

TR-1072

電力需給調整サービス用ネットワークに
求められる要件とこれに適した通信サービス
および代表的なネットワーク構成について

Network Requirements and
Their Recommended Implementation
for Demand Response Automation Services

第 1 版

2019 年 3 月 5 日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目 次

<参考>	3
1. はじめに	4
2. 本技術レポートの構成と位置づけ	5
3. 需要家電力資源による需給調整サービスの概要	6
3.1 電力需給調整サービスの目的	6
3.2 電力需給調整サービスの機能とシステム構成	6
3.3 電力需給調整サービスに関わる主な事業者	11
4. 電力需給調整サービスのシステム構成	13
4.1 電力需給調整サービスに関するアクタ	13
4.2 電力需給調整サービスとアクタの相関	14
4.3 電力需給調整サービス仕様	17
4.4 電力需給調整サービス用ネットワークに関するシステム構成	18
5. 電力需給調整サービスのユースケースとこれを実現するための技術要件	21
5.1 電力需給調整に関するユースケース	21
5.1.1 蓄熱システムによる電力需給調整サービス	21
5.1.2 蓄電池システムによる電力需給調整サービス	30
5.2 ユースケースの実現に必要なセキュリティ要件	40
5.3 電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件	46
5.3.1 電力の需給調整の際に求められる要件	46
5.3.2 蓄熱システムの運用の際に求められる要件	47
5.3.3 蓄電池システムの運用の際に求められる要件	47
6. 日本における主な通信サービスの種類と特徴	49
6.1 アクセスネットワーク	49
6.1.1 光アクセス	49
6.1.2 モバイルアクセス (LTE)	51
6.2 中継ネットワーク	53
6.2.1 専用線	53
6.2.2 IP-VPN	54
6.2.3 インターネット	56
7. 電力需給調整サービス用ネットワークに適する通信サービスの種類と代表的なネットワーク構成	58
7.1 電力需給調整サービス	58
7.2 蓄熱システム	59
7.3 蓄電池システム	59
7.4 今後の展望と課題	59
8. 今後の課題	60
8.1 電力需給調整サービスのシステム機能要件の詳細化と今後の可能性	60

8.2	電力需給調整サービスの非機能要件の詳細化.....	62
8.3	電力需給調整サービスの実現に向けて.....	62
9.	おわりに.....	65
	【参考文献】	66

<参考>

1. 国際勧告等との関連

本技術レポートに関する国際勧告はない。

2. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1版	2019年3月5日	制定

3. 参照文章

主に、本文内に記載されたドキュメントを参照した。

4. 技術レポート作成部門

第1版 : IoTエリアネットワーク専門委員会 (WG3600)

5. 本技術レポート「電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件とこれに適した通信サービスおよび代表的なネットワーク構成について」の制作体制

本技術レポートは、TTCの業際イノベーション本部に、電力側の専門家とTTCのIoTエリアネットワーク専門委員会の専門家を含む情報通信側の専門家から構成される「電力需給調整サービス用ネットワーク・ワーキングパーティ（リーダー：丹康雄[JAIST/NICT]）」を設置（2018年5月～2018年12月）して作成した同タイトルの報告書を原案としている。その報告書をTTC技術レポートのフォーマットに合わせてTTC事務局にて改定し、それをIoTエリアネットワーク専門委員会(委員長: 布引 純史[NTT])での審議を経てTTC技術レポート（TR-1072）として制定・公開するものである。

1. はじめに

再生可能エネルギーのうち太陽光発電や風力発電は、出力が気象条件（日照、風況）に依存しており、これらの発電が増加すると発電出力の変動が大きくなる。このため、変動を吸収・相殺する電力資源を活用し、電力品質の悪化や停電等の事故を未然に防止する対策が検討されており、この一つ的手段として考えられているのが、需要家の分散型電源の活用である。

再生可能エネルギーの出力が減少し電力が供給不足になった時には、送配電事業者の要請に応じて分散型電源を運転し、自施設の電力消費を部分的に賄うことで電力需要を抑制する。反対に再生可能エネルギーの出力が増加し電力が供給過多になった時には、送配電事業者の要請に応じて分散型電源を運転し、自施設に蓄電等を行うことで電力需要を増加するのである。

この電力の需給調整を円滑に実施するためには、分散型電源を監視し、常にその状態を把握するとともに、送配電事業者／電力小売事業者からの需給調整依頼に応じて遅滞なく電力の需要調整を行い、その結果を送配電事業者／電力小売事業者に報告することが必要となる。実際には、この電力需給調整を実施するのは、複数の需要家の分散型電源を集約するアグリゲータと呼ばれるエネルギーサービス事業者である。このため、図 1.1 に示すように送配電事業者／電力小売事業者、エネルギーサービス事業者、需要家の設備（ビルエネルギー管理システム、エネルギー資源制御装置、電力資源）間で、この需給調整に必要な情報のやりとりを行うことが求められる。

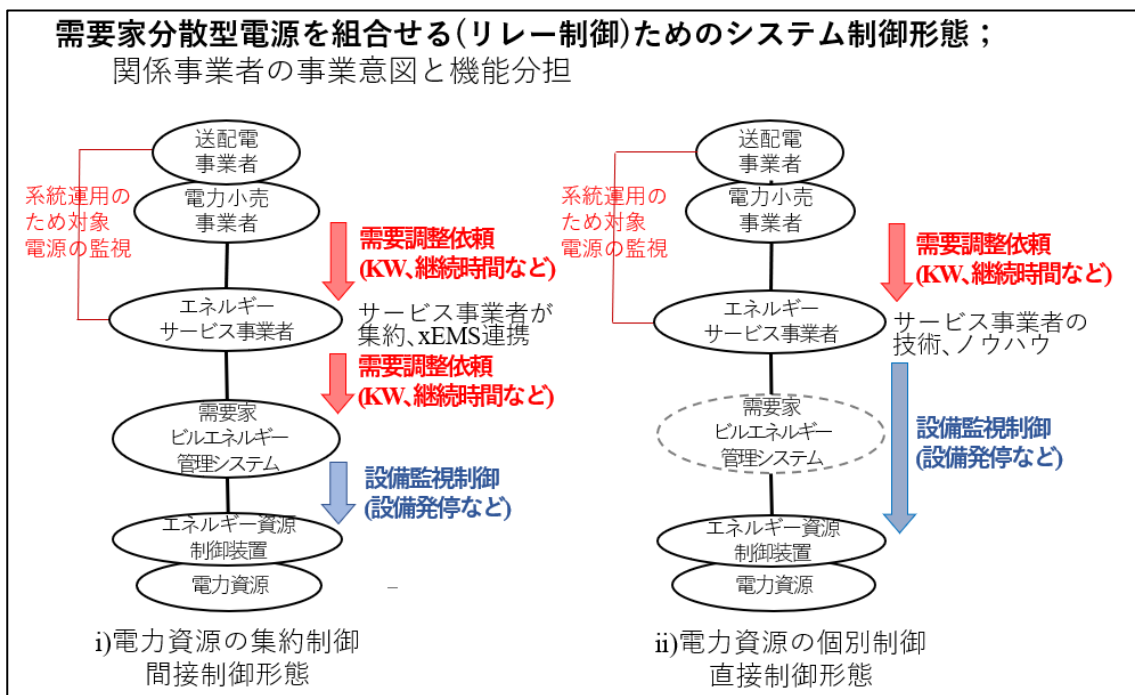


図 1.1 分散型電源による電力需給調整サービスの形態

この需給調整に必要な情報のやりとりのうち、エネルギーサービス事業者と需要家の設備の間の情報のやりとりを行うためのネットワークを、ここでは「電力需給調整サービス用ネットワーク」と呼ぶ。このネットワークには高速性、大容量性は求められないが、確実にセキュア（仮想的な専用回線）であるという基本要件の他、下記の要件が求められる。

- ① トラフィック状態によらない安定な通信品質（一定時間以下の伝送遅延）
- ② 事務所ビル、商業施設などの地下機械室に設置される機器（既存設備を含む）との無線接続

- ③ 分散型電源の特質、利用状況に応じた通信性能へのダイナミックな切換え（大規模電源の緊急起動など）
- ④ 社会インフラとして必要な災害、大規模事故時などに通信路を確保
- ⑤ 対象需要家の数が一般家庭までに広がると極めて多くの端末数を収容

現在、電力分野では、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの増加に伴って、電力需給調整サービスの必要性が高まっている。一方、情報通信分野では、モバイルやVPN（Virtual Private Network：仮想専用網）の発展、LPWA（Low Power Wide Area：消費電力を節減し、遠距離通信を実現する通信方式）の出現などの技術革新が進展中であり、新しい情報通信サービスが出現している。

電力需給調整サービスの社会実装に必要なネットワーク仕様については、2018年現在、電気学会を中心に検討中である。しかし、このような電力側、情報通信側双方の状況変化を踏まえ、ネットワーク仕様の策定に当たっては、新しい情報通信サービスを念頭に電気事業者やエネルギーサービス事業者が通信サービスに求める要件（通信品質、通信コスト、セキュリティ要件等）と電気通信事業者が提供している情報通信サービスの性能や料金等を相互に確認し、整理・明確化しておくことが望まれる状況となっている。

今後、情報通信側では、5G モバイルネットワークなどが実用化する。一方、電力側では、電力需給調整サービスの対象となる需要家が大幅に拡大する可能性がある。このように、電力需給調整サービスを取り巻く環境は、今後も変化が想定される。また、同サービスに求められる高いセキュリティ要件を勧告すると、設定したセキュリティ要件が実際の実装において担保されているかどうかを評価することも重要となる。このため、電力需給調整サービス用ネットワークに関する今後の課題についても、電気事業者やエネルギーサービス事業者などの電力側と電気通信事業者などの情報通信側の間で共通の認識を持つておくことが望ましい状況となっている。

2. 本技術レポートの構成と位置づけ

本技術レポート（TR-1072）は、検討に至る経緯を記載した第1章、TR-1072の構成と位置づけを記載している本章に引き続き、第3章から第5章で、電力需給調整サービスの概要とシステム構成、ユースケースとこれを実現する技術要件、セキュリティ要件、電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件などをまとめている。そして、第6章から第7章で、電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件に適した通信サービスと代表的なネットワーク構成について、そして第8章では、今後取られることが望ましいと考えられる行動と電力需給調整サービス用ネットワークの社会実装に関するロードマップの提示を含む今後の課題についてまとめている。最後の第9章は、今後への期待を述べている。

TR-1072の作成に当たっては、日本国内の電力需給調整サービスに関わるステークホルダに推奨するガイドラインとすることを旨とした。このため、国内の多くのステークホルダに支持される最善の方法(ベストプラクティス)を集め、電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件を明確化すると同時に、求められる要件に適した通信サービスと代表的なネットワーク構成を示した。電力需給調整サービスの企画、設計、実装にあたり、関係ステークホルダは本 TR-1072 に従うことが望ましい。しかし、利用にあたっては、各自それぞれの常識に基づき判断し、個別の事情に応じて例外を適用しても構わない。

TR-1072を参考にして電力需給調整サービス用ネットワークが構築され、実績が作られることによって、同ネットワークに求められる要件や構成方法についても、さらにベストプラクティスが追加されることが期

待される。この知見を反映していくことにより、ここで示すガイドラインを日本の標準規格として改訂することが期待される。

なお、TR-1072 では、電力需給調整に関する電気事業者と需要家間のサービスを対象としている。このため、電力以外のエネルギーそのものの販売、電気事業者が絡まない需要家の設備機器の保全、運用などのサービスなどは、TR-1072 の対象外である。例えば、需要家の諸設備を最適運転し、消費エネルギーの削減を需要家に提供するのみのサービスは対象としていない。消費エネルギーの削減などにより電力余裕を作り出し、これを電気事業者との間でやり取りすることで、需要家の電力電源の新たな付加価値を産むサービスを対象としているのである。

3. 需要家電力資源による需給調整サービスの概要

3.1 電力需給調整サービスの目的

需要家施設内の蓄熱システム、発電機システム、蓄電池システムなどの電力資源を活用した電力需給調整サービスは、電力供給の安定化、地球環境の保全、地域のレジリエント化などの社会的課題の解決とともに、これに関係するステークホルダーへ経済的メリットの提供を狙いとしている。地球規模の環境保全のために導入が進む再生可能エネルギー源の気象変化による出力変動や社会・経済活動による電力需要変動に起因する電力系統への影響を、電気事業者と需要家の連携により抑制し、電力の安定供給を実現しようとする活動は国内外ともに共通である。即ち、電力需給調整を需要家の電力資源の活用と電気事業者の大規模発電設備の協調運転により実現し、社会全体としてコストミニマムで最適な電源供給形態の実現が指向されているのである。

これは供給余力のある電力資源を保有する需要家にとっては、電力資源に新たな付加価値を付けるチャンスである。同時に、再生可能エネルギー源の導入に伴い稼働率が低下する火力発電設備の保有、運用を図らねばならない電気事業者にとっても、発電設備などの資産を最適化するチャンスである。この需要家と電力事業者の双方にメリットにある電力需給調整サービスというエネルギーサービスの実現は、社会的に大きな意義がある。

このサービス実現には、異なる機能、性能が要求される電気事業者、需要家のシステムの連携が必要となる。その手段として、システムの相互運用を指向するスマートグリッドなどの国際標準化が進んでいる。このような状況のなか、日本において電力需給調整サービスを立上げ、その活性化を図るには、需要家の電力資源の特性に応じた電力需給調整サービスを可能とするネットワークなどの基盤技術が必要となる。

3.2 電力需給調整サービスの機能とシステム構成

電力需給調整サービスとは「電力送配電事業者などの電気事業者が、電力安定供給のために電力需給調整の必要があると判断したとき、エネルギーサービス事業者を介し、需要家の電力資源により電力需給を調整し、電力系統の安定化を図るサービス」である。

図 3.1 に、このサービスに関するシステム構成を示す。ここで、電力需給調整の対象となる需要家の電力資源には、発電機システム、蓄熱システム、蓄電池システムなどの電力の製造、蓄積を行うことができる設備と空調システムなどの電力需要を調整できる設備とがある。また、需要家の施設内には、需要家の電力資源を監視制御する装置として、ビルエネルギー管理システムとエネルギー資源制御装置とがある。

ビルエネルギー管理システムは、需要家施設内の電力需給調整の対象となる電力資源を含む全設備に対する監視制御、エネルギー需要予測、履歴管理などの機能を有する制御装置である。一方、エネルギー資源制御装置は、電力需給調整の対象となる電力資源に限定した監視制御、施設外のシステムからの入出力に関する機能を持つ小型制御装置であり、電力需給調整サービスの効率的な導入を指向した装置である。需要家の電力資源の監視制御をビルエネルギー管理システムで行うか、それともエネルギー資源制御装置で行うかは、需要家の判断による。一般に、電力需要調整は頻繁には行われないので、この調整に対応するための需要家施設内の設備改修は小規模な場合が多いが、この判断の際の考慮要因は、対象となる電力資源の設備としての特性、施設が新設であるか、既設であるかなどである。

エネルギーサービス事業者は、需給調整システムにより個々の需要家の電力資源の電力需給調整を行う。エネルギーサービス事業者の需給調整システムから需要家の電力資源の電力需給調整の制御形態には、次の二つの方式がある。

- ① ビルエネルギー管理システムへ需給調整電力量と調整時間帯などからなる制御依頼信号を送り、ビルエネルギー管理システムが電力資源の電力需要を制御する間接制御
- ② エネルギーサービス資源制御装置を介して、需給調整システムが電力資源の電力需要を直接制御する直接制御

いずれの制御形態においても、需給調整システムは、需要家の電力資源の状態監視、調整結果の計量などを行う。

間接制御、直接制御は制御形態が異なるが、システムとしての電力需要調整機能は変わらない。

間接制御では、エネルギーサービス事業者の需給調整システムが電力需要調整依頼信号を作成し、これを需要家施設内のビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置に送信する。電力需要調整依頼信号を受信したビルエネルギー管理システムやエネルギー資源制御装置は、この信号から電力資源による電力需要調整のために電力資源の監視制御信号を作成し、電力資源の電力需要の監視制御を行う。このとき、需給調整システムからの電力需要調整依頼信号は、送り先が需要家のビルエネルギー管理システムでも、エネルギー資源制御装置でも同一である。

一方、直接制御では、需給調整システムが電力資源の監視制御信号を作成し、エネルギー資源制御装置を介し、電力資源を直接、監視制御する。所謂、Direct Load Control である。直接制御における「需給調整システムとエネルギー資源制御装置を介した電力資源との授受信号」と間接制御における「ビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置と電力資源との授受信号」は基本的に同一である。

間接制御、直接制御の違いは、電力資源の監視制御をエネルギーサービス事業者の需給調整システムで行うか、需要家のビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置で行うかの機能の実装場所の違いである。

電力需給調整サービスに必要な一連の監視制御、計量のために、電気事業者、エネルギーサービス事業者と需要家を接続する通信ネットワークである電力需給調整サービス用ネットワークの候補となる通信回線には、インターネット、電話回線、専用線などがある。TR-1072 では、電力需給調整サービスの対象となる需要家の電力資源、またはその監視制御を行うビルエネルギー管理システムと、電気事業者からの需給調整依頼を仲介するエネルギーサービス事業者の需給調整システムを接続する電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件を規定する。

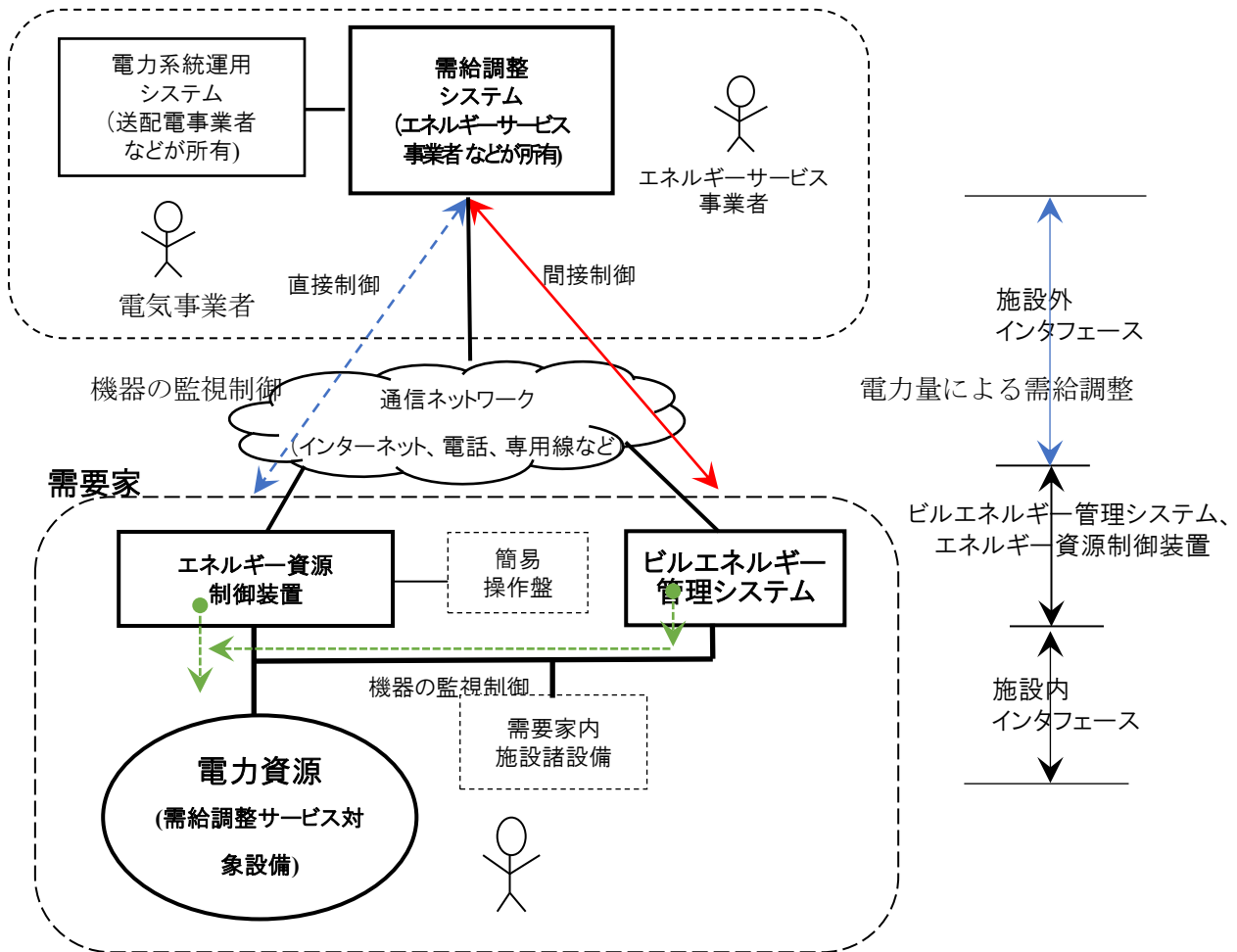


図 3.1 需要家の電力資源による需給調整サービスのシステム構成

図 3.1 では、需要家施設内の設備全体を対象にエネルギー管理を行なうビルエネルギー管理システムと電力資源に需給調整サービスを行うエネルギー資源制御装置は異なる装置としている。しかし、エネルギー資源制御装置の機能がビルエネルギー管理システムに包含され、エネルギー資源制御装置がない場合、または特定の電力資源のみが需給調整サービスの対象となる場合は、電力需給調整にビルエネルギー管理システムが関係しない場合がある。何れの場合も、電力資源に対する電力需要調整などの機能の実装場所が異なっても、システム全体機能は同じである。

