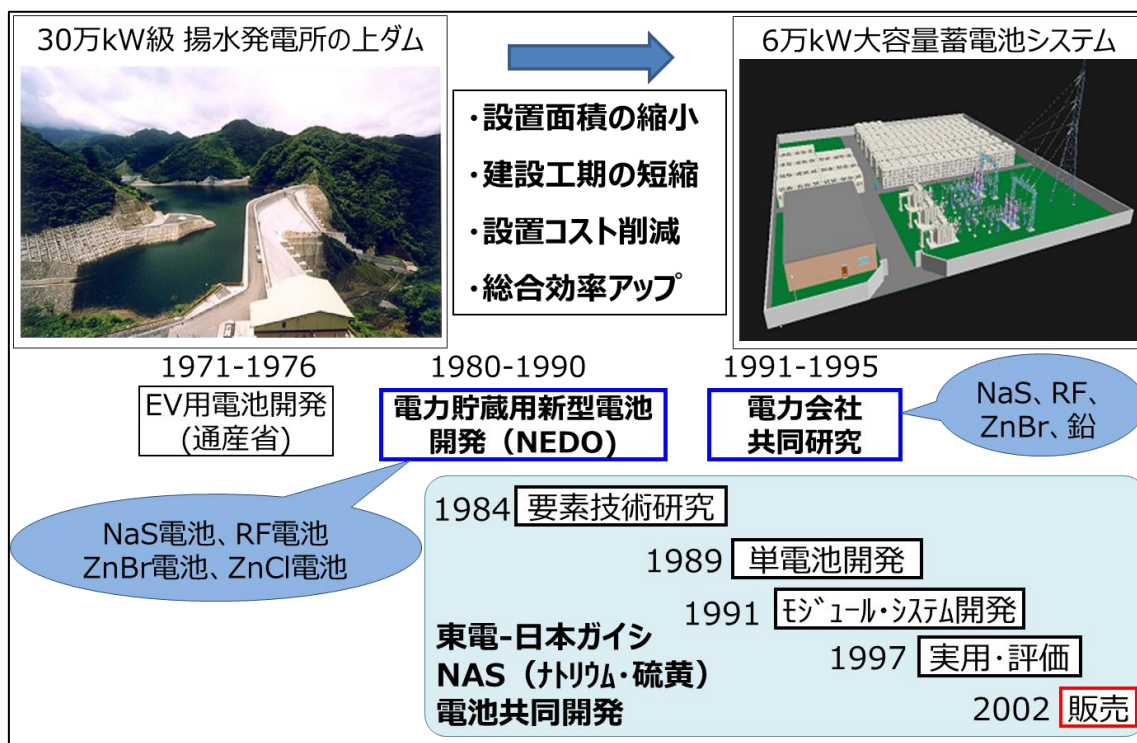


図 4.2 東京電力における NAS 電池開発の経緯

(2) 非常用電源としてのニーズ

電力系統は広範囲に送配電を張りめぐらせていることから雷等の直撃で停電することはやむを得なかった。この停電時に蓄えた電力を非常用として供給できれば操業や社会生活の継続が可能となる。このため、非常用発電機と同様に蓄電池システムが非常用電源として活用することが多くの企業等で検討された。特に蓄電池は負荷平準化等で常に稼働していることから信頼性も高く、排煙や振動・騒音が少ないことから環境性・メンテナンス性にも優れているということで需要家からのニーズも高かった。

その後、非常用電源としての実績も増えてきたところから、一部の蓄電池システムにおいては消防用電源としても認定されることに至った。

電力系統の停電は電力設備や系統保護装置等の進展によりかなり減少してきたが、地震や風水害といった大規模な災害では停電時間も長引く傾向があり、また地球温暖化に伴う異常気象の関係でその頻度も高まる傾向にある。

(3) 瞬時電圧低下対策(瞬低対策)としての対応

半導体製造や液晶ディスプレイ製造等の精密部品メーカーでは瞬間的な電圧低下でも操業に支障をきたすことが多い。このため超重要な負荷を一括して瞬低対策機能付き蓄電池システムにて保護できれば損失が軽減できる。システムとしては「常時インバータ給電方式」と「常時商用給電方式」があるが、このいずれも高速な制御が必要であるため通常の蓄電池システムより複雑でコストも割高となる。しかしながら蓄電池システムでしか実現できないシステムでもあるので、精密部品メーカーでは必須の

設備でもあり価格が高くても導入される。特にデータセンターでは超重要負荷には瞬低の影響が出ない「常時インバータ給電方式」が用いられることが多い。

表 4.1 導入初期の NAS 電池システムの主な用途

蓄電池用途	内 容	活用イメージ
①負荷平準化 (LL)	夜間電力の活用でデマンドを抑制し、負荷平準化により電気料金を低減	導入前の購入電力量 夜間に電力を貯蔵 夜の受電量 昼の受電量 夜間に貯蔵した電力を昼間放電 導入後の購入電力量
②非常電源兼用 (EPS/IPS)	停電時の消防用負荷、一般負荷等への数時間の非常電源供給	系統 SW 一般負荷 重要負荷 非発兼用NAS電池 非常用発電機
③瞬低対策兼用 (SPS)	瞬低時の重要負荷に対する瞬時電圧低下補償	SPS付NAS電池 発生 除去 系統電圧 瞬時電圧低下 電力線 落雷 GW 鉄塔

※単機のシステム規模は、いずれの用途も大部分が500～4000kW

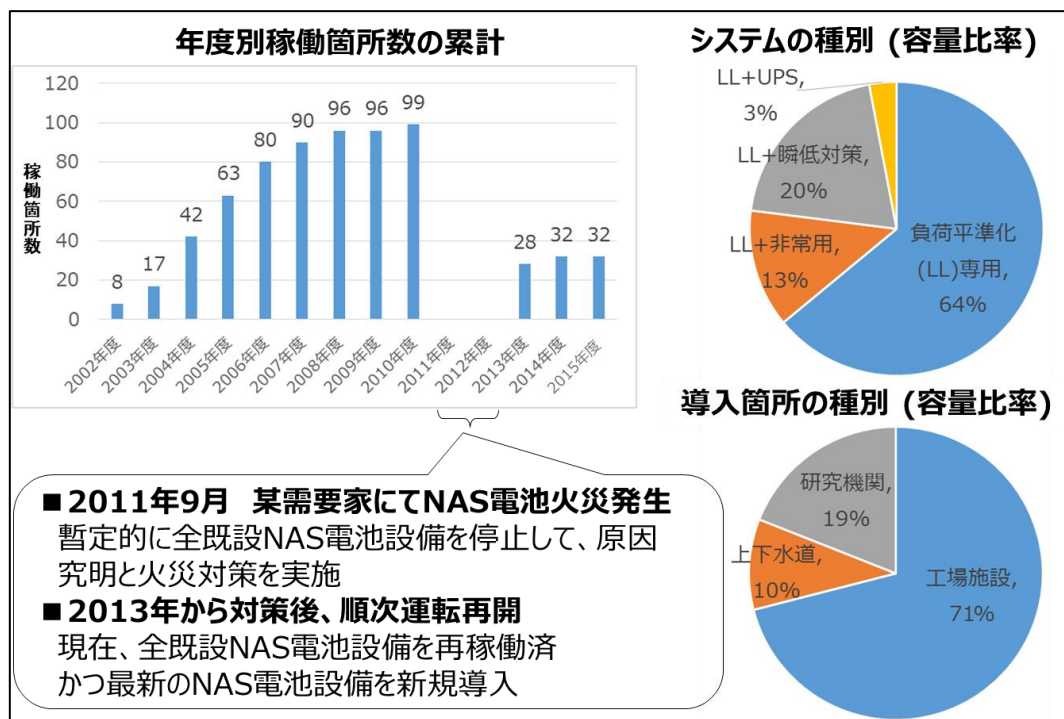


図 4.3 需要家へのNAS電池の設置実績

4-2 電力自由化に伴う戦略商品としての活用実績

2014 年から一連の電力システム改革により、第一段階にて広域機関設立(2015 年)、第二段階にて小売全面自由化(2016 年)、第三段階にて需給調整市場の創設(2021 年～)等を経て電力自由化が進展している(図 4.4 参照)。このことにより卸電力市場、需給調整市場、容量市場が開設され、それぞれ kWh、ΔkW、kW の取引がなされるようになる。電力は貯められないため同時同量の原則の中でこれらを実施するこめには、蓄電池の様な貯める機能が重要になってくる。

現時点ではまだ一般送配電事業者以外での取引量は小さいが市場や価格の動向や取引に関する修正が加えられながら、徐々に取引は増えて行くものと思われる。

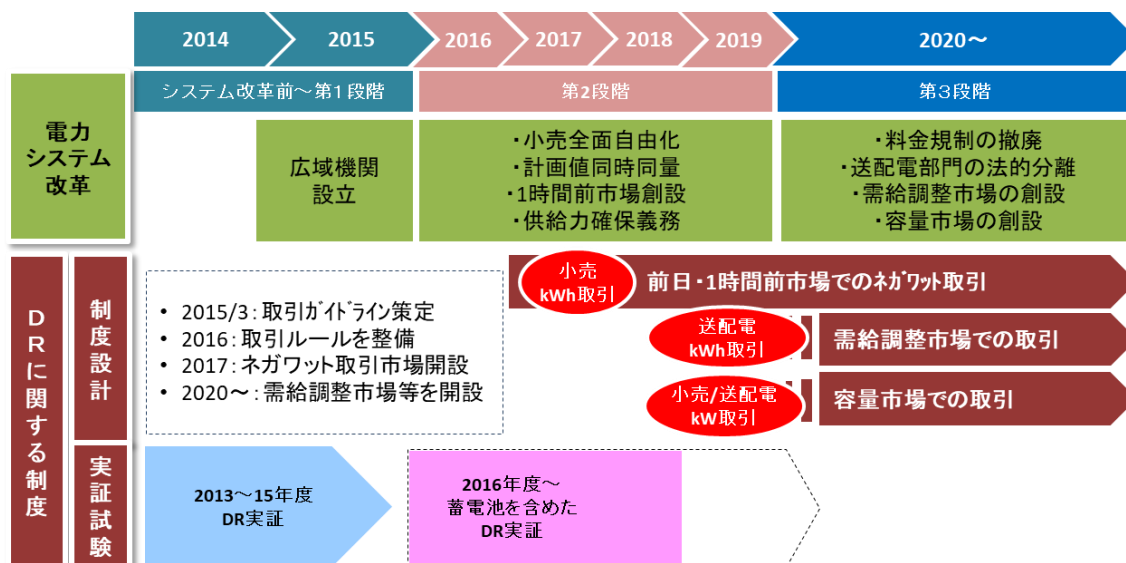


図 4.4 DR 制度・市場検討と実証試験の動向

4-3 再エネ主力電源化時代の要請とその傾向

(1) 再エネ導入の増加傾向

太陽光・風力等の自然エネルギーを用いた再生可能エネルギーは 2012 年の FIP 制度導入以降、増え続け日本全体で 2021 年度では 8200 万 kW、うち太陽光発電は 6600 万 kW)となり、今後も増え続けることが予想されている(図 4.5 参照)。しかしながら再エネが増えることによって、出力変動増大(周波数変動増大)、発電予測外れ(余剰電力発生)、高圧・低圧系統に集中(配電線電圧の上昇・変動)等の弊害が出てくる(図 4.6 参照)。

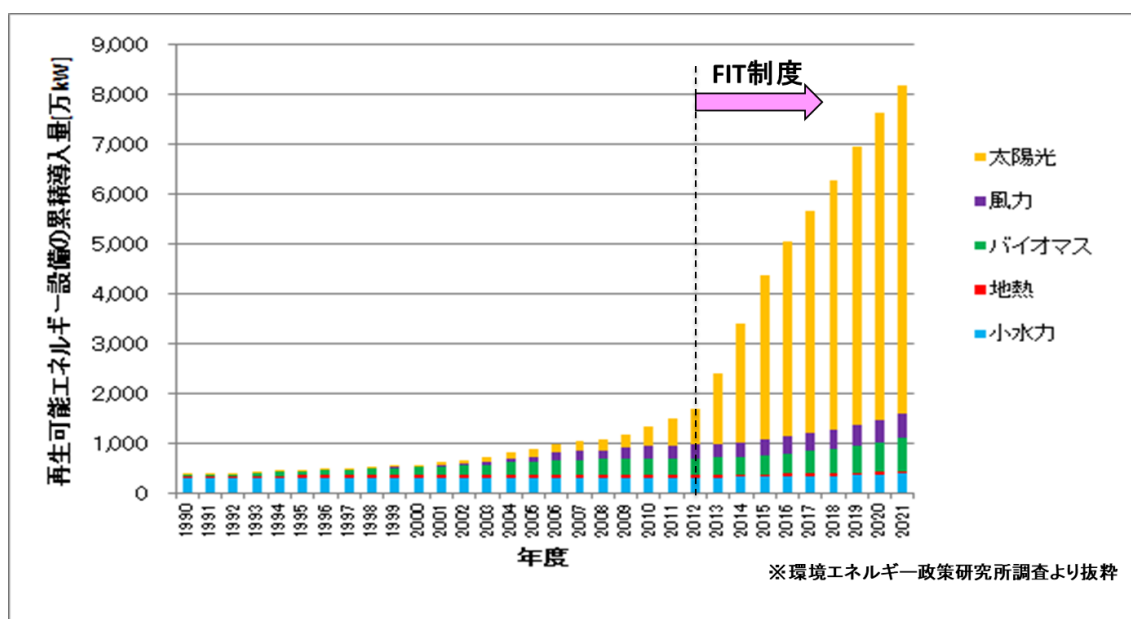


図 4.5 日本における自然エネルギー設備の累積導入量

自然変動電源	電力系統・系統運用への影響	課題・問題
出力変動 が大きい	需給制約 	・周波数変動 ・需給調整力の低下
天候任せな 発電量	需給制約 	・余剰電力 ・バックアップ電源の確保 ・需給計画の困難化
配電系統に 広く分布 (配電)	系統制約 	・電圧上昇 ・電圧変動

図 4.6 再生可能エネルギー大量導入に伴う課題

(2) 電力会社(供給側)による需給調整

電力会社はこれまで周波数安定維持、電圧安定維持、信頼度維持に自ら所有する大型発電機のコントロールや送配電線の運用にて対応してきた(図 4.7 参照)。

特に周波数調整は、需要と供給のバランス(需給)が崩れる周波数が乱れてしまい、最悪の場合には系統が崩壊して大規模な停電に至ることが懸念される最も重要なものである。そのため電力会社は需要に合わせて供給側の発電設備の出力を増減させて需給安定化を図ってきた。

1日の需要カーブを拡大すると大きな変動(サステンド分)と中くらいの変動(フリンジ分)、そして小刻みな変動(サイクリック分)に分けられる(図 4.8 参照)。このそれぞれに対して、発電設備が対応しており、秒オーダーの小刻みな変動(サイクリック分)に対しては発電機のカバナフリー機能で対応、分オーダーの中くらいの変動(フリンジ分)に対しては系統周波数に応じて中央給電指令所から自動的に各発電機に出力調整のための制御(AFC)で対応、そして分オーダーの大きな変動(サステンド分)に対しては需要予測をもとに中央給電指令所から最適な運転出力の指令(経済負荷配分)により対応している(図 4.9 参照)。

①周波数を適正に保つ

- 電気事業法施行規則(経済産業省令)
供給する電気の標準周波数に等しい値
- 社内基準
 - ・ $49.8\text{ Hz} \sim 50.2\text{ Hz}$
(管理目標値)

②電圧を適正に保つ

- 電気事業法施行規則(経済産業省令)
 - ・ 100V: $101 \pm 6\text{ V}$ を超えない値
 - ・ 200V: $202 \pm 20\text{ V}$ を超えない値
- 社内基準
 - ・ 同上

③信頼度を確保する(電気の供給継続性)

周波数 49 50 51

需要と供給は常に等しい

図 4.7 電力の品質確保の3要素

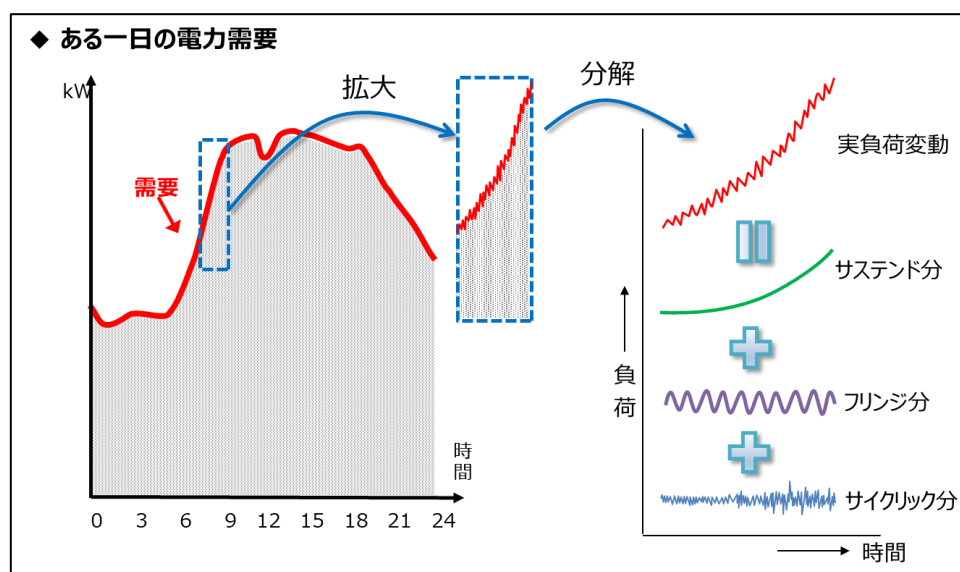


図 4.8 電力の需要変動の成分

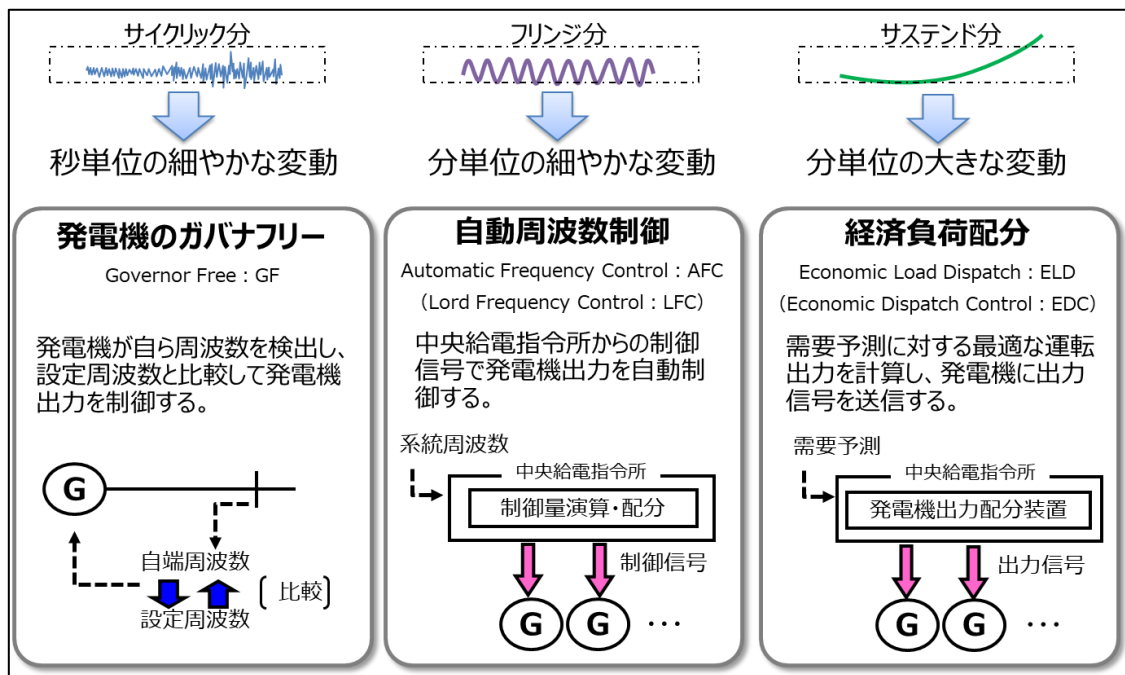


図 4.9 現状の系統側発電機による周波数調整機能

(3) 需要側電力資源(需要側リソース)による需給調整

再エネ利用が増えてくると供給側だけの対応ではなく需要側のデマンドレスポンスによって需要の上げ下げによる対応も必要になってくる。特に周波数の安定化に対しては、高速の充放電と精度の高い制御性を有する蓄電池システムが調整力として最も適しており、需要側の発電機・負荷・空調等を含めて小さいリソースを束ねてあたかも大きな発電所のように制御するバーチャル・パワー・プラント(VPP)を実現するリソースアグリゲーターにとって重要なリソースとなってくる(図 4.10 参照)。

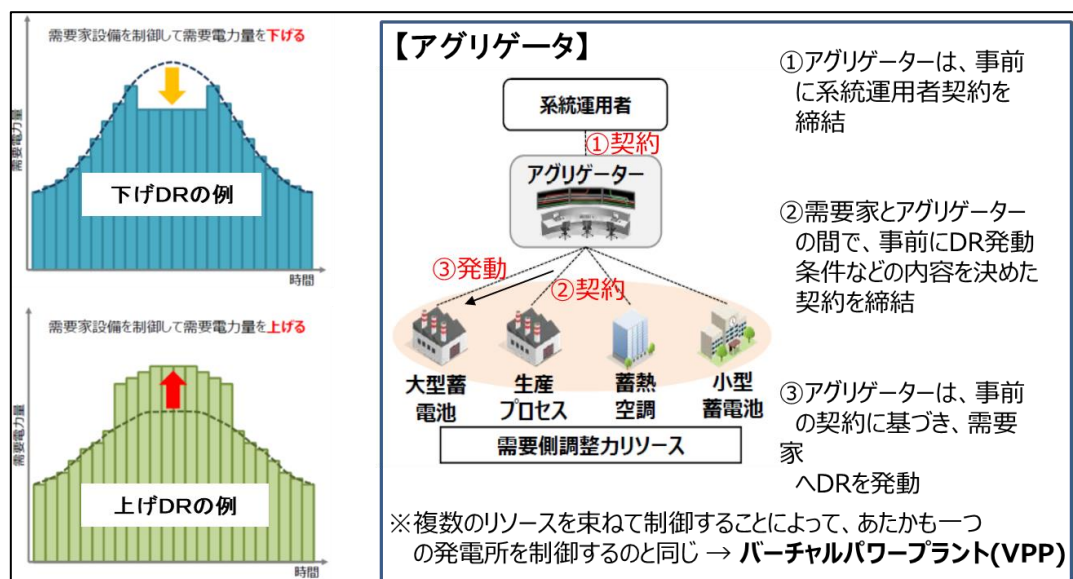


図 4.10 デマンドレスポンス(DR)の概要

4-4 電力市場の構築

(1) 電力市場の種類と創設スケジュール

2011年3月の東日本大震災を契機に2014年以降、「安全性の確保」と「安定供給の確保」「電気料金の抑制」「需要家の選択肢や事業者の事業機会拡大」の同時達成を目指して電力システム改革が推進されてきた。その最終段階として2020年以降、需給調整市場や容量市場等の電力市場が構築されつつある。電力市場としては「卸電力市場」「需給調整市場」「容量市場」があるが、既に開設されている卸電力市場に加えて、需給調整市場・容量市場が2024年度には出揃う状況である(図4.11、4.12参照)。

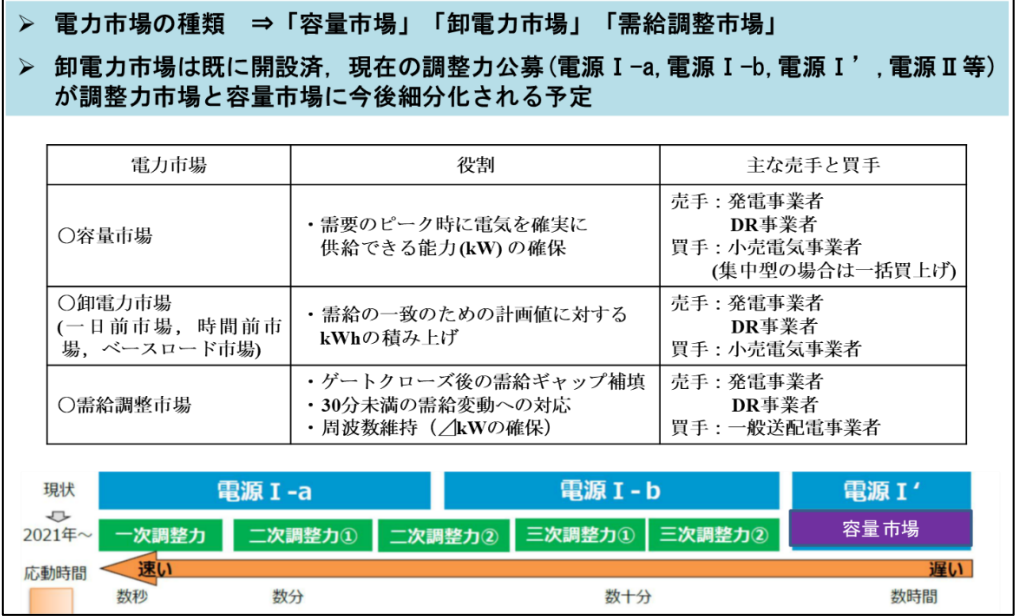


図 4.11 電力市場の種類と概要



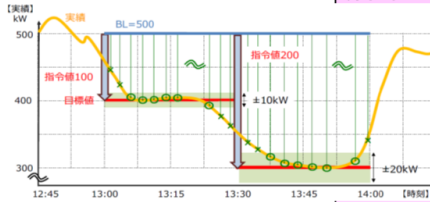
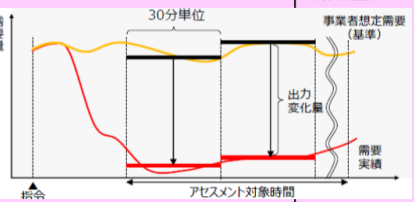
※国の審議会において容量市場の初回受渡を2024年度から2023年度に見直すことが議論されている。この検討結果を踏まえて需給調整市場のスケジュールを見直す可能性がある。

図 4.12 電力市場の主な創設スケジュール

(2) 需給調整市場の主なメニューの概要

需給調整のために 2023 年度までは調整力公募にてスピードの早い調整力の順に電源Ⅰ-a、電源Ⅰ-b、電源Ⅰ'等の入札が毎年行なわれているが、今後は需給調整市場として細分化されていくことになる。具体的には周波数調整のためスピードの早い順から、秒オーダーの対応としての一次調整力、分オーダーの対応としての二次調整力①②と三次調整力①②に区分され、メニュー化されている(表 4.2 参照)。現時点では三次調整力②が 2021 年度から、三次調整力①が 2022 年度に開設され、残りの調整力も 2024 年度に開設される予定である。

表 4.2 需給調整市場メニューの概要

開設済	需給調整市場					(容量市場)
	一次	二次①	二次②	三次①	三次②	電源Ⅰ'
指令・制御、監視回線	同右 (自端はオンライン可)	専用線 オンライン	同右	専用線もしくは 簡易指令システムによるオンライン		同左 (電話可)
応動時間	10秒以内	5分以内		15分以内	45分以内	3時間
継続時間	5分以上	30分以上		3時間(商品ブロック)	3時間(商品ブロック)	3時間
応動時 アセスメント (成功判定)	1分kW値が指定量の±10%以内 (推測) 			1分値±10%以内 滞在率が90%以上	30分kWhがΔkW落札量の±10%以内 	30分kWhが 落札量以上
ペナルティ	同右 (推測)			アセスメント未達の場合、落札額の最大1.5倍		特になし
事前審査	同右 (推測)			1分値にて±10%評価	5分値にて±10%以内評価	特になし
計量方法	同右 (推測)			受電点計量(個別機器計量は検討中)		受電点 計量