図 3.2 に需給調整サービスの制御形態の違いによる機能の実装場所の違いを示す。

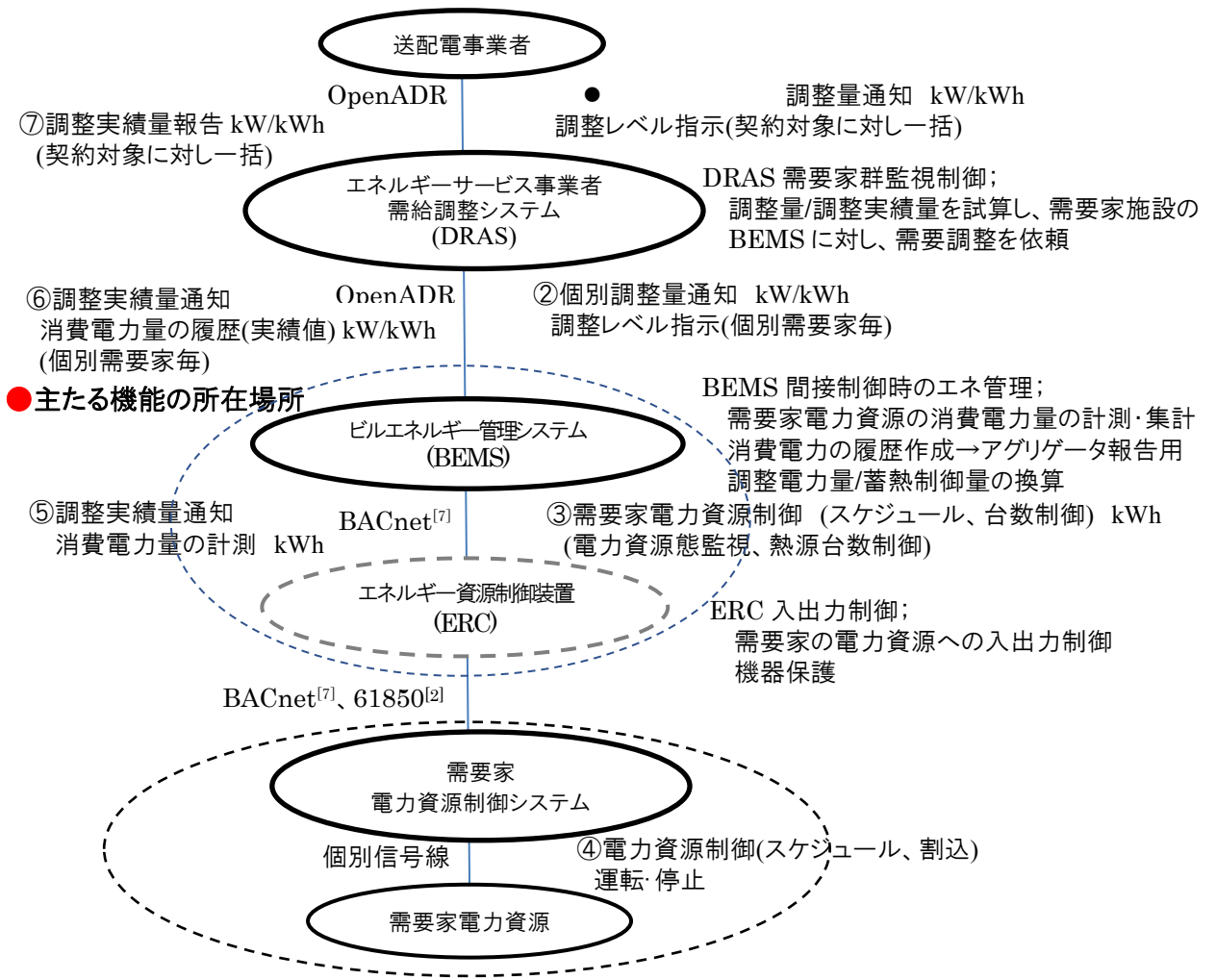


図 3.2 (その 1) 間接制御による需給調整制御形態での機能実装

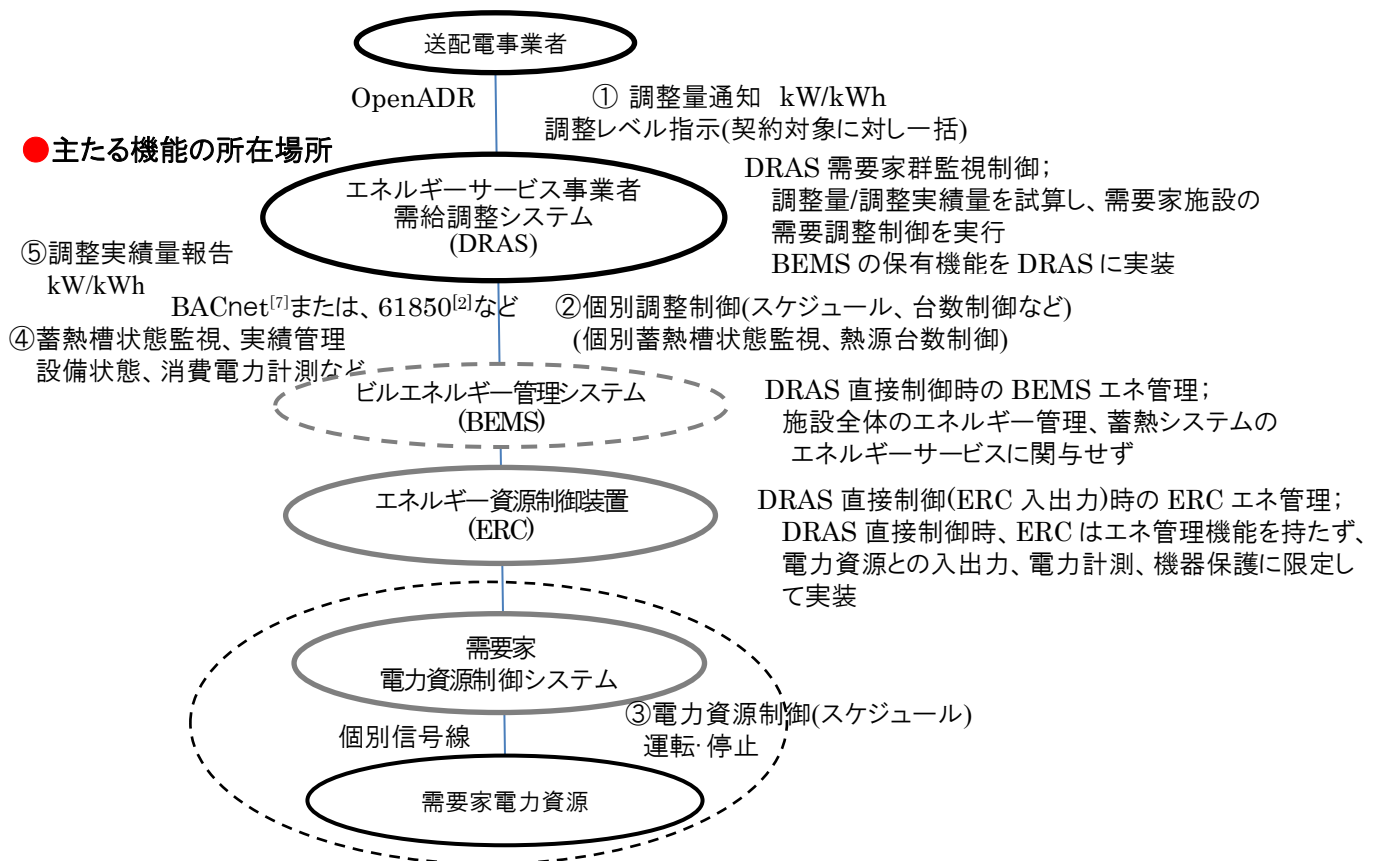


図 3.2(その 2) 直接制御による需給調整制御形態での機能実装

3.3 電力需給調整サービスに関わる主な事業者

電力需給調整サービスに対する社会的なニーズは、国内外を問わず同様である。

電力市場の構成、機能に因らず電気事業者、エネルギーサービス事業者、需要家の三事業者が存在する。電力需給調整サービスに関連するこれらの三事業者の関係を図 3.3 に示す。

需要家の電力資源により作られる需給調整のための電力は、電気事業者と需要家との相対取引と電力市場における市場取引が共存する環境下で取引されるものと考えられる。これら何れの取引においても、需要家の電力資源から作られる需給調整のための電力は、容量規模の確保と供給確実性の保証のため、エネルギーサービス事業者が電気事業者と需要家の間に入り、需要家の電力資源の監視制御、売買などの役割を担う。但し、大規模な電力電源を有する需要家は電気事業者との間で、直接、電力の取引を行うこともあり得る。

日本では、電力需給調整のため、全国規模で電気事業者の電力供給を監視、制御する電力広域的運営推進機関が存在する。電力広域的運営推進機関は、電気事業法に基づき、日本の電気事業の広域的運営を推進することを目的として設立された団体である。電力広域的運営推進機関は日本の全ての電気事業者の電力供給状況を監視し、電力供給需給状況が悪化した電気事業者に対する電力融通を他の電気事業者に指示する。しかし、電力広域的運営推進機関は、需要家の分散型電源には関与しない。

よって、日本の電力需給調整は、電気事業者、エネルギーサービス事業者、および需要家を主たる構成要素とし、これら三事業者間の相互のサービス契約に基づき、電力需要調整などのサービスが提供される。しかし、エネルギーサービス事業者は、電気事業者からの依頼に従って需要家の電力資源による電力需給調整を実施するため、ここでは電気事業者、エネルギーサービス事業者を一体として扱い、これらと需要家との間のインタフェースとなる電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件について規定する。

4. 電力需給調整サービスのシステム構成

4.1 電力需給調整サービスに関するアクタ

需要家の電力資源を対象とした電力需給調整サービスに関係するアクタは、以下のシステム機器、事業者である。

- ① エネルギーサービス設備／資源(DRR : Demand Response Resource) ; 電力需給調整サービスの対象となる需要家施設内の電力資源、またはその集合体。

ここでは、発電機(常用／非常用発電機、コジェネを含む)、蓄電池、蓄熱槽などの電力、熱などの電力設備のみでなく、省エネルギー制御の対象となる空調、照明などの負荷設備も含む。これらの設備は、需要家施設外から電力需要調整などのサービス依頼によりサービス対象となる。太陽光発電、風力発電など気象現象により出力変動を生じる再生可能エネルギー源は対象としない。

IEC TC57 国際標準のアクタでは、分散型電源(DER : Distributed Energy Resource)に相当する。

- ② ビルエネルギー管理システム(BEMS : Building and Energy Management System) ; ビルエネルギー管理システムは需要家施設内に設置され、エネルギーサービス設備／資源を含む需要家施設全体のエネルギーの需要予測、諸設備の監視制御、履歴管理を行うシステム。

需要家施設外から電力需要調整依頼がない時は、ビルエネルギー管理システムは独自に需要家施設のエネルギー管理を行い、エネルギーサービス設備／資源の監視制御を行う。需要家施設外からの電力需要調整依頼がある時は、これに応え、エネルギーサービス設備／資源の監視制御信号を作成し、エネルギーサービス設備／資源を監視制御する。

IEC TC57 国際標準のアクタでは、CEM(Customer Energy Management System)に相当する。

- ③ エネルギー資源制御装置(ERC : Energy Resource Controller) ; エネルギー資源制御装置は需要家施設内に設置され、需要家施設外からの電力需要調整依頼に対し、需要家施設内の特定のエネルギーサービス設備／資源の監視制御、入出力を行う装置。

ビルエネルギー管理システムの一部機能を持ち、特定のエネルギーサービス設備／資源へのエネルギーサービスを受けられるようにする小規模な監視制御装置である。

IEC TC57 国際標準のアクタでは、CEM に相当する。

- ④ 需要家(EC : Electricity Consumer) ; 電力を消費、発電、蓄電、または管理を行う消費者。

ここでいう消費者は、電力の消費だけでなく、発電も行う、プロシューマと呼ばれる消費者を指す。また、施設内の発電設備、負荷設備などの監視制御を行うビルエネルギー管理システムの運用を行う施設管理者(Building Manager)、設備管理者(Facility Manager)を含む。

- ⑤ エネルギーサービス事業者(DRA : Demand Response Aggregator、ESP : Energy Service Provider) ; 需要家のエネルギーサービス設備／資源に対し、電気事業者からの需要調整依頼を提示し、電力安定供給のためのサービスを提供する事業者、または需要家施設内で独自に需要家の電力資源の電力需要制御などの電力需要調整サービスを提供する事業者。電気事業者から依頼された需要調整の結果に応じ、電気事業者からサービスフィーを得て、需要家にインセンティブを分配する。

- ⑥ 需給調整システム(DRAS : Demand Response Automation Server) ; エネルギーサービス事業者が保有し、電力の需給逼迫時などにおいて、電気事業者と需要家との間で需要調整依頼やその応答などの制御情報を交換し、電力需給調整制御を行うシステム。

IEC TC57 国際標準のアクタでは、DEM(District Energy manager)に相当する。

⑦ 電力小売事業者(LSE : Load Service Entity) ; 需要家と契約を結び、電力販売する事業者。

⑧ 送配電事業者(LDC : Local Distribution Company) ; 電力を調達し、送配電系統を通じて、需要家に電力を提供する事業者。

⑨ エネルギーサービス制御エンティティ(DRE : Demand Response Controlling Entity) ; サービスの提供、およびその運用管理を行う事業者。

エネルギーサービスの観点では、エネルギーサービス事業者、電気事業者の総称である。

IEC TC57 国際標準のアクタでは、Actor A に相当する。

⑩ 情報サービス事業者 ; エネルギーサービス制御エンティティにエネルギーサービスのための情報を提供する事業者。

需要家の電力資源であるエネルギーサービス設備/資源の電力需給調整機能は、エネルギーサービス制御エンティティの需給調整システム、あるいは需要家のビルエネルギー管理システム、エネルギー資源制御装置など、複数の実装形態がある。また、電力需給調整機能の制御形態には、電力量の制御による間接制御、エネルギーサービス設備/資源の機器の監視制御による直接制御がある。しかし、これらの違いに依らず、需給調整サービスの機能は同一である。これら形態の選択は、サービスに関係する事業者の判断による。つまり、同一機能のサービスも、サービスの実装形態はサービスを提供する事業者により異なってもよい。実装形態によりアクタの有する機能が異なることを許容しているのである。

このため、ユースケースの記述において、エネルギー資源制御装置はエネルギーサービス設備/資源の一部とされ、アクタとして認識されない場合があり、その結果、シーケンス図に示されないことがある。

4.2 電力需要調整サービスとアクタの相関

電気事業者は電力の供給力不足、供給力過多などの事象発生を予想すると、エネルギーサービス事業者に対し、需要家の蓄熱システムを活用した需要調整依頼を発行する(この依頼情報の伝達は、日本では経済産業省より OpenADR^[1]を使用することが推奨されている)。この依頼に応じ、エネルギーサービス事業者は、需要家の電力資源における利用可能な電力電源の容量規模、応答性、コストなどの状態情報を元に、電力需給調整に使用する需要家の電力資源の選択を行う。この結果に基づいて、エネルギーサービス事業者はサービス契約を結んでいる需要家に対し、電力需要の調整依頼または、需要家の電力資源の制御のための信号を送付する(情報の内容により、OpenADR^[1]、または IEC 61850^[2]など適応する国際標準を規定)。

日本の電力システム改革、および電気事業者と需要家とのインタフェースを対象とする国際標準である IEC TC57 標準との対応を考慮し、需要家の電力資源を活用した電力需給調整サービスに関するアクタの相関図を図 4.1 に示す。

図 4.1 では、電気事業者側に電気事業者である送配電事業者、小売事業者、およびエネルギーサービス事業者を配置している。即ち、エネルギーサービス事業者は電気事業者から委託され、サービスを提供する事業者であるとして、電気事業者側に位置付けている。国内ではエネルギーサービス事業者としては、実証試験の地域エネルギー管

理システム(CEMS : Community Energy Management System、IEC では DEM : District Energy Manager)が対応すると考えられる。

地域エネルギー管理システムは、電気事業者の送配電系統、自治体の行政区分などで定義される需要家グループのエネルギーなどを集約管理する機能をもっている。このため、地域エネルギー管理システムはエネルギー管理者の位置付けに近いと判断し、ここでは電気事業者側に位置付けている。しかし、エネルギーサービス事業者を需要家を集約し、電気事業者からのサービス依頼に対応するものとして、需要家側に位置付ける考え方もある。

また、図 4.1 において、需要家側に需要家施設内にあるビルエネルギー管理システム(BEMS : Building and Energy Management System、IEC では CEM : Customer Energy Management System)とそれらの管理者を「需要家システム」と呼ぶ。また、電力資源、および電力資源の監視制御を行うシステムなどを集約し、「電力資源および周辺」と呼ぶ。

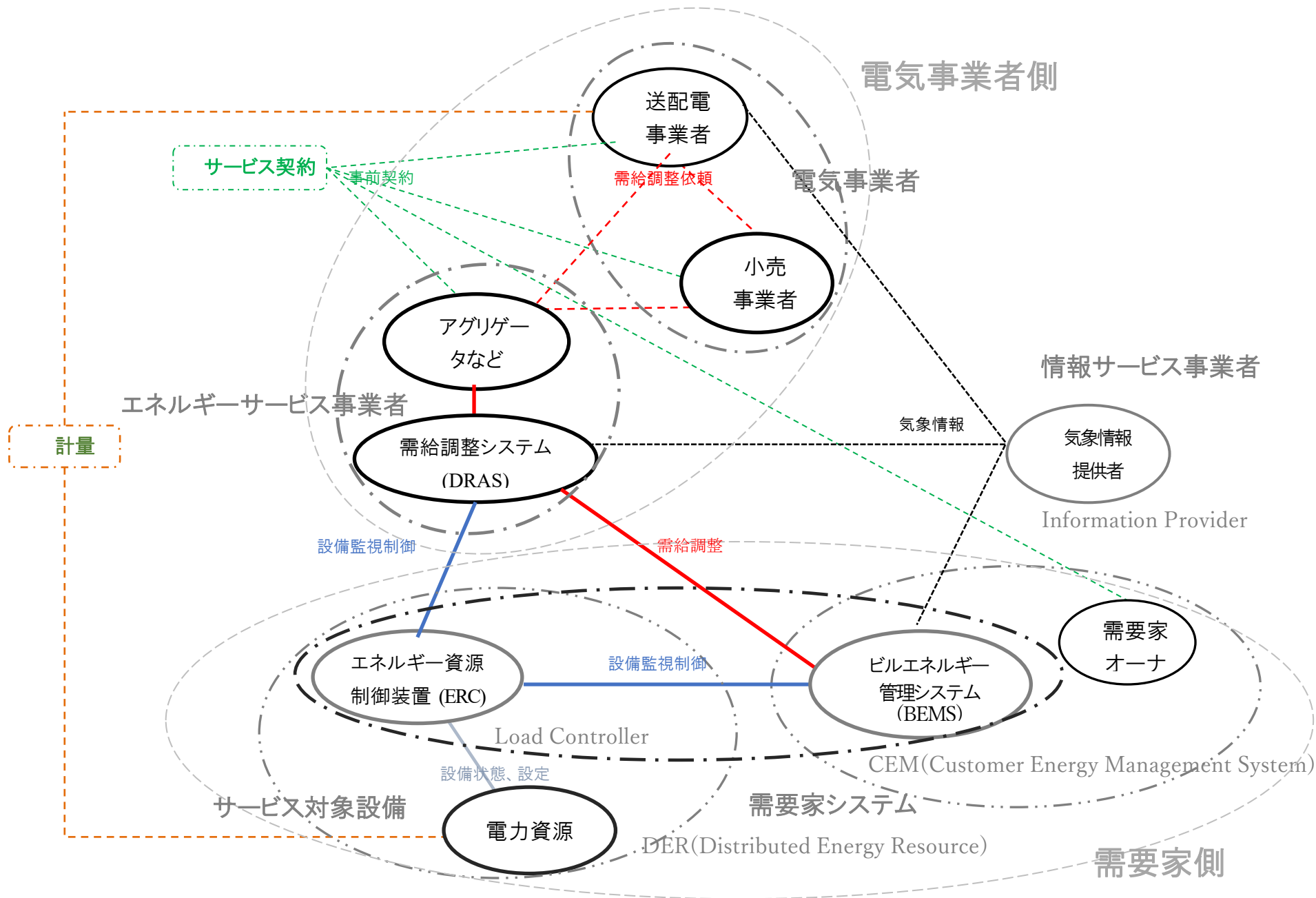


図 4.1 電力需給調整サービスのアクタの相関

4.3 電力需給調整サービス仕様

本 TR-1072 で対象とする需要家の電力資源による電力需給調整サービスの仕様を表 4.1 に示す。

表 4.1 - 需要家の電力資源による電力需給調整サービス仕様

項#	項目	下げ調整サービス	上げ調整サービス
1	サービスの概要	需要家が電気事業者、またはエネルギーサービス事業者との事前契約に従い、需要家の電力資源の運転を行う。電力が供給不足となり、電力需要調整が必要となったとき、電気事業者、またはエネルギーサービス事業者からの要請に従い、需要家の電力資源を制御し、需要家施設内の電力需要を賄う。これにより、需要家は自施設の見込電量を規定時間、規定量の削減を行う。需要家は需要調整の容量契約によりインセンティブを得る。	需要家が電気事業者、またはエネルギーサービス事業者との事前契約に従い、需要家の電力資源の運転を行う。電力が供給過多となり、電力需要調整が必要となったとき、電気事業者、またはエネルギーサービス事業者からの要請に従い、需要家の電力資源に電力を蓄電する。これにより需要家は自施設の見込電量を見掛け上、増加させる。需要家は安価な買電、需要調整の容量契約によりインセンティブを得る。
2	関係アクタ	図 4.1 電力需給調整サービスのアクタの相関	
3	制御形態	間接制御	需要家に買電量の削減、または増加の依頼を要請し、需要家施設内のビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置経由で需要家の電力資源を制御する。
	直接制御	需要家施設外から需要家の電力資源を制御するエネルギー資源制御装置を経由し、需要家の電力資源を制御する。需要家の電力資源の状態監視、制御、入出力を施設外から行う。	
4	ビルエネルギー管理システム(BEMS)の有無	新設施設、および大型の既設施設では、需要家の電力資源の制御をビルエネルギー管理システムから行うことが多い。既設施設において電力需給調整サービスを提供する場合、ビルエネルギー管理システムを改造せず、ビルエネルギー管理システムに比べ簡易なエネルギー資源制御装置を設置し、需要家の電力資源の制御を行うことがある。また、ビルエネルギー管理システムと簡易なエネルギー資源制御装置が併設される場合、施設外からの電力需給調整サービスを提供する時は、常時、需要家の電力資源を制御するビルエネルギー管理システムの機能をエネルギー資源制御装置が代替えし、需要家の電力資源を制御する。 新設施設でも、簡易なエネルギー資源制御装置が設置されることがある。	
5	授受情報	取引	電力需要調整依頼(電力量、時間など)、および応諾 電力需要調整離脱、電力需要調整結果
		監視	電力資源状態監視
		制御	電力資源制御
		計量	需要家施設の電力取引メータおよび、電力資源の個別メータ