(3)その他の動向

カーボンニュートラル宣言により再エネ導入が世界的に加速する中で、これまで調整力として活用されてきた系統側の石炭や老朽火力が廃止される方向であり、調整力と慣性力が少なくなることが懸念される。慣性力は従来の発電機が回転エネルギーを用いた慣性が系統安定化に寄与していたものが、再エネ電源や蓄電池等を系統に接続するためのパワーエレクトロニクスにはもともと慣性力がないことから課題となっている。最近では交直変換装置などに慣性力に寄与する運動方程式を取り入れる等、VSGやGFインバータ等の開発もなされている。

系統はここ 20 年大きく変化してきており、周波数・電圧・信頼度のどれにとっても厳しい時代となっている。このような再エネ主力電源化の動きに対応するため電力系統の発電側から需要家側に至るまで連携した対応が必要であり、その最もフレキシブルなリソースが蓄電池システムといえる。

4-5 取り巻く情勢変化に対応した蓄電池システムのこれまでの傾向と今後

(1)これまでの変遷への対応

これまで長年にわたって研究開発や需要家への導入、運転保守等を実施してきたが、その間電力

を取り巻く環境が大きく変化してきた。その主な変遷を年代順にまとめたのが表 4.3 である。

開発段階においては、右肩上がりの需要増の時代は負荷平準化が命題であったが不景気になると非常電源等の付加価値が求められた。また、電力自由化の進展により需要側での活用が主体であった。

導入段階では、分散型電源との競争でコストダウンが求められ、東日本大震災以降は停電対策・需要抑制対策や FIT 制度導入に伴う再生可能エネルギー平滑化、仮想電力プラント(VPP)での活用検討が求められた。

また最近では、度重なる風水害や地震等による大規模停電に対するレジリエンスへの対応、カーボンニュートラル宣言に伴う再生可能エネルギーの増大に向けた調整力活用、さらにロシアのウクライナ侵攻に伴う世界的なエネルギー情勢不安等での電源価格高騰や電力需給ひっ迫等への対応も必要になりつつある。

これらの変遷と蓄電池での対応を簡単に評価すると概ね以下のとおりとなる。

- 年代によって求められる機能は異なるが、周期的もしくは需給逼迫に至る災害・事故等の発生の都度、必要となる機能が繰り返す。(ニーズの周期性)
- 最近では需給調整市場構築に向けた動きや PV 余剰電力の調整ニーズの高まりによって、より高度な制御機能が求められている。(機能の高度化)
- グローバルに社会・経済が大きく変化する中で求められる機能が複合化してきている。(機能の複合化)

表 4.3 取り巻く情勢変化と蓄電池に求められる機能

主な時期	時代の主な背景	求められる機能 (①負荷平準化, ②非常用, ③DR, ④再エネ吸収)				
		概要	①	②	③	④
開発段階	1987年頃	急激な需要増に対する供給力不足	負荷平準化(揚水発電所代替)	○		
	1995年～	不景気による需要低迷	非常用／瞬低対策の用途中心		○	
	2000年～	電力自由化の進展による自家発電等の競争激化	負荷平準化(電気料金削減)	○		
実用化段階	2011年～	東日本大震災後の供給力不足	ピークカット, 非常用電源	○	○	
	2012年～	FIT制度導入による再生可能エネルギーの急増	出力変動抑制, 余剰電力吸収			○
	2016年～	電力システム改革進展による電力市場の構築	デマンドレスポンス(DR)			○
	2018年	風水害・地震による大規模停電、PV出力調整等発生	非常電源・ピークカット、PV余剰吸収	○	○	○
最近	2019年	胆振東部地震により北海道全域でブラックアウト	非常電源・系統安定化		○	○
	2020年～	カーボンニュートラル宣言により再エネ増大加速	負荷平準化, 再エネ吸収, 調整力	○		○
	2022年～	世界的エネルギー情勢不安等に伴う電力需給ひっ迫	負荷平準化, 再エネ吸収, 非常電源, DR	○	○	○

(2) 今後の情勢変化への対応

再エネ主力電源化の動きが顕著になる中で、今後長いスパンで洋上風力発電所が大量に導入される計画が具体化してきている。図 1 に示すとおり自然変動電源である再エネの大量導入は電力系統の余剰電力や周波数変動、慣性力不足、系統容量不足等の問題が生じることとなる。これに対して従

来は大型集中電源としての発電機の調整力で対応してきたが、石炭火力などが減少していく中で今後は蓄電池やEV、DR/VPP等のアグリゲート技術の高度化に期待が寄せられている。

このような技術は大規模風力発電所構内に大型蓄電池を設置したり、直流送電を含めた基幹系統の強化・安定度向上など系統側で対処することも将来的には可能だが、手近にある需要側の空調や電炉等の大型の電気負荷や蓄電池・EV等を活用して需給一体的に制御するスマートグリッド領域がその担い手として注目されている。図4.13にそのイメージ図を示す。

したがって今後ますます増大する再エネ比率を合理的にコントロールするために需要家リソースや再エネリソースを束ねるアグリゲーション技術の向上が求められている。

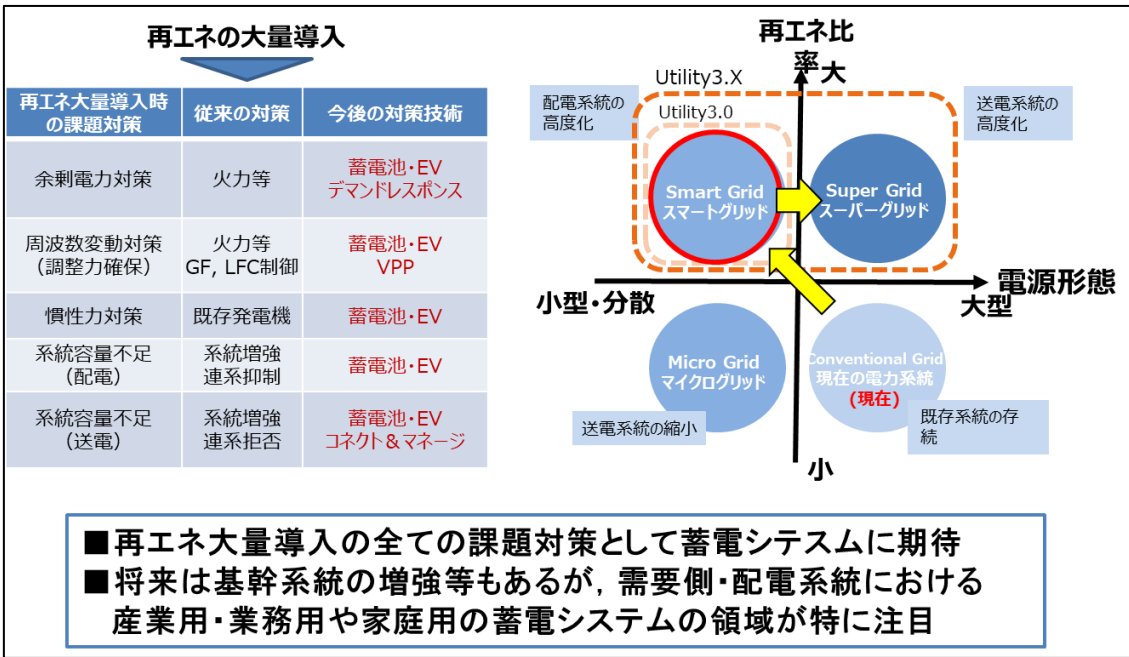


図 4.13 再エネ主力電源化を支える技術と領域

5. 蓄電池システムに求められる機能

【概要】蓄電池システムのこれまでの活用実績や需給調整等で電力系統に貢献することが期待される機能を洗い出し、その単一機能の主な仕様を整理・分類するとともに、それぞれに応じた蓄電池システムのハード・ソフト面の性能レベルについて評価する。

5-1 単一機能の洗い出し

電力システムに接続される蓄電池システムの様々な単一機能の洗い出しを行い、ユーザーからの要求仕様、及びこれに対してメーカーにより実際に導入されつつある蓄電池システムの性能実態を整理した。今回ピックアップした単一機能は以下とした(表 5.1 参照)。これは東京電力エナジーパートナー株式会社が産業用需要家を中心に導入したNAS電池システムでの例をまとめたものがある。

表 5.1 単一機能の主な例

	単一機能	単一機能の概要
従来機能	負荷平準化(LL)	夜間充電・昼間の放電により需要を抑制し料金を低減
	非常用電源(EPS)	停電時の非常用発電機の代替
	瞬時電圧低下対策(SPS)	雷等による瞬低時の被害を回避
	無停電対策	予期せぬ停電や入力電源異常を回避
今後期待される機能	発電機連携	発電機との連携により、周波数を調整
	デマンドレスポンス	需給調整を需要側で実施
	価格連動(電源差替)	買電価格と連動してコストメリット確保
	インバランス回避	計画値と実電力値との差分を補填しインバランス回避
	再エネ平滑化	再エネ発電出力の平滑化、同時同量の確保
	再エネ連携(FIP+インバ)	再エネ発電事業者のメリット最大化
	疑似慣性力	疑似慣性力により系統擾乱を抑えて系統を安定化
	地域マイクログリッド	非常時の地域内系統の安定化のためのバーファ機能
	その他	・無効電力制御・電圧制御 ・潮流制御 ・力率改善 等

(1) 従来機能

従来機能とは導入時に提案して現在でも活用している機能である。代表的なものとして夜間の比較的電力に余裕がある時間帯に安い電気を充電し、昼間の高い電気料金の高い時に出来るだけ放電して需要(買電)を削減して、年間通じての契約電力や購入電力を安くするように需要家の負荷を平準化する機能の例である。

また、停電時や瞬時電圧低下時の非常用電源機能と瞬時電圧低下での動作事例を以下に示す。

(a) 負荷平準化の概要

負荷平準化は昼間のピーク電力を蓄電池システムの放電で抑制し、夜間の比較的余裕のある時間帯に充電をするものである。下図は多くの需要家に設置した蓄電池システムの一日の充放電を合計してグラフ化したもので、個々の需要家においてもほぼこのようなパターンでの充放電が行なわれている(図 5.1 参照)。

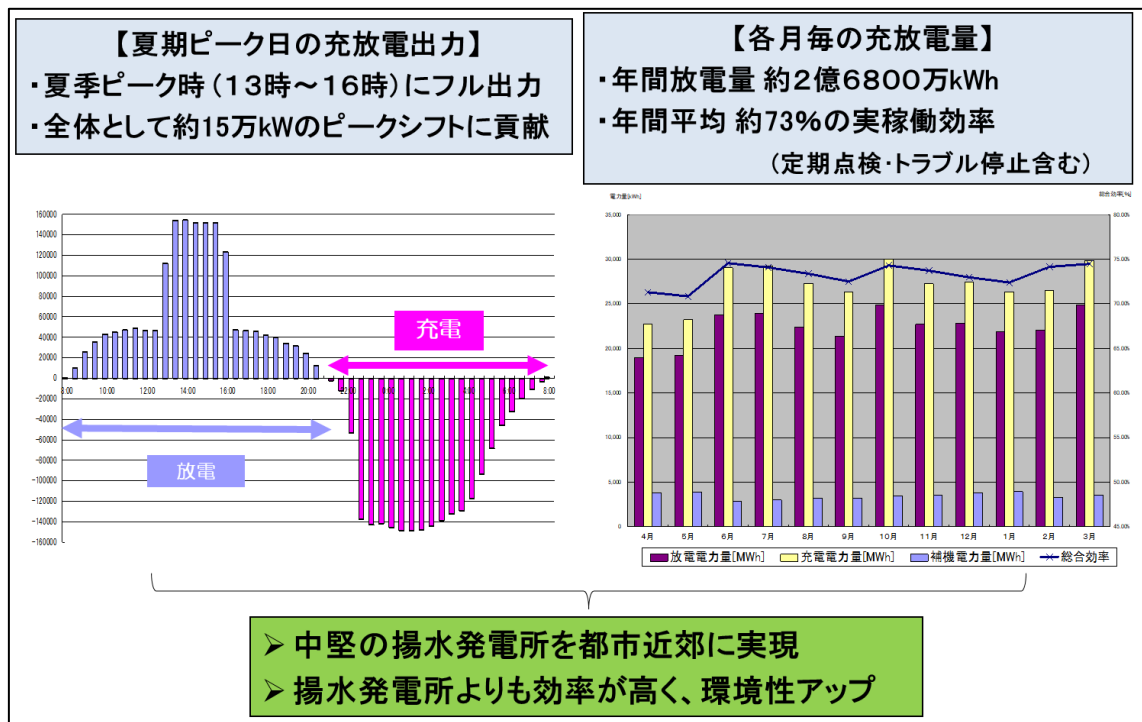


図 5.1 負荷平準化運転の実績例(2009 年度)

(b) 停電時の非常用電源機能の概要

電力系統で何らかの原因で停電に至った場合、蓄電池が有するエネルギーを利用して一部の負荷に一定の時間だけ電力を供給して社会生活や操業を維持する場合に非常用電源機能が用いられる。この機能ではいったん停電にはなるが数秒から数分で蓄電池システムが起動して一部の負荷への電力供給を復旧させる。

下図は上位系統の送電線が事故により断線した際に系統につながる需要家ビルに設置した蓄電池システムが非常用電源として稼働して、約 1 時間の停電時間内に一部負荷を救済した事例である(図 5.2 参照)。

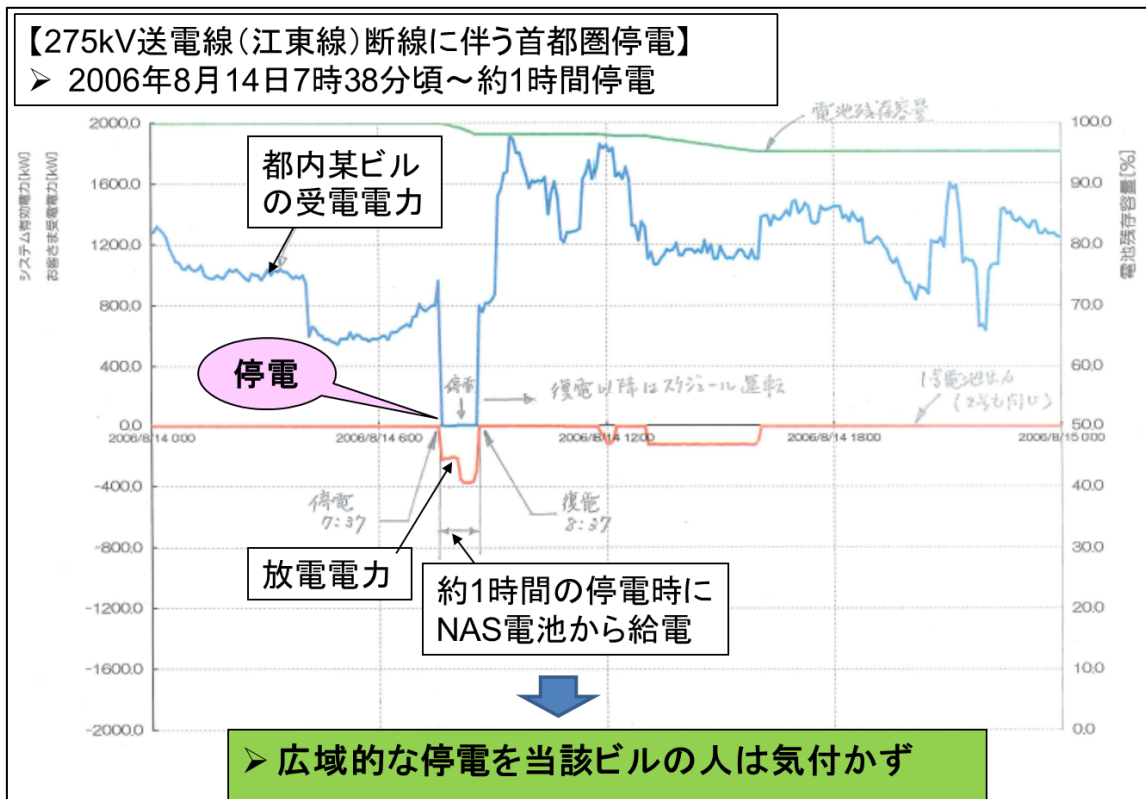


図 5.2 長時間停電時の非常電源活用実績例

(c) 瞬時電圧低下対策(瞬低対策)の概要

電力系統の送電線の多くは屋外に露出して運用されることから雷が落ちたりすると保護装置が働きごく短時間電圧が低下することがある。これを瞬時電圧低下現象というが半導体や液晶等の製造工場では電圧低下に伴う製造品質低下や生産装置の安全確保のために瞬低対策をする必要がある。このため動作スピードの早い蓄電池システムはこのような対策装置に適している。以下は東京電力に設置した蓄電池システムによる動作事例であり、瞬低発生後約 20 ミリ秒以内で重要負荷に電力を供給している(図 5.3 参照)。

さらに無停電で電力を供給する蓄電池システムもデータセンター等で多く採用されている。

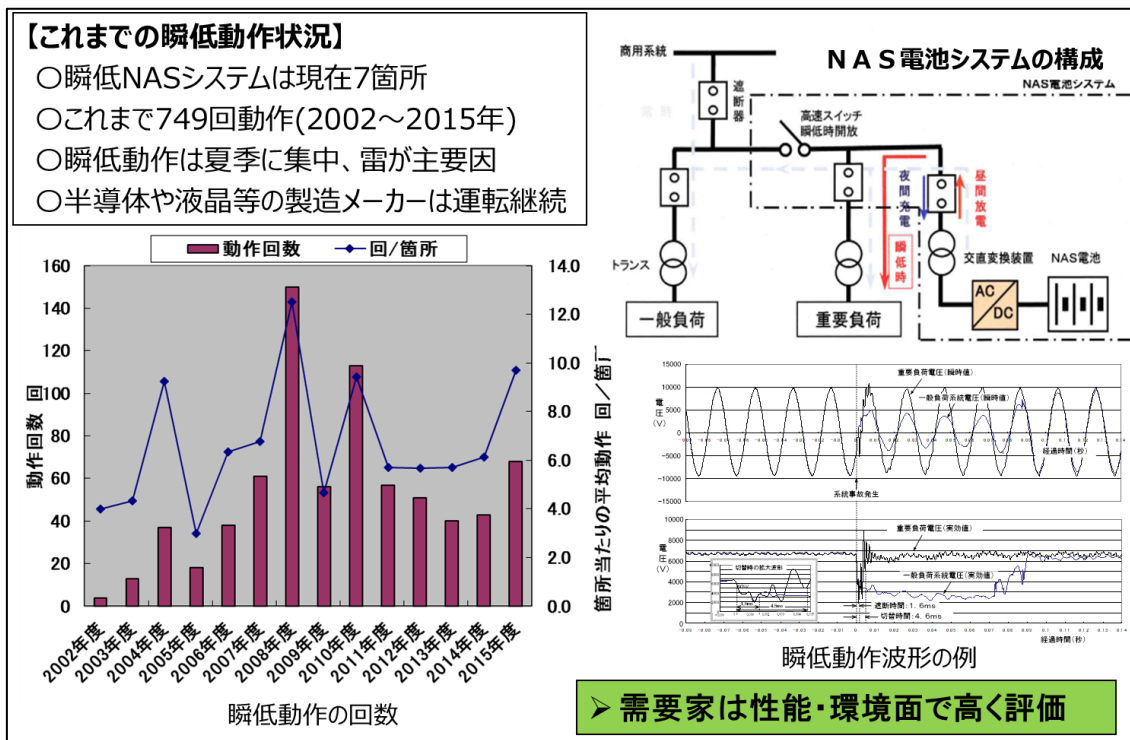


図 5.3 瞬低対策機能(SPS)付蓄電池システム

(2) 今後期待される機能

今後期待される機能とは、電力市場や再エネ連携等で最近、活用が開始された、あるいは今後活用が見込まれる機能である。その一部を以下に紹介する。

- 発電機連携
- デマンドレスポンス機能
- 価格連動(電源差替)
- インバランス回避
- 再エネ連携
- 疑似慣性力確保
- 地域マイクログリッド

従来機能に加えて、これらをまとめた単一機能の一覧表を以下に示す。

例えばこの中でデマンドレスポンス機能は以下のイメージである(図 5.4 参照)。

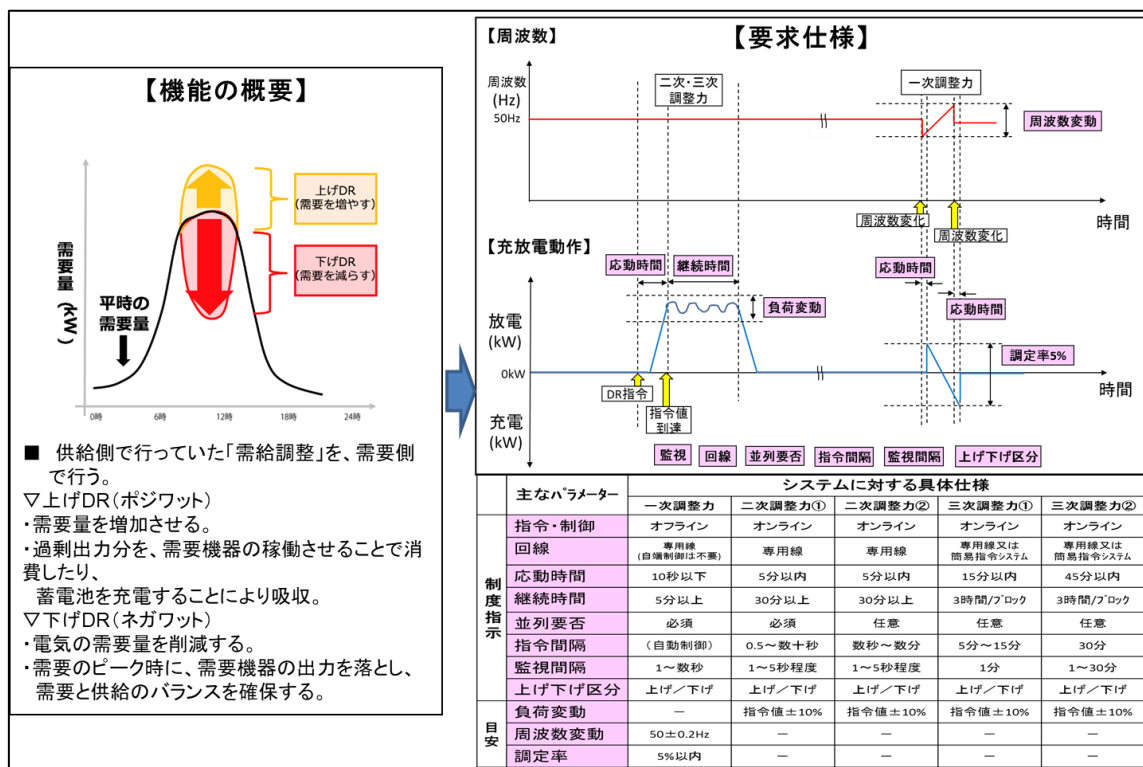


図 5.4 デマンドレスポンスの要求仕様の例

5-2 単一機能の主な仕様

これまでの適用実績や現状までの電力市場等における仕様検討等から各単一機能に対する主な仕様は以下のとおりである(表 5.2 ～5.12 参照)。この仕様値における数値は一部を除いて規格等で決まっているものではなく、これまでの運用で大まかに設定されている数値である。「システムに対する要求動作」はそれぞれの機能を満たす最低限の条件をおおまかに記載しており、具体的仕様の数値例はその条件に沿った数値、もしくは既にその機能を運用している仕様の数値を甘めに記載している。

(1) 負荷平準化の主な仕様例

表 5.2 負荷平準化の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
放電	応動時間(放電開始)	指令後速やかに立上り	1分以内に定格放電
	継続時間(放電)	必要時間継続	定格容量を継続放電
	応動時間(放電終了)	指令後速やかに立下り	1分以内に出力 0kW
	放電制御変動	30分 kWh 平均で負荷追従(同時同量)	指令値±10%以内

待機	待機時間	必要時間継続	1h 以上待機を継続
	待機制御変動	出力 0kW を継続	充放電 0kW を維持
充電	応動時間(充電開始)	指令後速やかに立上り	1 分以内に定格充電
	継続時間(充電)	必要時間継続	定格容量を充電継続
	応動時間(充電終了)	指令後速やかに立下り	1 分以内に出力 0kW
	充電制御変動	30 分 kWh 平均で負荷追従(同時同量)	指令値±10%以内
その他	負荷平準化タイミング	ピーク電力と電気料金に応じて	夜間充電, 昼間放電
	負荷平準化頻度	ピーク需要を平滑化	原則 1 サイクル/日

(2) 非常用電源機能の仕様例

表 5.3 停電対策の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
待機 ↓ 自立	応動時間(切替)	停電後速やかに電圧回復	40 分以内(消防法等)自立
	自立継続時間	指定時間継続	30 分～1 時間以上自立継続
	電圧変動	重要負荷に影響ない範囲	規定電圧±10%
	応動時間(切り戻し)	復電後速やかに切り戻し	復電後 30 分以内切り戻し
充電 ↓ 自立	応動時間(切替)	停電後速やかに電圧回復	40 分以内(消防法等)自立
	自立継続時間	指定時間継続	30 分～1 時間以上自立継続
	電圧変動	重要負荷に影響ない範囲	規定電圧±10%
	応動時間(切り戻し)	復電後速やかに切り戻し	復電後 30 分以内切り戻し
その他	過負荷耐量	励磁突入電流を考慮	定格出力の 1.5 倍耐量
	停電タイミング	いついかなる停電にも対応	停電タイミングは任意
	停電頻度	多頻度停電への対応が望ましい	通常 1 回/日程度

(3) 瞬低対策の仕様例

表 5.4 瞬低対策の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
待機 ↓ 自立	応動時間(切替)	瞬低時に重要負荷に影響なし	20 ミリ秒内で電圧確立※1
	自立継続時間	配電線再閉路時間以上	15 秒以上自立継続
	電圧変動	重要負荷に影響ない範囲	規定電圧±10%
	応動時間(切り戻し)	瞬低復帰後速やかに切り戻し	5 分以内(任意)
	瞬低検出電圧率	瞬低を素早く検出	定格電圧の 91%で動作
	瞬低電圧低下率	どのような瞬低にも対応	電圧低下率 100%※2
充電 ↓ 自立	応動時間(切替)	瞬低時に重要負荷に影響なし	20 ミリ秒内で電圧確立※1
	自立継続時間	配電線再閉路時間以上	15 秒以上
	電圧変動	重要負荷に影響ない範囲	規定電圧±10%
	応動時間(切り戻し)	瞬低復帰後速やかに切り戻し	5 分以内(任意)
	瞬低検出電圧率	瞬低を素早く検出	定格電圧の 91%で動作
	瞬低電圧低下率	どのような瞬低にも対応	電圧低下率 100%※2
その他	過負荷耐量	瞬低時切替時の過負荷耐量	定格出力の 1.2 倍耐量
	瞬低タイミング	いついかなる瞬低にも対応	停電タイミングは任意
	瞬低頻度	多重雷による瞬低にも対応	3 回以上/時間

(4) 発電機連携の仕様例

表 5.5 発電機連携の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
待機 ↓ 自立	応動時間(切替)	停電後速やかに電圧回復	5 分以内
	蓄電池単独自立時間	発電機起動まで単独自立	15 分程度
	蓄電池→発電機切替時間	発電機出力に応じて出力減	15 分程度
	発電機安定運転時間	系統停電の間	1～2 時間以上
	電圧変動	負荷・発電機に影響なし	規定電圧±10%