4.4 電力需給調整サービス用ネットワークに関するシステム構成

電力需給調整サービス用ネットワークの構成を図 4.2 に示す。

// はエネルギーサービス事業者設備とキャリア網、キャリア網と需要家設備の分界点を示す。

分界点のエネルギーサービス事業者設備側や需要家設備側には、ルータ等の機器が置かれることを想定する。

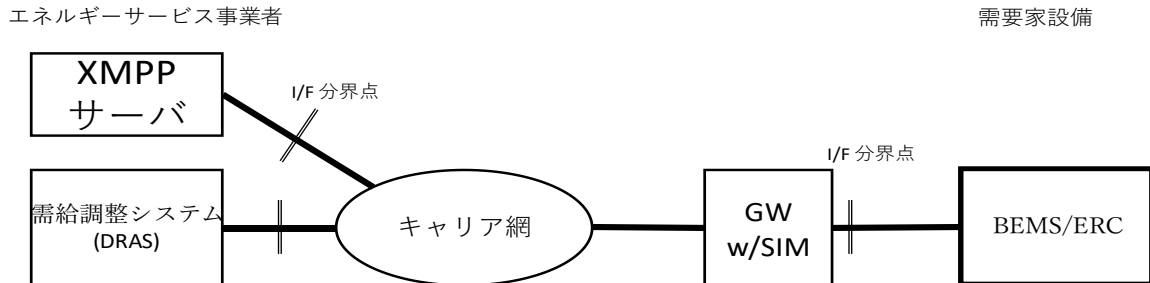


図 4.2 電力需給調整サービス用ネットワークの構成

① 前提となる設備・システムとネットワーク

このネットワークにある設備やシステムなどの所有者と設置場所について以下に示す

(i) XMPP (eXtensible Messaging and Presence Protocol) サーバ、需給調整システム

- ・所有者：エネルギーサービス事業者
- ・設置場所：エネルギーサービス事業者の施設内、
あるいは、ホスティングサイトやクラウドサービス事業者の施設内

(ii) キャリア網

- ・所有者：通信事業者
- ・設置場所：通信事業者の施設内

(iii) SIM (Subscriber Identification Module) 付き GW (ゲートウェイ)

- ・所有者：GW 本体はエネルギーサービス事業者の所有で、SIM は通信事業者の所有
あるいは、SIM、GW とも通信事業者の所有
- ・設置場所：需要家の施設内

(iv) BEMS/ERC

- ・所有者：需要家
- ・設置場所：需要家の施設内

それぞれのプレーヤ間の物理的なネットワーク例を以下に示す。

(i) XMPP サーバ、需給調整システム-キャリア網

- ・物理ネットワーク：IP アクセス網、専用線

(ii) キャリア網

- ・物理ネットワーク：キャリアの基幹ネットワーク

(iii) キャリア網-SIM 付き GW

- ・物理ネットワーク：IP アクセス網、モバイル通信網

(iv) SIM 付き GW - BEMS/ERC

- ・物理ネットワーク：構内有線 LAN、構内無線 LAN、USB 等

② 想定される攻撃と対処のための前提条件

(a) 物理的な攻撃

- ・システムの設置場所やネットワークに対する物理的な攻撃としては、システムの破壊や盗難、回線の **Wirtapping** が想定される。
- ・エネルギーサービス事業者や通信事業者、ホスティングサイトやクラウドサービス事業者においては、物理的な攻撃が行われないよう施錠や警備等が施されることを前提とする。
- ・需要家施設においては、破壊や盗難などの可能性がある。

(b) リンクレベルの攻撃

プレーヤ間を結ぶリンクに対する攻撃としては、電磁的妨害や盗聴がありうる。

- ・電磁的妨害への対処は、物理的な攻撃への対処と同様とする。
- ・盗聴に対しては、下記のようにリンクレベルでの暗号化が行う必要がる
 - ✓ **XMPP サーバ、需給供給システム-キャリア網**
IPsec による VPN (Virtual Private Network) 等により、リンクでの盗聴が回避されることを前提とする
 - ✓ **キャリアの基幹ネットワーク**
キャリアのデータリンク方式によりセキュアに管理されていることで、盗聴リスクを回避することを前提とする
 - ✓ **キャリア網-SIM 付き GW**
IP アクセス網では、IPsec による VPN、モバイル通信網の SIM に基づいたデータ暗号化行われることを前提とする。
 - ✓ **SIM 付き GW - BEMS/ERC**
構内無線 LAN では、WPA2 などの方式で暗号化されることを前提とする。

(c) ネットワークレベルの攻撃

系全体に侵入することによる盗聴・データ破壊・データ改ざんや DDoS 攻撃が考えられる。しかし、以下の要件を満たすことで、アグリゲータおよび需要家はファイアウォールなどを設置する必要がない。

- ・XMPP-DRAS のエネルギーサービス事業者間の接続を同じグループの閉域網で行なうことで、他所からの侵入を防止する。
- ・キャリア網から直接の侵入は不可能であるとする。
- ・需要家間、あるいは GW 間で通信することは不可能であるとする。
- ・エネルギーサービス事業者、ホスティングサイトやクラウドサービス事業者では、サービス提供に不要な機器を接続することはなく、セキュリティパッチなど必要な処置は施されているものとする。

③ システムを安全に運用するための対策

需要家施設に置かれる装置やネットワークは、侵入・盗難やコンピュータウイルスに感染した機器の接続可能性を考慮する必要がある。この場合に対処すべき点を以下に示す。

(a) キャリア網内

- ・需要家設備からキャリア網に悪意のあるパケットが流入する恐れがある。キャリア網は、これによる被害を受けない対応が必要である。

(b) GW-BEMS/ERC 間

- ・GW と BEMS/ERC 間で、相互に認証する必要がある。GW から見た機器が信頼できるかどうか、

BEMS/ERC からみて接続先の GW が真正なものかどうかを確認するためである。

- ・ GW-BEMS/ERC 間で、データを暗号化する必要がある。

(c) 需要家施設内

- ・ GW や SIM の盗難に対する対策が必要である。アプリケーションレベルではあるが、エネルギーサービス事業者と需要家間で死活監視を行うなどの対処が考えられる。

5. 電力需給調整サービスのユースケースとこれを実現するための技術要件

5.1 電力需給調整に関するユースケース

5.1.1 蓄熱システムによる電力需給調整サービス

(1) 蓄熱システムの電力需給調整への活用

地球環境保全のため、温暖効果ガスの排出抑制のため温室効果ガスの排出量の少ないエネルギー源である再生可能エネルギーの導入拡大が必要である。これと並行し、気象変化による発電出力変動により生じる電力系統への影響の軽減対策が必要である。この対策の一つとして、需要家の蓄熱システムの活用がある。蓄熱システムは電力を熱に換えて蓄積し、必要な時に放熱するシステムである。

蓄熱システムの一つである地域冷暖房システムの活用は、欧米など年間平均気温が低く、熱需要の大きな国／地域において注目されている。日本では、東日本大震災以降、都市部の地域冷暖房システムや大規模な需要家施設の蓄熱システムについては、夜間電力の効率利用の観点での有益性は薄れているものの、電熱併用によるエネルギーの最適利用、電力需要のピークカットの観点では引き続き有用である。地域冷暖房システム、蓄熱システムによるエネルギー最適化については、国内外で検討されている。

ここでは、施設内の温熱環境を損なうことなく、電力需要の状況に応じ蓄熱システムを活用する電気事業者、需要家双方にメリットとなるサービスを規定する。

蓄熱システムは、蓄積した熱と電力の変換を行なうことで、再生可能エネルギーの発電量の変動による電力系統への影響を防ぐことができる。すなわち、電力供給が不足すると、蓄熱システム内に事前に蓄えた熱エネルギーの放熱により施設内の熱負荷を賄い、見かけ上の電力需要を減らすことができる。逆に、電力供給が過剰となると、蓄熱システムに余剰電力を蓄積し、見かけ上の電力需要を増やすことができる。これらにより電力の需給バランスを調整することができる。

地球環境保全には、国／地域の経済力、技術力などに応じた低炭素化が必要である。このため、定量的な温室効果ガスの削減目標が COP21(国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議)で定められた。日本の温室効果ガス排出削減の目標値を守るため、再生可能エネルギー源の増設は必須である。これに伴う再生可能エネルギーの電力系統の安定化対策として、蓄熱システムを活用せねばならない。

(2) 蓄熱システムの構成と活用メリット

これまで、蓄熱システムは昼間のピークカットのための熱源機の容量低減によるシステム効率化と経済性の確保に加え、昼間の電力デマンドの抑制を目的として導入されてきた。これらにより、需要家施設の電力負荷率の平準化が図れ、需要家施設のオーナーには契約基本電気料金の低減、電気事業者には夜間電力利用による発電設備の効率的運転による発電コストの低減、という需給双方にメリットを提供してきた。

蓄熱システムの基本構成を図 5.1 に示す。図 5.1 の蓄熱システムは、熱源機、蓄熱槽、熱交換器、および熱搬送ポンプからなる一次側システムと空調機からなる二次側システムとで構成されている。

熱源機とは、施設内の空調制御のための熱搬送媒体である空気や水に熱を与える冷凍機やボイラなどの機器を言う。熱源機により作られた熱は、蓄熱槽内に水、または氷の形態で蓄熱される。蓄熱槽に蓄積された熱は、施設内に、水、または空気を媒体として供給される。この蓄熱槽内の熱を施設内空調用媒体に伝達するのが熱交換器であり、熱搬送媒体を施設内に循環させるのが熱搬送ポンプである。施設内の居室などでは、熱搬送媒体を利用する空調機により空調が行われる。

需要家の蓄熱システム導入の本来の目的は、需要家施設の電力ピークカットである。夜間など電力料金が安い時に蓄熱槽に蓄熱を行い、昼間など施設の熱需要が高い時に蓄熱槽からの放熱による空調を行うことで、熱源機の容量低減、熱源機の一部運転停止を実現する。ピーク時の電力需要を削減し、施設の基本電気料金の低減に貢献するものである。このような仕組みにより蓄熱システムは、平時には、電力需要の平準化や省エネルギー・省CO₂などを実現する。また、需給逼迫時には、電気事業者からの電力需要の削減要求に応じ、施設への最適な熱供給を維持しつつ電力需要の削減を行うことができる。

一方、電気事業者は電気料金メニューなどにより、電力供給に余裕のある夜間へ電力需要を移行させ電力負荷率を平準化することにより、発電設備の効率的な運転が可能となり、発電コストを低減することができる。

蓄熱システムの導入のメリットは以下のとおりである。

- ① 環境保全(CO₂排出量の低減)；冷房時、蓄熱システムの熱源機の夜間運転は外気乾球温度、もしくは湿球温度が昼間より下がるため成績係数が上昇する。このため、省エネルギーサービス運転となり、単位出力当りの電力消費量が小さくなり、冷房主体の国々ではCO₂排出量が低減する。
- ② 省エネルギー(熱源機の高効率運転)；熱源機を空調負荷に追従させず、効率的な定格運転をすることができ、運転時間の短縮により機器の耐久時間の延長ができる。また、太陽熱利用や排熱回収システムとの併設で、省エネルギーに貢献する。
- ③ 経済性；以下の経済効果がある。
 - (a) 熱源機の設備容量の縮小(ピークカット)：熱源機の運転時間を延長することにより熱源機の設備容量を大幅に圧縮でき、設備費の低減とともに契約電力の削減が可能である。
 - (b) 夜間電力の有効利用：熱源機の運転を夜間に移すことで安い夜間電力(業務用蓄熱調整契約)を利用でき、運転費を削減できる。
 - (c) 電力基本契約料金の削減：電力需要のピークをカットし、契約電力のうち基本契約料金の削減が可能である。また、夏期における電力需要のピーク時間帯(13～16時)に熱源機を停止させ、電力需要のピークカットを行うことで、さらに割引が受けられる制度があった。
 - (d) 部分空調負荷への対応：空調時間の異なる施設内スペースが存在しても、専用の熱源機を必要とせず対応できる。また、低負荷時や時間外空調へも大型の熱源機を稼働させることなく対応できる。
 - (e) 熱負荷増加への対応：増築や用途変更により空調負荷が増減しても、熱源機の運転時間の延長や蓄熱温度の調整によってコストを掛けずに対応できる場合がある。
- ④ 安全性・防災等；熱源機の故障時に、蓄熱システムを使用し空調を継続出来るので、空調システムの信頼性を高めることができる。また、所定の基準を満たせば、消防用水として利用できる。地震などの災害や漏水における断水時に、生活用水(飲用以外の雑用水)として利用することも可能である。

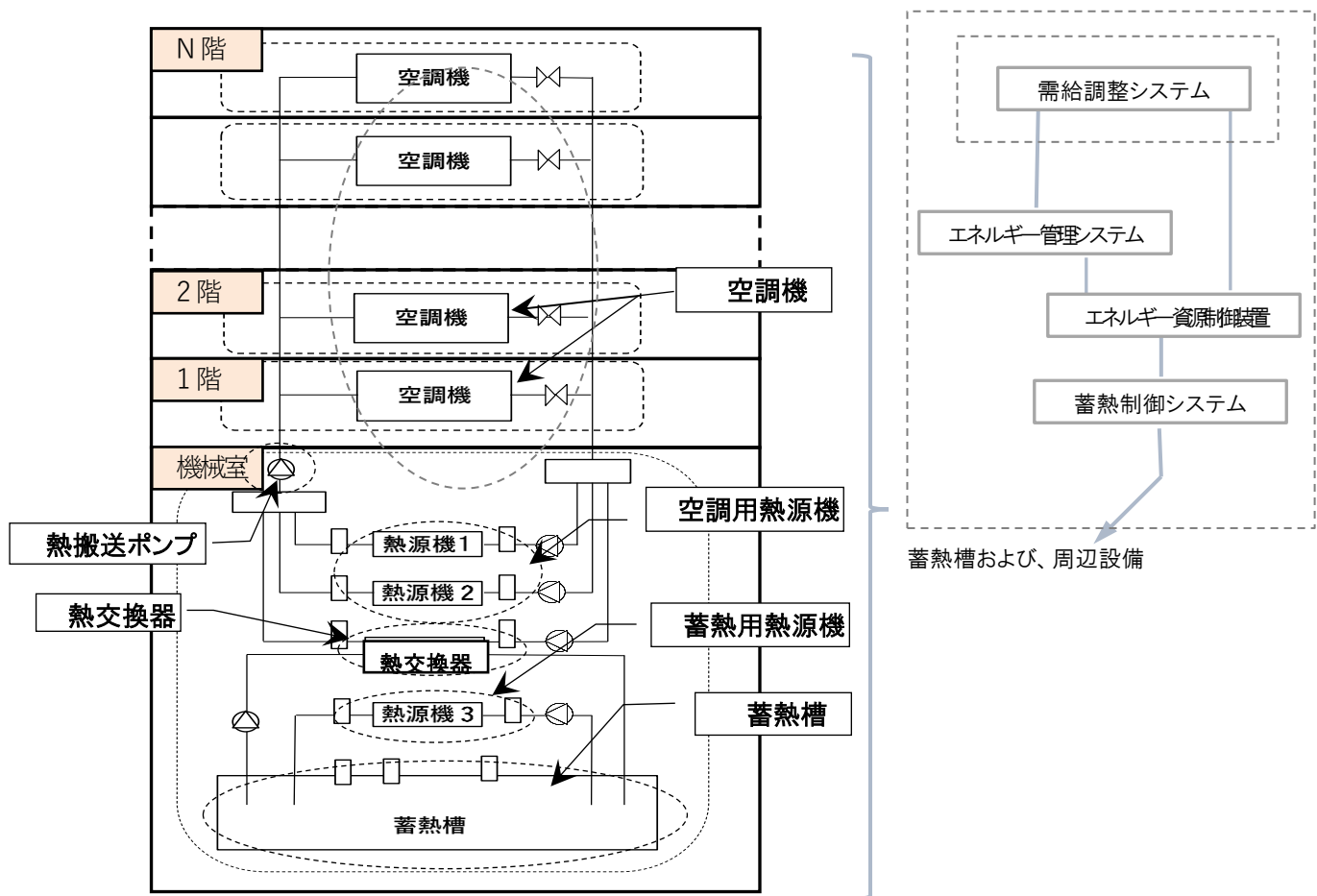


図 5.1 蓄熱システムの基本構成例

(3) 蓄熱システムの電力需給調整運転

前にも述べたように、東日本大震災以降の日本の電源構成の変化により、夜間電力を利用した蓄熱システムによるピークカットのニーズは相対的に低くなっている。しかし、蓄熱システムは、エネルギー蓄積規模と蓄電効率の観点から、再生可能エネルギーの発電出力変動、経済活動に伴う電力需要変動などに対する電力需給安定化の対策手段として有効な手段である。

「電力供給能力不足による需給逼迫時の電力需要調整(以下、下げ調整と呼ぶ)」や「電力需要の小さい時期に再生可能エネルギーの余剰電力吸収(以下、上げ調整と呼ぶ)」に需要家の蓄熱システムを活用することで生まれる電気事業者の発電設備に係る固定費等の軽減分を、需要家に報酬として支払うビジネスモデルがある。この下げ調整や上げ調整は蓄熱システムの活用の幅を広げ、新たな価値の創造とともに、電力供給安定化のための社会インフラ投資の軽減、地域の災害対応力の強化などの社会貢献を果すことができる。

また、これらサービスに係る電力系統運用者、小売事業者などの電気事業者と需要家の間を仲介する電力需給調整サービスを提供する事業者などに、新たなビジネスの機会がもたらされる。

① 下げ調整と蓄熱システムの運転

電力需要が大きい時期(猛暑、厳寒時など)に、電気事業者は電力需給逼迫の発生を予測すると、需要家に対して電力需要の削減を要請し、電力供給の不足を補おうとする。需要家は電気事業者からの要請に対し、蓄熱システムの残蓄熱量に余裕があれば、この熱を使用して施設内の空調を行い、施設の電力需要を下げる。これが下げ調整である。

これにより、電気事業者は電力供給量の不足に対応でき、需要家は電力需要削減の協力で伴うインセンティブを得られるというメリットがある。

下げ調整サービス時の蓄熱システムの制御は下記のとおりである。

- i) 電気事業者が需給逼迫発生を予想したとき、需要家はエネルギーサービス制御エンティティを介し、蓄熱システムの放熱運転による電力需要の削減を要請される。
- ii) 蓄熱システムの放熱運転による電力需要の削減量の評価基準となるベースラインは、経済産業省「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン」^[11]に基づく事前契約により設定されているものとする。
- iii) 電気式熱源機の停止、または製造熱量の抑制によって施設内の空調を行い、事前に設定したベースラインから要請を受けた電力需要削減量に相当する商用受電量を削減する。
- iv) このため、電気式熱源を停止、または製造熱量の抑制により不足する施設の空調のための熱は蓄熱システムに蓄積された熱の放熱により供給する。

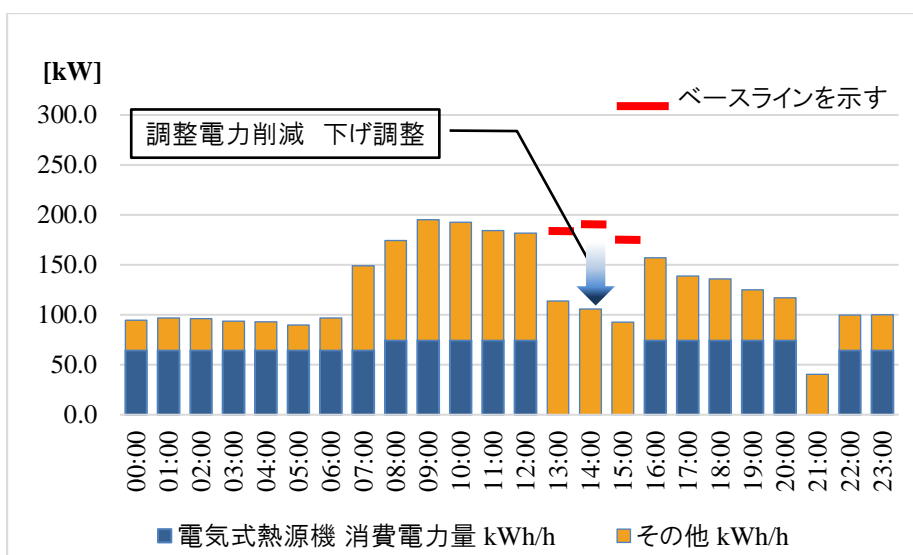


図 5.2 下げ調整運転のイメージ

② 上げ調整と蓄熱システムの運転

電力需要が小さい時期(春、秋の中間期など)に、電気事業者は再生可能エネルギーの発電量に対して、電力需要が少なく、余剰電力の発生を予想すると、需要家に電力需要量の増加を要請し、電力需給のバランスを取ろうとする。需要家は電気事業者からの要請に対して、蓄熱システムに蓄熱の余裕があれば、余剰電力の蓄熱システムへ蓄熱(蓄電)運転を行い、自らの施設の電力需要の増加を図る。これが上げ調整である。

電気事業者は余剰電力の発生が予想されると、電力需給バランスを保つため、まず、自ら保有する発電設備の発電を抑止するが、この発電抑止によっても電力需給バランスが保たれないとき、需要家が電力需要量(消費量)を増やしてくれれば、需給バランスがとれ、かつ、余剰電力の販売が可能となるメリットがある。一方、需要家は、上げ調整中に通常より安価な電気料金で電力を蓄熱システムに蓄積し、他の時間帯に蓄熱した熱を活用することで、安価な電力利用ができるメリットがある。

上げ調整時、需要家の施設は見かけ上、電力需要量(消費量)が増加する。これにより、契約電力以上の電

力需要が発生する可能性がある。この対応は電気事業者と需要家の契約により解決するものとする。

上げ調整時の蓄熱システムの制御は下記のとおりである。

- i) 需要家は電気事業者、またはエネルギーサービス制御エンティティから余剰電力の吸収を要請される。
- ii) 蓄熱槽に余剰電力を熱として蓄電することによる電力需要の増加量の評価基準となるベースラインは、経済産業省の「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン」^[11]に基づき、事前に設定されているものとする。
- iii) 電気式熱源機を起動し、蓄熱槽に蓄熱することにより電力需要(商用受電量)を増加させる。
- iv) このため、電気式熱源の運転により、製造した熱量を蓄熱槽に蓄熱する。

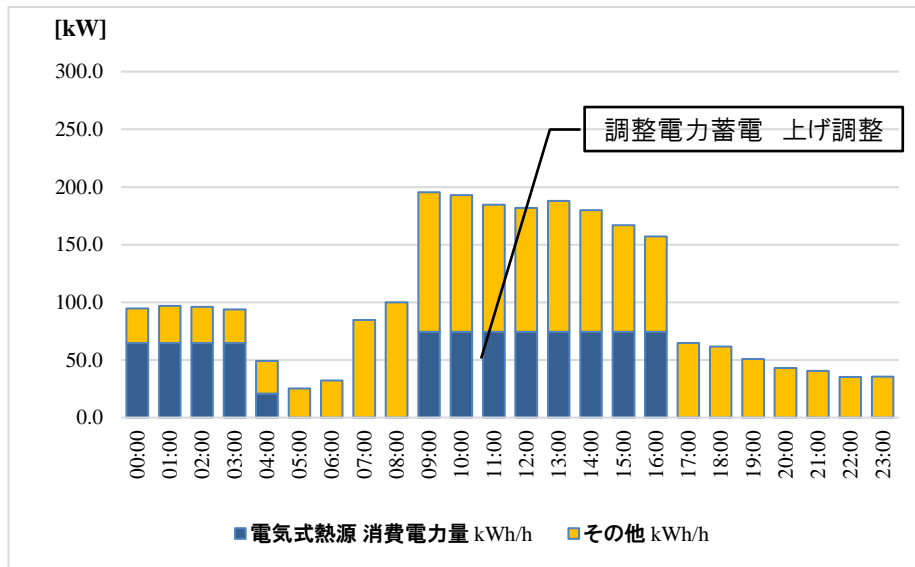


図 5.3 上げ調整運転のイメージ

(4) 蓄熱システムによる電力需給調整サービスのビジネスモデルと授受情報

電力需給調整サービスは、電気事業者、エネルギーサービス事業者などのエネルギーサービス制御エンティティと需要家のサービス契約の締結が前提となる。この契約には相対契約、電力市場取引契約が存在する。TR-1072 ではこの契約が締結されていることを前提とし、サービス実行に必要な仕様を規定し、契約の締結までの手続きについては規定しない。

ここで対象とする電力需給調整サービスは、事前通知型エネルギーサービスである。事前通知型エネルギーサービスとは、エネルギーサービス制御エンティティが電力需給調整の必要性を判断した際、エネルギーサービス運転に先立ち、エネルギーサービス運転スケジュールを事前に契約締結している需要家に通知し、電力需要調整などのエネルギーサービス実施の可否を確認するものである。これによりエネルギーサービス制御エンティティは、需給調整の運転時、エネルギーサービスによる需要調整量を事前に把握し、確実な需要調整を行なうことができる。

即ち、電力系統運用者は、電力需要増による電力需要の逼迫、送配電系統の混雑や発電機の保守点検のための計画停止による電力供給への影響などを事前に予想する。電力供給への影響が予測された場合、当該地域の需給調整を目的として、需要家の取引電力量計ベースの見掛けの需要調整の実施を事前に契約した需要家に対し、例えば、1 日前、1 時間前、あるいは 10 分前に、需要調整の依頼を行なう。取引電力量計ベース

の見掛けの需要調整とは、需要家の所有設備の消費電力の低減、自家発電の利用による買電量の抑制を指す。この需要調整依頼を需要調整イベント通知という。その結果、見かけ上の需要調整が行なわれたことが確認された場合、需要家に事前の契約で規定された報奨が支払われる。

需要家はエネルギーサービス制御エンティティからの需要調整要請に基づき、自ら保有する蓄熱システムの運転により電力需要調整を実施する。これ以外の電気事業に絡むステークホルダの動きは、需要家には直接、関係しない。電力需給調整サービスにおけるアクタ間の情報授受の代表例を以下に示す。

① 電力取引を用いた間接制御による下げ調整サービス

電力取引を用いた間接制御による下げ調整サービスは、下記の情報授受で実現される。

- i) エネルギーサービス制御エンティティは、需要家の蓄熱システムを監視。
- ii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家に対し、需要調整運転依頼スケジュールの事前配信(配信の送達確認)、エネルギーサービス運転依頼スケジュールへの参加、不参加の回答。
- iii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家の蓄熱システムなどへの制御。
- iv) 蓄熱システムの制御は、事前準備運転と下げ調整実運転より構成。
- v) 需要家とエネルギーサービス制御エンティティとの需要調整運転結果などの情報授受。

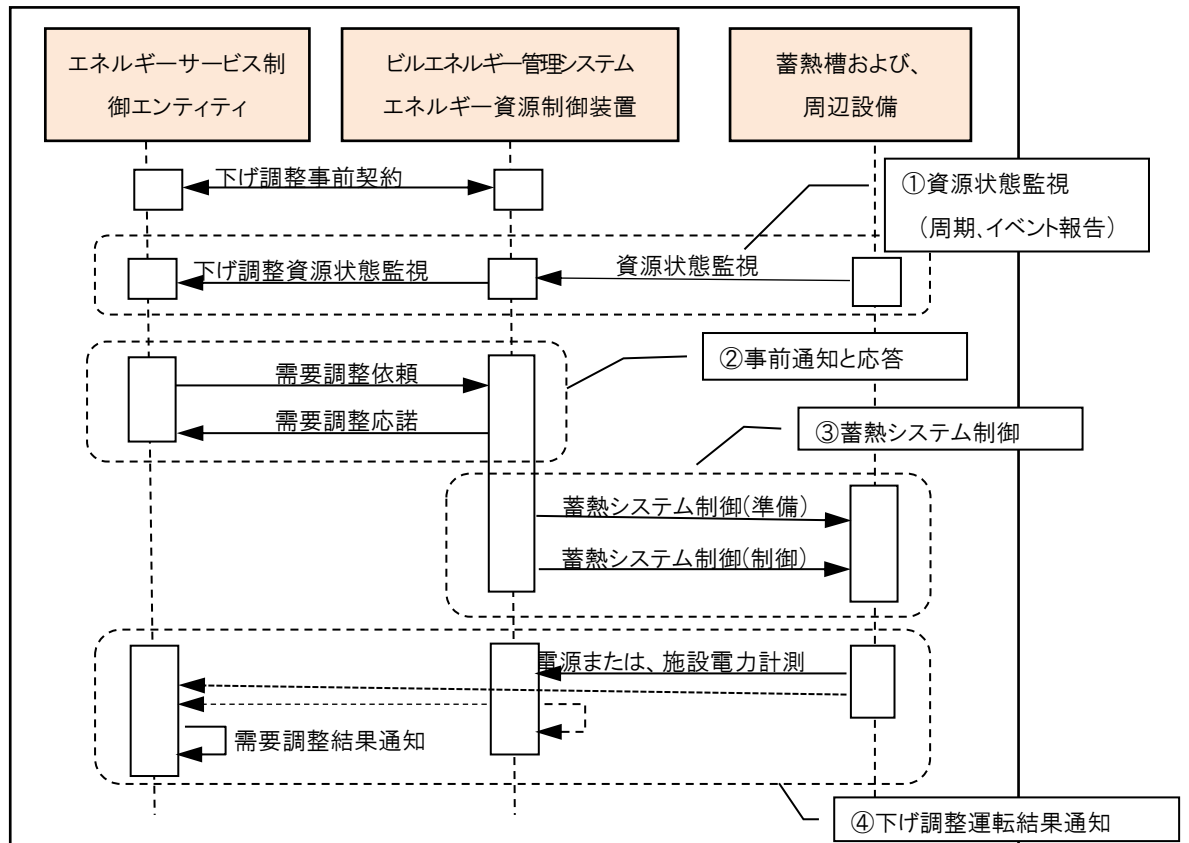


図 5.4 下げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと
需要家の情報授受(正常ケース)

② 蓄熱システムの直接制御による下げ調整サービス

蓄熱システムの直接制御による下げ調整サービスは下記の情報授受で実現される。

- i) エネルギーサービス制御エンティティは、需要家の蓄熱システムを監視。
- ii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家に対し、需要調整運転依頼スケジュールの事前配信(配信の送達確認)、エネルギーサービス運転依頼スケジュールへの参加、不参加の回答。
- iii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家の蓄熱システムへの遠隔制御。蓄熱システムの制御は事前準備運転と下げ調整実運転より構成。
- iv) 需要家とエネルギーサービス制御エンティティの需要調整運転結果などの情報授受。

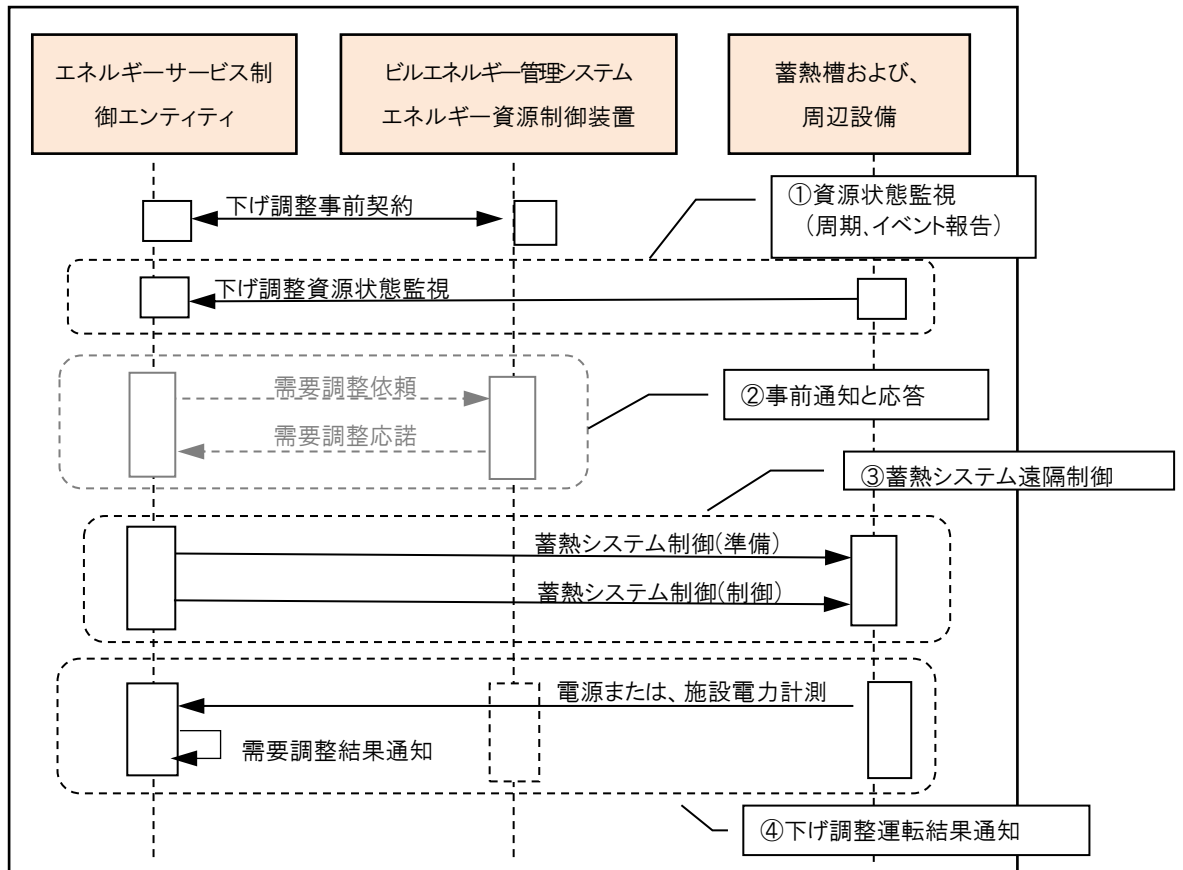


図 5.5 下げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受(正常ケース)

③ 電力取引を用いた間接制御による上げ調整サービス

蓄熱システムの間接制御による上げ調整サービスは下記の情報授受で実現される。

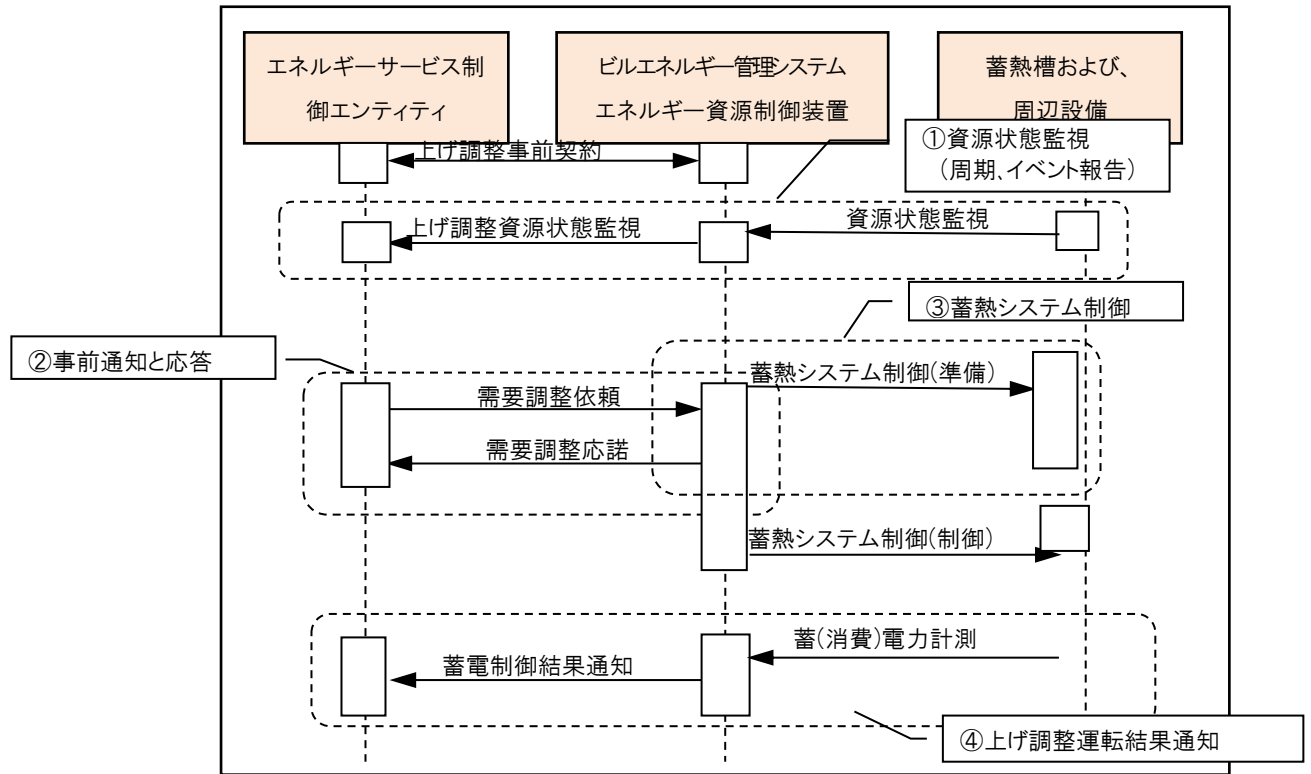


図 5.6 上げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受 (正常ケース)

④ 蓄熱システムの直接制御による上げ調整サービス

蓄熱システムの直接制御による上げ調整サービスは下記の情報授受で実現される。

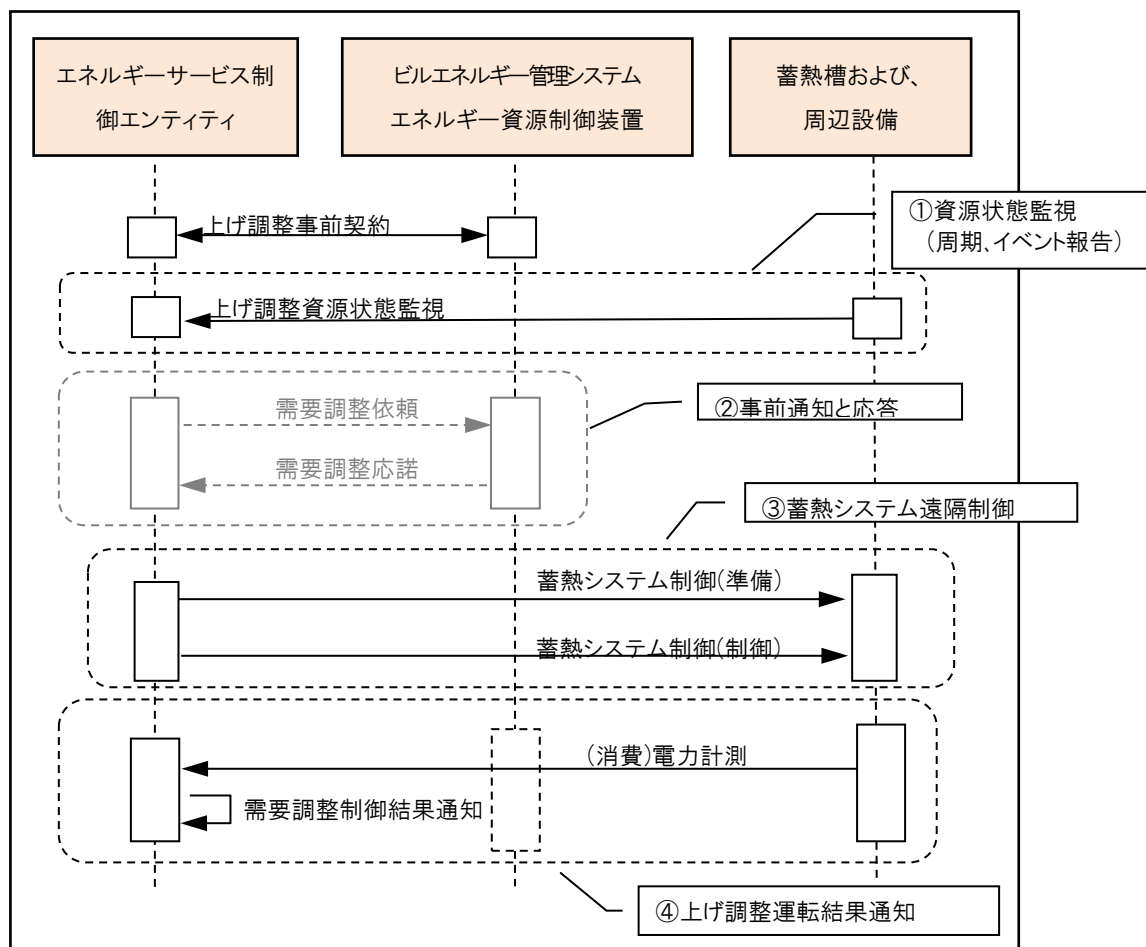


図 5.7 上げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受 (正常ケース)

5.1.2 蓄電池システムによる電力需給調整サービス

(1) 蓄電池システムの電力需給調整への活用

蓄電池システムも電力需給調整に活用することができる。電力自由化が進む米国では、発電事業者と系統運用者が独立した形態で電力供給が行われているため、系統運用者は周波数調整に必要な調整力をアンシラリーサービス(Ancillary Service)市場を通じて確保している。従来は、火力発電機を活用して周波数調整能力を確保していたが、再生可能エネルギーの大量導入により、余剰電力、出力変動に伴う需給バランスや電圧変動の問題が顕在化しつつある中、これらの課題への対策として、即応性の高い系統用蓄電池の導入が増えているのである。また、欧州においても、再生可能エネルギーの導入に積極的なドイツ、イタリアでは、系統用蓄電池の導入実績が増えている。日本においても東日本震災以降、特に 2012 年の FIT(Feed-In-Tariff: 固定価格買取制度)導入後から再生可能エネルギーの導入が急速に進み、欧米と同様に蓄電池システムが注目されている。

蓄電池システムでは、再生可能エネルギーの発電量の変動による電力系統への影響を蓄電池への充電、蓄電池からの放電により防ぐことができる。即ち、電力供給が不足すると、蓄電池から放電し電力需要を減らすことができ、電力供給が過剰となると、蓄電池に余剰電力を充電し電力需要を増やすことができる。これらに