その他	過負荷耐量	励磁突入電流を考慮	定格出力の 1.5 倍程度
	停電タイミング	いついかなる停電にも対応	停電タイミングは任意
	停電頻度	希頻度を想定	1 回/日

(5) デマンドレスポンス(需給調整市場)の仕様例

表 5.6 需給調整市場の機能に要求される主な仕様

	主な パラメーター	システムに対する具体仕様例				
		一次調整 力	二次調整力 ①	二次調整力 ②	三次調整力 ①	三次調整力 ②
制 度 指 示	指令・制御	オフライン	オンライン	オンライン	オンライン	オンライン
	回線	専用線 (自端制御 は不要)	専用線	専用線	専用線又は 簡易指令シ ステム	専用線又は 簡易指令シ ステム
	応動時間	10 秒以内	5 分以内	5 分以内	15 分以内	45 分以内
	継続時間	5 分以上	30 分以上	30 分以上	3 時間/ブロック	3 時間/ブロック
	並列要否	必須	必須	任意	任意	任意
	指令間隔	(自動制 御)	0.5～数十秒	数秒～数分	専用線: 数秒～数分 簡易指令: 5 分	30 分
	監視間隔	1～数秒	1～5 秒程 度	1～5 秒程 度	専用線: 1～5 秒程度 簡易指令: 1 分	1～30 分
	上げ下げ区 分	上げ／下 げ	上げ／下げ	上げ／下げ	上げ／下げ	上げ／下げ
目 安	成功判定	平常時:調定率の傾き 異常時:10 秒で 90%	入札値 ±10%	入札値 ±10%	入札値 ±10%	入札値 ±10%
	周波数変動	平常時:±0.2Hz 以内 異常時:0.2Hz 超過	—	—	—	—
	調定率	5%以内	—	—	—	—

(6) 電源差替・インバランス回避機能の仕様例

表 5.7 価格連動・インバランス管理の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
価 格 連 動	応動時間(開始)	指令後すみやかに立ち上り	1 分以内に定格放電
	継続時間	必要時間継続	定格容量を継続放電
	応動時間(終了)	指令後すみやかに立ち下り	5 分程度
	発動頻度	電源価格が高いとき	2 回/日程度
	発動タイミング	同上	任意
	出力値	指令値以上	指令値以上
イ ン バ ラ ン ス 回 避	応動時間(開始)	指令後すみやかに立ち上り	1 分以内に定格放電
	継続時間	不足インバランス回避まで	1 時間以上
	応動時間(終了)	指令後すみやかに立ち下り	5 分程度
	発動頻度	インバランスの程度に応じて	3 回/日程度
	発動タイミング	インバランス発生時	任意
	出力値	指令値以上	指令値以上

(7) 再エネ平滑化の仕様例

表 5.8 再エネ平滑化の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
出 力 平 滑 化	応動時間(開始)	指令後すみやかに立ち上り	1 分以内
	平滑化継続時間	必要時間継続	蓄電池容量範囲
	応動時間(終了)	使令後すみやかに立ち下り	5 分以内
	指令値変動範囲	30 分 kWh 平均で発電追従	指令値±10%

(8) FIP インバランス対応の仕様例

表 5.9 FIP+インバランス対応の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
--	----------	--------------	--------

充 電	応動時間(充電開始)	指令後すみやかに立ち上り	1 分以内
	平滑化継続時間	必要時間継続	蓄電池容量範囲
	応動時間(終了)	使令後すみやかに立ち下り	5 分以内
	指令値変動範囲	30 分 kWh 平均で発電追従	指令値±10%
放 電	応動時間(放電開始)	指令後すみやかに立ち上り	1 分以内
	平滑化継続時間	必要時間継続	蓄電池容量範囲
	応動時間(終了)	使令後すみやかに立ち下り	5 分以内
	指令値変動範囲	30 分 kWh 平均で発電追従	指令値±10%

(9) 疑似慣性力(VSG)の仕様例

表 5.10 疑似慣性力(VSG)の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
充 放 電	動作スピード	同期発電機と同等	同期発電機と同等
	周波数変動への応答	〃	〃
	過負荷(過電流)耐量	〃	〃
	動作可能時間	〃	〃
	短絡強度	〃	〃
	故障電流供給能力	〃	〃
	同期化力	〃	〃
	その他	〃	〃

(10) 地域マイクログリッドの仕様例

表 5.11 地域マイクログリッドの機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
移 行 動	ブラックスタート	突入電流回避	系統条件により異なるので省略
	シームレス移行	電流源から電圧源への移行	〃

作	同期投入	連系復帰時の同期投入	〃
自立 運 転	自立制御	電圧源動作	〃
	応答速度	再エネ変動、負荷変動に対応	〃
	電圧変動幅	連系運転時と同等	〃
	周波数変動幅	連系運転時と同等	〃
	継続時間	自家発電機容量との兼ね合い	〃

(11) 電圧・無効電力の仕様例

表 5.12 無効電力制御・電圧制御の機能に要求される主な仕様

	主なパラメーター	システムに対する要求動作	具体的仕様例
充 電	応動時間	・電圧制御: 早い ・上位からの指令: 遅い ・需要家での力率制御: 遅い	系統条件により異なるので省略
	継続時間	常時継続	〃
	制御量(P,Qの優先)	P 優先	〃
放 電	応動時間	・電圧制御: 早い ・上位からの指令: 遅い ・需要家での力率制御: 遅い	〃
	継続時間	常時継続	〃
	制御量(P,Qの優先)	P 優先	〃

5-3 単一機能の仕様整理と分類

前項で紹介した単一機能の仕様のうち代表的な数値をとりまとめたものを次の表に示す(表 5.13 参照)。それぞれの機能の中で、電力系統に接続している状態での仕様を「系統連系」、停電時等で電力系統から切り離された状態での仕様を「自律運転」で表記を分類した。

表 5.13 単一仕様のとりまとめ

評価項目		機能	負荷平準化	非常用電源	瞬低対策	需給調整市場				容量市場	卸市場		再エネ連系		系統安定化	
						一次	二次①②	三次①	三次②	電源1	電源差替	インフラ回避	平滑化	FIP対応	慣性力	再エネ安定化
系統連系	放電	応動速度	1分以内	1分以内	1分以内	10秒以内	5分以内	15分以内	45分以内	4時間以内	1分以内	1分以内	1分以内	1分以内	5msec以内	系統条件により異なる なか安定化
		継続時間	1～6時間	1分以内	1分以内	5分以上	30分以上	3時間	3時間	3時間	1時間以上	1時間以上	2時間以上	2時間以上	5分以上	
		放電出力	任意	任意	任意	周波数追従	指令値	指令値	指令値	定格	任意(定格)	定格	再エネ追従	再エネ追従	周波数追従	
	制御精度(出力基準)	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	90%以上	特になし	特になし	±10%以内	±10%以内	±5%以内	
	応動速度	1分以内	1分以内	1分以内	10秒以内	5分以内	15分以内	45分以内			1時間以上	2時間以上	2時間以上	5分以上		
	継続時間	1～6時間	1分以内	1分以内	5分以上	30分以上	3時間	3時間			1時間以上	2時間以上	2時間以上	5分以上		
	充電入力	任意	任意	任意	周波数追従	指令値	指令値	指令値			定格	再エネ追従	再エネ追従	周波数追従		
	制御精度(出力基準)	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内	±10%以内			特になし	±10%以内	±10%以内	±5%以内		
	継続時間	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上	1時間以上		
	待機	待機方式	停止	停止	停止	常時運転	ゲートオフ(GO)	停止/GO	停止/GO	停止/GO	停止/GO	ゲートオフ(GO)	ゲートオフ(GO)	ゲートオフ(GO)	常時運転	
その他	動作頻度	1サイクル/日	1サイクル/日	1サイクル/日	常時	8回/日	8回/日	8回/日	2回/日	2回/日	2回/日	2回/日	2回/日	常時		
	動作条件	スケジュール	スケジュール	スケジュール	自端/指令	発動指令	発動指令	発動指令	発動指令	発動指令	発動指令	発動指令	発動指令	発動指令	自端/両端	
自立運転	放電	周波数変動対応(Hz)													50Hz維持	系統条件により異なる なか安定化
		応動速度		40分以内	20msec以内										5msec以内	
		継続時間		1時間以上	15秒以上										5分以上	
	放電出力		負荷追従	負荷追従										周波数追従		
	制御精度		電圧±10%	電圧±5%										±5%以内		
	応動速度													5msec以内		
	継続時間		1時間以上	1時間以上										5分以上		
	充電入力		負荷追従	負荷追従										周波数追従		
	制御精度		電圧±10%	電圧±5%										±5%以内		
	待機	継続時間		1時間以上	1時間以上									1時間以上		
その他	待機方式		ゲートオフ(GO)	常時運転										常時運転		
	動作条件		停電発生	瞬低発生										系統擾乱		
	自立頻度		2回程度/日	5回程度/日										5回程度/日		
	過電流耐量		150%	120%										短絡相当		
	周波数変動対応(Hz)		50±0.2	50±0.2										50±0.2		

この一覧表から平常時の系統連系運転における動作条件を分類すると以下の運転機能面で区分できる。

I：スケジュールによる自動運転

II：発動指令による遠隔運転

III：自端制御による自律運転

また、蓄電池システムの異常時の自立運転における動作条件を分類すると以下で区分できる。この区分は蓄電池システムの結線やハード面での違い意味している。

A：自立運転機能なし(表の動作条件に記載なし) →系統連系システム

B：停電時の非常用電源機能 →非常用電源対策システム

C：瞬時電圧低下時の瞬低対策機能 →瞬低対策システム

D：系統擾乱時の系統安定化機能 →系統安定化システム

これらから蓄電池システムを機能毎に分類すると以下の表のようなマトリクスが形成できる(表 5.14 参照)。

表 5.14 運転機能面と結線等ハード面の分類によるマトリクス化

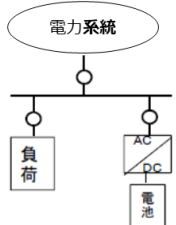
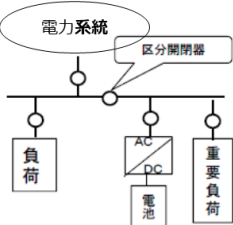
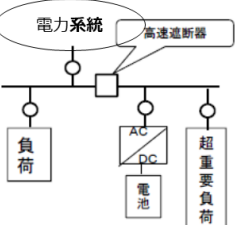
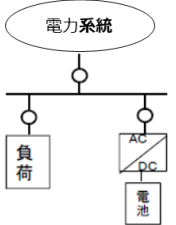
		平常時	異常時(自立運転機能付き)			
		A:系統連系システム	B:非常電源対策システム	C:瞬低対策システム	D:系統安定化システム	
系統連系運転	I:スケジュール運転 ・負荷平準化	I -A	I -B	I -C	I -D	
	II:発動指令運転 ・需給調整(2次・3次) ・容量市場 ・卸電力市場 ・再エネ連系	II -A	II -B	II -C	II -D	
	III:自端自律運転 ・需給調整(1次) ・慣性力維持	III -A	III -B	III -C	III -D	

(1) 機能に応じた蓄電池システムの性能向上

(a) 蓄電池システムの結線等のハード面の区分

蓄電池システムの結線等のハード面の区分については以下の表が参考となる(表 5.15 参照)。通常の系統連系システムは負荷と並列に設置されているが、自立運転機能付きのシステムは停電や瞬低の際に蓄電池システムが一般負荷から分離・起動する開閉や制御方式になっている。また系統安定化システムは系統連系システムと結線的には同じだが、系統擾乱を戻す方向に高速に系統と親和する高度な制御機能(VSG:仮想同期発電機能等)が具備されている。

表 5.15 ハード面(機器構成面)の違い

	平常時	異常時(自立運転機能付き)		
	A: 系統連系システム	B: 非常電源対策システム	C: 瞬低対策システム	D: 系統安定化システム
主な結線				
主な具備機能	・充放電機能 ・系統連系機能	・充放電機能 ・系統連系機能 ・停電検出機能 ・系統区分機能 ・自立運転機能 (・復電検出機能) (・自動同期連系機能)	・充放電機能 ・系統連系機能 ・瞬低検出機能 ・高速系統区分機能 ・自立運転機能 ・復電検出機能 ・自動同期連系機能	・充放電機能 ・系統連系機能 ・周波数検出機能 ・慣性力機能 ・短時間過負荷機能
動作	・分オーダー	・連系→自立45秒以内	連系→自立20msec以内	・異常時5～10ミリ秒以内
耐量	・電圧変動5% ・過負荷なし	・電圧変動5～10% ・過負荷150%程度	・電圧変動10% ・過負荷120%程度	・電圧変動10% ・過負荷200%程度

(b) 蓄電池システムの運転面の区分

蓄電池システムの運転面の区分としては、蓄電池システムそのものにスケジュール運転のパターン等が組み込まれていて時間等の条件においてスタンドアロンで自動運転するものと、外部からの遠隔指令を受け付けて運転できるもの、そして系統の状態を蓄電池システムそのものが検知して自律的に運転するものに区分できる。主な概要は以下のとおり(表 5.16 参照)。

表 5.16 ソフト面(運転面)の違い

		動作概要	主な包括仕様(イメージ)				
			応動速度	継続時間	出力	制御精度	その他
系 統 連 系 運 転	I : スケジュール運転 ・ 負荷平準化	【自動運転】 需要家の電気料金(基本料金+重量料金)の低減のために毎日運転	1分以内	1～6時間	定格内で任意	30分同時同量	1サイクル/日
	II : 発動指令運転 ・ 需給調整(2次・3次) ・ 容量市場 ・ 卸電力市場 ・ 再エネ連系	【遠隔指令運転】 系統運用者や小売り・発電事業者による制御指令を遠隔から受けて運転	1分以内	30分～3時間	定格内で任意	±10%程度	2サイクル/日程度
	III : 自端自律運転 ・ 需給調整(1次) ・ 慣性力維持	【自律運転】 系統周波数や電圧の変化を装置自体が検出して変化に応じて系統安定化運転	10秒以内	5分以上	・ 定格内で任意(1次) ・ 短時間過負荷(慣性力)	±10%程度	系統擾乱時のみ短時間多数回

(2) 機能の分類とマトリクスに対する蓄電池システムの実力評価

機能の分類マトリクスに対して現状の蓄電池システムの実力について見通しは以下と推定できる。

(a) 蓄電池システムの結線等のハード面の区分に対する評価

自立運転機能のないもの(A:)はもとより、停電時の非常用電源機能(B:)、瞬低時の瞬低対策機能(C:)は既に多くの蓄電池システムでその機能の実績があり実力的には問題になるところはないと言える。ただし系統擾乱時の系統安定化機能(D:)については、PCS 側がどれだけの仮想同期発電機機能(VSG)を有するかどうかであり、実際に実装されたものはまだ少ないと言える。

(b) 蓄電池システムの運転面の区分に対する評価

これらについても PCS 側には既にスケジュールによる自動運転(I:)が実装されるものが多く、外部からの発動指令による遠隔運転(II:)も通信装置の付加と PLC への信号の受け渡し方式の選択により多くの蓄電池システムで実装されている。

また自動検出による自律運転(III:)についても周波数や電圧等の変動に応じて出力を変動させることは実装されている機種が現時点で少なくとも技術的にはあまり問題とはならない。

総じて、蓄電池システムは高速な充放電や高い精度の制御が可能であることから現状求められる単一機能の性能仕様は殆ど満足するものと推定できる。

6. マルチユースの実績と期待、及び課題

【概要】これまで導入された蓄電池システムでは負荷平準化をベースに非常用電源としての機能を既にマルチに運用されている場合が多い。さらに最近の電力市場の創設に伴いこれにチャレンジしている実態にある。また蓄電池をビジネスとして扱う事業者がどのようなマルチユースを求めているのかを分類・整理するとともに、現状における課題を例示する。

6-1 現状におけるマルチユースの主な実績

既存の蓄電池システムにおいて運用実態を個々に調査したところ、当初から導入目的として負荷平準化をベースとして万一の停電時に非常用電源機能や瞬低対策を行うものは当初からマルチユース運用がなされていたと言える。最近ではこのような既設の蓄電池システムに対して空いている運用期間に可能な範囲で出力・容量を追加運用する場合が増えている。その多くは電力市場や電源価格に応じて充放電を行うデマンドレスポンスが挙げられる。

(1) 既設の蓄電池システムにおけるマルチユースの実績

現状では NAS 電池等の比較的大容量の蓄電池システムでマルチユースが先行しているがその一部の例を下図に示す(図 6.1 参照)。この例では負荷平準化と非常用電源、そしてデマンドレスポンスや価格連動をマルチユースで運用している。その運用イメージとしては、非常用電源は停電時の対応として必要な容量を事前に確保しておいた上で、通常の系統連系時にまず、夜間充電・昼間放電の単純な負荷平準化運転を基本パターンとして運転している。ここで最近の再エネ増大により昼間は太陽光発電が多くなるため JEPX における発電単価が安くなる傾向にあるため、小売事業者の電気料金も昼間ピーク時安くなるメニューができつつあり、この時間帯には放電を抑制する場合においてメリットが高くなる。代わりに夕方太陽光発電が減る時には JEPX における発電単価が高くなる傾向があるため、小売事業者の電気料金も高くなりがちになるため、夕方は放電を高める方場合においてメリットが高くなる。

さらに電力市場において再エネ発電の予測が外れた時に送配電事業者が調整力を購入する三次調整力②の発動や需給がタイトな場合に発動される電源 I' によって、通常のパターン運転に加えて出力を増大させることで送配電事業者からの報酬を増やせるため、遠隔からの指令で動くようにしている。ただし、指令が来た場合にどれだけ動かすのかについて事前に非常用電源としての制約や契約電力との兼ね合い、さらに蓄電池システムの劣化影響や運転メリットの比較検討等により市場対応としての出力・容量をあらかじめ検討しておく必要がある。

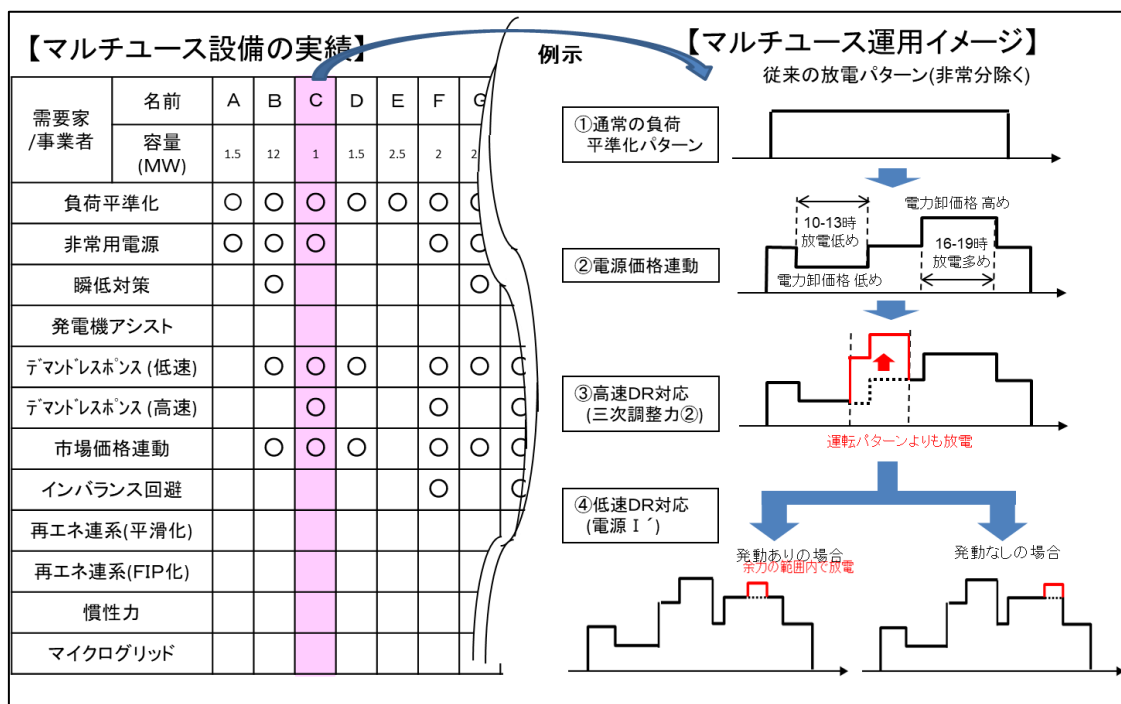


図 6.1 マルチユース設備の実績と運用イメージ

(2) マルチユースの主な種類

マルチユースを行うにあたってはその運用方法として大きく、図 6.2 のように分類できる。

- ・ 同時刻マルチユース
- ・ 時系列マルチユース
- ・ 異常時マルチユース

同時刻マルチユースは上図のイメージで説明したとおり、複数のユースケースで出力・容量を配分するものだが、時系列マルチユースや異常時マルチユースは季節や時間帯、また停電等の条件別にユースケースが変わるものを指している。このようなマルチユースをいかに使い分けるかが蓄電池システム設置者や運用者に求められてくる。

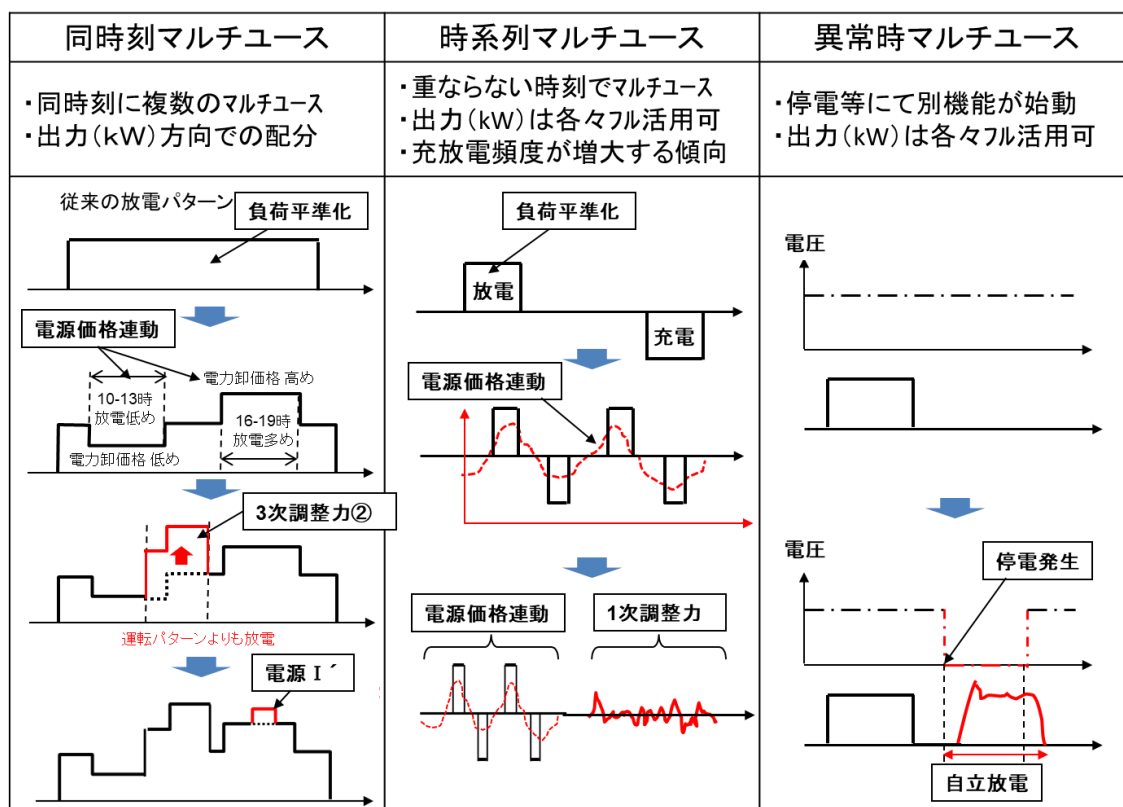


図 6.2 マルチユース運用の種別イメージと特徴

6-2 各事業者が期待するマルチユース

マルチユースは事業者毎にどのような目的・用途で蓄電池システムを運用するかによって区分され、下表のように整理される(表 6.1 参照)。これらの用途は多分にこれらの運用を行うための制度や市場の整備状況、そして運用への対価としてどれだけのインセンティブが得られるかによって今後ともまざまに追加され変化していくことが予想される。

(1) 主な活用目的・用途

主な活用目的・用途の概要は以下のとおり。

表 6.1 各事業者としての活用用途の概要

主な事業者	主な目的・用途	概要
需要家	電気料金削減	夜間の比較的余裕のある安い電力を蓄電池に貯めて昼間に放電することにより、契約電力の削減と時間帯ごとの購入価格を低減する。
	非常電源確保	停電の際に蓄電池をバックアップ電源として重要負荷を救済する。
	電源品質確保	落雷等による系統電圧の瞬時電圧低下を防ぎ、半導体等の精密部品製作等の操業に影響を与えない。
小売事業者・リソースアグリゲーター	蓄電池サービス	上記需要家のニーズを捉えて小売事業者等が蓄電池の多目的利用を提案する。
	再エネサービス	需要家が所有する太陽光等の再エネ発電を昼間貯蔵することによってFIP等による再エネ発電メリットを最大化する。
	エリアサービス	地域マイクログリッドにより、災害等による長時間の停電時においてもエリア内の再エネや発電機と蓄電池と組み合わせて安定運用する。
送配電事業者	系統対策	電力系統の安定度向上や地域マイクログリッドの安定運用のために、周波数や慣性力等により安定的に機能させる。
発電事業者	発電対策	FIP制度や発電インバランス回避により、発電事業者のメリット最大化を図る。

またユーザーである各事業者から寄せられた蓄電池システムに期待するマルチユースの概要は以下のとおりである。

➤ 送配電事業者

系統運用者としては蓄電池システムについて以下に期待が寄せられている。

- カーボンニュートラルの実現
- 自然災害へのレジリエンス対応
- エネルギー情勢不安も含めた電力需給逼迫対応
- 再エネ大量導入に伴う系統混雑緩和、慣性力対策

➤ 蓄電池活用事業者

蓄電池をビジネスとして活用する事業者としては蓄電池システムへの大きな期待が挙げられる一方で、マルチユース化の方向だがそれでも自然普及するだけのメリット評価には至っていないということが全ての事業者の課題感であった。主な概要は以下のとおりである。

- 系統用蓄電池としては需給安定と再エネ活用に期待。
- 産業用需要家向け蓄電池としては、再エネ活用、需給調整、電力市場取引、防災・BCP に期待しているが要望としては以下のとおりである。
 - ・ メーカー毎に異なる仕様の中で最低限の共通項の DB 化・標準化
 - ・ 個別の仕様のオプション化
 - ・ 蓄電池システムとしてオールインワン化
 - ・ 処分費を含めた蓄電池システムの導入コスト低減、規制緩和、助成の継続
- 業務用需要家向け蓄電池、家庭向け蓄電池としても BCP 対応、ピークカット、再エネ活用最

大化、需給調整等に期待しているが要望としては以下のとおりである。

- ・ 家庭用蓄電池システムはパッケージ化されているがマルチユースに向けては機能不足
- ・ 仕様の標準化、通信コスト削減
- ・ マルチユースを行なっても投資回収困難のため更なる仕様の標準化、通信コスト低減

(2) 各事業者が期待するマルチユースの組合せ

蓄電池に関わる主な事業者が考えるビジネス(サービス)について整理した結果を以下に示す(表 6.2 参照)。これは蓄電池システムを活用する以下の事業者毎に、現時点及び今後予想される情勢や制度変更を捉えて必要となるマルチユースをイメージ化したものである。ただし、マルチユースをどう実現するかはユーザーである各事業者のノウハウである。

- ・ 需要家(電気料金削減、非常電源確保、電力品質確保)
- ・ 小売事業者(蓄電池サービス、再エネサービス、エリアサービス)
- ・ アグリゲーター(需給調整、再エネサービス、エリアサービス)
- ・ 系統運用者(周波数調整、需給調整、電圧調整)
- ・ 発電事業者(売電料金最大化)

表 6.2 各事業者としてのマルチユースのニーズ例

主な事業者	需要家					小売・RA						系統	発電
主な目的 (A: 大容量, B: 小容量)	電気料金削減	非常電源確保		電源品質確保		蓄電池サービス		再エネサービス		エリアサービス		系統対策	発電対策
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
負荷平準化	○	○		○		○							
非常用電源		○	○	○		○	○			○			
瞬低対策				○	○		○						
発電機アシスト					○		○						○
デマンドレスポンス(低速)		○		○		○	○					○	
デマンドレスポンス(高速)		○	○	○	○	○	○			○	○	○	○
市場価格連動	○	○		○		○				○			○
インバランス回避						○	○	○	○	○	○		○
再エネ連系(平滑化)								○		○			○
再エネ連系(FIP化)								○	○	○			○
疑似慣性力										△	△	○	
地域マイクログリッド										○	○	○	

(3) マルチユース活用のマトリクス分類と各事業者のニーズ

前章において、単一機能の本来あるべき要求仕様について、単一仕様のとりまとめ、機能の分類のマトリクス化、各種事業者としてのマルチユースのニーズを整理してきた。そしてこれらを組み合わせる

と以下のようなイメージになる(図 6.3 参照)。

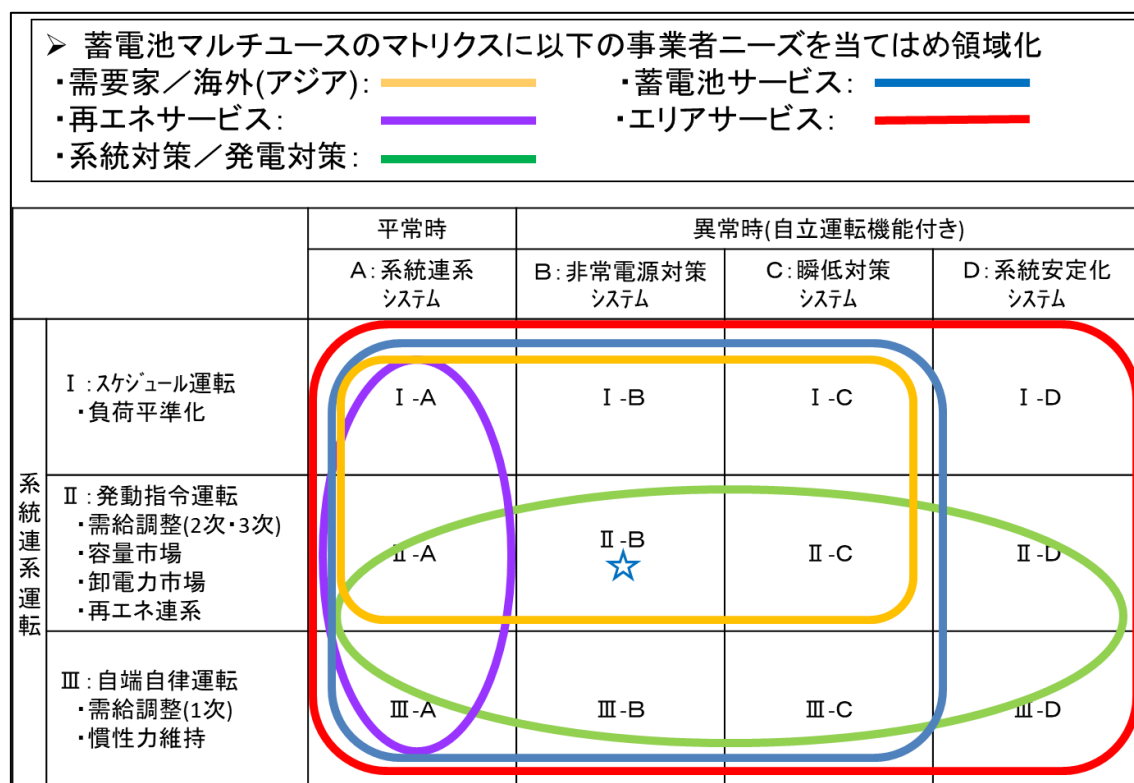


図 6.3 マトリクス類型への事業者ニーズの落とし込み

このマトリクス上のニーズが重なるものは汎用性の高いシステムとなることから蓄電池システムのメーカーとしては出来るだけ汎用性の高い領域に的を絞った設計・製造が必要となるが、このマトリクスに本来は引き合いの量や製造コストの違いが網羅されなければならない。一般的にこのマトリクスではハード的には右(A:→D:)へ行けば行くほど高度な技術が必要となる。また、運転的には下(I:→III:)に行けば行くほど付加すべき部品や技術が必要となる。したがってマトリクス上では右下に行けば行くほど値段も上がっていく傾向にある。しかしながらその一方で、その方向に行けば行くほどマルチユースの幅が広がっていくことになる。

現時点で設置者もしくは蓄電池活用事業者のビジネス面からはハード的には非常電源対策機能(B:)、運転面からは外部からの発動指令運転機能(II:)、すなわちII-Bあたりの製品が最も汎用的なものであると推定できる。

6-3 マルチユース実施上の課題

既に前章で述べたようにマルチユースを実施するにあたって蓄電池システム自体の技術的課題は少ないと言える。とは言え、既設の蓄電池システムにて現行の電力市場でマルチユースを容易にこなしているかと言えば一概にそうではない実態がある。またビジネス面を考慮するとマルチユースができ

れば蓄電池システムが普及拡大するかという現状では厳しい面がある。マルチユースを行なうにあたってのそれらの課題について以下に例示する。

(1) 電力市場における計量方法の課題

(a) 計量方法の種類

需要家設置の蓄電池システムの場合、デマンドレスポンスで求められる仕様が現状で受電点計量でのアセスメント評価であるため、需要側の負荷変動によっては蓄電池システムの出力・容量が対応できない場合がある。この点については、現在国の審議会で受電点での計量ではない、機器点計量の採用について議論されている。その違いを簡単にまとめると以下のとおりである(図 6.4 参照)。

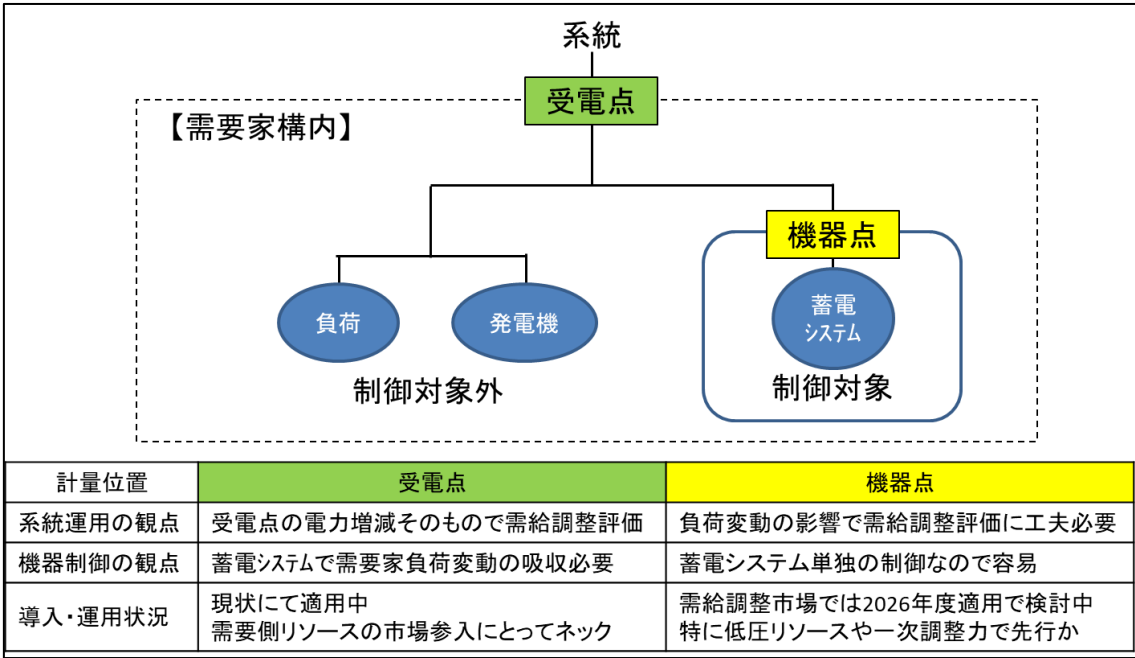


図 6.4 受電点計量と機器個別計量の概要

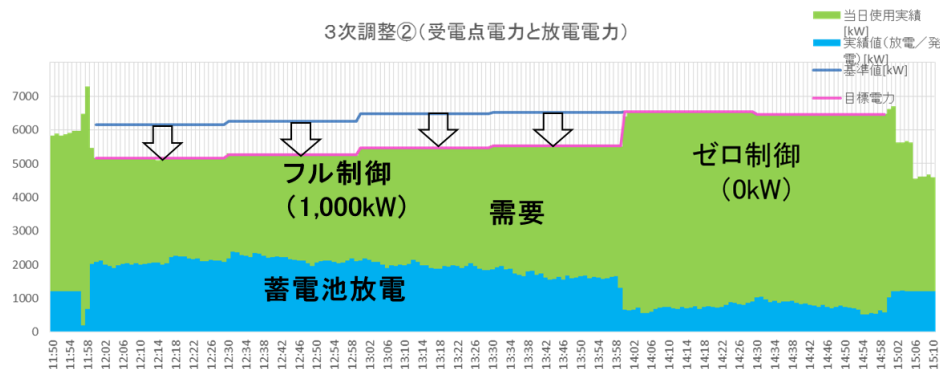
(b) 需要家設置の蓄電池システムにおける三次調整力②市場での実施例

現行の受電点計量で行なっている需給調整市場における三次調整力②で実施例をもとに説明する。

➤ 成功動作の例

2021 年度から始まった需給調整市場の三次調整力②の実施例を以下に示す(図 6.5 参照)。この例では系統運用者からの 12 時～14 時で 1000kW 指令、14 時～15 時で 0kW 指令に対して、負荷変動を吸収しながら 1000kW±10%の許容値を満足して成功動作となっている。

- 2,000kW蓄電池による需給調整市場(三次調整力②)での実施状況の例
- 発動指令(12時)から3時間ブロックで評価。需要の予測値に対して30分毎の指令値を差し引いた目標電力(30分kWh平均)を合わせるように制御



- 系統運用者からの12時～14時で1,000kW指令(フル制御)、14時～15時で0kW指令(ゼロ制御)に対して、負荷変動を吸収しながら1,000kW±10%の許容値を満足(成功動作)
- 他の実施例においてもほぼ同様。比較的0kW指令(ゼロ制御)になるケースが多かった。

図 6.5 需給調整市場(三次調整力②)の実施例

➤ 失敗動作の例

同じ箇所においてうまく動作しなかった(アセスメント失敗)例を以下に示す(図 6.6 参照)。ここでは当日の需要が事前の予想を大幅に下回り、基準値から指令値を下げた目標値をも下回ったために蓄電池の放電では制御不能の状態(俗に言う自然 DR)となったために4ブロック中1ブロック(○印の箇所)で許容値(−10%)を逸脱したものである。

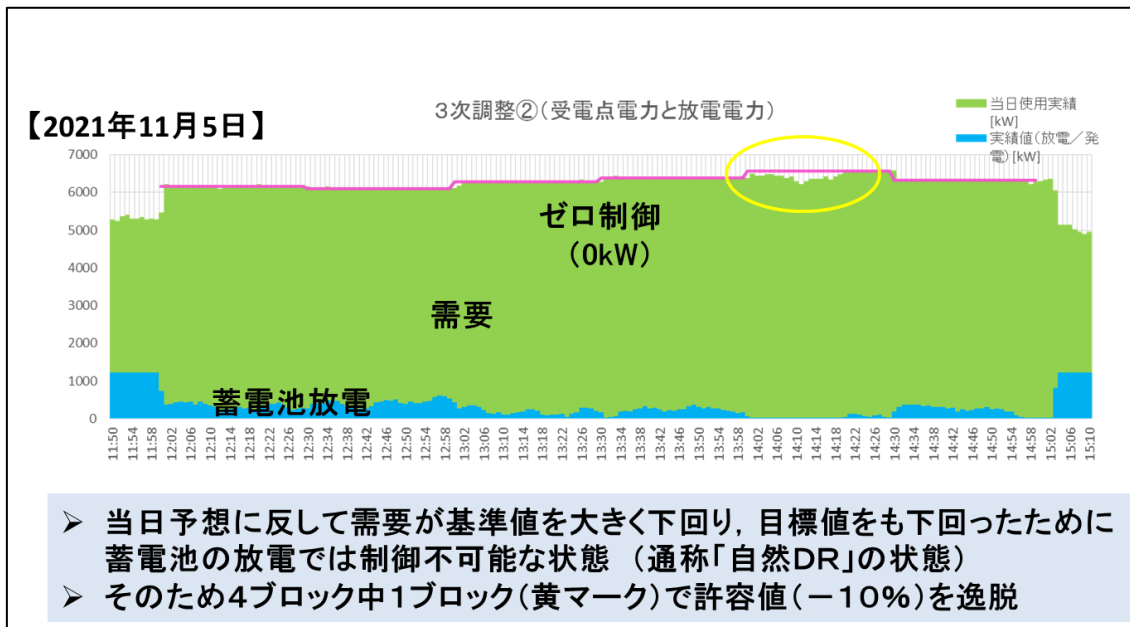


図 6.6 三次調整力②の失敗事例

➤ 需要家の負荷変動の例

以上の失敗動作の原因となった需要家の負荷変動の予想外れは大半の需要家に起こりうる。ここで産業用需要家の負荷変動とベースラインとなる基準値の予測との差異の例を以下に示す(図 6.7 参照)。

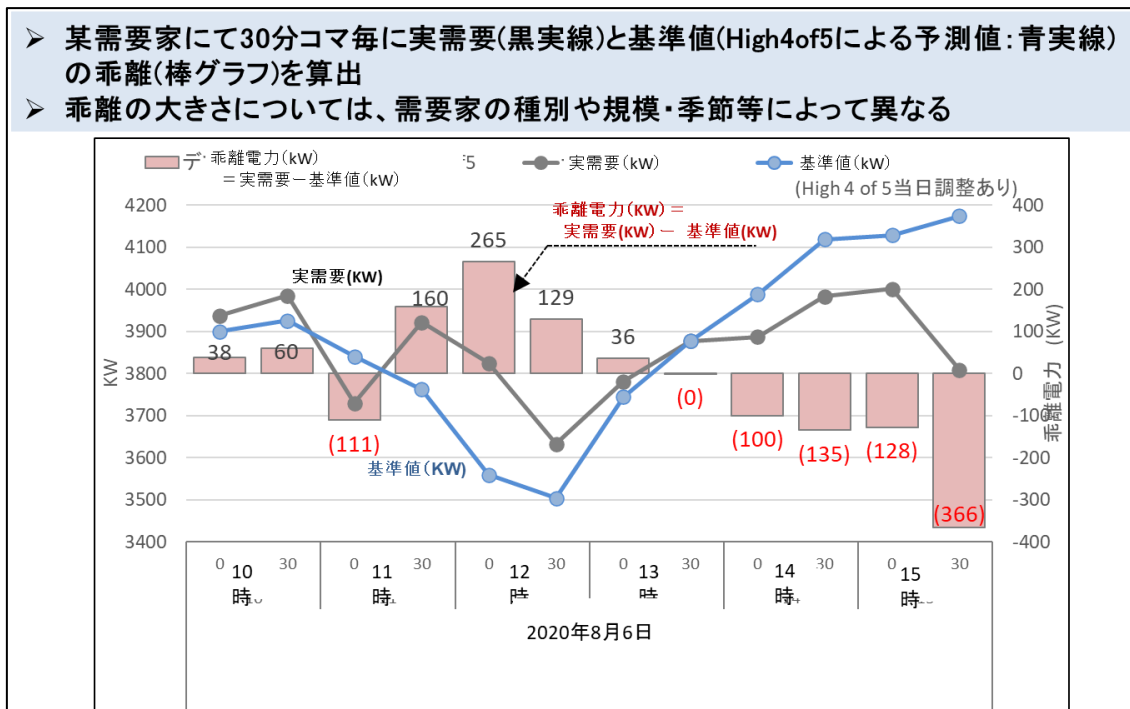


図 6.7 需要家の負荷変動の例(1)

この差異をさらに年間にわたって頻度分布を取ったものを以下に示すが、これを見て分かれるとおり年間を通じて実需要と予測値の乖離が 80%回避するためには±300kW、95%回避するためには±500kW の蓄電池システムが機能しないと DR が成功しないこととなる(図 6.8 参照)。これを改善するためには受電点計量を機器点計量にしていけることが考えられ、そのような検討が国の審議会でも継続されている。

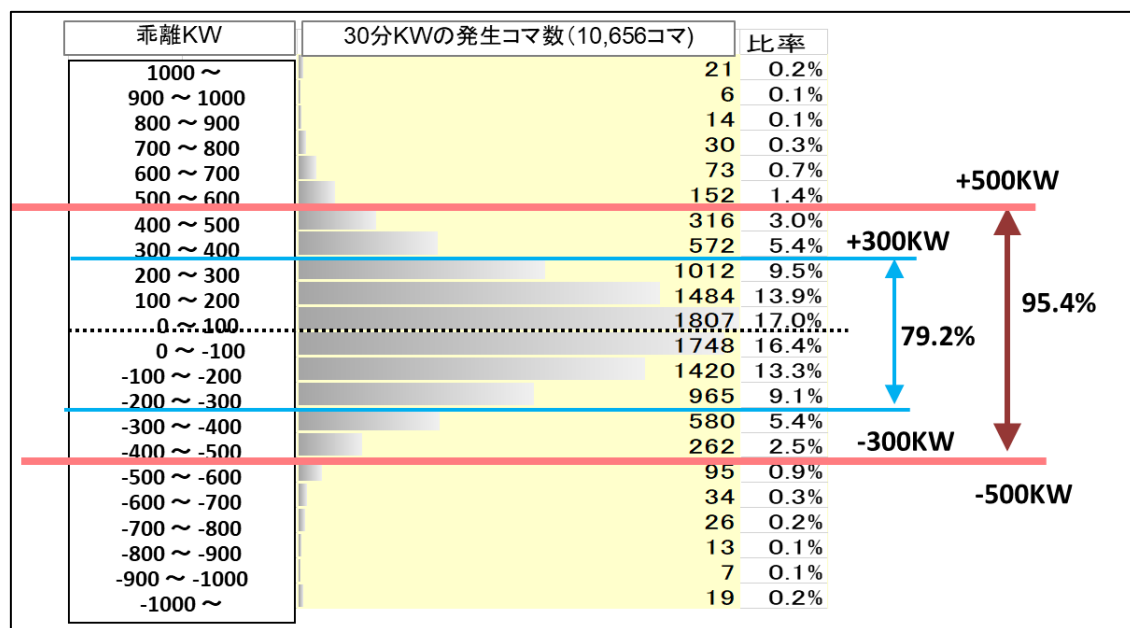


図 6.8 需要家の負荷変動の例(2)

(c) 家庭用蓄電池等を活用した三次調整力②の実証試験の例

経済産業省資源エネルギー庁「令和 3 年度 分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業」において、家庭用蓄電池等低圧リソースを活用した三次調整力②制御検証の結果を以下に示す。低圧需給調整市場は 2026 年度から開設される予定として国等関係機関において検討が進められているが、実証では市場参入要件である最低入札量 1MW 超の家庭用蓄電池やエネファームをアグリゲートし、2025 年度に商品ブロック時間と継続時間が 3 時間から 30 分に短縮になることを見越して試験を行なっている。

実証試験では三次調整力②のアセスメントⅡ検証(30 分値判定)だけでなく、事前審査検証(5 分値判定)も実施してアグリゲートした全体の受電電力を合計した受電点計量にいずれも規定値を満足している例である。受電点計量でもアグリゲートする箇所数が多くなると全体の変動は集合効果により緩和される傾向にあると推定できる。

表 6.3 実証参加エネルギーリソース

リソース種別	台数
供出可能量	1,300kW 3,740台
家庭用蓄電池	650台
エネファーム	3,090台

表 6.4 判定結果

コマ	30分値成功判定	5分値成功判定
1	○(2.93%)	100%(6/6成功)
2	○(4.28%)	100%(6/6成功)
平均	100%(2/2コマ成功)	100%(12/12成功)
発動前(1時間)基準値絶対誤差平均		2.49%

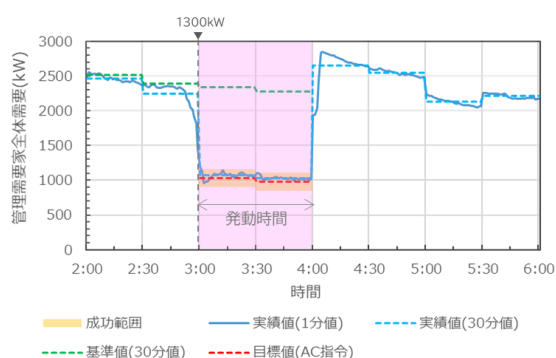


図 6.9 アセスメントⅡ検証(30 分値判定)

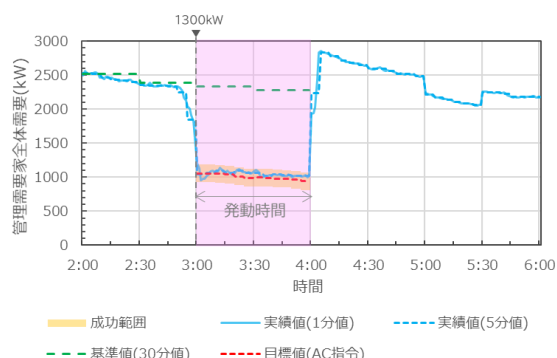


図 6.10 事前審査検証(5 分値判定)

(d) 系統用蓄電池の場合

機器点計量は蓄電池システム単体の入出力の計量を指しており、受電点計量のように蓄電池システム以外の需要家構内の負荷や発電の変化に影響しない。したがって計量はシンプルであり蓄電池システムに限らずこの計量方法であれば電力市場へ参入するリソースは格段に増えるものと考えられる。国の審議会ではこの移行に向けて現在検討中である。

また、需要家設置ではなく単独に系統に接続される系統用蓄電池は他に負荷等がないので受電点計量でありながら機器点計量と同じである。ただし、日本の電力市場設計においては下図に示すとおり、balancing groupが発電と需要とで分かれており、双方を兼ねることはできない(図 6.9 参照)。系統用蓄電池の場合、発電設備となるため発電balancing groupに属することになる。この場合、需要家設置で運用する負荷平準化等の機能がマルチユースとして組み込めない難点がある。そのため高いインセンティブが期待できる一次調整力等への参入はできても需要家設置で得られる導入メリットが得られにくいというビジネス上の課題がある。

	需要側蓄電池	系統用蓄電池
概要図	系統 受電点 負荷 蓄電システム 【需要家構内】	系統 受電点 蓄電システム 【発電所構内】
設備の扱い	蓄電システムは需要設備の付帯設備	蓄電システムは発電設備
所属BG	需要バランスグループ(需要BG)	発電バランスグループ(発電BG)
可能なマルチユース	・負荷平準化 ・需要側の電力市場 ・需要インバランス 他	・FIP対応(発電平滑化) ・発電側の電力市場 ・発電インバランス 他

図 6.11 発電と需要のバランスグループの違い

(2) ビジネス面の課題

蓄電池活用事業者が総じて挙げていた課題としては、蓄電池のマルチユース実施により価値を上げる努力をしたとしても多くのケースで導入コストが運用メリットを上回ってしまう実態が示されている(図 6.10 参照)。

(a) 通常のマルチユースでの試算例

ここでの導入コストはインisialコストに加えて運転期間(約 15 年間)におけるメンテナンス等の運用コストも含めている。運用メリットも運転期間中に需要家のピークシフト運転(ピーク期間)と需給調整市場(三次②)のデマンドレスポンス(ピーク期間以外)での対応を想定してメリット試算を行っている。

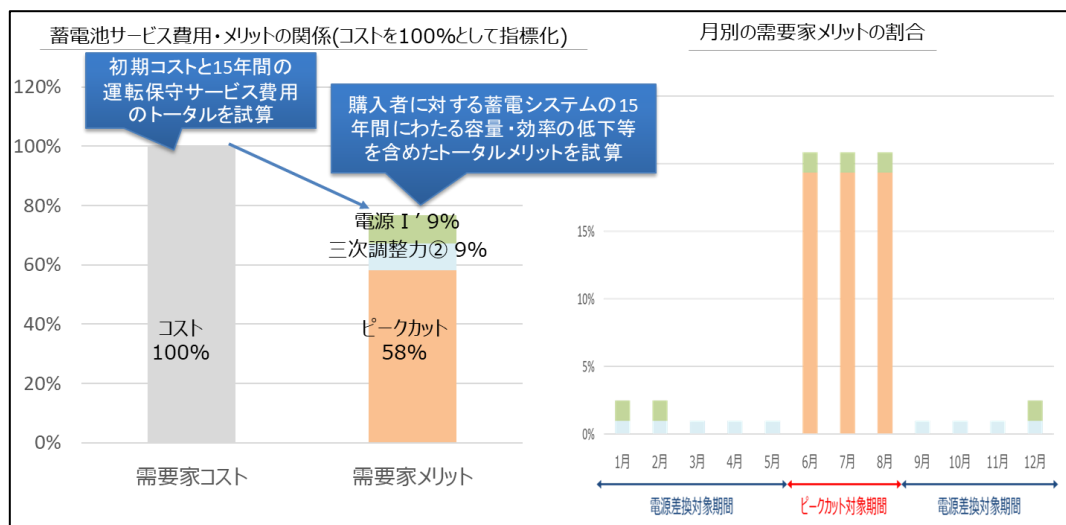


図 6.12 蓄電池の現行の運用による効果試算イメージ

(b) マルチユースの工夫による試算例

マルチユースを JEPX での電源価格の安い時に充電し、高い時に放電することを最大 2 回／日で行うことを組み入れてマルチユースした場合の例を以下に示す(図 6.11 参照)。これを行うことで導入コストより運用メリットが若干上回ることとなり、このような試算を需要家に示すことで蓄電池ビジネスがうまくいく可能性がある。ただしこのようなケースは需要家の負荷実態によって大きく変わり、現時点の導入コストでは成り立ちにくい現状にある。