より電力の需給バランスを調整することができる。

蓄電池システムは、「周波数の維持や系統電圧の制御といった電力系統における電気の品質維持を目的とした電力系統用の蓄電池システム」と「建物施設内における停電時の重要負荷瞬低対策や電力基本料金逡減のための消費電力のピークシフト、それらを組合せたビルエネルギー管理システムによるエネルギーの効率的な最適制御などを目的とした需要家用の蓄電池システム」の2種類に大別できる。これらを使用し、需要家の蓄電池システムを対象として電気事業者、需要家双方のメリットとなるサービス仕様を規定する。

(2) 蓄電池システムの構成と活用メリット

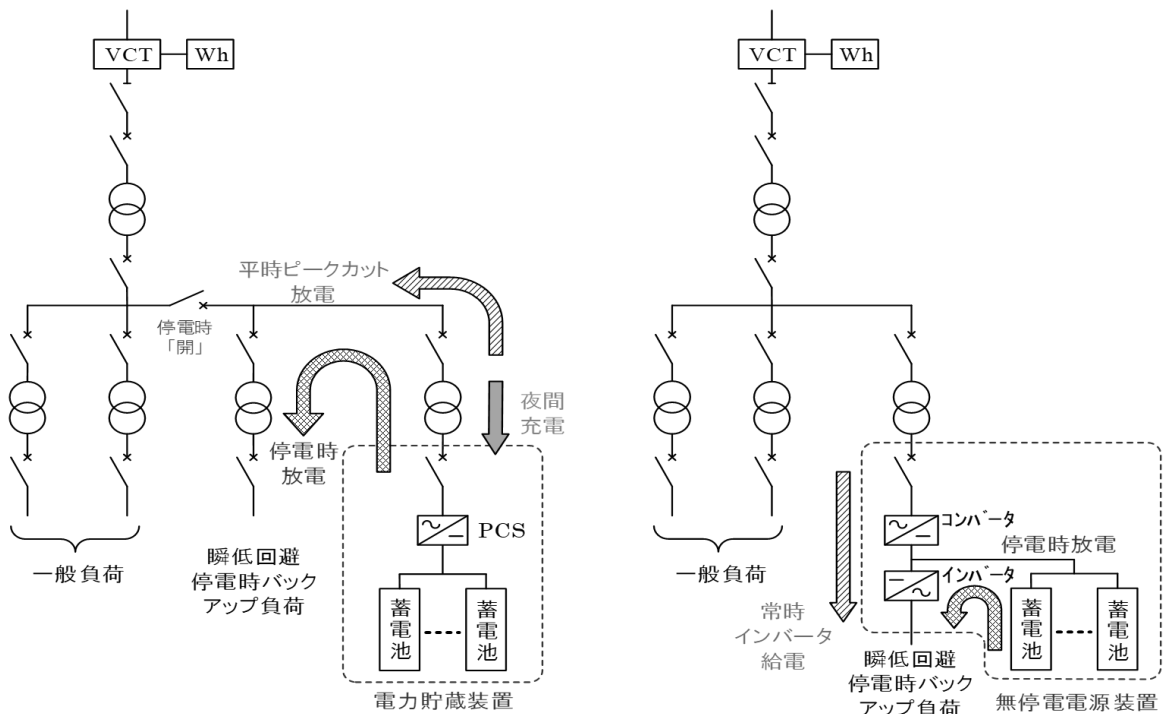
需要家内に設置される蓄電池は、「工場などの生産施設やプラント施設におけるピークカット対策(瞬低対策の兼用も可能)を行うために、平時においても充放電を行う電力貯蔵装置として利用する場合」と「建物監視制御装置や通信機器の瞬低対策用として、停電時にのみ稼働する無停電電源装置 UPS(Uninterruptible Power Supply)として利用する場合」の2種類があり、それらを総称して蓄電池システムと呼ぶ。その基本構成を図 5.8 に示す。

電力貯蔵装置は、直流-交流変換を行うパワーコンディショナーPCS(Power Conditioning System)と蓄電池で構成されている。平時は、昼間に負荷平準化のためのピークカット放電を行い、夜間に充電を行っている。停電時には系統電力側と解列し、自立運転を行うことで、重要負荷へ電源供給することで BCP(Business Continuity Planning)対策にも貢献できる。

電力貯蔵装置によるピークカット運転例を図 5.9 に示す。図 5.9 のピークカット運転では、需要家は夜間に安価な電気料金で蓄電池に充電し、電力需要が大きく、電気料金の高い昼間に蓄電池から放電を行うことで電力需要を削減し、電力の基本料金の低減を図るというメリットを需要家に提供している。また、電気事業者にとっては、電力供給に余裕のある夜間電力の利用を促進し、電力需要の平準化を図ることで、効率的な発電機の運用を行い、発電コスト抑制というメリットを提供するものである。

一方、無停電電源装置は、交流-直流変換を行うコンバータと直流-交流変換を行うインバータ、それから蓄電池で構成されている。平時は瞬低補償・停電時バックアップを行う重要負荷に対して、コンバータ、インバータを経由した商用電源を供給し、瞬低および、停電時に蓄電池からインバータを介して無瞬断で電力供給を行っている。一般的に無停電電源装置による停電補償時間は 10～30 分程度であり、長時間の停電における電源供給は非常用発電機によって賄うことが多い。

無停電電源装置は重要負荷に対する瞬低対策、停電対策として設置されるため、設備の故障や更新時にも対応可能なように冗長機を設置することが多い。無停電電源装置を需要調整に利用する場合には、負荷容量に対する余剰分の蓄電池容量や冗長機分の蓄電池容量を利用することが可能であると考えられる。但し、無停電電源装置は通常時において蓄電池からの放電は行わないシステムになっているため、いわゆる、デマンドレスポンス DR^[12] (Demand Response)機能を付加した製品の開発が必要になる。



① 電力貯蔵装置を使用した蓄電池システム ②無停電電源装置を使用した蓄電池システム
 図 5.8 蓄電池システムの基本構成例

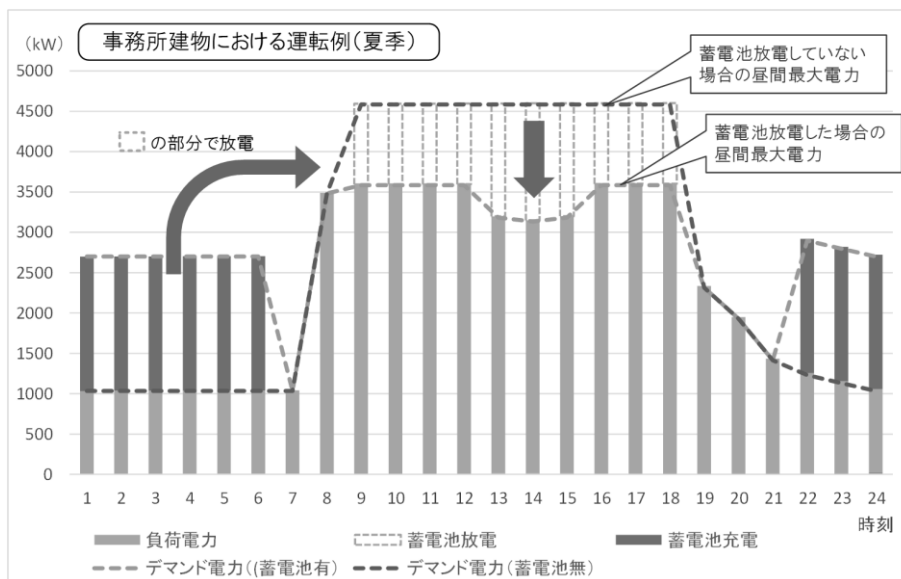


図 5.9 蓄電池システム(電力貯蔵装置)によるピークカット運転例

(3) 蓄電池システムの電力需要調整運転

前にも述べたように、東日本大震災以降の日本の電源構成の変化により、夜間電力を利用した蓄電池システム(電力貯蔵装置)によるピークカットのニーズは相対的に低くなっている。しかし、蓄電池システムは、パワーコンディショナーを介して蓄電池に瞬時に電力を充電、放電可能な応動時間の速さの観点から、再生可能エネルギーの発電出力変動、経済活動に伴う電力需要変動などに対する電力需給安定化の対策手段として、他の分散型電源に先んじて活用できる有効な手段である。

「電力供給能力不足による需給逼迫時の電力需要調整(下げ調整)」や「電力需要の小さい時期に再生可能エネルギーの余剰電力吸収(上げ調整)」に需要家の蓄電池システムを活用することで生まれる電気事業者の発電設備に係る固定費等の軽減分を、需要家に報酬として支払うビジネスモデルがある。この下げ調整や上げ調

整は蓄電池システムの活用の幅を広げ、新たな価値の創造とともに、電力供給安定化のための社会インフラ投資の軽減、地域の災害対応力の強化などの社会貢献を果すことができる。

また、これらサービスに係る電力系統運用者、小売事業者などの電気事業者と需要家の間を仲介し、電力需給調整サービスを提供する事業者などに、新たなビジネスの機会がもたらされる。

① 下げ調整と蓄電池システムの運転

電力需要が大きい時期(猛暑、厳寒時など)に、電気事業者は電力需給逼迫の発生を予測すると、需要家に対して電力需要の削減を要請し、電力供給の不足を補おうとする。需要家は電気事業者からの要請に対し、蓄電池システムのSOC(State Of Charge: 充電率)に余裕があれば、蓄電池電力を放電することで、施設の電力需要を下げる。これが下げ調整である。

これにより、電気事業者は電力供給量の不足に対応でき、需要家は電力需要削減の協力に伴うインセンティブを得られるというメリットがある。

下げ調整サービス時の蓄電池システムの制御は下記のとおりである。

- i) 電気事業者が需給逼迫発生を予想したとき、需要家はエネルギーサービス制御エンティティを介し、蓄電池システムの放電運転による電力需要の削減を要請される。
- ii) 蓄電池システムの放電運転による電力需要の削減量の評価基準となるベースラインは、経済産業省「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン」^[14]に基づく事前契約により設定されているものとする。
- iii) 蓄電池システムは、電力需要の削減要請をされた時点でのSOCを分析し、負荷平準化(ピークカット)、瞬低(停電)補償などその目的に応じて設定されている充放電運転モードを、電力需要の削減運転モードに変更し、事前に設定したベースラインから要請を受けた電力需要削減量に相当する蓄電池容量を放電する。
- iv) 放電した蓄電池容量は、電気料金単価が安価な夜間時間帯に充電を行う。

図 5.10 に下げ調整運転のイメージ図を示す。電力貯蔵装置は通常時に負荷平準化運転を行っているため、蓄電池余力の範囲で下げ調整が可能である。また、無停電電源装置の場合は、通常時には充放電を行っていないため、システム容量の余裕の範囲内や冗長機容量の範囲内(一般的には50%程度の容量)で下げ調整が可能である。

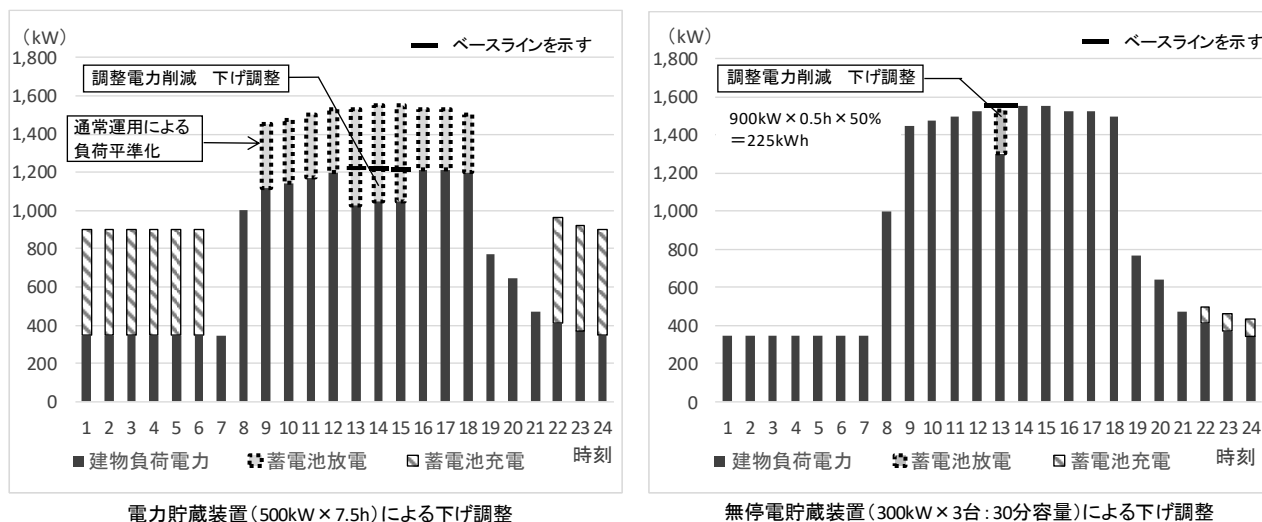


図 5.10 蓄電池システムによる下げ調整運転のイメージ

② 上げ調整と蓄電池システムの運転

電力需要が小さい時期(春、秋の中間季など)に、電気事業者は再生可能エネルギーの発電量に対して電力需要が少なく、余剰電力の発生を予想すると、需要家に電力需要量の増加を要請し、電力需給バランスを取ろうとする。需要家は電気事業者からの要請に対して、蓄電池システムの蓄電池 SOC に充電余力があれば余剰電力の蓄電池システムへ充電運転を行い、自らの施設の電力需要の増加を図る。これが上げ調整である。

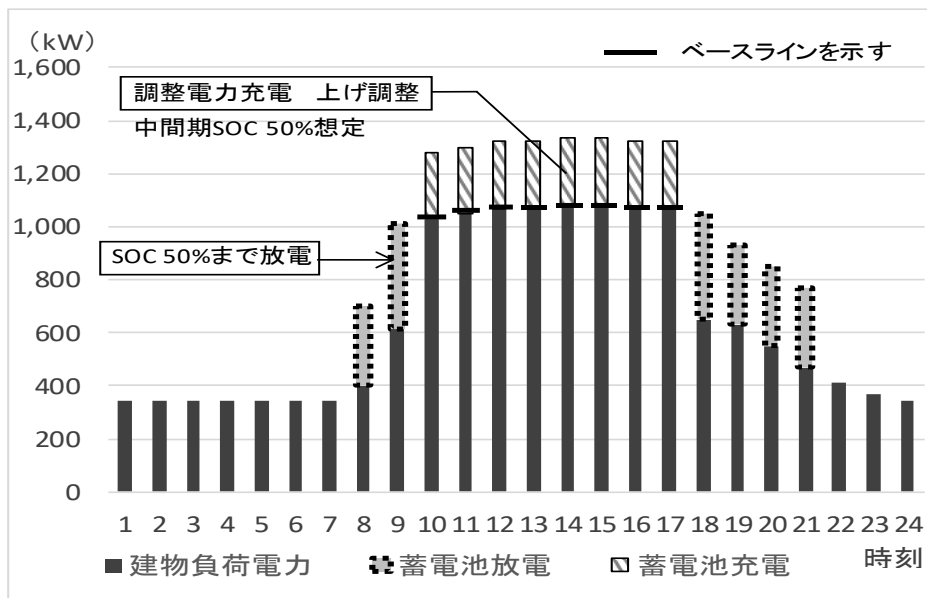
電気事業者は余剰電力の発生が予想されると、電力需給バランスを保つため、まず、自ら保有する発電設備の発電を抑止するが、この発電抑止によっても電力需給バランスが保たれないとき、需要家が電力需要量(消費量)を増やしてくれれば、需給バランスがとれ、かつ、余剰電力の販売が可能となるメリットがある。一方、需要家は上げ調整中に通常より安価な電気料金で電力を蓄電池システムに充電し、他の時間帯に放電することで、安価な電力利用ができるメリットがある。

上げ調整時、需要家の施設は見かけ上、電力需要量(消費量)が増加する。これにより、契約電力以上の電力需要が発生する可能性がある。この対応は電気事業者と需要家の契約により解決するものとする。

上げ調整時の蓄電池システムの制御は下記のとおりである。

- i) 需要家は電気事業者、またはエネルギーサービス制御エンティティから余剰電力の吸収を要請される。
- ii) 蓄電池に余剰電力を充電することによる電力需要の増加量の評価基準となるベースラインは、経済産業省の「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン」^[11]に基づき、事前に設定される。
- iii) 蓄電池システムは、余剰電力の吸収を要請された時点での SOC を分析し、その目的に応じて設定されている充放電運転モードを、電力需要の充電運転モードに変更し、事前に設定したベースラインから要請を受けた余剰電力を蓄電池に充電する。
- iv) 充電した蓄電池容量は朝、夕方時間帯に放電し、余剰電力の吸収要請に備え SOC の管理を行う。

図 5.11 に上げ調整の運転イメージを示す。電力需要が小さい中間季において、負荷平準化に使用している電力貯蔵装置は SOC 50%程度で運用可能である。SOC の充電余力の範囲で日中に上げ調整を行うことが可能になる。夜間に比べて電気料金の比較的高い朝、および夕方の時間帯に SOC 50%程度まで放電することで、上げ調整可能な状態を維持できる。なお、無停電電源装置は常時 SOC100%を維持して運用しているため、上げ調整サービスには適用が難しい。



電力貯蔵装置(500kW×7.5h)による上げ調整

図 5.11 蓄電池システムによる上げ調整運転のイメージ

(4) 蓄電池システムによる電力需給調整サービスのビジネスモデルと授受情報

電力需給調整サービスは、電気事業者、エネルギーサービス事業者などのエネルギーサービス制御エンティティと需要家のサービス契約の締結が前提となる。この契約には、相対契約、電力市場取引契約が存在する。TR-1072 ではこの契約が締結されていることを前提とし、サービスの実行に必要な仕様を規定し、契約の締結までの手続きについては規定しない。

ここで対象とする電力需給調整サービスは、事前通知型エネルギーサービスである。事前通知型エネルギーサービスとは、エネルギーサービス制御エンティティが電力需要調整の必要性を判断した際、エネルギーサービス運転の実施に先立ち、エネルギーサービス運転スケジュールを事前に契約締結している需要家に通知し、電力需要調整などのエネルギーサービス実施の可否を確認するものである。これにより、エネルギーサービス制御エンティティは、需給調整の運転時、エネルギーサービスによる需要調整量を事前に把握し、確実な需要調整を行なうことができる。

即ち、電力系統運用者は、電力需要増による電力需要の逼迫、送配電系統の混雑や発電機の保守点検のための計画停止による電力供給への影響などを事前に予想する。電力供給への影響が予測された場合、当該地域の需要調整を目的として、需要家の取引電力量計ベースの見掛けの需要調整の実施を事前に契約した需要家に対し、例えば、1 日前、1 時間前、あるいは 10 分前に、需要調整の依頼を行なう。取引電力量計ベースの見掛けの需要調整とは、需要家の所有設備の消費電力の低減、自家発電の利用による買電量の抑制を指す。この需要調整依頼を需要調整イベント通知という。その結果、見かけ上の需要調整が行なわれたことが確認された場合、需要家に事前の契約で規定された報奨が支払われる。

需要家はエネルギーサービス制御エンティティからの需要調整要請に基づき、自ら保有する蓄電池システムの運転により、電力需要調整を実施する。これ以外の電気事業に絡むステークホルダの動きは、需要家には直接、関係しない。

電力需給調整サービスにおけるアクタ間の情報授受は、以下のとおりとなる。

① 電力取引を用いた間接制御による下げ調整サービス

電力取引を用いた間接制御によるエネルギーサービスは、下記の情報授受で実現される。

- i) エネルギーサービス制御エンティティは、需要家の蓄電池システムを監視。
- ii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家に対し、需要調整運転依頼スケジュールの事前配信（配信の送達確認）、需要調整運転依頼スケジュールへの参加、不参加の回答。
- iii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家の蓄電池システムなどへの制御。
- iv) 蓄電池システムの制御は、事前準備運転と下げ調整実運転より構成。
- v) 需要家とエネルギーサービス制御エンティティとの需要調整運転結果などの情報授受。

相対契約、電力市場取引契約、何れの場合も、エネルギーサービス運転に先立ち、事前契約がなされることは同様である。契約の手段が異なるのみである。契約後の情報授受シーケンスは同一である。

間接制御下げ調整サービスにおけるエネルギーサービス制御エンティティと需要家間の代表的な情報授受シーケンスを図 5.12 に示す。間接制御下げ調整サービスのアクタ間の情報授受には、poll、push 形式、およびセキュリティ要件などがあるが、ここでは機能的な情報授受に留めた規定を行なう。

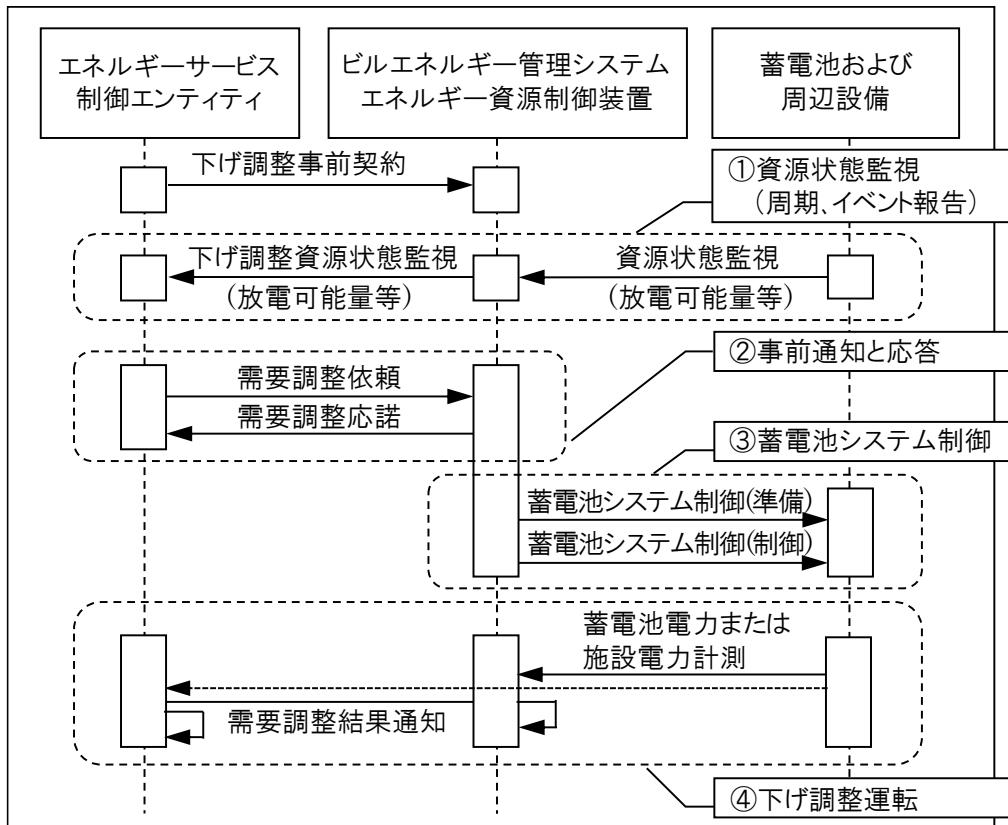


図 5.12 下げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受
(正常ケース)