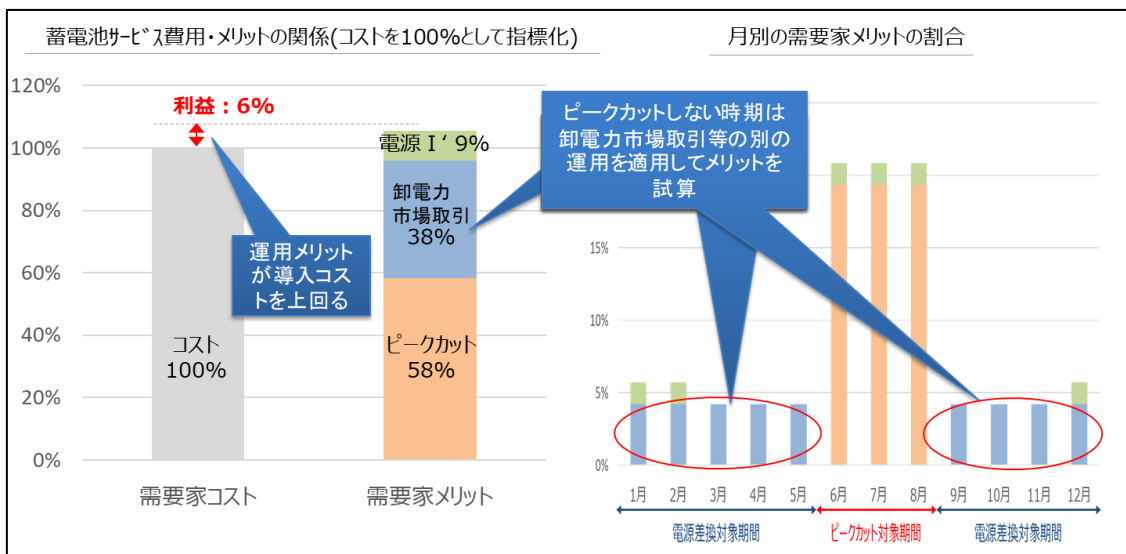


図 6.13 蓄電池のマルチユース運用による効果イメージ

マルチユースを実施するにあたって、このような試算を出来るだけ正確に行うことが特に重要である。この試算によって導入する需要家等を納得させることができればいいが、これを間違った試算結果で説明したがゆえに導入後にそのような結果が得られず導入先との信頼関係を損なうケースも多々あり、蓄電池活用事業者にとっての大きなリスクに発展する可能性がある。これを防止するためには需要家や蓄電池活用事業者等のユーザーと蓄電池・PCS のメーカーとの間の情報共有や認識のすり合わせがとても重要となる。この点については後述する。

(c) マルチユース失敗時のリスク

既に 4 章にて需給調整市場のメニューの概要(表 4.2)で一部記載したとおり、電力市場への参入者は市場での応動が要件に満たさない場合は一定のペナルティーを負うこととなる。これはみだりに市場に参入して規律を乱すことを防止するだけでなく、指令に対して応動がうまくいかに需給や周波数調整といった安定供給に支障をきたさないためにも必要なルールである。市場制度設計においては海外での事例等も参考にペナルティーが決められており、需給調整市場で運用中の三次調整力②においては、応動時規定値未達の場合は金銭面でのペナルティーとして落札額の 1.5 倍のペナルティが課せ

られている。また契約不履行面ではペナルティー発生回数(落札ブロック単位でカウント)が月あたり3回以上となった場合、事前審査を再実施することが課せられている。これらのペナルティーについてはそれぞれの市場メニュー毎に定められているため、参入する際にはビジネス面でのリスクとして考慮すべきことである。さらに蓄電池システムのメインの機能(もっとも導入目的に則した機能)として、停電・瞬低対策や負荷平準化等の機能があるが、これらが電力市場への参入のための出力・容量のシェアのために、いざ必要となったときに機能しなかったり、制約が出てしまうと大きな損失に発展する可能性がある。そのためにマルチユースを行なう際には各機能の優先順位付けを行なうことが大切である。その順番は導入目的や失敗時の損失額やペナルティー額等の金銭面の多寡によって定めておく必要がある。これらについては導入時やマルチユースを運用する際に蓄電池システムの所有者等と十分協議しておくことが大切である。

7. 求められるマルチユースの仕様

【概要】蓄電池システムのハード面・ソフト面などで類型化されたマルチユースのマトリクス毎に概略仕様を抽出する。その中で最もコストパフォーマンスが得られやすい汎用システムを中心に製造コスト削減の可能性等についても言及する。

7-1 マルチユースのための仕様・評価波形の検討にあたって

マルチユースの仕様を抽出するためには、マルチユースの内訳となるそれぞれの単一機能の仕様等を踏まえて次の考え方で抽出した。

- 単一機能で既存の規格に仕様や波形が明示されている場合はその規格に準拠
- 現状で規格がないものについては、包含される機能で最も厳しい仕様値を設定
- 仕様値については、導入箇所の要件や制度・市場の動向も考慮して決定
- 評価波形の以下の項目についても、導入箇所の要件や制度・市場の動向も考慮して決定
 - ・ 出力や継続時間等の指令値の設定
 - ・ 外部要因としての受電電力や再エネ出力の変動の範囲とスピード
 - ・ 外部要因としての電圧や周波数の変動の範囲とスピード
 - ・ マルチユースを校正する機能をより現実的な時系列で組合せ
 - ・ 発動タイミングや継続時間については支障ない範囲で任意に設定

以上の考え方でマトリクスの中のブロックで汎用的なものを以下に例示する(図 7.1 ～7.5 参照)。
ただし前章で述べたとおり、蓄電池システムを設置する場所によって活用できるバランシンググループが需要側と発電側に分かれるため、適用できるマルチユースの項目は限られる場合があるが、製造メーカーにとっては蓄電池システムとして需要側・発電側のどちらのグループにも適用できるシステムとして設計できるので、仕様としてはメーカー側の視点で見てもらいたい。

(1) 需要家／海外向けマルチユース仕様(I -C)

類型	マルチユース機能	主な仕様																																	
I -C ★	【系統連系時】 ・負荷平準化	<table><tr><th colspan="2">評価項目</th><th>主な仕様</th></tr><tr><td rowspan="10">系統連系</td><td rowspan="4">放電</td><td>応動速度</td><td>1分以内</td></tr><tr><td>継続時間</td><td>1～6時間</td></tr><tr><td>放電出力</td><td>任意</td></tr><tr><td>制御精度(出力基準)</td><td>±10%以内</td></tr><tr><td rowspan="4">充電</td><td>応動速度</td><td>1分以内</td></tr><tr><td>継続時間</td><td>1～6時間</td></tr><tr><td>充電入力</td><td>任意</td></tr><tr><td>制御精度(出力基準)</td><td>±10%以内</td></tr><tr><td rowspan="2">待機</td><td>継続時間</td><td>1時間以上</td></tr><tr><td>待機方式</td><td>ゲートオフ(GO)</td></tr><tr><td rowspan="2">その他</td><td>動作頻度</td><td>1サイクル/日</td></tr><tr><td>周波数変動対応(Hz)</td><td>スケジュール</td></tr></table>		評価項目		主な仕様	系統連系	放電	応動速度	1分以内	継続時間	1～6時間	放電出力	任意	制御精度(出力基準)	±10%以内	充電	応動速度	1分以内	継続時間	1～6時間	充電入力	任意	制御精度(出力基準)	±10%以内	待機	継続時間	1時間以上	待機方式	ゲートオフ(GO)	その他	動作頻度	1サイクル/日	周波数変動対応(Hz)	スケジュール
	評価項目		主な仕様																																
系統連系	放電	応動速度	1分以内																																
		継続時間	1～6時間																																
		放電出力	任意																																
		制御精度(出力基準)	±10%以内																																
	充電	応動速度	1分以内																																
		継続時間	1～6時間																																
		充電入力	任意																																
		制御精度(出力基準)	±10%以内																																
	待機	継続時間	1時間以上																																
		待機方式	ゲートオフ(GO)																																
その他	動作頻度	1サイクル/日																																	
	周波数変動対応(Hz)	スケジュール																																	
【瞬低時】 ・瞬低対策	<table><tr><td rowspan="10">自立運転</td><td rowspan="4">放電</td><td>応動速度</td><td>20msec以内</td></tr><tr><td>継続時間</td><td>15秒以上</td></tr><tr><td>放電出力</td><td>負荷追従</td></tr><tr><td>制御精度</td><td>電圧±5%</td></tr><tr><td rowspan="4">充電</td><td>応動速度</td><td>1時間以上</td></tr><tr><td>継続時間</td><td>1時間以上</td></tr><tr><td>充電入力</td><td>負荷追従</td></tr><tr><td>制御精度</td><td>電圧±5%</td></tr><tr><td rowspan="2">待機</td><td>継続時間</td><td>1時間以上</td></tr><tr><td>待機方式</td><td>ゲートオフ(GO)</td></tr><tr><td rowspan="2">その他</td><td>動作条件</td><td>瞬低発生</td></tr><tr><td>自立頻度</td><td>5回程度/日</td></tr><tr><td>過負荷耐量</td><td>120%</td></tr><tr><td>周波数変動対応(Hz)</td><td>50±0.2</td></tr></table>		自立運転	放電	応動速度	20msec以内	継続時間	15秒以上	放電出力	負荷追従	制御精度	電圧±5%	充電	応動速度	1時間以上	継続時間	1時間以上	充電入力	負荷追従	制御精度	電圧±5%	待機	継続時間	1時間以上	待機方式	ゲートオフ(GO)	その他	動作条件	瞬低発生	自立頻度	5回程度/日	過負荷耐量	120%	周波数変動対応(Hz)	50±0.2
自立運転	放電	応動速度			20msec以内																														
		継続時間			15秒以上																														
		放電出力			負荷追従																														
		制御精度		電圧±5%																															
	充電	応動速度		1時間以上																															
		継続時間		1時間以上																															
		充電入力		負荷追従																															
		制御精度		電圧±5%																															
	待機	継続時間		1時間以上																															
		待機方式	ゲートオフ(GO)																																
その他	動作条件	瞬低発生																																	
	自立頻度	5回程度/日																																	
過負荷耐量	120%																																		
周波数変動対応(Hz)	50±0.2																																		

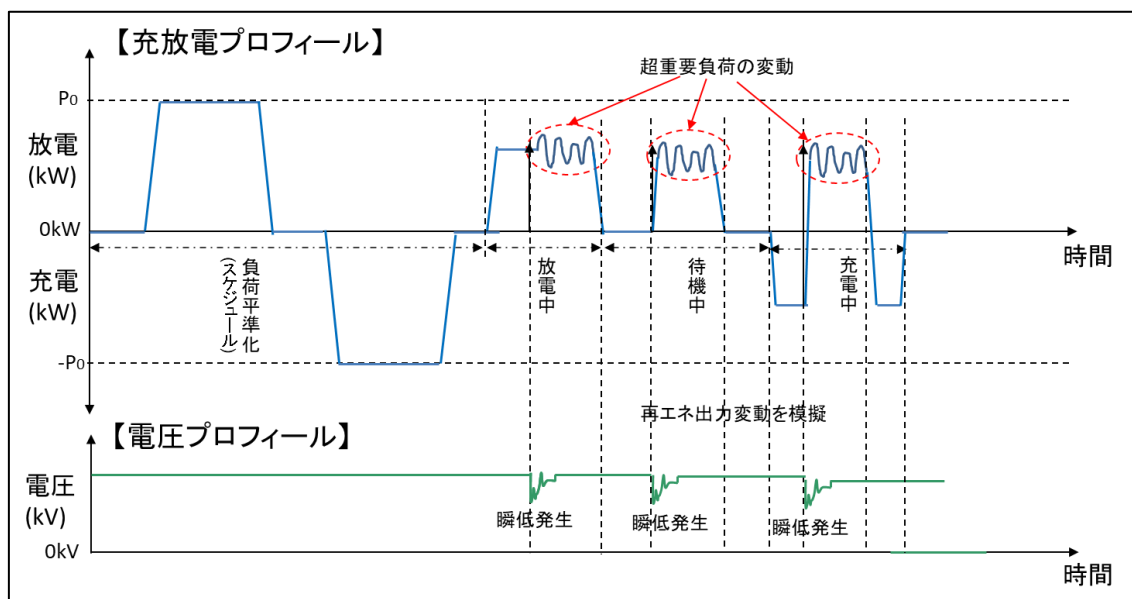


図 7.1 需要家／海外向けマルチユース仕様 (I-C)

(2) 蓄電池ビジネス向けマルチユース仕様 (II-B)

類型	マルチユース機能	主な仕様			
II-B ★	【系統連系時】 ・負荷平準化 ・需給調整市場(三次②) ・容量市場(電源 I') ・卸市場(電源差替、インバース回避) ・再エネ連系(平滑化、FIP対応) 【停電時】 ・非常用電源	評価項目		主な仕様	
		系統連系	放電 充電 待機 その他	応動速度 継続時間 放電出力 制御精度(出力基準) 応動速度 継続時間 充電入力 制御精度(出力基準) 継続時間 待機方式 動作頻度 動作条件 周波数変動対応(Hz)	1分以内 3時間 指令値 ±10%以内 1分以内 3時間 指令値 ±10%以内 1時間以上 ケットオフ(GO) 8回/日 発動指令
		自立運転	放電 充電 待機 その他	応動速度 継続時間 放電出力 制御精度 応動速度 継続時間 充電入力 制御精度 継続時間 待機方式 動作条件 自立頻度 過負荷耐量 周波数変動対応(Hz)	40分以内 1時間以上 負荷追従 電圧±10% 1時間以上 負荷追従 電圧±10% 1時間以上 ケットオフ(GO) 停電発生 2回程度/日 150% 50±0.2

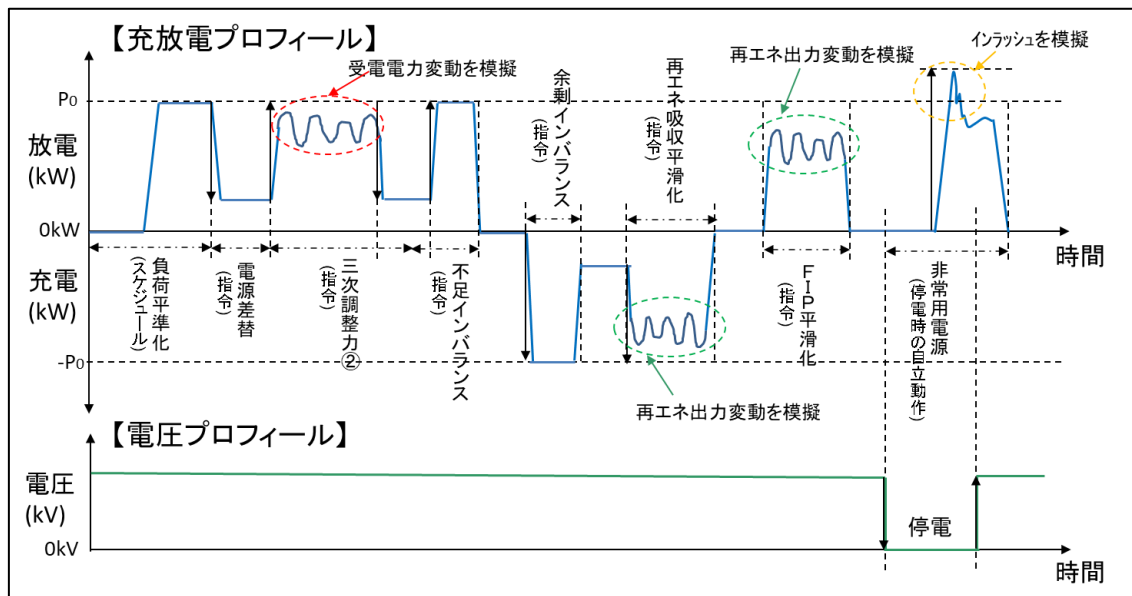


図 7.2 蓄電池ビジネス向けマルチユース仕様 (Ⅱ-B)

(3) エリアサービス向けマルチユース仕様 (Ⅱ-C)

類型	マルチユース機能	主な仕様			
Ⅱ-C ★	【系統連系時】 ・負荷平準化 ・需給調整市場(三次②) ・容量市場(電源Ⅰ') ・卸市場(電源差替、インバランス回避) ・再エネ連系(平滑化、FIP対応) 【停電時】 ・非常用電源 ・瞬低対策	評価項目		主な仕様	
		系統連系	放電	応動速度	1分以内
継続時間	3時間				
放電出力	指令値				
制御精度(出力基準)	±10%以内				
充電	応動速度		1分以内		
	継続時間		3時間		
	充電入力		指令値		
	制御精度(出力基準)		±10%以内		
待機	継続時間	1時間以上			
	待機方式	ゲートオフ(GO)			
その他	動作頻度	8回/日			
	動作条件	発動指令			
自立運転	放電	応動速度	20msec以内		
		継続時間	15秒以上		
		放電出力	負荷追従		
		制御精度	電圧±5%		
	充電	応動速度	1時間以上		
		継続時間	15秒以上		
		充電入力	負荷追従		
		制御精度	電圧±5%		
	待機	継続時間	1時間以上		
		待機方式	ゲートオフ(GO)		
	その他	動作条件	瞬低発生		
		自立頻度	5回程度/日		
過負荷耐量		120%			
周波数変動対応(Hz)		50±0.2			

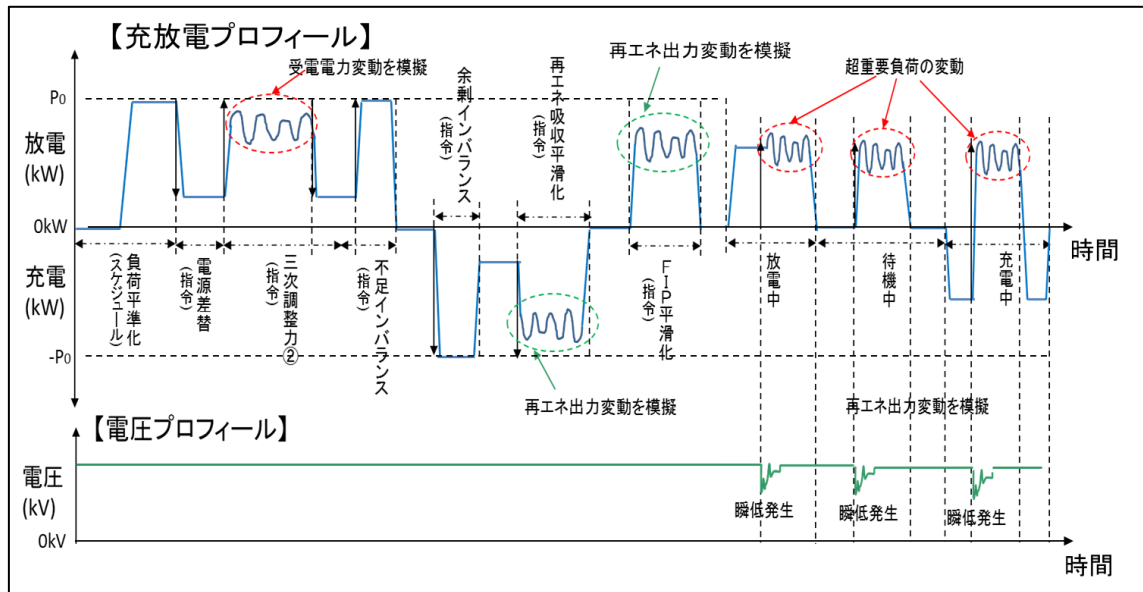


図 7.3 エリアサービス向けマルチユース仕様 (Ⅱ-C)

(4) 再エネ連携向けマルチユース仕様 (Ⅱ-A)

類型	マルチユース機能	主な仕様																																					
Ⅱ-A ☆	【系統連系時】 ・負荷平準化 ・需給調整市場(三次②) ・容量市場(電源Ⅰ’) ・卸市場(電源差替、インバランス回避) ・再エネ連系(平滑化、FIP対応) 【停電時】 ・特になし	<table><tr><th colspan="3">評価項目</th><th>主な仕様</th></tr><tr><td rowspan="13">系統連系</td><td rowspan="3">放電</td><td>応動速度</td><td>1分以内</td></tr><tr><td>継続時間</td><td>2時間以上</td></tr><tr><td>放電出力</td><td>再エネ追従</td></tr><tr><td rowspan="3">充電</td><td>制御精度(出力基準)</td><td>±10%以内</td></tr><tr><td>応動速度</td><td>1分以内</td></tr><tr><td>継続時間</td><td>2時間以上</td></tr><tr><td rowspan="2">待機</td><td>充電入力</td><td>再エネ追従</td></tr><tr><td>制御精度(出力基準)</td><td>±10%以内</td></tr><tr><td rowspan="4">その他</td><td>継続時間</td><td>1時間以上</td></tr><tr><td>待機方式</td><td>ゲートオフ(GO)</td></tr><tr><td>動作頻度</td><td>常時</td></tr><tr><td>動作条件</td><td>発動指令</td></tr><tr><td></td><td></td><td>周波数変動対応(Hz)</td><td></td></tr></table>	評価項目			主な仕様	系統連系	放電	応動速度	1分以内	継続時間	2時間以上	放電出力	再エネ追従	充電	制御精度(出力基準)	±10%以内	応動速度	1分以内	継続時間	2時間以上	待機	充電入力	再エネ追従	制御精度(出力基準)	±10%以内	その他	継続時間	1時間以上	待機方式	ゲートオフ(GO)	動作頻度	常時	動作条件	発動指令			周波数変動対応(Hz)	
		評価項目			主な仕様																																		
		系統連系	放電	応動速度	1分以内																																		
				継続時間	2時間以上																																		
				放電出力	再エネ追従																																		
			充電	制御精度(出力基準)	±10%以内																																		
				応動速度	1分以内																																		
				継続時間	2時間以上																																		
			待機	充電入力	再エネ追従																																		
				制御精度(出力基準)	±10%以内																																		
その他	継続時間		1時間以上																																				
	待機方式		ゲートオフ(GO)																																				
	動作頻度		常時																																				
	動作条件		発動指令																																				
			周波数変動対応(Hz)																																				

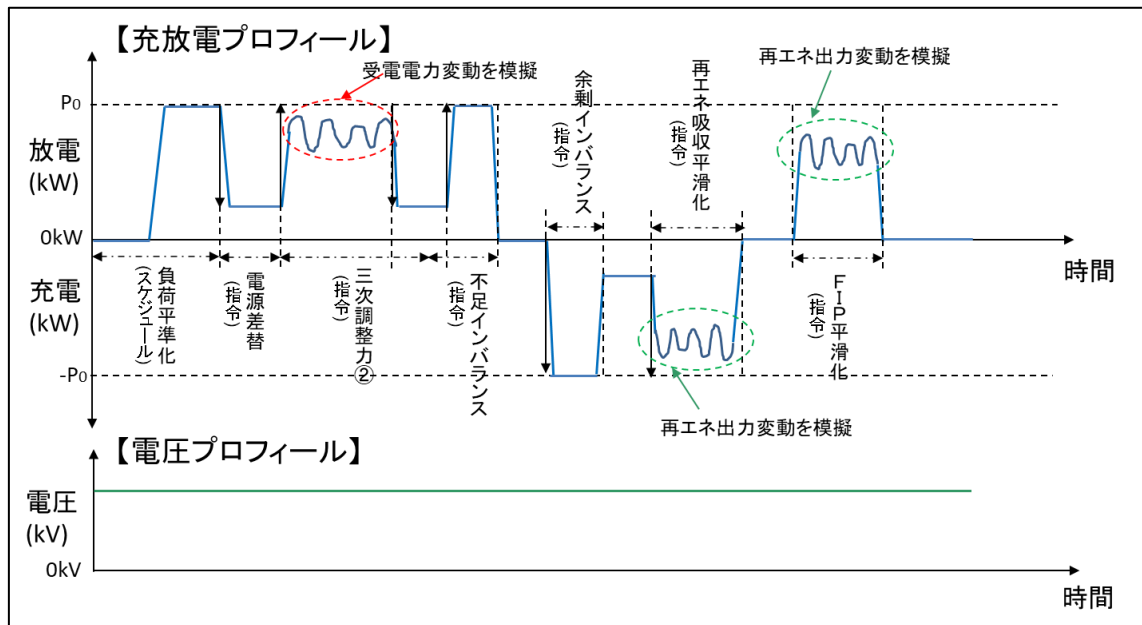


図 7.4 再エネ連携向けマルチユース仕様(Ⅱ-A)

(5) 系統連系向けマルチユース仕様(Ⅲ-D)

類型	マルチユース機能	主な仕様			
Ⅲ-D ☆	【系統連系時】 ・負荷平準化 ・需給調整市場(一次～三次②) ・容量市場(電源Ⅰ') ・卸市場(電源差替、インバランス回避) ・再エネ連系(平滑化、FIP対応) ・系統安定化 【停電時】 ・瞬低対策 ・非常用電源 ・瞬低対策 ・系統安定化	評価項目		主な仕様	
		系統連系	放電	応動速度	5msec以内
				継続時間	1時間以上
			充電	放電出力	周波数追従
				制御精度(出力基準)	±5%以内
		自立運転	放電	応動速度	5msec以内
				継続時間	1時間以上
			充電	放電出力	周波数追従
				制御精度	±5%以内
		その他	待機	継続時間	5分以上
				充電入力	周波数追従
			その他	制御精度(出力基準)	±5%以内
				継続時間	1時間以上
		その他	待機	待機方式	零力率運転
				動作条件	常時
			その他	動作条件	自端/指令
				周波数変動対応(Hz)	50Hz維持
		その他	放電	応動速度	5msec以内
				継続時間	1時間以上
			充電	放電出力	周波数追従
				制御精度	±5%以内
		その他	待機	応動速度	5msec以内
				継続時間	1時間以上
			その他	充電入力	周波数追従
				制御精度	±5%以内
		その他	待機	継続時間	1時間以上
				待機方式	零力率運転
			その他	動作条件	系統不安定
				自立程度	5回程度/日
		その他	その他	過負荷耐量	短絡相当
				周波数変動対応(Hz)	50±0.2

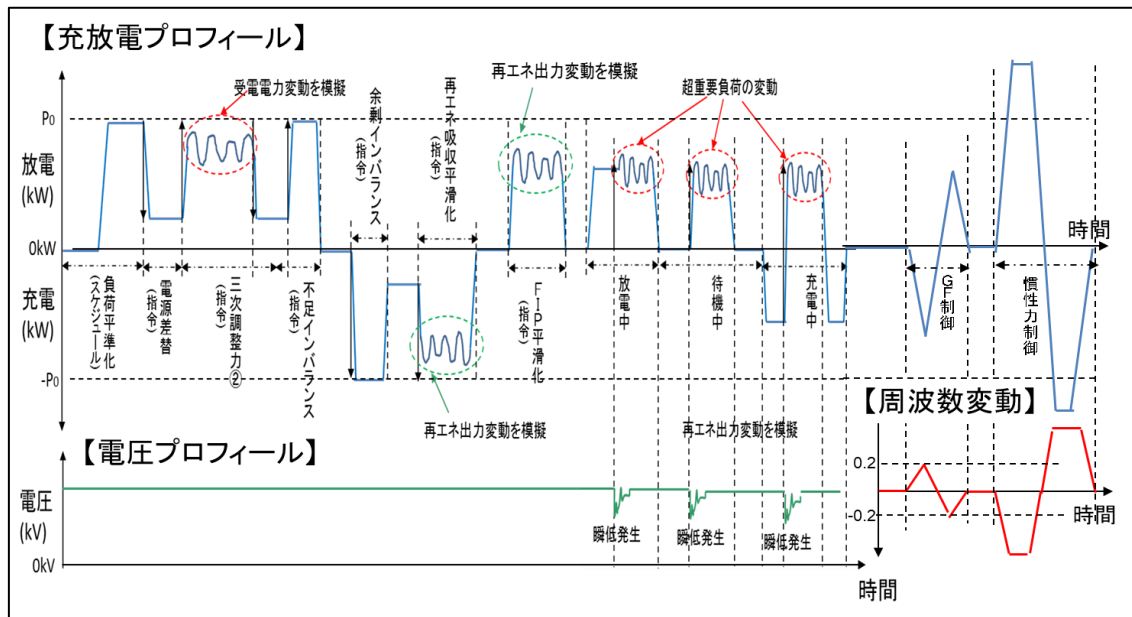


図 7.5 系統連系向けマルチユース仕様(Ⅲ-D)

8. マルチユース仕様の評価手法の考察

【概要】蓄電池システムは求められる機能が多く制御スピードも速いためマルチユース活用において最も高度な役割を担うこととなる。そのため評価試験においてはマルチユースを全体としてうまく機能させるために、受電電力や電圧・周波数といった関連するパラメーターを組み込む必要があり複雑なものとなる。一方、蓄電池とPCS、EMS等を組合せて試験を行なうのに労力と費用を伴うため、出来るだけ負担の少ないマルチユース評価手法について検討した。