② 蓄電池システムの直接制御による下げ調整サービス

蓄電池システムへの直接制御による下げ調整サービスは、下記の情報授受で実現される。

- i) エネルギーサービス制御エンティティは、需要家の蓄電池システムを監視。
- ii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家に対し、需要調整依頼スケジュールの事前配信(配信の送達確認)、需要調整応諾(需要調整運転依頼スケジュールへの参加、不参加の回答)。
- iii) エネルギーサービス制御エンティティから需要家の蓄電池システムへの遠隔制御。
蓄電池システムの制御は事前準備運転と下げ調整実運転より構成。
- iv) 需要家とエネルギーサービス制御エンティティの需要調整運転結果などの情報授受。

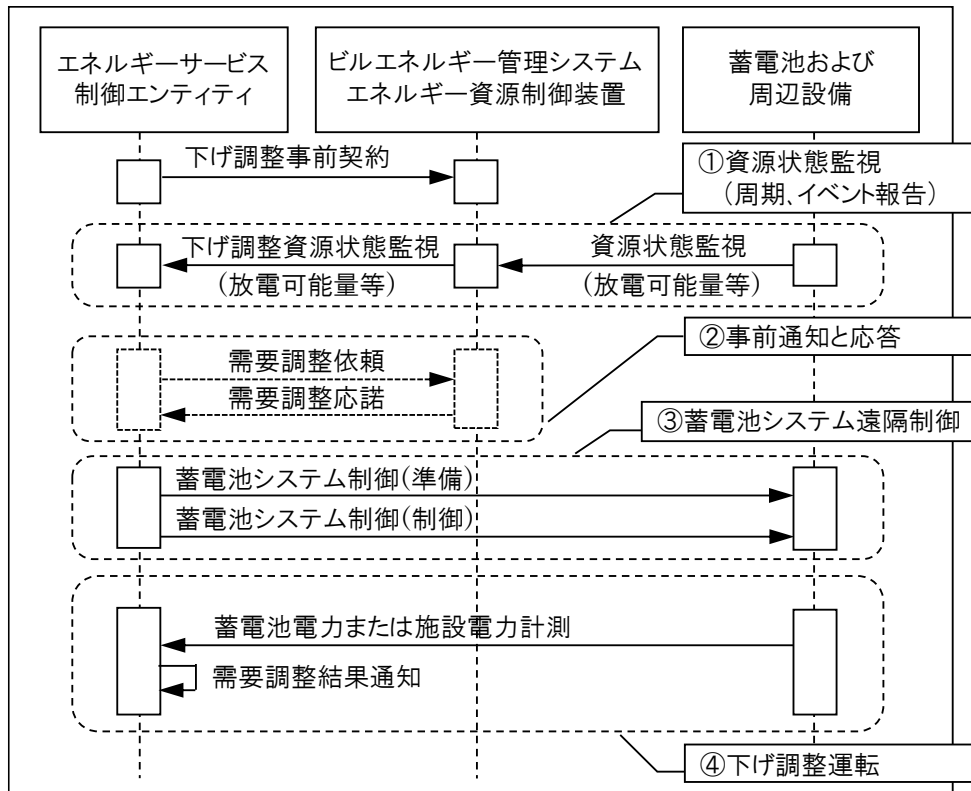


図 5.13 下げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受 (正常ケース)

③ 電力取引を用いた間接制御による上げ調整サービス

蓄電池システムの間接制御による上げ調整サービスは、下記の情報授受で実現される。

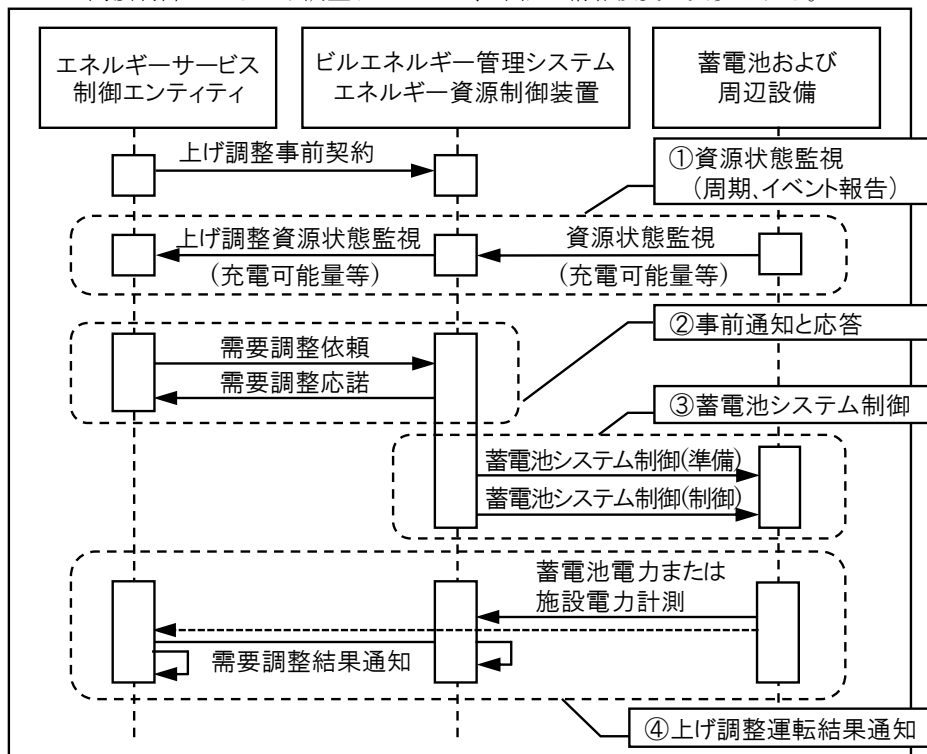


図 5.14 上げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受 (正常ケース)

④ 蓄電池システムの直接制御による上げ調整サービス

蓄電池システムへの直接制御による上げ調整サービスは、下記の情報授受で実現される。

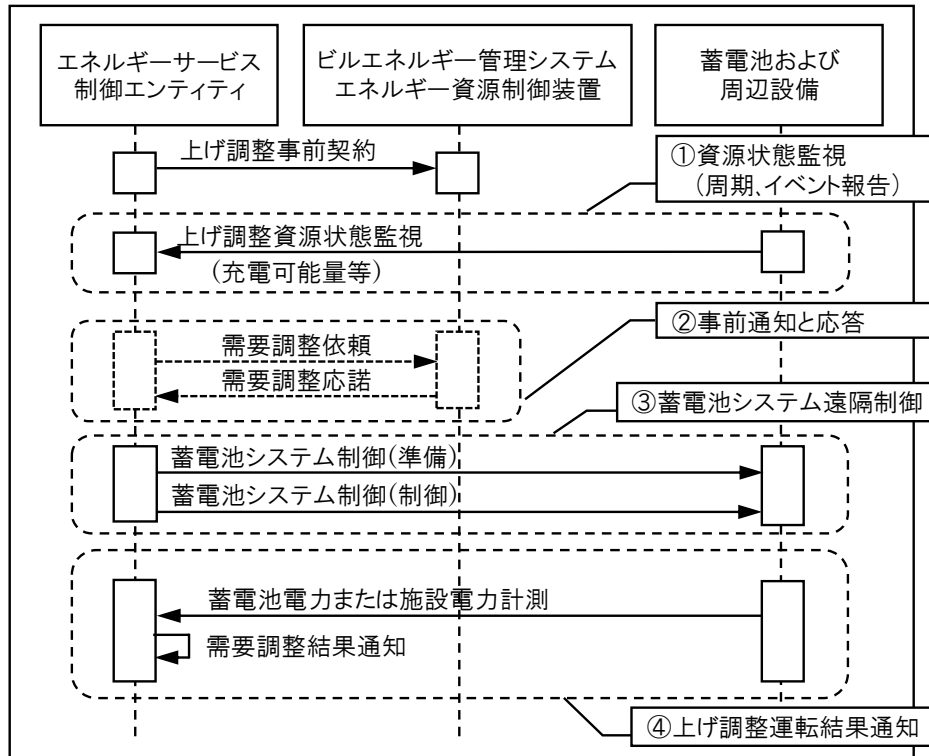


図 5.15 上げ調整サービスのエネルギーサービス制御エンティティと需要家の情報授受 (正常ケース)

5.2 ユースケースの実現に必要なセキュリティ要件

(1) 電力需給調整サービスに関するセキュリティ要件の標準

電力需給調整サービスのためのセキュリティ要件は、NIST IR7628^[9]、IEC 62351^[8]などの国際標準に規定されている。また、日本では「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス(ERAB : Energy Resource Aggregation Business)に関するサイバーセキュリティガイドライン」^[13]が2017年4月に制定されている。表5.1に各標準で規定されている電力需給調整に必要とされるセキュリティ要件を示す。

OpenADR^[11]やIEC 62351^[8]では具体的な認証、暗号方式を例示し、セキュリティ要件の推奨を行っているのに対し、日本のERABのサイバーセキュリティガイドライン^[13]では、まだ具体的な対策が明示されていない。一方、NIST IR7628^[9]では運用も含めて網羅的なセキュリティガイドラインを規定している。ここではNIST IR7628^[9]を用いて、蓄熱システムによる電力需給調整サービスのセキュリティ要件を示す。

(2) 国内標準のセキュリティ要件への対応

ERABに関するサイバーセキュリティガイドライン^[13]3.3.2.R4

: アグリゲータとエネルギーマネジメントシステム間

- ・ 相互認証、通信の暗号化により保護すること（勧告）

なお、エンドツーエンドで伝送路の安全性・信頼性が確保されているネットワークを使う場合には、セキュリティ担保を条件に、上記の対策の強度に関して事業者に一定の裁量を認めうるものと考えられる。

(3) 国際標準のセキュリティ要件への対応

NIST IR7628^[9]のセキュリティ要件の分析手順を図5.16に示す。NIST IR7628^[9]のセキュリティ要件の分析手順では、まず、対象となるユースケースからIEEE 2030概念参照モデルを用い、ユースケースを実現するために実際の通信ネットワークと概念参照モデルの論理インターフェース(CT-xxと表記される)との対応付けを行う。NIST IR7628^[9]では、論理インターフェースの使用形態毎にセキュリティ要件をセキュリティカテゴリという名称で定義している。したがって、ユースケースを実現するためのネットワークに対応する論理インターフェースに割付けられたセキュリティ要件を整理することで、ユースケースに必要なセキュリティ要件が抽出できる。

図5.17に、2018年時点で、日本で蓄熱システムによる需給調整サービスを構築した場合、現実的に採用されると考えられる論理インターフェース(CT-xx)の仕様を示す。

電力需給調整サービスのための情報授受に使用される通信サービスの規格としては、電力送配電事業者と需給調整を行うエネルギーサービス事業者との間にはOpenADR^[11]が、さらに、エネルギーサービス事業者とビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置との間にはOpenADR^[11]、またはIEC 61850^[2]を用いられると考えられる。また、ビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置と蓄熱システムとの間には、BACnet^[7]/IEC 61850^[2]などの通信サービスが用いられると考えられる。

これらから、論理インターフェースとして、エネルギーサービス事業者からビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置間にインターネットが利用された場合にはCT27とCT23、専用線が利用された場合にはCT25とCT53を割当てられる。一方、ビルエネルギー管理システム、またはエネルギー資源制御装置と蓄熱システムとの間にはCT14とCT68となる。

次に、これら論理インタフェースから NIST IR7628^[9]で規定されるセキュリティカテゴリを抽出した結果を表 5.2 に示す。

CT14 のセキュリティカテゴリは 15 と 22、CT23 は 6、8、9、10、22 となる。NIST IR7628^[9]では、セキュリティ要件が 3 つに分類されている。①組織レベルに適用されるガバナンス・リスク・コンプライアンス(GRC)、②全てのセキュリティカテゴリに適用される共通技術、および③1 つ以上のセキュリティカテゴリに適用される固有技術、がある。ここではセキュリティ要件の考え方を整理するため、各論理インタフェースにおける固有技術を比較検討した。

固有技術では、セキュリティカテゴリ別にセキュリティリスクの大きさを示すセキュリティインパクトレベルに応じた推奨セキュリティ要求事項(SG-yy-n)が規定されている(表 5.3 参照)。電力需給調整サービスは、セキュリティインパクトレベルが「高(H)」であると考えられることから、ハイレベル推奨セキュリティ要求事項を抽出した。

表 5.4 に抽出したセキュリティ要求事項毎に、セキュリティ対策例を示す。ここで、コントロールシステムとベンダ間インタフェースとセキュリティコンソール間インタフェースは特殊なケースであることから除外した。なお、CT14 と CT68 のセキュリティカテゴリ 15 は、何れも「中(M)」、「低(L)」となっており、需要家施設内であることを考慮してハイレベル推奨セキュリティ要求事項が規定されていない。

インターネットを活用した CT27、CT23 と専用線を使用した CT25、CT53 を比較した場合、CT27 でデバイス間双方向認証システムが推奨されていることを除けば、大きな違いが見られない。これは専用線を使用したとしても外部インタフェースを有する限り外部の脅威に晒されており、インターネット、専用線利用に関係なく、適切なアクセス管理、プロキシ、ゲートウェイ、ルータ、ファイヤウォール等の設定、暗号化、ユーザ機能と管理機能の分離や定期的な完全性の検証等の対策が必要であることを示している。

表 5.1 各標準におけるセキュリティ要件
Table 5.1 Security requirements of several standardizations

	セキュリティ要件
OpenADR (IEC 62746 ^[3] -10-1)	<ul style="list-style-type: none"> VTN、VEN が X.509v3 の証明書を持ち、TLS1.2 を利用。 より高度なセキュリティレベルの確保には XML 署名の併用を許容。
IEC 62351 ^[8] IEC 61850 ^[2] (IEC 61850-8-2)	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に TLS(Transport Layer Security)は各段階で、SALS(Simple Authentication and Layer Security)は XMPP のエンドポイントで認証適用 ACSI(Abstract communication service interface)セッションの確立にはデジタル証明書や署名を含むトークンによる相互認証が行われる。このハンドシェイクでは Diffie Hellman 鍵交換によるセッション鍵が受渡され、その後のデータ交換(対称暗号アルゴリズム)に使用。 セキュリティプロファイルとして、A+と AE+のプロファイルを想定。
ERAB に関する サイバーセキュリティ ガイドライン ^[3]	<ul style="list-style-type: none"> 各種制御サーバ間連携:相互認証、通信の暗号化(勧告) アグリゲータとエネルギーマネジメント間:相互認証、通信の暗号化(勧告) コントローラと需要家機器間:相互認証、通信の暗号化(推奨)
NIST IR7628 ^[9]	<ul style="list-style-type: none"> ガバナンス・リスク・コンプライアンス(GRC)、共通技術、固有技術の観点からガイドラインを制定済み。

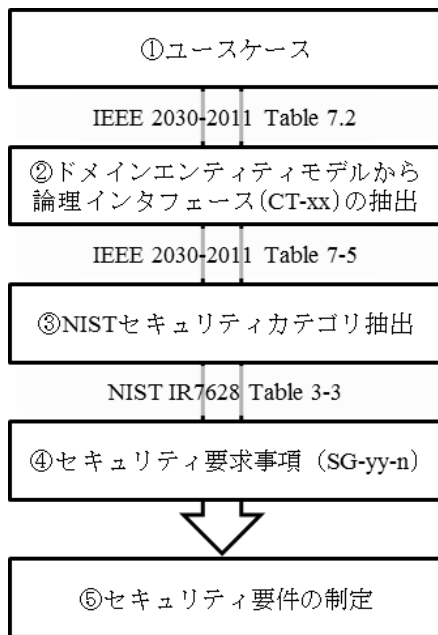


図 5.16 セキュリティ要件の抽出方法
Fig.5.16 Extracting method of security requirements

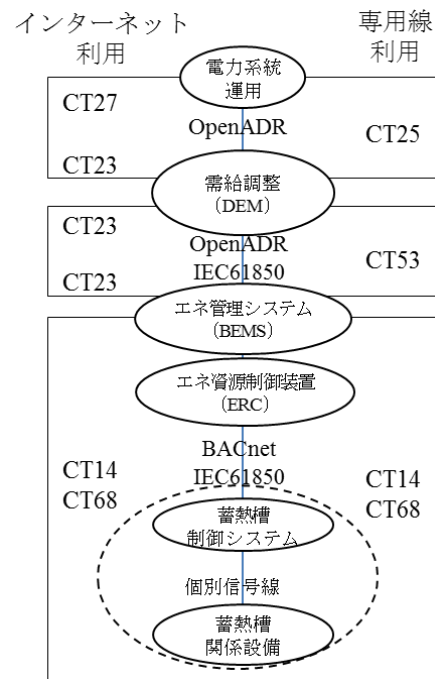


図 5.17 論理インタフェース(CT-xx)
Fig.5.17 Logical interfaces

表 5.2 論理インタフェースとセキュリティカテゴリ

Table 5.2 Logical interface & security categories

		論理インタフェース(CT)						
		14	23	25	27	53	68	
セキュリティ カテゴリ	6	同じ組織下でない制御機器間のインタフェース		○				
	8	共通管理者の下でないバックオフィスシステム間のインタフェース		○				
	9	B2B システムのインタフェース		○		○		
	10	制御システムと非制御システムとの間のインタフェース		○	○			
	16	外部システムと顧客サイトのインタフェース					○	
	15	HAN/BAN 等の需要家ネットワークを利用するシステム間のインタフェース	○					○
	19	オペレーション決定支援システム間のインタフェース					○	
	21	コントロールシステムとベンダ間のインタフェース			○			
	22	セキュリティコンソールのインタフェース	○	○	○	○	○	○

表 5.3 セキュリティカテゴリ別の推奨セキュリティ要求事項

Table 5.3 Allocation of security requirements to security categories

		セキュリティカテゴリ									機能
		6	8	9	10	15	16	19	21	22	
セキュリティ 要求事項	AC-12		H						L	H	セッションクロック
	AC-13							M			リモートセッションの終了
	AC-14	H	M	M	H	M	M		H	H	IDと認証なしで許可されるアクション
	AC-15								H	H	リモートアクセス
	AU-16		M	M			M		H	H	非拒絶性
	IA-4	H	M	M	H	M	M		H	H	ユーザのIDと認証
	IA-5		M					H	H	H	デバイスのIDと認証
	IA-6	L	H	L	L	L	H		L	H	認証装置からのフィードバック
	SC-3		M			M	M		H	H	セキュリティの機能保護
	SC-5	M		M	M	M		M		H	サービス妨害攻撃(DoS)からの保護
	SC-6									H	リソースの最優先順位
	SC-7	H	M	M	H	M	M	H	H	H	境界の保護
	SC-8	H	M	M	H	M	M	H	H	H	通信の完全性
	SC-9						H			H	高信頼バス
	SC-26		H				H			H	静止している情報の機密性
SC-29	H			H			H	H	H	アプリケーションの区分け	
SI-7	H	M	M	H	M	M	H	H	H	ソフトウェアとの情報の完全性	

分析の結果から、電力需給調整サービスのようなセキュリティインパクトレベルが高い場合は、インターネット、専用線利用に関係なく、アクセスコントロール、監査、識別と認証、通信保護、情報の完全性の観点からセキュリティを確保する必要性が示された。各インタフェース間で考慮すべき事項を下記に列挙する。

- ① 電力系統運用者と需給調整者（エネルギーサービス事業者）の間：OpenADR^[11]/IEC 62351^[8]規格に沿ったセキュリティ要件が必要である。電気事業者のセンタシステムに入り込むことになるので、リスクが極めて高くなることから高いセキュリティ性が求められる。
- ② 需給調整者と需要家の間：1:N の接続となり、アグリゲータであるエネルギーサービス事業者のシステムが踏み台となる可能性が高いことから、上記①以上のセキュリティ要件が必須となる。アグリゲータと需要家間の責任分界点を明確にすることも必要である。
- ③ 需要家内：アグリゲータは、需要家向け電力サービスの提供も担うことになる。このため需要家内の電力サービスを確実に担保するためのセキュリティ要件を考慮する必要がある。

一方、ここで示したセキュリティ対策に対して以下のような新たな脅威を念頭に置く必要もある。まず、システムの観点では、保守系ネットワークのバックドア侵入。主に、蓄熱槽コントローラ配下の蓄熱槽のシステムに関する装置類において、保守用のネットワークによるアクセスを認めている場合に、ここに侵入され、不正な動作を起こされてしまう可能性がある。

次に、実装的観点では、XML インジェクション等によるマルウェア感染。例えば OpenADR^[11]をインタフェースとして用いる部分において、XML パーサの脆弱性を突かれるなどの攻撃や各アクタのインタフェースの脆弱性を突かれる事により、当該のアクタがマルウェアに感染するなどして、不正動作を起こされてしまう可能性がある。