8-1 マルチユース仕様の評価波形

蓄電池システムは今後ますますマルチユースでの活用が期待される。しかしながらマルチユースでの試験法が国内外の規格等で定まっているわけではない。蓄電池システムは基本的な充放電や停電時の自立運転など数少ないユースケースでの試験法のみが示されているだけである。したがって本ガイドではマルチユース仕様を以下の手順で作成してきた。

- 単一のユースケースの仕様の洗い出し(5章)
- 各事業者が必要とするユースケースの組合せを抽出(6章)
- 組合せで全てを包含する仕様値にてマルチユース仕様を設定(7章)

さらに現状では、このマルチユース仕様を評価するために、全てのユースケースを時系列に並べた図 8.1 に示す充放電プロフィールを確認することとしている。ただし、これだけでは蓄電池システムの詳細な試験にならないので基本的な充放電等のこれまでの規格ベースでの試験を行なった上での追加の試験にならざるを得ない。

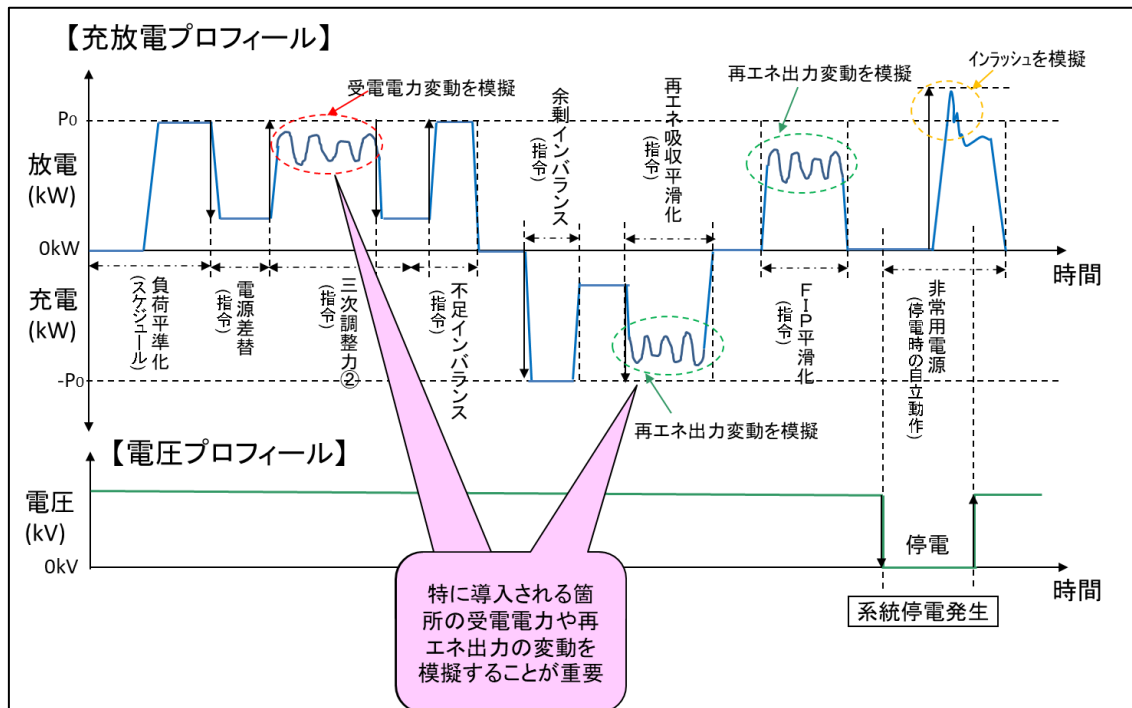


図 8.1 マルチユース評価波形(Ⅱ-B の例)

この充放電プロフィールで試験する際に重要なのは、蓄電池システムが担うべき負荷平準化や停電対策としての充放電の出力と継続時間だけでなく、電力市場参入に必要となる需要家全体の負荷変動や再エネ出力変動等のしわ取りができるかを試験するための変動模擬を条件に加えることである。

8-2 蓄電池システムの設置条件と運用条件

需要家に設置している蓄電池システムをマルチユースで活用する場合、需要家の中で蓄電池システムがどのように設置され、どのように運用されているかを知らなければならない。図 8.2 に特高需要家構内での蓄電池システムの設置例と図 8.3 に運用上の優先順位や出力・容量の分配(シェア)のイメージを示す。

(1) 設置条件

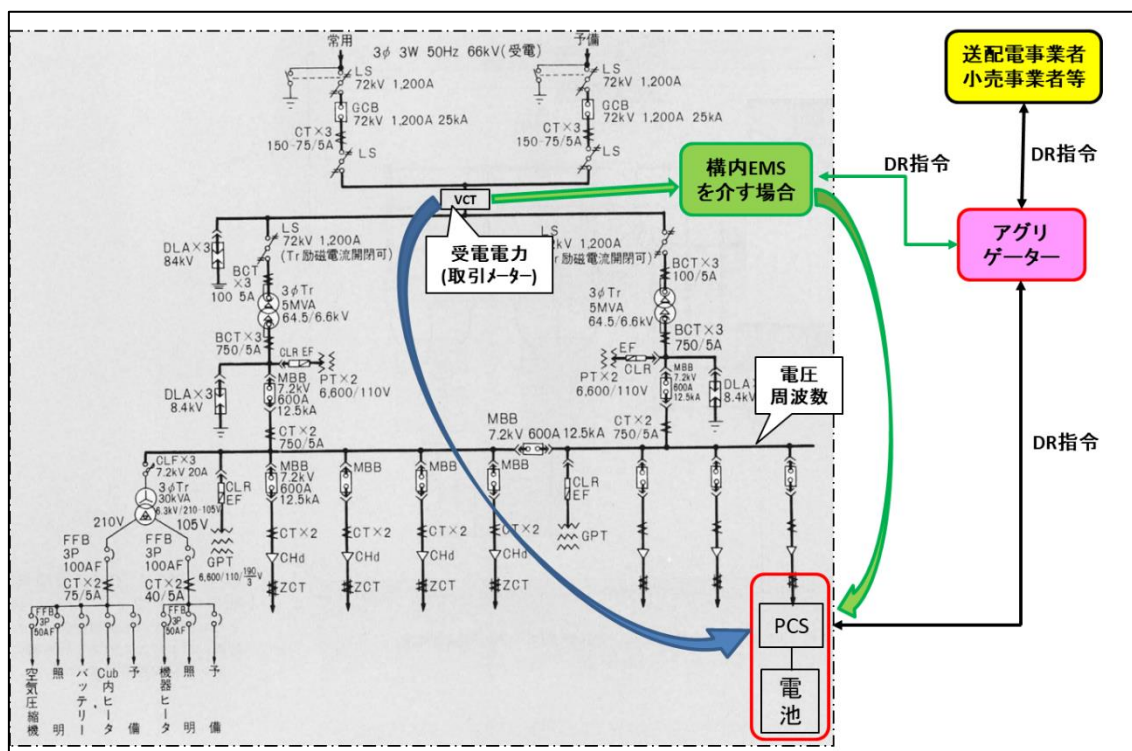


図 8.2 蓄電池システムの設置条件(需要家設置)の一例

この例では蓄電池システムが特高需要家構内の高圧側のフィーダーに接続されている。蓄電池システムは構内の電圧と周波数を自ら検知しているが、需要家の受電電力(負荷)については特高の受電点の取引メーター等から直接データを受けているか、もしくは構内 EMS を経由して受けている。またこれとは別に送配電事業者からの電力市場のための指令情報や小売事業者からのインバランス回避等の指令情報等をアグリゲーターを介して受信・送信している。

このため通信回線を通じてやり取りするデータには微小であるが時間遅れや誤差等が生じてしまう。また、電力市場において求められる動作は現状では受電点での受電電力がベースとなるため蓄電池システム以外の数多くの負荷の変動を考慮する必要がある。

(2) 運用条件

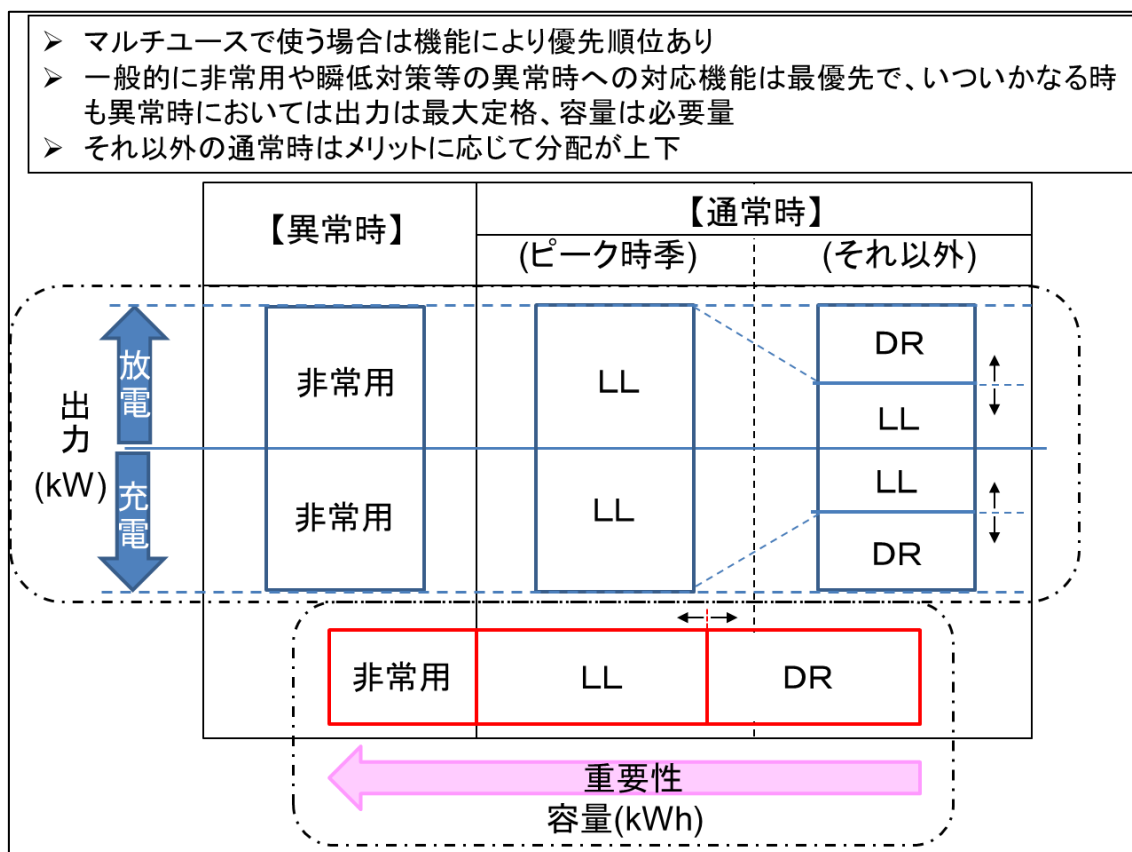


図 8.3 マルチユースの運用条件(需要家設置)の一例

この図で縦軸に放電・充電の出力、横軸に容量をイメージしている。マルチユースの運用は設置者や導入事業者によってさまざまだが、概ね優先順位としては、以下の順となる。

- 異常時(停電や瞬低発生時)は最優先で出力は最大値まで、容量は必要量(停電であれば30分～1時間程度の量)が必要、また異常時以外においても常に対応できるために容量については非常用としての必要量は常に確保しておく必要がある。
- 夏や冬の需要ピーク時には年間の契約電力に関わるピークシフト(負荷平準化:LL)のための出力・容量が必要。概ね出力は最大値までとなる場合が多い。
- 夏冬以外の端境期については契約電力に対して需要(負荷)が余裕があるので、ピークオーバー(契約超過)にならない範囲で余裕分の出力と容量をデマンドレスポンス(DR)に振り向けることができる。この割合はインセンティブの多寡によって変わる。

マルチユース評価を行なう場合はこれらの運用条件に応じた出力・容量を充放電プロフィール上で設定できるよう運用者とよく協議する必要がある。

8-3 マルチユース仕様の評価のための試験イメージ

マルチユースが実際の現場の設置条件や運用条件にて要求する機能が実現可能かを評価するた

めには、出来るだけ蓄電池システムがそれらの条件に合わせて試験ができるような試験回路・可変設備にて試験ができることが望ましい。

(1)より厳密な試験回路・設備

マルチユース仕様をより厳密に確認するためには、蓄電池・PCS・EMS等を蓄電池システムを一体として試験することが必要である。図 8.4 は商用電源もしくは模擬電源から電源が供給でき、並列接続の模擬負荷の変化によって負荷変動が模擬できる回路のイメージである。また模擬電源から供給する場合は電圧や周波数も変動できるようにしている。このような回路であれば蓄電池システムにさまざまな条件でマルチユース評価試験が実施できる。

この場合、電圧・周波数を蓄電池システムが検知することとなり、負荷変動についても受電点を模擬した VCT から信号を受けることとなり、さらに外部のアグリゲーターからの指令信号を模擬すれば実際の条件に限りなく近い状態での試験が可能である。このような試験設備にて試験が可能であれば蓄電池システムのマルチユース仕様の認証試験も実施可能と推定できる。

ただしこのような試験設備を製造者等の工場で運用することは非常に困難と思われる。

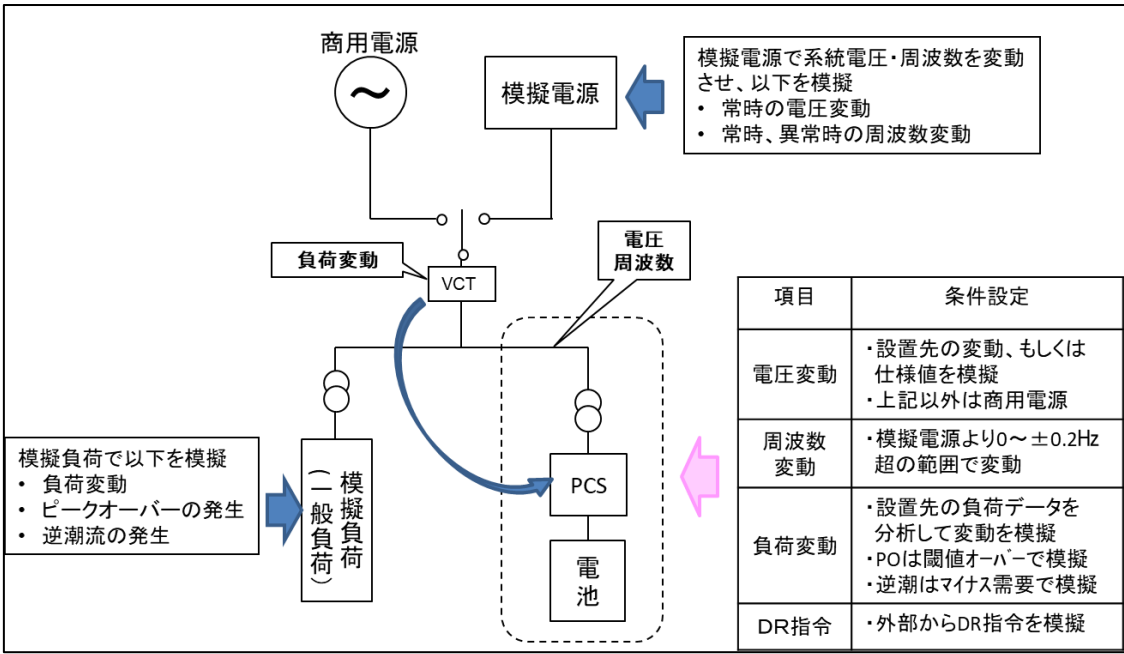


図 8.4 蓄電池システムの試験回路のイメージ

(2)簡素化した試験のイメージ

厳密な試験よりも簡素化した試験を行なうためには主回路側での電圧・周波数検知を制御情報として与えながら試験をする方法が考えられる。図 8.5 では電圧や周波数を主回路側からではなく信号として蓄電池システムの検知部に入力することとなり、模擬電源や模擬負荷を有する試験回路よりはかなり設備を軽減できる。

ただし、マルチユース仕様を出来るだけ厳密に試験するためには電圧・周波数以外の負荷変動の

計測信号や DR の指令信号に遅れ時間を加算するなどの工夫が必要でとなろう。

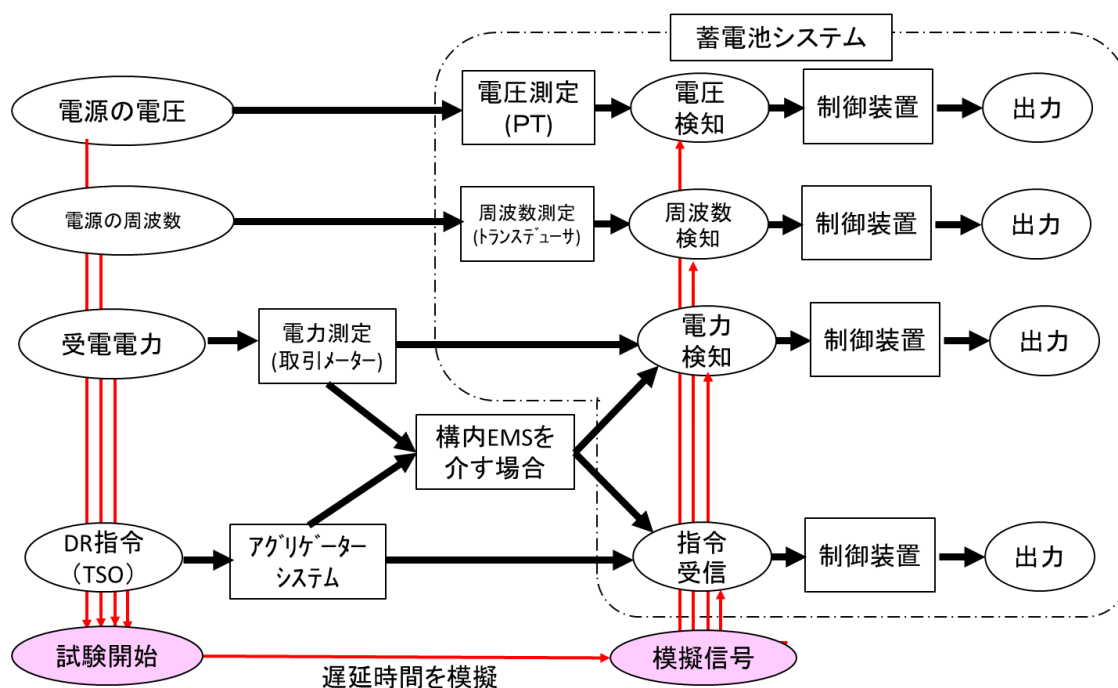


図 8.5 試験回路の簡素化イメージ

8-4 マルチユース仕様の評価に向けての課題

今回のマルチユース評価試験は従来の蓄電池システムの基本と充放電試験等の規格試験を省くものではない。従ってこの試験を行なうために製造者や設置者にはマルチユース評価のための労力・費用が追加となり負担が増大することは否めない。

そのため出来るだけこの負担が軽減できるように、他の既存規格とマルチユースを含めた試験規格とが融合した規格のミニマム化や、マルチユースの認証試験により試験実施の稀頻度化や認証機器の電力市場参入に対する事前審査の省略等に今後結びつけていく必要がある。

さらに蓄電池と PCS を一体でなくてもマルチユース試験が可能なような試験手法の開発も今後進めていく必要があると考えられる。(図 8.6)

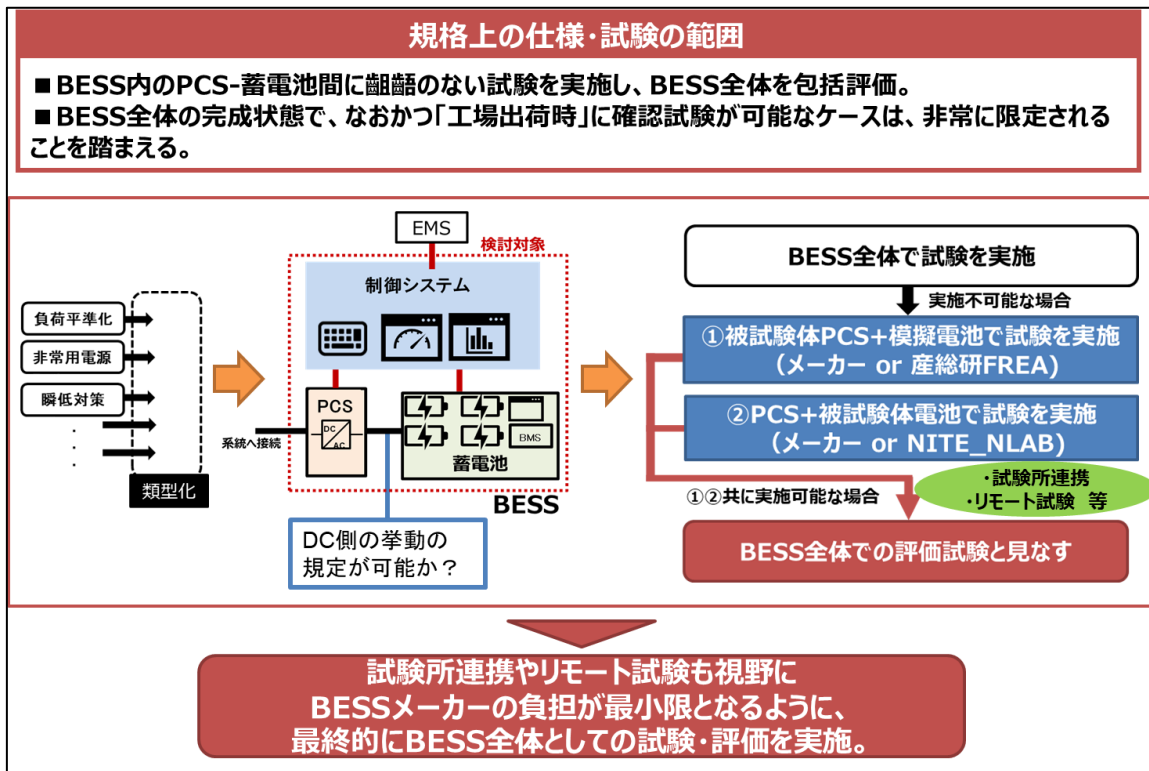


図 8.6 蓄電池システムの合理的な試験手法の開発

9. マルチユース検討にあたっての考慮事項

【概要】蓄電池システムを導入していくためには多くの事業者がさまざまな役割で関わっていく。その代表的なスキームを例に、ユーザー・メーカーが相互に性能・コスト等の用語を認識合わせしていく必要がある。そのポイントについて概要を紹介する。

9-1 主な論点と前提条件

蓄電池システムを活用するに当たってユーザー及びメーカーが直面している課題を整理すると主な論点として以下が挙げられる。これらはマルチユースになればなるほど重要な論点であると言える。

➤ ユーザーにとっての主な課題

メーカーが示す定格・容量・寿命・SOCの定義がメーカーによって異なる場合がある。また機器のコストに含まれる項目が明確でない。これらが明確でないと間違った試算・検討をしてしまい、納入先に損害を与える等のリスクを抱えてしまう。

➤ メーカーにとっての主な課題

ユーザーが蓄電池システムを実際にどのようなマルチユースで使いたいのか、またその仕様が不明確なため、メーカーのカクログ値ベースのやり取りしかできずマルチユースの余地が狭められたり、過剰なマージンを持たせざるを得ない場合がある。

➤ 蓄電池・PCS・EMSメーカーにとっての主な課題

蓄電池システムは多岐にわたるメーカーの組合せになる場合が多く、各機器間や外部設備との電気接続や制御・通信信号の取り合いが不明確なため、必要あれば追加の開発が必要となる。また機器それぞれの経年を考慮した設計が必要となる。

これらの課題に対して、現状の規格・基準で定められている範囲を考慮しつつ、これらの課題を克服するためにユーザー・メーカーが一体となってどのように認識合わせをすべきかを考える必要がある。

検討するにあたっては前提条件として、現状の規格・基準やビジネスの実態を踏まえて、蓄電池システムの主な構成とその導入スキームの概要について整理する必要がある。

(1) 蓄電池システムの主な構成

JIS C 4441 でのシステム構成を以下に示す(図 9.1 参照)。需要家設置でのマルチユースを考えた場合、この構成にリソースアグリゲーター等の遠隔からの制御装置と連携する必要があるとともに、需要家内高圧・低圧回路との接続のみならず、計器・デマンドコントローラー・EMS等の監視制御装置との接続が必要である。

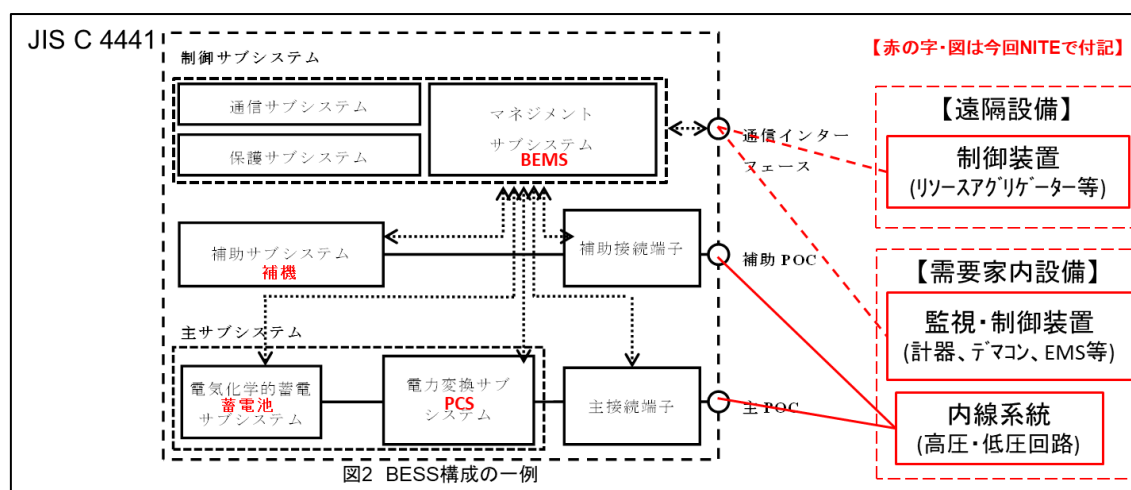


図 9.1 JIS C 4441(電力貯蔵システム)をベースにした蓄電池システムの内外部の構成イメージ

(2) 蓄電池システム導入のスキームの概要

蓄電池システムの現在の主な商流を踏まえると以下の様な事業者がプレーヤーとして存在することとなる。この中でメーカーとユーザーの区分けは各企業のビジネスとしての立ち位置とも関連してくるため明確ではない(図 9.2 参照)。

また販売種別についても蓄電池システムにおいて、機器単体を先に売り渡す売り切り方式と、機器単体を賃貸借で活用事業者もしくは第三者が所有して運転・保守を含めた蓄電サービスと経費化する方式がある。これらは商流によってさまざまだが、ここではマルチユースが導入されやすい業務・産業向けの需要家設置のタイプをメインに議論を進めていく(図 9.3 参照)。