最後に、サービスの観点では、需要制御依頼を一旦受けるが、すぐに離脱する攻撃。需要抑制依頼を一旦受けた後、その調整スケジュールから離脱する事が可能である。これを悪用し、第三者が需要抑制依頼を受けたアクタになりすまして、離脱のメッセージを送ることで需給調整者と蓄熱槽システムの上位、下位の両方に不正な状態を作れる可能性がある。さらに、証明書の配布に関する問題がある。セキュリティを確保するためには証明書の配布先を管理することが重要であり、業界総意で検討・実施すべきであると考えられる。

以上のように、NIST IR7628^[9]を用いてセキュリティ要件を検討したが、結果として日本で制定されている「ERAB に関するサイバーセキュリティガイドライン」^[13]での対応方法と一致した。今後は、日本での業界総意に基づいて、組織運用も含めた日本のセキュリティガイドラインを制定すると共に、証明書を管理する認証局等の立上げを進めていくべきである。

表 5.4 論理インタフェースと推奨セキュリティ対策

Table 5.4 Logical interface & security measures

CT 番号	セキュリティカテゴリ	ハイレベル推奨セキュリティ(固有技術)対策
CT27	<ul style="list-style-type: none"> ・ B2B システムのインタフェース ・ オペレーション決定支援システム間のインタフェース 	<ul style="list-style-type: none"> ・ デバイス間双方向認証システム ・ プロキシ・ゲートウェイ・ルータ・ファイヤウォール・暗号トンネル等による設定 ・ 暗号化 ・ ユーザ機能と管理機能の分離 ・ 定期的に完全性検証ツールの使用
CT23	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同じ組織下でない制御機器間のインタフェース ・ 共通管理者の下でないバックオフィスシステム間のインタフェース ・ B2B システムのインタフェース ・ 制御システムと非制御システムとの間のインタフェース 	<ul style="list-style-type: none"> ・ アクセス管理機能 ・ フィードバックされる認証情報の秘匿機能 ・ プロキシ・ゲートウェイ・ルータ・ファイヤウォール・暗号トンネル等による設定 ・ 暗号化 ・ ユーザ機能と管理機能の分離 ・ 定期的に完全性検証ツールの使用
CT25	<ul style="list-style-type: none"> ・ 制御システムと非制御システムとの間のインタフェース ・ コントロールシステムとベンダ間のインタフェース 	<ul style="list-style-type: none"> ・ アクセス管理機能 ・ プロキシ・ゲートウェイ・ルータ・ファイヤウォール・暗号トンネル等による設定 ・ 暗号化 ・ ユーザ機能と管理機能の分離 ・ 定期的に完全性検証ツールの使用
CT53	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外部システムと顧客サイト間のインタフェース 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フィードバックされる認証情報の秘匿機能 ・ 暗号化
CT14	<ul style="list-style-type: none"> ・ HAN/BAN 等の需要家ネットワーク利用システム間のインタフェース 	—
CT68		

5.3 電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件

5.3.1 電力の需給調整の際に求められる要件

電力の需給調整の際には、ネットワークに対して系統運用に用いられる専用線相当の確実性とセキュア性が要求される。系統運用のためにネットワークに求められる要件は、以下のとおりである（電気協同研究 58 巻 4 号「電力用通信網への IP ネットワーク適用性評価・システム設計技術」2002 年）。なお、系統運用に用いられる専用線では、下記の不稼働率を達成するために通信・装置を 2 系統構成としている。

- ・ 不稼働率 2×10^{-5} 以下
- ・ 伝送遅延時間 2~5 秒以下
- ・ 情報途絶猶予時間 2 秒以下

エネルギーサービス事業者などが所有する需給調整システム(DRAS)と、ビルエネルギー管理システム・エネルギー資源管理装置(BEMS/ERC)の間をつなぐ電力需給調整サービス用通信ネットワークの要件もこれに準じる。この時のネットワークの構成は以下の通りであり、独立した閉域網を 2 系統用いることとなる。また DRAS につながる BEMS/ERC は最大 1000 個までである。

(a) 通信網 2 系統構成

(b) 通信網・装置 2 系統構成

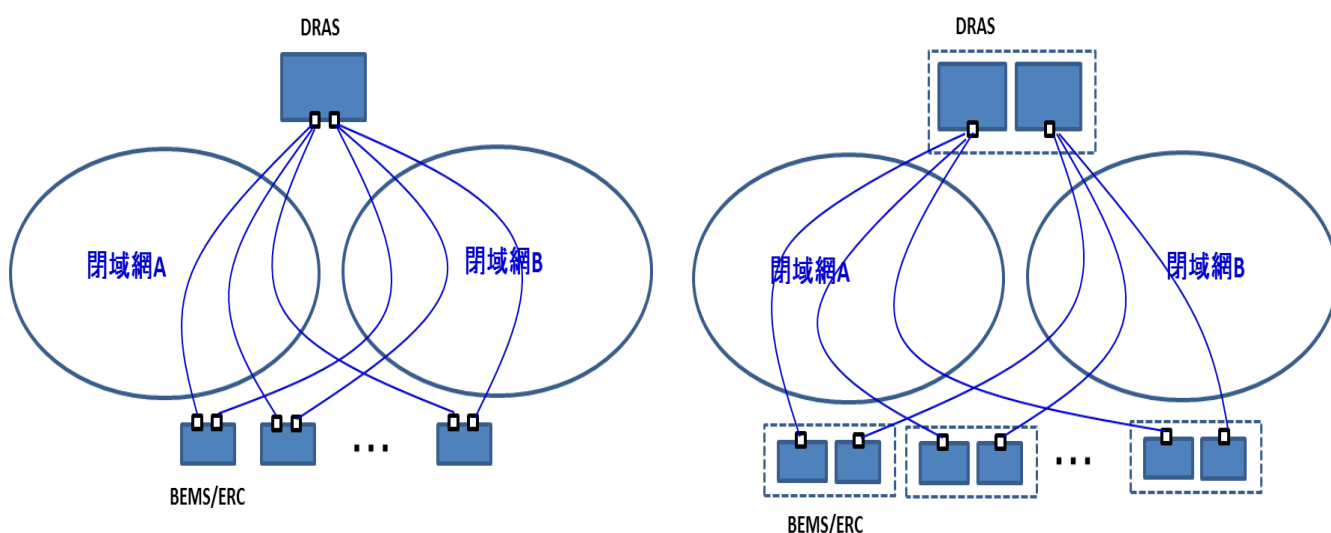


図 5.18 通信網・装置構成

電力の需給調整が実施されるのは異常気象などによる需給逼迫時であり、2018 年時点では年間 10 回程度である。しかし、今後は再生可能エネルギーの増加などにより、実施回数が増える可能性がある。需給調整時および平常時の運用に必要な通信は以下のとおりである。

- ・ 間接制御の場合は、平常時は閉域網を介した通信は行われず、需給調整時のみ閉域網を介した通信が行われる。平常時の運用については、各施設の BEMS/ERC 内でのみ通信が行われる。
- ・ 直接制御の場合は、ピークシフトなどの平常時にも閉域網を介した通信が DRAS と BEMS/ERC の間で常時行われる。従って、需給調整時であっても、平常時であっても、監視制御のための通信が行われている。

通信コストについては、需要家が需給調整に参加して得られる利益の範囲内に収める必要がある。このため、通信コストとしては、概略以下のようなレベルとなることが要求される。

- ・ 通信コスト 1 回線あたり 1,000 円/月以下

5.3.2 蓄熱システムの運用の際に求められる要件

(1) 間接制御

蓄熱システムの間接制御の際に、ネットワークに求められる要件を表 5.5 に示す。通信されるデータの種類としては、需給調整要求、需給調整応諾、需給調整結果通知がある。通信プロトコルとしては、OpenADR^[1] (HTTP)を想定している。この場合の通信データは、XML で記述されている。

表 5.5 蓄熱システムの間接制御の際の通信データの種類・頻度・遅延・容量・データ量

通信データ種類	from	to	通信プロトコル	通信頻度	通信遅延	通信データ サイズ	通信容量	通信データ量 (10回/年)
						bytes	K bps	M bytes/年
需給調整要求	DRAS	BEMS/ERC	OpenADR (HTTP)	最大1回/1日	1分以下	2,000	0.267	0.020
需給調整応諾	BEMS/ERC	DRAS		最大1回/1日	1分以下	1500	0.200	0.015
需給調整結果通知	BEMS/ERC	DRAS		需給調整終了後	1分以下	2000	0.267	0.020
合計							0.733	0.055

(注)通信データサイズはHTTPヘッダー1,000bytesを含む

需給調整が1年に10回あった場合の年間の通信データ量は、0.055Mbytesとなる。

DRASにBEMS/ERCが1000個接続された場合、1つの閉域網に必要とされる通信容量は733kbps、通信データ量は55Mbytes/年となる。

(2) 直接制御

蓄熱システムの直接制御の際に、ネットワークに求められる要件を表 5.6 に示す。通信されるデータの種類としては、電力・熱量などの計測、状態変化や異常通知のためのイベント、蓄熱システムの制御・設定がある。通信プロトコルとしては、IEC 61850^[2](TCP/IP)を想定している。この場合の通信データは、バイナリ形式で記述されている。

表 5.6 蓄熱システムの直接制御の際の通信データの種類・頻度・遅延・容量・データ量

通信データ種類	from	to	通信プロトコル	通信頻度	通信遅延	通信データ サイズ	通信容量	通信データ量
						bytes	K bps	M bytes/月
計測	蓄熱槽・周辺設備	DRAS	IEC61850 (TCP/IP)	1分周期	1分以下	160	0.021	7.142
イベント(状態変化、異常通知)	蓄熱槽・周辺設備	DRAS		随時(1分間隔)	1分以下	160	0.021	7.142
制御・設定	DRAS	蓄熱槽・周辺設備		随時(1分間隔)	1分以下	120	0.016	5.357
合計							0.059	19.642

(注)通信データサイズはTCP/IPヘッダー64bytesを含む

DRASにBEMS/ERCが1000個接続された場合、1つの閉域網に必要とされる通信容量は59kbps、通信データ量は約20Gbytes/月となる。

5.3.3 蓄電池システムの運用の際に求められる要件

(1) 間接制御

蓄電池システムの間接制御の際に通信されるデータは、蓄熱システムの間接制御の場合と同じである。従って蓄電池システムの間接制御の際に、ネットワークに求められる要件は、蓄熱システムの間接制御の際と同じとなる。蓄電池システムの間接制御の際に、ネットワークに求められる要件を表 5.7 に示す。

表 5.7 蓄電池システムの間接制御の際の通信データの種類・頻度・遅延・容量・データ量

通信データ種類	from	to	通信プロトコル	通信頻度	通信遅延	通信データサイズ bytes	通信容量 K bps	通信データ量 (10回/年) M bytes/年
需給調整要求	DRAS	BEMS/ERC	OpenADR (HTTP)	最大1回/1日	1分以下	2,000	0.267	0.020
需給調整応諾	BEMS/ERC	DRAS		最大1回/1日	1分以下	1500	0.200	0.015
需給調整結果通知	BEMS/ERC	DRAS		需給調整終了後	1分以下	2000	0.267	0.020
合計							0.733	0.055

(注)通信データサイズはHTTPヘッダー1,000bytesを含む

需給調整が1年に10回あった場合の年間の通信データ量は、0.055Mbytesとなる。

DRASにBEMS/ERCが1000個接続された場合、1つの閉域網に必要とされる通信容量は733kbps、通信データ量は55Mbytes/年となる。

(2) 直接制御

蓄熱システムの直接制御の際に、ネットワークに求められる要件を表5.8に示す。通信されるデータの種類としては、蓄電池残量や充放電量などの計測、蓄電池の実行運転スケジュール、状態変化や異常通知のためのイベント、蓄電池の充放電の制御・設定がある。通信プロトコルとしては、IEC 61850^[2](TCP/IP)を想定している。この場合の通信データは、バイナリ形式で記述されている。

表 5.8 蓄電池システムの直接制御の際の通信データの種類・頻度・遅延・容量・データ量

通信データ	from	to	通信プロトコル	通信頻度	通信遅延	通信データサイズ bytes	通信容量 K bps	通信データ量 M bytes/月
計測	蓄電池・周辺設備	DRAS	IEC61850 (TCP/IP)	1秒周期	1秒以下	400	3.200	1,071.360
実行運転スケジュール	蓄電池・周辺設備	DRAS		30分周期	1分以下	600	0.080	0.893
イベント(状態変化、異常通知)	蓄電池・周辺設備	DRAS		随時(1秒間隔)	1秒以下	120	0.960	321.408
制御・設定	DRAS	蓄電池・周辺設備		随時(1秒間隔)	1秒以下	160	1.280	428.544
運転スケジュール	DRAS	蓄電池・周辺設備		1日1回	1分以下	600	0.080	0.019
合計							5.520	1,822.205

(注)通信データサイズはTCP/IPヘッダー64bytesを含む

DRASにBEMS/ERCが1000個接続された場合、1つの閉域網で必要とされる通信容量は約6Mbps、通信データ量は約1823Gbytes/月となる。

6. 日本における主な通信サービスの種類と特徴

電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件に適した通信サービスと代表的なネットワーク構成を検討するにあたり、本章では、日本における主な通信サービスの種類とその特徴を概観する。ここでは、利用者（あるいは加入者や契約者）がネットワークを利用する際に端末を直接的に接続するアクセスネットワークと、利用者の拠点間やアクセスネットワーク間をつないで中継する中継ネットワークに分けて見ていく。アクセスネットワークとして光アクセスとモバイルアクセス（LTE）を6.1節に、次いで中継ネットワークとして専用線、IP-VPNおよびインターネットの概要を6.2節にそれぞれ示す。

6.1 アクセスネットワーク

6.1.1 光アクセス

(1) 典型的なネットワーク構成

ネットワーク構成を図6.1に、各構成要素の主な機能を表6.1にそれぞれ示す。電気事業者側(図4.1)と需要家側(図4.1)は利用者拠点に対応する。

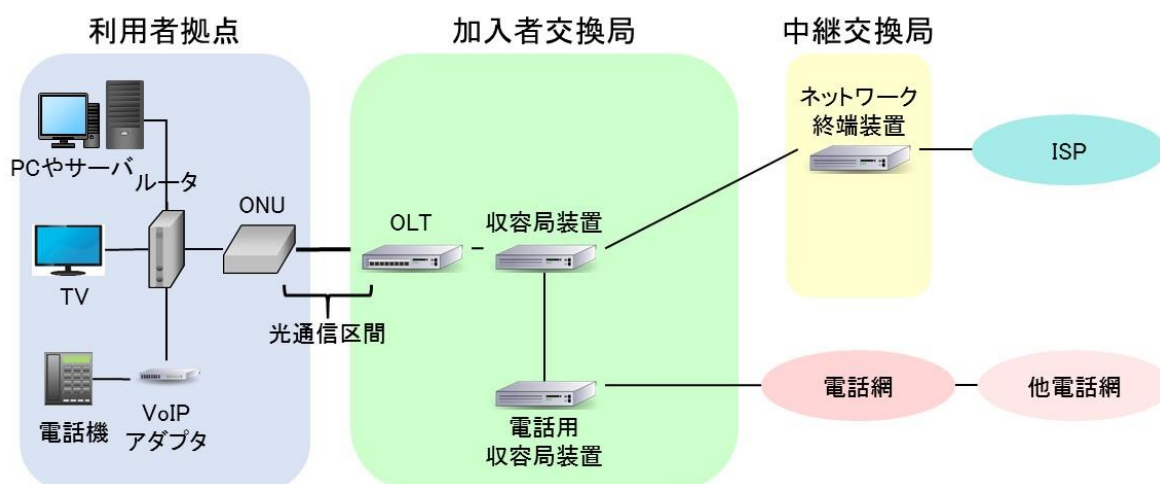


図 6.1 光アクセスの典型的なネットワーク構成.

表 6.1 光アクセスの典型的なネットワークの構成要素

構成要素	全称	主な機能
ルータ	同左	PC やサーバ、映像視聴のための TV、あるいは電話機をネットワークに接続するための機器。 GWw/SIM(図 4.2)に対応する(*1)。
VoIP アダプタ	Voice over Internet Protocol アダプタ	IP プロトコル (Internet Protocol) をベースにした電話サービス (IP 電話) に電話機を収容するためのアダプタ。
ONU	Optical Network Unit	利用者側の光回線終端装置。光信号とデジタル信号の信号変換を行う機器。GWw/SIM(図 4.2)に対応する(*1)。
OLT	Optical Line Terminal	通信事業者側の光回線終端装置。ONU と対向。
収容局 装置	同左	利用者拠点からのパケットを ISP (後述) への接続や IP 電話などのサービスに振り分ける装置。
電話用 収容局装置	同左	利用者拠点からの IP 電話のパケットを電話網 (後述) に転送する装置。

ネットワーク 終端装置	同左	ISP との接続のための装置。
ISP	Internet Service Provider	インターネット接続サービスを提供する事業者。
電話網	同左	IP 電話を提供する網。
他電話網	同左	他事業者の電話網。

(*1) 図 4.2 において GWw/SIM が、ルータあるいは ONU のどちらになるかは通信事業者や契約による。

(2) 端末接続処理手順の例

利用者認証を目的に、利用者拠点と加入者交換局との間で PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet) ^[15]を、加入者交換局と ISP との間で RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) ^[16]を用いる場合の光アクセスにおける端末接続処理手順の例を図 6.2 に示す。

一般に、PPPoE クライアントは利用者拠点の PC やルータに実装される。以下では、ルータに実装される場合の手順を示す。加入者交換局には、PPPoE クライアントからの認証要求を受け付ける PPPoE サーバに相当する装置と、ISP に利用者認証を要求する RADIUS クライアントに相当する装置が備えられる (図 6.2 ではともに収容局装置が兼ねる)。ISP には、RADIUS クライアントからの認証要求に応答する RADIUS サーバが備えられる。

利用者は、通信事業者から事前に通知されるユーザ ID とパスワードをルータに登録する (図 6.2 の①)。ユーザ ID は xxxx@isp.co.jp のような形式で、“xxxx”がユーザ固有の文字列を、“isp.co.jp”が ISP を表すことがある。PPPoE サーバは PPPoE クライアントから認証要求を受信する (図 6.2 の②) と、ユーザ ID のうち ISP を表す文字列を参照し、該当する ISP の RADIUS サーバに対してユーザ ID とパスワードを送信し、認証要求を行う (図 6.2 の③)。RADIUS サーバによって認証が成功すると、利用者拠点のルータから ISP への接続が可能となる。PC やサーバなど、ルータ配下の端末はルータに実装される DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) ^[17]サーバから、あるいは手動で IP アドレスを割り当てる等により ISP への接続が可能となる。

上述のような処理手順により、利用者は複数の ISP から実際に契約する ISP を選択したり、複数の ISP を使い分けたりすることができる。

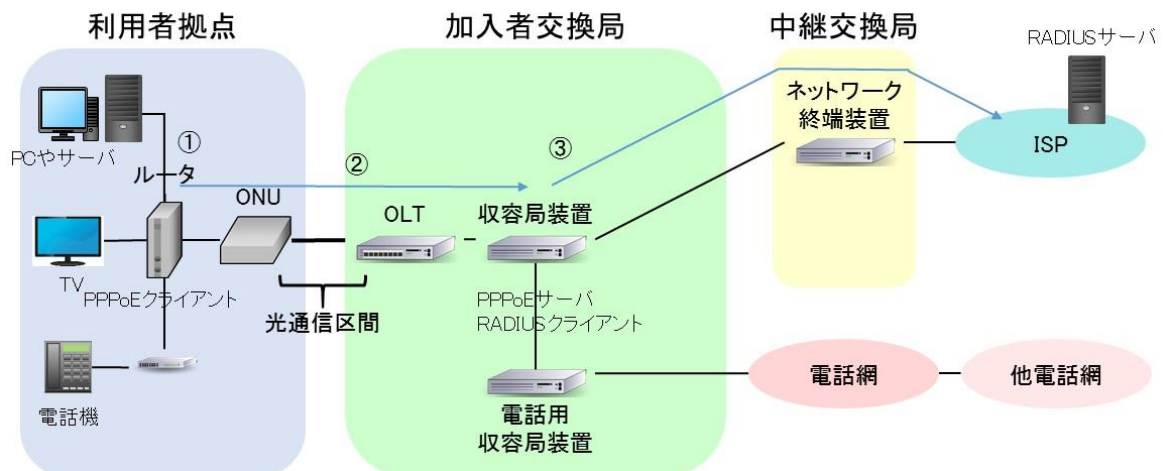


図 6.2 光アクセスにおける端末接続処理手順の例。

(3) 主な特徴

通信品質を保証しないベストエフォート型と呼ばれるネットワークでは、複数の利用者が帯域を共有するため、ネットワークが混雑するとスループットが低下する。障害発生時に、回復までに要する時間の保証もない。一方、通信の種類によっては、帯域確保を謳うサービスもある。通信速度は最大 10G ビット/秒まで提供されている。月額一定料金で提供されるサービスもあり、回線交換による専用線と比べ一般に通信料金は割安である。

6.1.2 モバイルアクセス (LTE)

(1) 典型的なネットワーク構成

3GPP (Third Generation Partnership Project) SAE (System Architecture Evolution)^[18]に基づく LTE (Long Term Evolution) のネットワーク構成を図 6.3 に、各構成要素の主な機能を表 6.2 にそれぞれ示す。