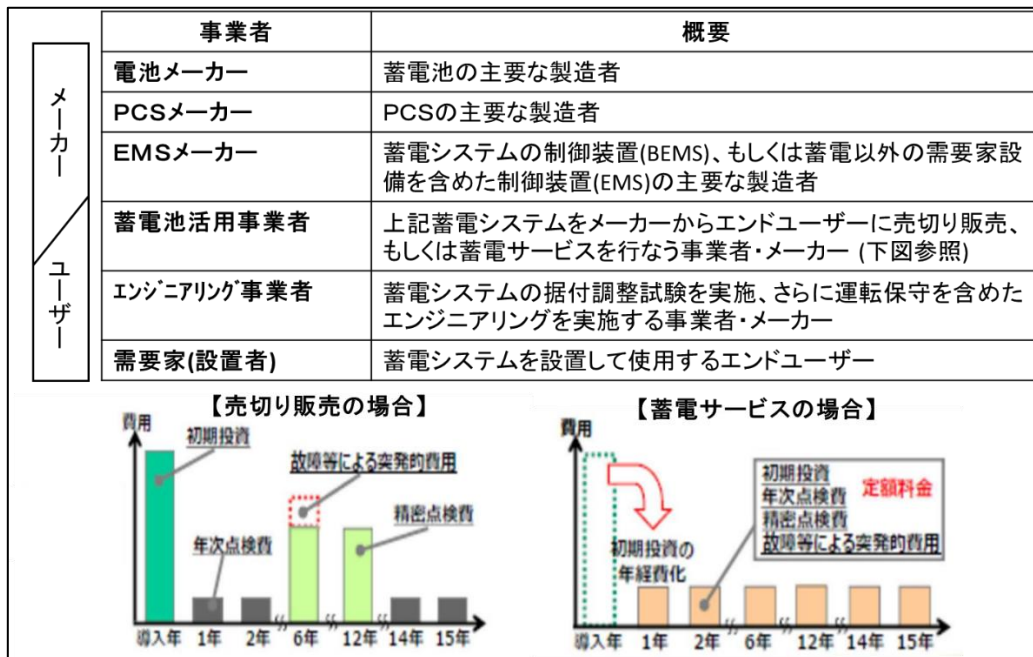


図 9.2 蓄電池システム導入時の主な事業者

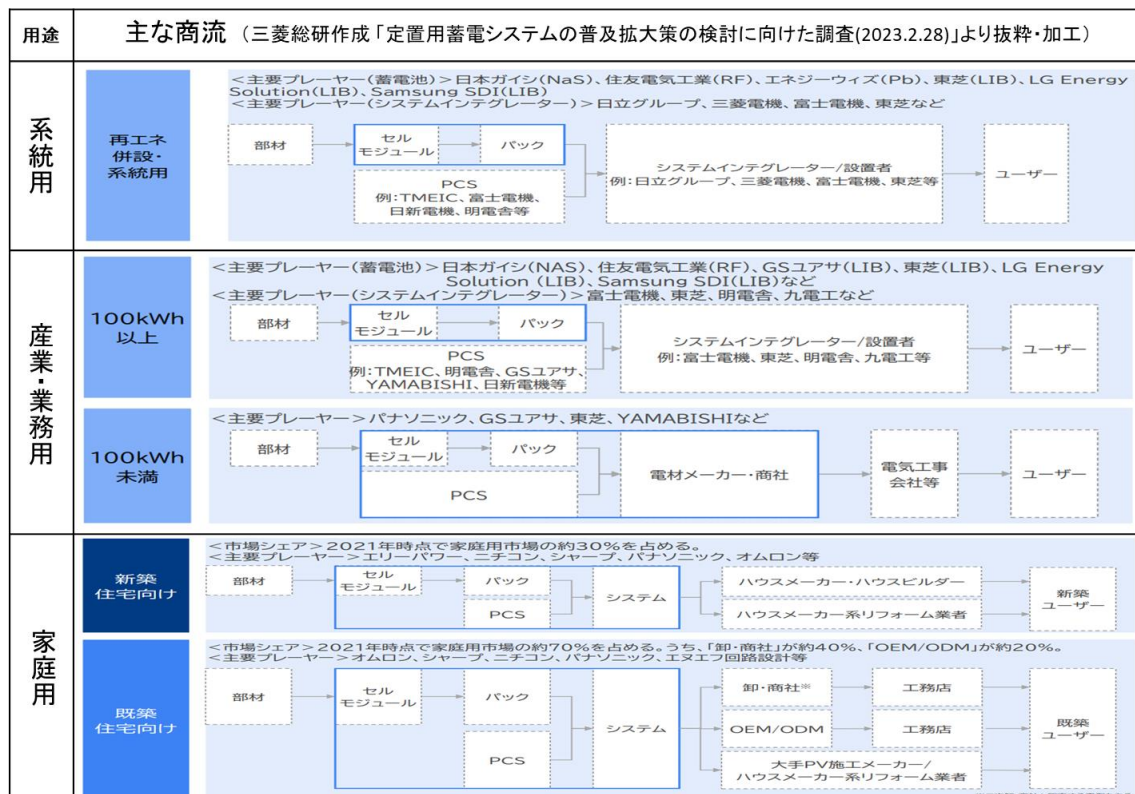


図 9.3 蓄電池システムの主な商流例(三菱総研作成資料より)

(3) 規格上の用語の定義

特にマルチユースを行なうユーザーにとってポイントとなる用語について、現行の蓄電池等の電力貯蔵システムの規格(IEC62933 系列、JISC4441)とリチウムイオン蓄電池の規格(JIS8715-2、IEC 63330)、及び補助金要件としての記載例等から抜き出し他ものを以下に示す(表 9.1、9.2 図 9.4 及び参照)。

表 9.1 現状の規格における用語の定義(1)

キーワード	用語の定義 (空欄は関連用語等を確認できていない項目)			
	IEC 62933 series	JIS C 4413	電池規格	補助金要件 等 (令和5年度 二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 蓄電システム製品登録 公募要領)
蓄電池の劣化 サイクル劣化 経年劣化	IEC 62933-3-1 <劣化の特性> a) 性能が時間の経過とともに低下する(たとえば、実際のエネルギー容量や往復エネルギー効率など)。 b) 性能が時間の経過とともに大幅に低下しない(たとえば、入力・出力電力定格など)。	<システム生涯蓄電容量> 想定使用期間における蓄電システムが供給可能な電力量の積算値 注釈1 ワット時(Wh)で表す。 注釈2 使用者などが充放電を設定できない容量は、含まない。 注釈3 システム生涯蓄電容量は、搭載する蓄電池ユニットの性能劣化による容量低下を考慮している。		15年間のサイクル試験数、性能基準が定められている。
充放電波形	IEC 62933-1 <4.1.1 充電/放電サイクル> 充電の初期状態から最終充電状態までの、特に充電フェーズ、次に一時停止、次に放電フェーズ、最終的に新しい一時停止の4つの制御されたフェーズからなるEESシステムのデューティサイクル。			
定格容量	IEC 62933-1 <定格エネルギー容量> 一次POCにて測定された、完全充電状態から始まり、放電中に定格有効電力で連続的に放電する、連続動作条件でのEESシステムのエネルギー量の設計値	<蓄電池容量> 単電池一つ当たりの定格容量、単電池の公称電圧及び使用する単電池の数の積で算出される値 ・注釈1 ワット時(Wh)で表す。 ・注釈2 単電池の定格容量は、アンペア時(Ah)で表す。	JIS C 8715-2 製造業者が指定する、単電池又は電池システムの電気容量 Cn Ah。 注記 定格容量 Cn は、単電池又は電池システムを、JIS C 8715-1:2018 の6.3.1(放電性能)の条件下でn時間の期間で充電及び放電したとき、供給できる電気容量である	JIS C 8715 1」で定められた方法により、単電池の定格容量を指定すること。定格容量の単位はAhとする。定格容量は保証値であり、製造事業者は定格容量を下回る単電池を蓄電システムに使用してはならない。また、登録対象となる2.5個以上の単電池の容量の測定値を提出し、定格容量がこれらの測定値以下に設定されていることを示すこと。 なお、測定条件は、製造事業者の標準条件を用いてもよい。ただし、容量測定時の電流レートは0.2ItA以上の条件とする。また、5時間率放電(0.2ItA換算データも認める。

表 9.2 現状の規格における用語の定義(2)

キーワード	用語の定義 (※空欄の項目は関連用語等を確認できていない項目)			
	IEC 62933 series	JIS C 4413	電池規格 等	補助金要件 等 (令和5年度 二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 蓄電システム製品登録 公募要領)
使用可能容量	IEC 62933-2-1 <予想実用寿命> 以下の劣化現象のいずれかが発生し、EESシステムが仕様で準拠しなくなった時点を、EESシステムの予想実用寿命として定義する。EESシステムが仕様で準拠できるように、仕様で指定されている実用寿命の終わりの値を次のように性能基準として使用する必要がある。 ・定格電力でのEESシステムの公称エネルギー容量は、実用寿命の終わりの値よりも低くなる。 ・指定された期間についてのシステムの充電中および放電中の入力電力および出力電力は、実用寿命の終わりの値よりも低くなる。 ・システムの応答は、実用寿命の終わりの値に対して低下する。			<蓄電容量> 単電池の定格容量、単電池の公称電圧及び使用する単電池の数の積で算出される蓄電池部の蓄電容量であること。 蓄電容量を登録対象機器の添付資料に明記すること。蓄電容量の単位はWh、kWh、MWhのいずれかとすること。
初期容量		<初期実効容量> 蓄電システム製造業者が指定する、工場出荷時の蓄電システムが放電時に供給可能な交流側の出力容量 注釈1 ワット時(Wh)で表す。 注釈2 使用者などが充放電を設定できない容量は、含まない(図1参照)。		<初期実効容量> 製造業者が指定する、工場出荷時の蓄電システムの放電時に供給可能な交流側の出力容量。使用者が独自に指定できない領域は含まない。(算出方法については、一般社団法人 日本電機工業会 日本電機工業会規格 JEM 1511 低圧蓄電システムの初期実効容量算出方法)を参照すること。製造業者は、自社ホームページ、カタログ、製品仕様書等に次のように表示すること。
SOC	IEC 62933-1 EES SOC EESシステムからの利用可能なエネルギーと実際のエネルギー容量との比率。通常はパーセンテージで表される。		IEC 63330 定格容量に対する電池の容量をパーセンテージで表したものの。	
充放電効率		<システム充放電効率> 充電のために蓄電システムに系統から供給された電力量(以下、充電電力量という。)に対する、初期実効容量の比 注釈1 百分率(%)で表す		

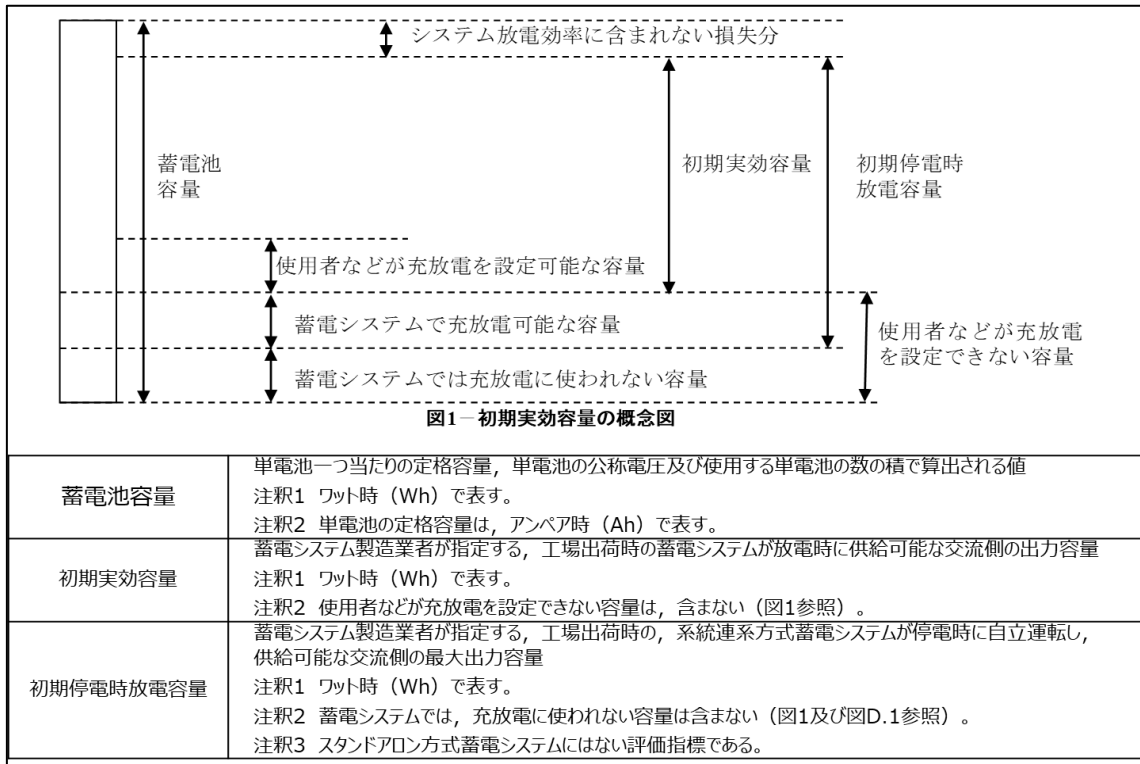


図 9.4 JIS C 4413 における用語の定義等

これらを見る限り、一部の用語は定義されているものの、その内容は一般的なもので、ユーザーとメーカーが相互に認識を合わせるためには補足が必要と思われる。

9-2 各事業者間で明確にすべき主な事項

蓄電池システムを構成する部品メーカー、及び蓄電池システムをビジネスとして扱う各事業者間で、マルチユースを進めるにあたって明確にすべき事項をそれぞれの間で整理したものが以下である（図 9.5 参照）。個々にはいろいろと複雑なやり取りがあるため挙げるときりがないが、そのおもだったものをまとめると、

ユーザー視点では、

- ① 性能・寿命（蓄電池システムの容量・効率）
- ② コスト内訳（機器代、点検・監視費用、工事費他）

メーカー視点では、

- ③ 要求仕様（設置環境、マルチユース仕様他）
- ④ インターフェース（取り扱い、通信・制御方式他）

等が挙げられる。以下で各項目について説明しながらその対応方法について記載する。

		電池メーカー	PCSメーカー	EMSメーカー	蓄電池活用事業者	エンジニアリング事業者	需要家(設置者)
メーカー ユーザー	電池メーカー		インターフェース 通信仕様	インターフェース 通信仕様	要求仕様		
	PCSメーカー	インターフェース 電池特性 通信仕様		インターフェース 通信仕様	要求仕様		
	EMSメーカー	インターフェース 通信仕様	インターフェース 通信仕様		要求仕様		
	蓄電池活用事業者	性能・寿命等 コスト内訳 安全性	性能・寿命等 コスト内訳 安全性	性能・寿命等 コスト内訳 安全性		管理技術 コスト内訳 安全性	需要データ 契約電力 蓄電池運用
	エンジニアリング事業者	外形・重量	外形・重量	外形・重量	要求仕様		設置条件 接続条件
	需要家(設置者)				導入メリット 寿命 安全性		

主なポイント

ユーザー視点

- ①性能・寿命(定格、容量低下、耐用年数等)
- ②コスト内訳(機器代、点検・監視費用、工事費他)

メーカー視点

- ③要求仕様(設置環境、マルチユース仕様他)
- ④インターフェース(取り合い、通信・制御方式他)

図 9.5 各事業者間で明確にすべき主な事項(概要)

① 性能・寿命(蓄電池システムの容量・効率)

➤ 蓄電池システムの容量・効率

蓄電池システムの出力、容量、効率等の性能を正しく把握することは蓄電池の活用、特にマルチユース活用にとって重要である。蓄電池は直流電源であるため本来は直流による電圧・電圧の表記やAhの表記がメーカーにとっては望ましいが、交流系統に接続するためには交直変換装置(PCS)や補機が必要となるため、その損失を考慮して容量、効率を交流側での数値を算出する必要がある。

仮に直流でのメーカーのカログ値として容量 100kWh、効率 97%の蓄電池の場合、交流系統側から見た蓄電池システムの容量と効率はそれぞれ、約 79kWh、75.8%と換算される(図 9.6 参照)。

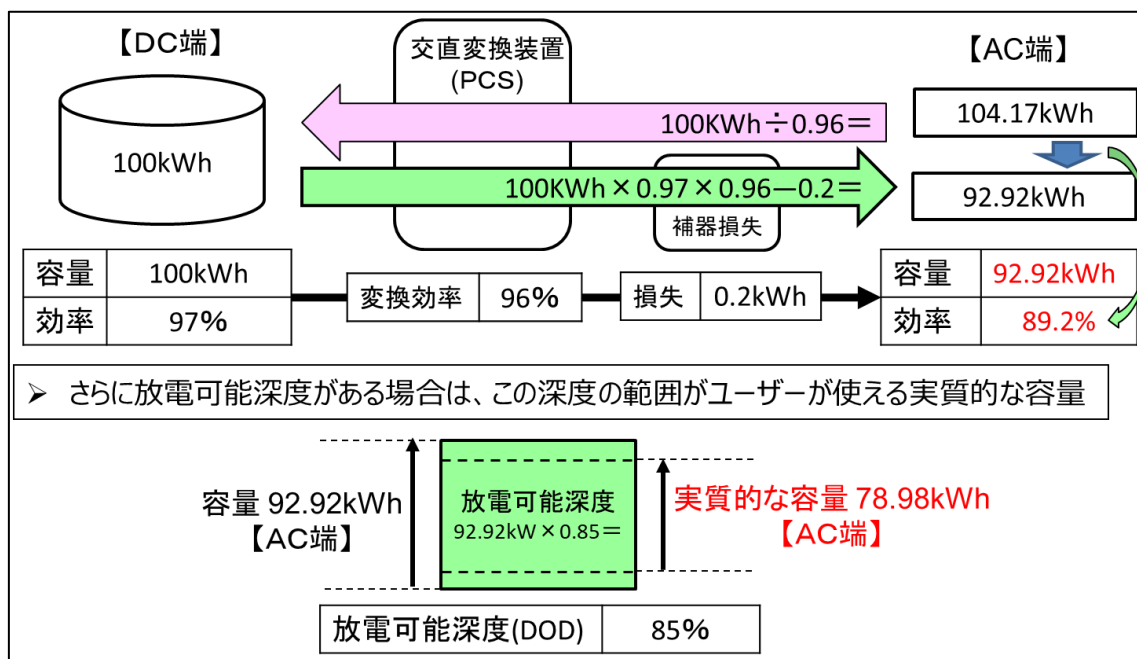


図 9.6 蓄電池システムの容量・効率の算出例

直流側のカタログ値だけで安易に電力系統での蓄電池システム活用を検討してしまうと後々、実際の活用範囲が狭まってしまい損失を被ることになるため、このような換算の方式についてはメーカーとユーザーは双方で認識を合わせておく必要がある。

➤ 経年による容量低下・寿命

前に説明した容量・効率はあくまで蓄電池システムの初期における容量・効率であったが、蓄電池システムは経年やサイクル数により経年するため、運用期間を見込んだ容量低下等を予測する必要がある。下図は蓄電池システムの経年による容量低下のイメージを図にしたものである(図 9.7 参照)。

この中で定格容量をどの時点で設定するかが、とても重要である。もし初期値を定格とするのであればユーザー側は使用期間中に容量低下していくことを見込んで、蓄電池のメリット試算をする必要がある。逆に使用期間で蓄電池システムの容量を保証する場合には使用期間末期の容量を定格とすることになるが、その場合は容量低下を見込んで初期に導入する蓄電池システムがどれだけの容量が必要かを算出する必要がある。これらの算出はマルチユース活用に限った話ではないが特に運用範囲を広げてメリットを出そうするマルチユースでは十分考慮すべき項目である。

あくまでこのようなイメージをユーザーとメーカーが相互に認識して検討を進めることが肝要と考える。厳密に言えば、長年運用していくと単電池等のトラブルによる容量低下や定期的なメンテナンスによる一部容量改善等も考慮すべきである。

さらにユーザーによっては運転末期の容量を保証することで設置者への安心感を得たいところではあるが、これを保証することによって過度なマージンを含んだシステムとなったり、メーカー側からの提示コストが高くなることが往々にしてあり得ることを覚悟する必要がある。

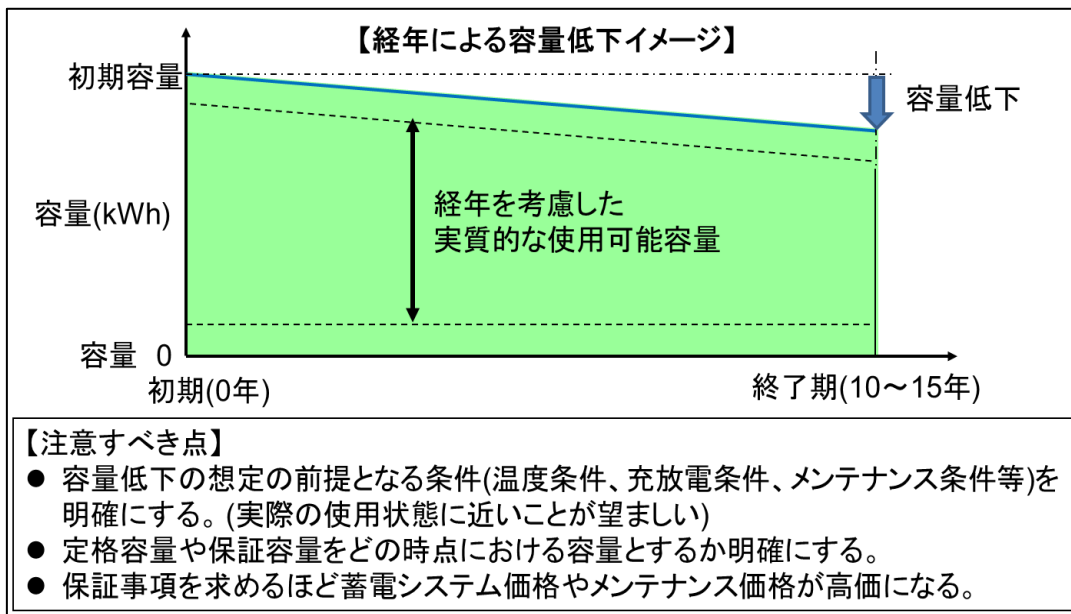


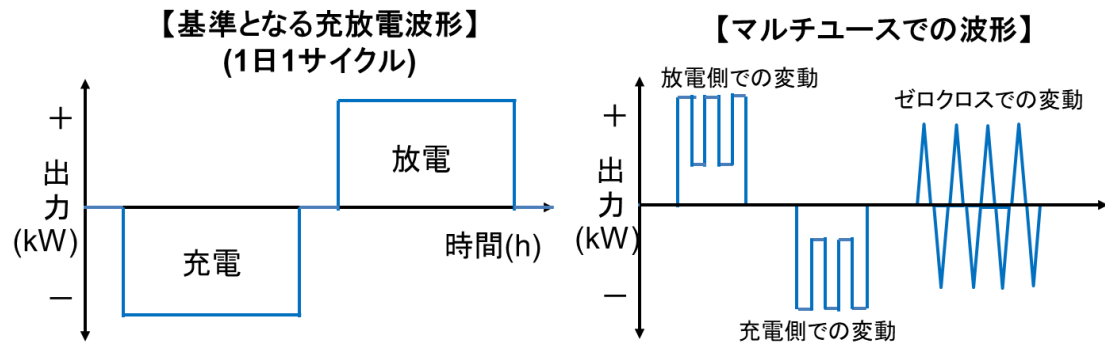
図 9.7 経年による容量低下、使用期間

➤ 充放電波形と劣化との関連

先に示した容量低下の予想図はメーカーが標準的な充放電曲線のもとでの実測やシミュレーションをもとに作成しているため、実際の充放電曲線との違いを勘案する必要がある。例えば負荷平準化の様な一日一サイクルの充放電パターンをベースにした容量低下に対して、周波数調整では小刻みで多頻度の充放電はあるものの容量を使い切らないパターンでは、その劣化度合いも異なると思われる。メーカーではこれらの充放電パターンと劣化との関係についてある程度の見解があると思われるが、ない場合はこれらの関係をデータで確認しておく必要がある(図 9.8 参照)。

蓄電池システムを出来るだけマルチユースでメリットを出す運転にすることは、通常の使い方に対して厳しい運用となるため、どのような運転パターンになるのかについて把握するとともに、長年にわたる運用で蓄電池システム、特に蓄電池の劣化や安全性に影響するかどうかを見極める必要がある。

ただし、長年にわたる運用においてマルチユースの運転パターンを明確にすることは不可能であるため、ユーザーとメーカーが定期的に運用に伴う容量低下等のデータ取りを行ったり、蓄電池の安全性上の使用限界を把握する努力が必要と考える。



【注意すべき点】

- ユーザー側でもマルチユースの波形の標準化は困難
(ただし基準となる充放電波形に対して小刻みではあるが定格出力・容量の範囲内)
- データが無いのでマルチユースは保証外の運用となるとエンドユーザーへの提案不可
(必要あればデータ取りも必要)

図 9.8 充放電波形と劣化との関連

➤ 蓄電池の残量管理

蓄電池システムの残量(SOC)管理方法はいくつかあるが、その精度と信頼性がマルチユース活用に大きく影響する。通常、蓄電池は満充電することでSOCがリセットされ、放電する電気量の積算や電池電圧の状態推移からSOCが算出される。しかしながら長時間、満充電されることなく使用するとSOCが少しずつずれて来て、正確なSOCが分からなくなる傾向にある。このまま運転を続けるとあると思っていた容量が実際にはなくて途中で放電が止まってしまうたりしてマルチユースとしてのメリットが得られない場合がある。ケースによっては需給調整市場でのペナルティーが生じてしまう危険性もある。

このため、SOCの計測方法やその精度、定期的なリセット手法等についてユーザーとメーカー間で認識合わせをしておく必要がある(図 9.9 参照)。

さらにSOCは電池が健全である場合だけでなく、セルが故障していてもSOCに影響することから定期的な健全性確認のための容量試験も必要である。

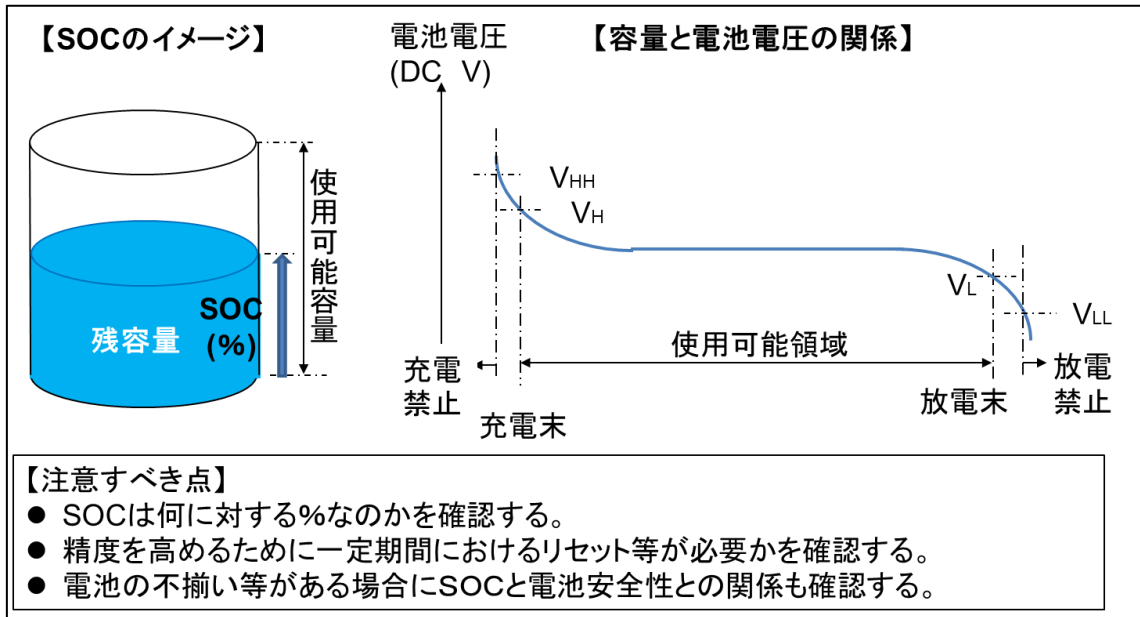


図 9.9 蓄電池の残容量管理

② コスト内訳(機器代、点検・監視費用、工事費他)

機器コストを正確に把握することは蓄電池システムの導入にあたっては不可欠である。特に初期コストや運用コストをマルチユースの運用メリットで回収していく検討を行なうにあたってはそのベースとなる金額を確定しておく意味で重要である。

蓄電池システム導入にあたって必要となるコストは主に以下がある。

【機器コスト】

- ・ 本体機器(蓄電池、PCS、EMS等)それぞれのコスト
- ・ 付帯機器(監視システム、操作治具、点検治具、消火設備等)それぞれのコスト
- ・ 撤去時の廃棄処分の有無、そのコスト
- ・ その他コスト

【監視・保守コスト】

- ・ 監視(状態監視、危険物監視、監視頻度、トラブル対応等)に関わるそれぞれの内容とコスト
- ・ 保守(点検内容、点検頻度、点検費用、トラブル対応等)に関わるそれぞれの内容とコスト
- ・ その他(予備品等)コスト

【工事費用】

- ・ 基礎工事、据付工事(工事内容、期間等)の内容、分担とコスト
- ・ 既設設備改造の有無と分担等の内容とコスト
- ・ その他コスト

これらのコストと同様にその機器や改修を誰が分担するのかを明確にしておく必要がある。以下は蓄電サービスを行なうに当たって機器調達、工事、メンテナンス等についての手配区分を定めた例である(表 9.3 参照)。このような区分を導入スキームに合わせて関係事業者で事前に確認しておかなければ

ればならない。いずれにしても蓄電池システム導入にあたってこれらの費用や分担が抜け落ちなく網羅されていることが重要である。

表 9.3 蓄電池システム導入の手配区分例

項目	蓄電池活用サービスの手配区分(●:実施)		
	設置者(需要家)	蓄電池活用事業者	補足
システム構築	仕様決定	●*	*設置者の要求仕様をベース
	システム設計	●**	**機器選定を含めた基本設計
機器調達	連系遮断器盤(6kV送出し用)	●	
	連系遮断器盤(6kV受電用)	●	
	連系トランス	●	
	交直変換装置(PCS)	●	
	エネルギーマネジメントシステム(EMS)	●	
	遠方監視装置	●	
	現場監視盤	(●)	必要により
	監視・制御中継版	(●)	必要により
	蓄電池モジュール	●	BMSが付属
	蓄電池収納盤	●	段積み収納
工事	電池収納コンテナ	●	屋外設置の場合(マフ付属)
	杭工事	●	地盤調査により必要な場合
	基礎工事	●	ケーブル位置は事前に提示
	埋設配管工事	●	蓄電システム内外ケーブル用
	蓄電池システム外配線工事	●	電力線・制御線・LAN回線
	据付工事	●	
	蓄電池システム内配線工事	●	蓄電システム内の各種配線
	安全柵工事	(●)	屋外設置時、必要により
	現地試験	●	単体・組合せ・系統連系
	試運転調整	●	サービス開始時に実施
ファイナンス	資金調達	●	
保守・点検・復旧	定期点検・保守	●***	***機器メーカー推奨他
	故障等監視業務	(●****)	****異常時通報、
	突発故障の復旧	●	
運用	運用支援(コンサルティング)	●	運用実績から最適化提案
期間終了後の撤去・処分	蓄電池	●	産廃処分含む
	PCS、コンテナ、蓄電池盤	●	
その他	電気主任技術者	●	保安管理業務に追加

注) 記載なき項目は設置者と蓄電池活用事業者の協議により決定

③ 要求仕様(設置環境、マルチユース仕様他)

メーカーが欲する要求仕様についてはユーザーが導入場所の設置環境や使用環境を明示した上で協議することとなるが、ユーザーが特定の客先を明らかにできない場合もあるので、それらの条件については、屋内外の別や連系する系統電圧、接続設備、負荷条件、設置面積、温湿度等の特殊条件等を確認しておくとともに、設置場所の振動有無、騒音制約、塵埃・塩害有無、地質、接地条件等をチェックしておく必要がある。特に蓄電容量が大きい場合、用途地域によって手続きが変わる可能性もあるので確認が必要である。

マルチユース仕様については以下の表に記載したとおり、単一機能に関する規格・基準はあるもののマルチユースに関する仕様はない(図 9.10 参照)。従って個別案件毎にユーザー・メーカーが一体となって要求仕様を明確にする必要があるが、既に他章で本件は記載していることからここでは説明を割愛する。

【現状の蓄電システム規格】		
規格番号	主な内容	
IEC TS 62933-2-1	基本パラメータ及び試験方 ○一般仕様	● 蓄電システムの「 <u>適用分類(クラス)</u> 」、及び各クラスに対する性能試験項目について言及。 ● 各種試験の方法論の記述に徹しており、クラス分けの基準・明確な判断基準の記載は無し。
IEC TS 62933-2-2	基本パラメータ及び試験方法 ○用途別（ピーク調整、非常用電源、周波数調整、再エネ連携等）の一般的負荷サイクルとこれに対応する性能指標、性能試験方法及び試験手順	
IEC TS 62933-3-2	システムの計画及び性能評価 ○出力主体の用途、及び再生可能エネルギー電源統合関連用途における追加要求（短時間用途向け）	● 蓄電システムの「 <u>マルチシナリオアプリケーション</u> 」について言及。 ● IEC 62933-2-1,2-2と同様、クラス分けの基準や、明確な判断基準の記載は無し
IEC TS 62933-3-3	システムの計画及び性能評価 ○エネルギー容量主体の用途、及びバックアップ電源用途における追加要求（長時間用途向け）	



マルチユース仕様の基準・明確な判断基準の記載は無し。

図 9.10 現状の蓄電システム規格(IEC62933 シリーズ)

④ インターフェース（取り合い、通信・制御方式他）

➤ 経年による電池電圧・電流変化の考慮

特に蓄電池とPCSの製造メーカーが異なる場合、蓄電池システムとしての性能を確保するためには蓄電池の劣化を想定したPCS素子設計が必要となる。蓄電池が経年やサイクルにより性能が劣化することは既に述べたが、その際に経年によって電池の電圧と電流が変化することから初期と末期とでは所定の出力を得るために交直変換素子の大きさが変わることが考えられる（図 9.11 参照）。そのため、蓄電池の充放電時の電圧・電流特性について初期と末期とでどのように変わるかを事前にPCSメーカーに知らせる必要がある。これはあくまでメーカー相互の問題なのでユーザーは知る必要はないが、このような経年劣化を見込んだ設計であることをメーカーに確認しておく必要がある。

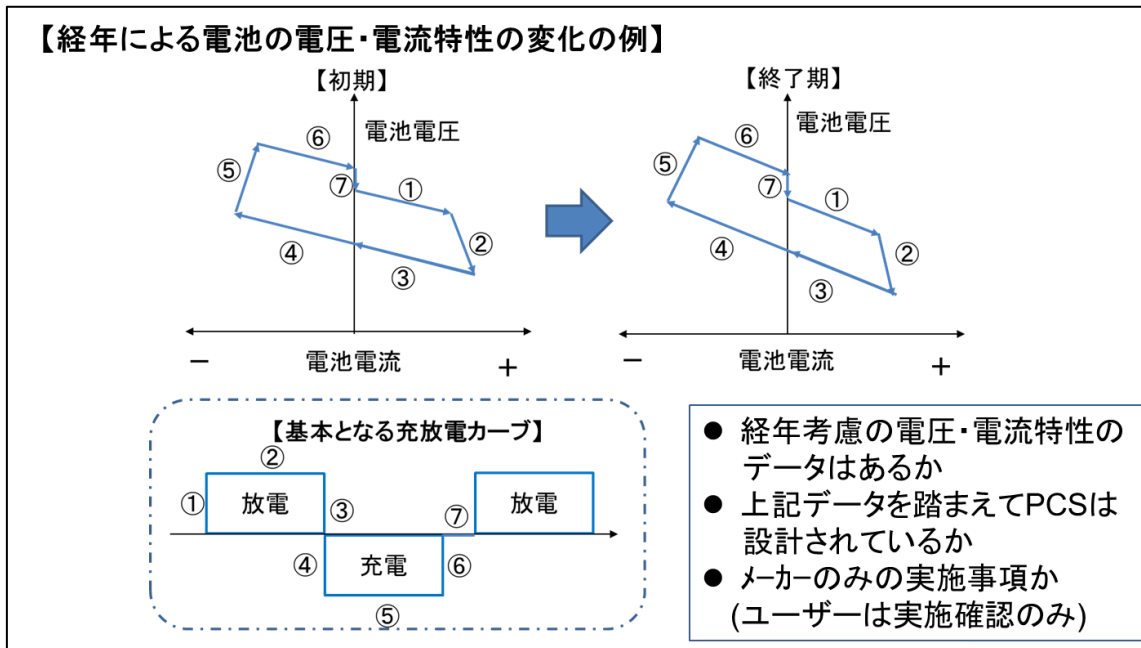


図 9.11 経年による電池の電圧・電流特性の変化の例

➤ 蓄電池システムの機器間や外部設備との通信方式

蓄電池システムの各機器間、及び外部設備との通信プロトコル等の通信方式には多種類があるため事前に確認しておく必要がある。下図はその一例である(図 9.12 参照)。このような通信方式はメーカーによって方式が異なるが同じ方式であっても製品ラインナップによって通信アドレスが異なっており都度その確認と整合した設計が必要となる。本来であればこれらを標準化してどの組合せでも接続しやすくすることが蓄電池システムのコストダウンに寄与するものとする。

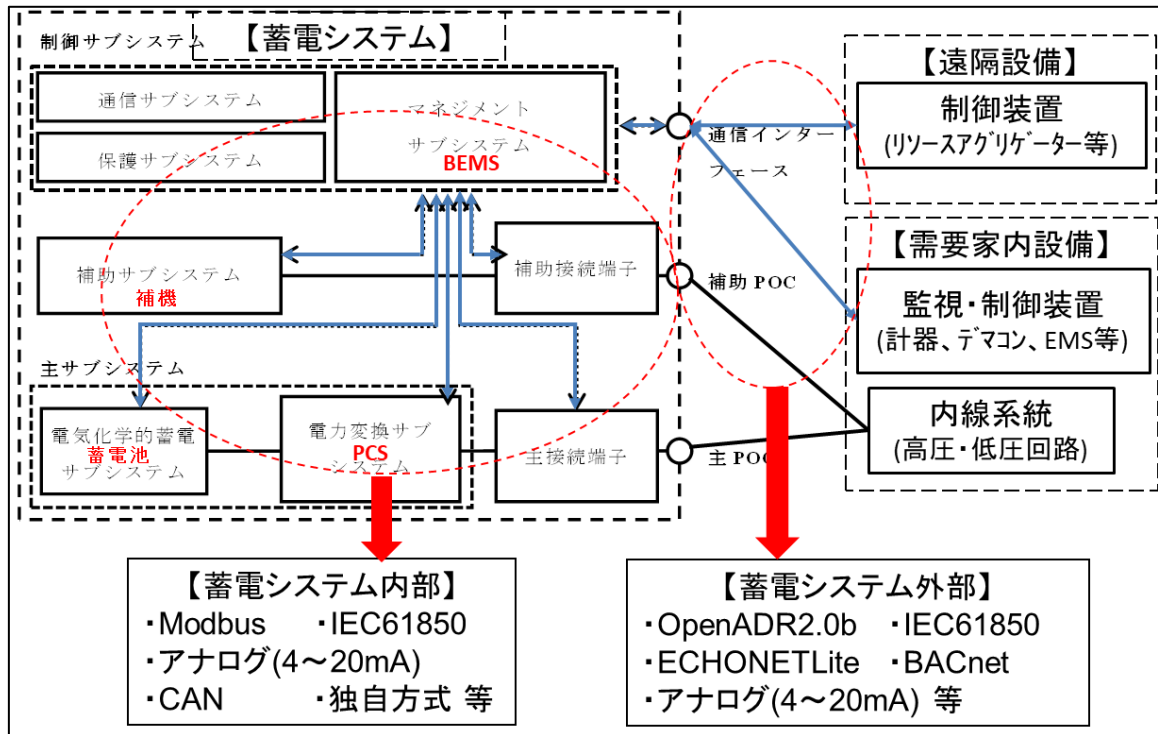


図 9.12 インターフェース・通信方式等で明確にすべき事項

9-3 ユーザー・メーカー間で明確にすべきポイント事項

以上述べてきた事を以下の表にとりまとめた(表 9.4 参照)。これ以外で他に明確化すべき事項はあると思われるが、ユーザー・メーカーで良く議論すべきである。

表 9.4 メーカー・ユーザーで明確にすべき事項 (まとめ)

項目	必要性	今後の取り組み
①性能・耐用年数	エンドユーザーに蓄電システムを導入するにあたり、極力正確な導入メリットを試算するために容量低下を考慮した検討が必要	「定格・容量・効率・耐用年数」等の用語について現状の規格・基準の定義をガイドで補足 - 必要な劣化データの取得、マルチユース運用での等価サイクル指標等の算出評価も視野
②コストの内訳	上記と同様の理由で導入コストと運用コストについて抜け落ちなく積み上げて費用提示することが必要	導入にあたっての業務プロセスの内容や分担、コスト内訳を明確化しガイドに記載
③要求仕様	制度や市場が変化していく中でマルチユースに関する仕様が明確でなく、設置者の使い方や負荷変動等が分からないため設計の最適化が必要	- 蓄電システムに期待されるユースケース毎の仕様とその組合せを類型化し、ガイドに記載 - 必要により負荷変動・周波数変動等を模擬して評価できる試験手法やソフト開発も視野 - 海外市場の仕様も調査
④インターフェイス	蓄電システム内外の機器・設備との取り扱いや通信・制御方式を極力標準化することが必要	現状のインターフェイスを調査しガイドに記載するとともに、将来の統一・標準化も視野
⑤その他	(他にあれば記載)	審議結果をガイドに記載

10 海外を含めた今後の動き

【概要】カーボンニュートラルの実現に向けて欧米では蓄電池システムを含めた制度・市場の検討が進んでいる。その実態を紹介するとともに、今後のその動きと日本における展開、及び国際標準化の方向性について言及する。

10-1 海外の動向

(1) 蓄電池普及に関する海外と日本の違い

日本での定置用蓄電池普及の特徴としては、2017 年以降、住宅用蓄電池システムの普及が堅調に伸びているが系統用等の大型蓄電池システムの導入は進んでいない。今後は補助制度の後押しもあり系統用蓄電池の普及も少しずつ拡大していくものと予測できるが、既に述べてきたように世界的なカーボンニュートラル実現に向けた動きの中で系統用の大型定置用蓄電池は米国・中国・欧州で導入が急拡大している。

このような動きに対してこれまでの経緯として蓄電池普及に関する海外と日本の違いを示したものが下図である(表 10.1 参照)。

表 10.1 国内外の蓄電池システム導入の主な特徴

	過去 (～2010年)	近年 (～2020年)	現在
日本			
海外			
主な特徴	◆ 日本は優れた蓄電池やPCSを用いて負荷平準化目的に導入拡大 ◆ 海外では一部実証目的での導入に留まる	◆ 日本では需要低迷に伴い、負荷平準化ニーズ減少、蓄電池導入進まず ◆ 海外では需給調整や老朽設備更新で手厚い補助を背景にシングルユースの導入拡大	◆ 日本では電力市場創設に伴いマルチユース検討進むが新設案件は少ない ◆ 海外では導入拡大が進むものの補助・インセンティブ縮小により今後マルチユースの方向か

ここでは国内外の比較を大まかに過去(～2010 年)、近年(～2020 年)、そして現在に分けている

が、それぞれでは以下の特徴があると考える。

- 過去(～2010 年)
 - ・ この頃の日本では電力会社等がインテグレーターとなり負荷平準化目的で優れた蓄電池・PCS が普及させていた。
 - ・ 一方、海外では蓄電池普及はスマートグリッド実証のレベルで実際にはあまり進んでいなかった。
- 近年(～2020 年)
 - ・ 近年になって日本では負荷平準化のインセンティブが減少し、蓄電池普及が鈍化した。
 - ・ 一方、海外では安い蓄電池や自国の制度に合った PCS 等が老朽火力代替や需給調整等のニーズに対してシングルユースで大規模に普及し、市場とインテグレーターが育った。
- 現在
 - ・ 日本では制度と市場の構築中でインテグレーター・市場とも今一つ育っていない。
 - ・ 一方、海外ではシングルユースを支えてきたインセンティブが低下する傾向にはあるが、育った一部のインテグレーターが世界の市場に大規模蓄電池を設置する案件に積極的に参入するようになった。
 - ・ 日本も参入しようとはするが安価な海外のシステムには対抗できていない。

(2) 今後の対応について

このような中で、海外では育ちつつある市場に対して安価な蓄電池や PCS を今後、シングルユースからマルチユースに替えて導入が進むと見込まれる。

日本では国内市場が停滞している中、長年の蓄電池システムを運用してきた経験を活かしていち早くマルチユース活用の仕様と性能評価を確立し、変化し続ける国内外の市場に対して優秀な日本の蓄電池システムを適用できるような標準化と体制作りが必要と思われる。

10-2 国内の動向

(1) 長期脱炭素電源オークションの開始

近年、再エネ主力電源化の加速や世界的な燃料価格の高騰等により、既存の火力電源の退出・新規投資の停滞が顕著となり、電力そのものの供給力が低下するとともに電力需給のひっ迫や卸市場価格の高騰が発生している。このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度として「長期脱炭素電源オークション」が 2023 年度から開始されている。(初回の応札を 2024 年 1 月に実施)具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には固定費水準の容量収入を原則 20 年間得られることとすることで、巨額の初期投資の回収に対し長期的な収入の予見可能性を付与する。この電源の対象には蓄電池も含まれることから、これまで費用対効果が得られにくかった系統用蓄電池の活用が期待されている。

(2) 系統混雑緩和に向けた実証試験の開始

電力系統の中で特に配電系統では太陽光発電が大量に導入されているため、それらの発電電力が屋間に突き上げて配電用変電所が過負荷となることが危惧されている。このため系統混雑緩和に向けて分散型リソースの制御実証が行なわれている。(NEDO 事業「電力系統の混雑緩和のための分散型エネルギーリソース制御技術開発」)この中で配電線に接続する業務用や家庭用の蓄電池システムに系統混雑緩和も含めたマルチユースの期待が寄せられている。

(3) 電気自動車(EV)の蓄電池活用への期待

本ガイドでは定置用蓄電池システムを対象にしてきたが、特に上記の系統混雑緩和への対応も含めて今後EVの蓄電池の活用が検討される見通しである。この場合、多数のEVをロケーション情報も含めてアグリゲートする技術が必要であり、その余力が活用できれば本ガイドで述べてきたようなマルチユースがEVの蓄電池でも可能となる。このことからEVの蓄電池活用に向けた検討が今後本格化すると予想される。

11 ガイドのとりまとめ

【概要】ガイドのとりまとめと、今後注視すべき国内外の動向や蓄電池システム普及に向けての在り方について言及する。

(1) ガイド活用の方向性

これまで述べてきたように蓄電池システムは自然災害の発生やエネルギー情勢の変化に応じて期待されるニーズが変化し続けてきた。しかしながら必要とされる機能は必ず存在し、かつ多様化してきた。これは海外でも同様であり、海外の市場も含めていかなるマルチユースでも対応できるように柔軟な対応力と体制が必要である。本ガイドはそのような動きに機敏に対応するために蓄電池システムを活用するユーザー・メーカー双方の目線で基本的な認識合わせができるように整理した。

今後もより新しいニーズが出てくると思われるが必要あれば追記していきたい。

(2) おわりに

本ガイド作成に関わった学識経験者、系統運用者、蓄電池システム製造者、アグリゲーターを含めた蓄電池活用事業者、調査機関・試験機関の関係者の皆さま、そして貴重なご助言をいただいた経済産業省、資源エネルギー庁等の方々に深くお礼申し上げます。

蓄電池のマルチユース活用はその時々における国毎の求めやインセンティブの大きさ等によって変わってくるが、これまでの検討結果をひとつのガイドとして参考にしていただきたい。日本は蓄電池システムの開発・実用化を世界に先駆けて行っておりその分運用実績や経験が豊富である。したがってこのような運用技術を蓄電池システムのユーザー・メーカーが一体となって整理・標準化検討を行なうことによって国内外の市場で蓄電池システムがより安全かつ有効に機能することに貢献すれば幸いである。

以 上

【参考文献一覧】

○第 1 章「はじめに」

(1)世界における系統用蓄電池システムの導入状況(図 1.1)

- ・IEA "Annual grid-scale battery storage additions, 2017-2022" のデータから作成

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-grid-scale-battery-storage-additions-2017-2022>

(2)世界における大型蓄電池システムの火災発生状況(図 1.2)

- ・第 1 回蓄電池産業戦略検討官民協議会 資料 3「蓄電池産業の現状と課題について」p9

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/0001/03r2.pdf

○第 2 章「これまでの検討経緯」

(1)独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)の取り組み

- ・NITE ホームページ(導入ガイドのリンク先の予定)

<https://www.nite.go.jp/>

○第 3 章「蓄電池システムの概要と特徴」

(1)蓄電池の種類と概要

- ・日刊工業新聞社「電力貯蔵用蓄電池」(2011 年 3 月)
- ・電気化学会エネルギー会議 電力貯蔵技術研究会テクニカルレポート「電力貯蔵用蓄電池」(2021 年 8 月)

https://energy.electrochem.jp/sample_book.pdf

(2)各種電池の主な特徴の整理(表 3.1)

- ・電力貯蔵用電池規程(JEAC5006-2022)第 2 表「電力貯蔵用電池の性能比較(一例)」より
抜粋

(3)蓄電池システムの主な規格の概要(表 3.2, 3.3, 3.4、図 3.1)

- ・JIS C 4441:2021 電気エネルギー貯蔵システム—電力システムに接続される電気エネルギー貯蔵システムの安全要求事項—電気化学的システム(4)蓄電池システムの特徴

(4)「DR 発動に対する蓄電池の応答結果」(図 3.2)

- ・2022 年 2 月 17 日スマートファシリティ研究会 資料 SMF-22-017「需要側の蓄電池システムを用いた需給調整活用について」(田中晃司,長尾泰司,高杉忠)の図 3 より

○第 4 章「蓄電池システムを取り巻く環境変化」

(1)蓄電池システムの活用実績

- ・電気学会技術報告第 1403 号「電力システムにおける蓄電池利用・制御技術」(2017 年 5 月)
- ・電気設備学会誌第 39 巻 4 号「電力貯蔵設備の最近動向」(2019 年 4 月)

- ・電気設備学会誌第 42 巻 12 号「電力会社の蓄電池システム応用技術例」(2022 年 12 月)

(2)電力市場の構築

- ・電気学会誌 2022 年 10 月号
- ・電力広域的運営推進機関(OCCTO) 第 28 回需給調整市場検討小委員会資料 3-3「一次調整力～二次調整力②、複合商品、三次②のルール見直し等に関する市場設計案について」(意見募集結果反映(案)＞)

https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2021/files/jukyu_shijyo_28_03_03.pdf

- ・送配電網協議会「需給調整市場の概要・商品要件」(2022 年 4 月 1 日)

https://www.tdgc.jp/jukyuchoseishijo/outline/docs/gaiyoushouhin_ver.3_20220401r.pdf

(3)電力市場での活用方策

- ・2022 年度第 2 回 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 資料 5-1「電気事業におけるデマンドレスポンスの取組(電気事業連合会・東京電力エナジーパートナー株式会社)」(2022 年 10 月 18 日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene/shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/2022_002_05_01.pdf

- ・ISEP 環境エネルギー政策研究所「国内の 2021 年度の自然エネルギー電力の割合と導入状況(速報)」(2022 年 8 月 15 日)(図 4.5)<https://www.isep.or.jp/archives/library/14041>

(4)電力市場の構築

- ・需給調整市場の概要・商品要件 (図 4.12)

https://www.tdgc.jp/jukyuchoseishijo/outline/docs/gaiyoushouhin_ver.3_20220401r.pdf

○第 8 章「マルチユース仕様の評価手法」

(1)調整力公募(電源 I')

- ・東京電力パワーグリッド「2021 年度電源 I' 厳気象対応調整力募集要綱」

https://www4.tepco.co.jp/pg/consignment/reserve/2021/pdf/4-1_yoko.pdf

(2)需給調整市場

- ・送配電網協議会「取引ガイド(全商品)」(2023 年 4 月 1 日)

https://www.tdgc.jp/j_information/docs/guide_202304rev.pdf

(3)容量市場

- ・電力広域的運営推進機関(OCCTO)「容量市場業務マニュアル実効性テスト編(対象実需給年度: 2024 年度)」

https://www.occto.or.jp/market-board/market/jitsujukyukanren/files/211201_jikkouseitest.pdf

(4)電力市場参入要件の見直し動向

- ・電力広域的運営推進機関(OCCTO)「需給調整市場において予定されている要件変更等をまとめた資料～今後の要件変更等について」(2023 年 4 月 21 日更新)

https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/files/youkenhenkou_20230421.pdf

- ・電力広域的運営推進機関(OCCTO) 第 38 回需給調整市場検討小委員会 資料 3「一次調整力におけるスカウティング枠ならびに基準値設定方法の追加について」(2023 年 4 月 26 日)

https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2023/files/jukyu_shijyo_38_03.pdf

○第 9 章「マルチユース検討にあたっての考慮事項」

(1)蓄電池システムの主な商流

- ・第 1 回定置用蓄電システム普及拡大検討会 資料 5「蓄電システムをめぐる現状認識」(図 9.3)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/001_05_00.pdf

- ・定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査(2023 年 2 月 28 日)

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000050.pdf

(3)規格上の用語の定義(図 9.4, 9.10, 表 9.1)

- ・IEC 62933-1:2018 Electrical energy storage (EES) systems – Part 1: Vocabulary
- ・IEC 62933-2-1:2017 Electrical energy storage (EES) systems – Part 2-1: Unit parameters and testing methods – General specification
- ・IEC TS 62933-2-2:2022 Electrical energy storage (EES) systems – Part 2-2: Unit parameters and testing methods – Application and performance testing
- ・IEC 62933-3-1:2018 Electrical energy storage (EES) systems – Part 3-1: Planning and performance assessment of electrical energy storage systems – General specification
- ・IEC TS 62933-3-2:2023 Electrical energy storage (EES) systems – Part 3-2: Planning and performance assessment of electrical energy storage systems – Additional requirements for power intensive and renewable energy sources integration related applications
- ・IEC TS 62933-3-3:2022 Electrical energy storage (EES) systems – Part 3-3: Planning and performance assessment of electrical energy storage systems – Additional requirements for energy intensive and backup power applications
- ・IEC 63330 FDIS
- ・JIS C 8715-2:2019 産業用リチウム二次電池の単電池及び 電池システム-第 2 部:安全性要求事項
- ・JIS C 4413: 2023 低圧蓄電システムの評価指標
- ・令和 5 年度 二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 蓄電システム製品登録 公募要領
https://sii.or.jp/moe_zeh05/battery/

○第 10 章「海外を含めた今後の動き」

(1)海外の電力市場の動向

- ・第 4 回定置用蓄電システム普及拡大検討会 資料 4「定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とまとめ」(2021 年 2 月 2 日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/004_04_00.pdf

(2)国内の電力市場の動向

- ・第 86 回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会 資料 5「長期脱炭素電源オークションについて」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/seido_kento/pdf/086_05_00.pdf

- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「電力系統の混雑緩和のための分散型エネルギーリソース制御技術開発に着手」(2022 年 6 月 23 日)

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101552.html

- ・次世代の分散型電力システムに関する検討会「中間とりまとめ」(2023 年 3 月 14 日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/jisedai_bunsan/pdf/20230314_1.pdf

- ・第 1 回 EV グリッドワーキンググループ 資料 4「事務局説明資料～EV グリッド WG キックオフにあたって～」(2023 年 5 月 29 日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ev_grid_wg/pdf/001_04_00.pdf