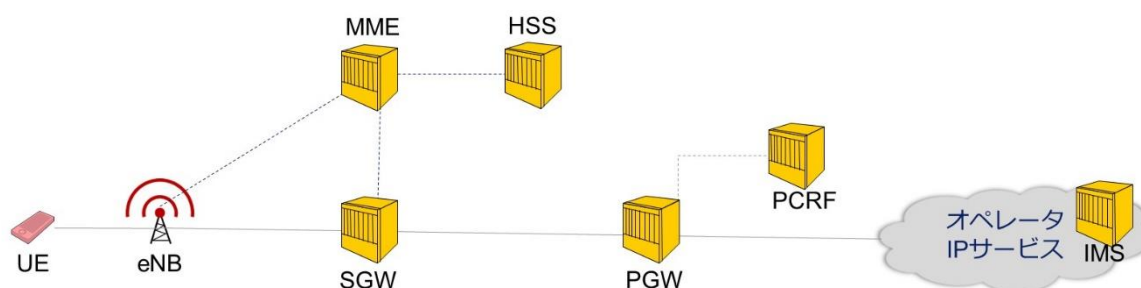


図 6.3 3GPP SAE に基づく LTE のネットワーク構成。

表 6.2 3GPP SAE の構成要素とその主な機能。

構成要素	全称	主な機能
UE	User Equipment	端末。GWw/SIM(図 4.2)に対応する。
eNB	evolved Node B	基地局。
SGW	Serving Gateway	eNB との間の通信路確立、eNB 間ハンドオーバーのアンカーポイント。
MME	Mobility Management Entity	端末の移動管理、セッション管理、認証。
HSS	Home Subscriber Server	加入者情報 DB、アクセス認証。
PGW	Packet Data Network Gateway	端末 IP アドレス割当て、インターネット等外部ネットワークとの接続点。
PCRF	Policy and Charging Rule Function	QoS・課金ポリシーの制御。
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP プロトコルをベースとする通信制御システム。

(2) 端末接続処理手順の例

端末認証および利用者認証を含む、LTE/SAE における端末接続処理手順の例を図 6.4 と図 6.5 (シーケンス) に示す。手順は端末および利用者の認証とこれに続くベアラ(通信路)の確立に大別される。

端末は SIM (Subscriber Identity Module) に登録されている情報を送信し、端末認証および利用者認証を行う (図 6.4 と図 6.5 の①~④)。この際、HSS の負荷集中を避けるため、認証情報は HSS から MME に送られ、MME にて認証が行われる。

認証に成功すると、ベアラ(通信路)の確立に移る。まず MME からの要求に基づき、PGW と SGW との間の経路が構築される (図 6.4 と図 6.5 の⑤~⑦)。次いで SGW は eNB から自身に向かう片方向の経路を構築する (図 6.4 と図 6.5 の⑧~⑨)。さらに eNB は UE との経路を構築(図 6.4 と図 6.5 の⑩~⑪)するととも

に SGW に向かう経路を構築 (図 6.4 と図 6.5 の⑫~⑮)、端末から PGW に至るベアラが確立することで端末接続処理が完了する。

⑧~⑨で片方向の経路を構築するのは、⑩以降、端末からのトラフィックを転送可能にするため、⑩以降、端末が移動して eNB に収容されることを考慮し、逆方向の経路は端末からの応答を待ってから設定する。

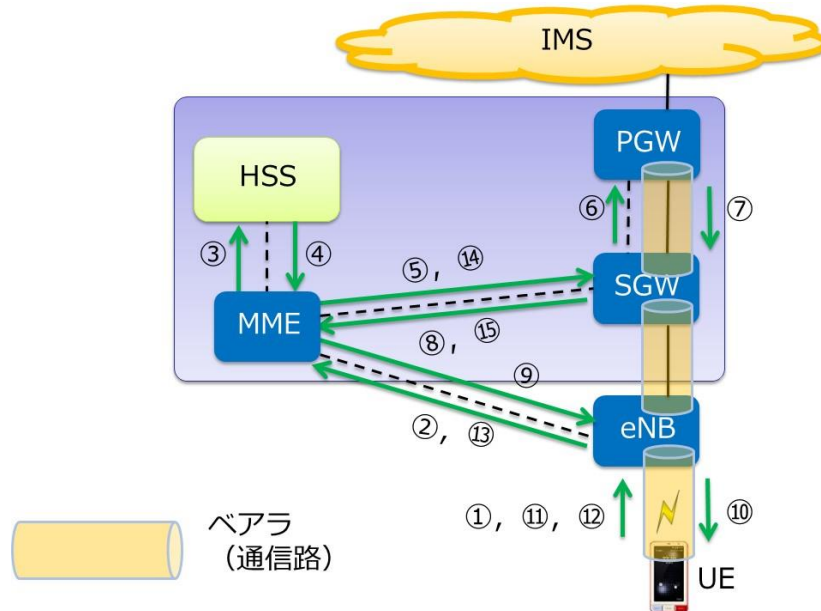


図 6.4 LTE/SAE における端末接続処理手順の例.

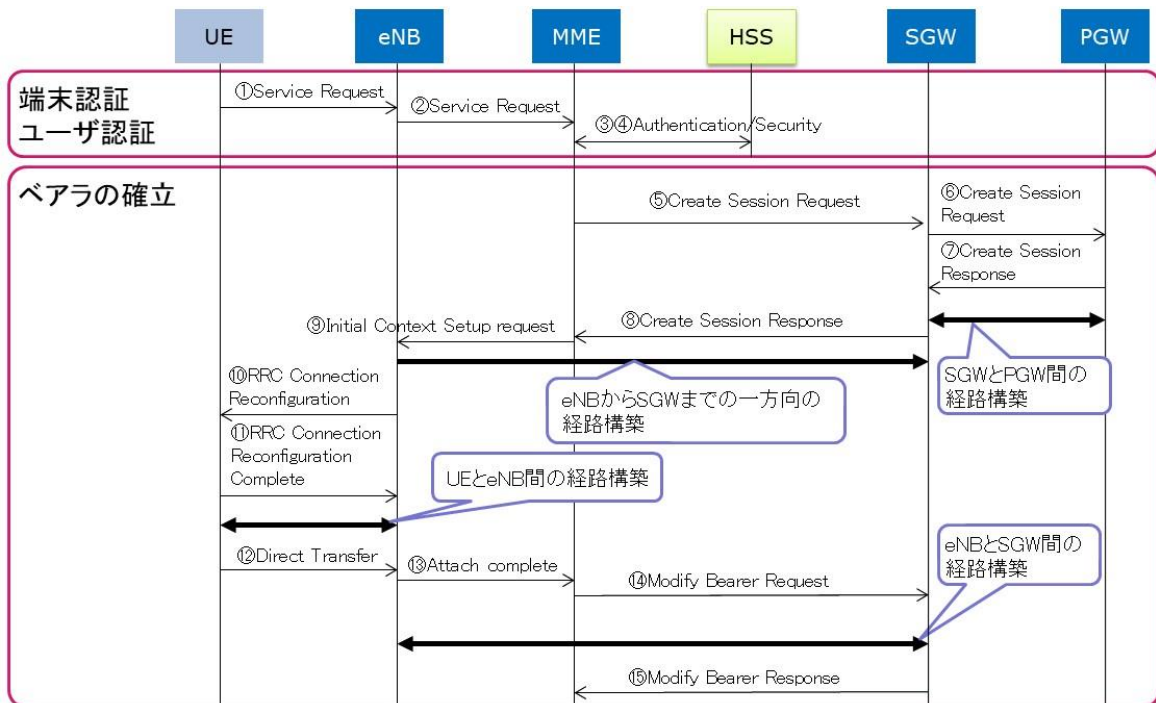


図 6.5 LTE/SAE における端末接続処理手順(シーケンス)の例.

(3) 主な特徴

IoT システム向けに、低消費電力で広域エリアをカバーできるネットワーク (LPWA: Low Power Wide Area) の規格がある。代表的なものに LoRa アライアンスやシグフォックス社が規格化するものがあり、3GPP で

も規格化されている。これらを表 6.3^[19]に示す。通信速度は低いものの、到達距離が長く、通信料金も一般に低廉である。温湿度をはじめとするセンサーから情報を収集するような用途に向いている。

表 6.3 代表的な LPWA の規格^[19]

	NB-IoT	LoRaWAN	SIGFOX
推進団体・企業	3GPP	LoRaアライアンス	シグフォックス (フランス)
周波数帯	LTE帯	サブGHz帯 (日本では920MHz帯)	
帯域幅	200kHz	125kHz	100Hz
仕様	国際標準の仕様	オープンな仕様	独自の仕様
免許	要	不要	不要
通信速度(上り)	62.5kビット/秒	300~50kビット/秒	100ビット/秒
通信速度(下り)	21.25kビット/秒	同上	未対応
最大到達距離	20km程度	15km程度	50km程度

6.2 中継ネットワーク

6.2.1 専用線

(1) 典型的なネットワーク構成

専用線として回線交換を用いた ISDN (Integrated Services Digital Network、サービス総合デジタル網) を中継ネットワークとする構成の概略を図 6.6 (アクセスネットワークを含む) に、各構成要素の主な機能を表 6.4 にそれぞれ示す。電気事業者側(図 4.1)と需要家側(図 4.1)は X 社や Y 社拠点に対応する。

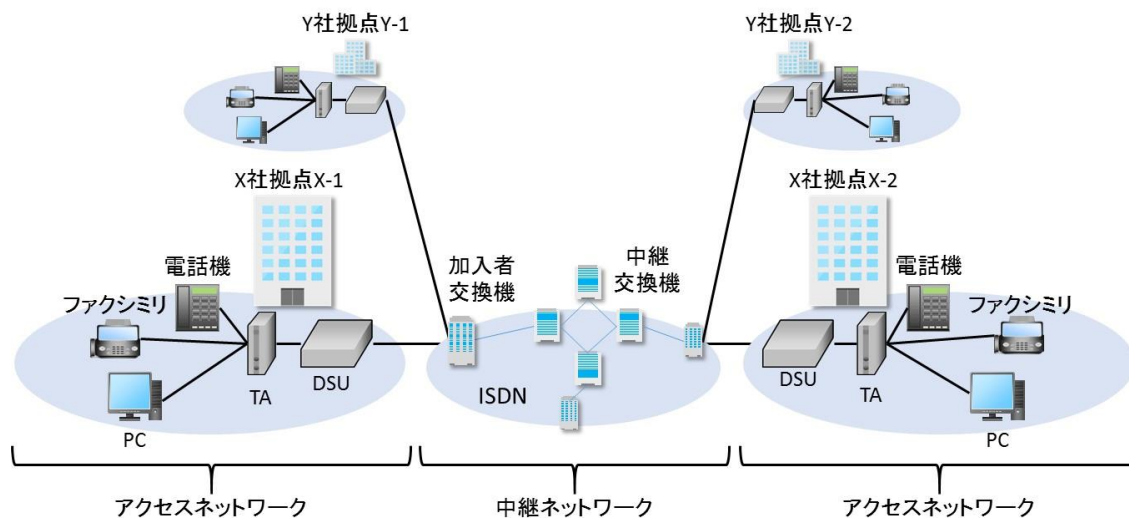


図 6.6 中継ネットワークに専用線 (ISDN) を用いたネットワーク構成の概略

表 6.4 ISDN の構成要素とその主な機能.

構成要素	全称	主な機能
DSU	Digital Service Unit	端末を ISDN に接続するための機器。加入者側に設置。端末とは I インタフェースと呼ばれるインタフェースで接続。GWw/SIM(図 4.2)に対応する。
TA	Terminal Adapter	I インタフェースを持たない端末のインタフェースを I インタフェースに変換。
加入者交換機	同左	加入者の回線を収容し、回線交換を制御する交換機。
中継交換機	同左	交換機間を接続する交換機。制御情報の送受信に No.7 共通線信号方式等を利用。

(2) 主な特徴

加入者が拠点間の回線を専用、第三者はその回線を利用できない。このため、通信帯域が保証され、通信遅延も短い。また、通信内容を盗聴される危険性はほとんど無い。一方、通信をしない時間帯にも回線を専用するため、通信料金は一般に割高である。

ISDN では 1 回線で通話やデータ通信用 64k ビット/秒のチャンネル (B チャンネル) を二つ、加えて、制御用 16k ビット/秒のチャンネル (D チャンネル) を一つ利用できる。バス配線で最大 8 端末まで接続でき、同時に使用できる端末は最大 3 台である。

通信遅延は平均的には 16 ミリ秒 (場合によっては 45 ミリ秒)、平均符号誤りは平均的には 0.002% (場合によっては 0.1%)、1 ミリ秒を超えるバースト誤りは 1 日数回程度、その継続時間は 100 ミリ秒以下とされている^[20]。

6.2.2 IP-VPN

(1) 典型的なネットワーク構成

IP-VPN は、特定の通信事業者が運用管理する閉域の IP ネットワークを中継ネットワークとする。パケット転送に MPLS (Multi Protocol Label Switching)^[21]を、経路表の交換に BGP (Border Gateway Protocol)^[22]を用いて実現する場合のネットワーク構成の概略を図 6.7 (アクセスネットワークを含む) に、各構成要素の主な機能を表 6.5 にそれぞれ示す。電気事業者側(図 4.1)と需要家側(図 4.1)は X 社や Y 社拠点に対応する。

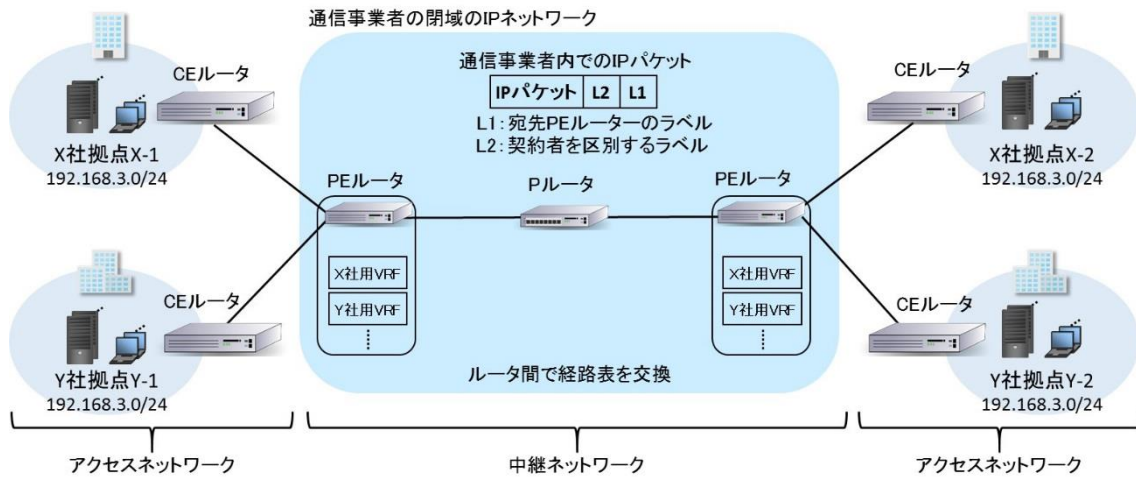


図 6.7 中継ネットワークに IP-VPN を用いたネットワーク構成の概略

表 6.5 IP-VPN の構成要素とその主な機能

構成要素	全称	主な機能
CE ルータ	Customer Edge ルータ	通信事業者と契約した契約者が端末を事業者のネットワークに接続するための機器。契約者側に設置。GWw/SIM(図 4.2)に対応する。
PE ルータ	Provider Edge ルータ	通信事業者内のルータ。通信事業者と契約した契約者のネットワークを收容。契約者側からのパケットにラベル（宛先 PE ルータを示すラベルと契約者を区別するラベル）を追加、契約者側へのパケットのラベルを削除。
VRF	Virtual Routing and Forwarding	ルータ上に 1 つ以上存在する仮想的な経路表。基本的に契約者ごとに提供。
P ルータ	Provider ルータ	通信事業者内のルータ間を接続。ラベルの値に基づいてパケットを転送。

CE ルータを経由する契約者側からのパケットには、PE ルータで宛先 PE ルータを示すラベルと契約者を区別するラベルが追加される。通信事業者内では、宛先 PE ルータを示すラベルの値に基づいて P ルータがパケットを転送する。転送に必要な経路表は、BGP を使ってルータ間で交換する。宛先 PE ルータに到着したパケットは、契約者を区別するラベルの値に基づいて CE ルータへ転送される。ラベルを用いた転送により、同じ値の IP アドレスを利用する複数の契約者の收容を可能にしている。

(2) 主な特徴

インターネットなど、複数の利用者で共用する IP ネットワークを使うため、6.2.1 節で先述した専用線に対して割安である。通信速度はアクセスネットワークに依存することもあるが、メガビット/秒のオーダーで提供されている。

IP-VPN の他にも、特定の通信事業者が運用管理する閉域のイーサネットワークを中継ネットワークとする広域イーサネットや、インターネットを中継ネットワークとするインターネット VPN (図 6.8) も利用されている。

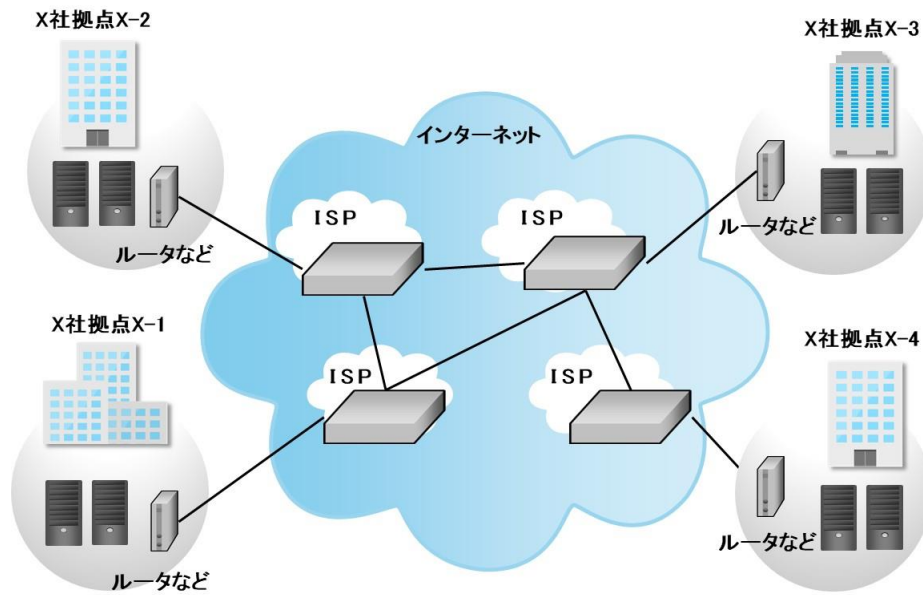


図 6.8 インターネット VPN の概略

IP-VPN や広域イーサネットは、通信事業者が運用管理する閉域のネットワークを利用するため、インターネット VPN に比べて安全性が高い。また、帯域確保などの条件を通信事業者との契約に含めたり、ネットワークの設計や機器の設定を通信事業者に依頼したりすることができる場合がある。利用できるプロトコルが IP プロトコルに限られる IP-VPN に対し、イーサネットで中継する広域イーサネットは、IP プロトコル以外のプロトコルを（OSI 参照モデルの）ネットワーク層で利用できる。通信料金は通信事業者と拠点と間の距離、あるいは拠点間の距離によって、また拠点数の多少に応じて変わることが多い。

6.2.3 インターネット

(1) ネットワーク構成

インターネットの構成を図 6.9 に示す。ISP の規模に応じて Tier1 や Tier2 と呼ばれ、これらがつながり、階層構造をなしている。同じ階層の ISP 同士は無償で相互接続（ピアリング）し、経路情報を交換することがある。一方、上位の ISP には有償（トランジット）で接続し、経路情報を入手する。Tier1 の ISP はピアリングを通じ、インターネット上のすべての経路情報を持つ。IX は、ISP が相互接続のためにつなぎこむための相互接続点である。

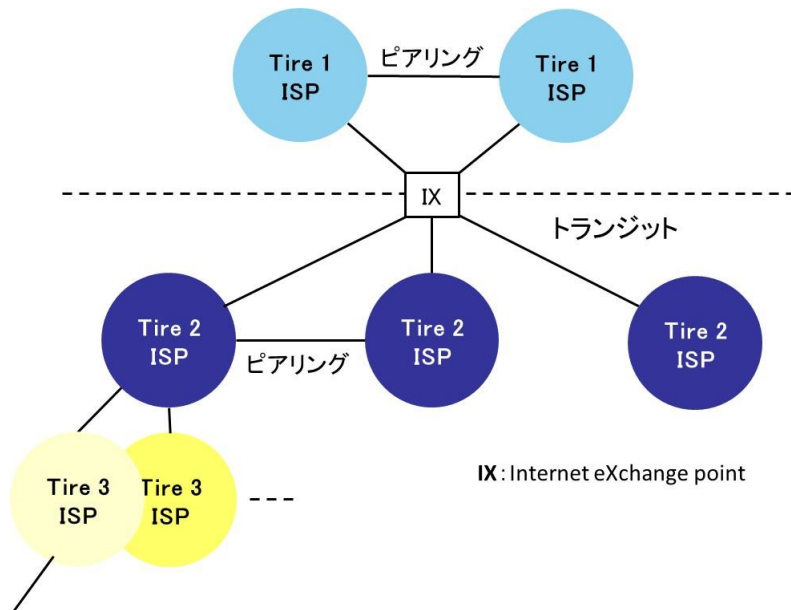


図 6.9 インターネットの構成

(2) 主な特徴

インターネットは、通信品質を保証しないベストエフォート型と呼ばれるネットワークである。複数の利用者が帯域を共用するため、ネットワークが混雑するとスループットが低下する。障害発生時に回復までに要する時間の保証もない。また、誰でも利用可能な公衆のネットワークであり、パケットの暗号化を通じた盗聴や、なりすまし、コンピュータウイルス感染や不正アクセス等の対策が必須である。

7. 電力需給調整サービス用ネットワークに適する通信サービスの種類と代表的なネットワーク構成

5.3 節で先述した「電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件」と6章で先述した「日本における主な通信の種類と特徴」を照らし、本章では、電力需給調整サービス用ネットワークに適する通信サービスの種類と代表的なネットワーク構成を検討する。まず7.1節で一般的な電力需給調整サービスを、次いで電力需給調整の具体的なサービスとして、7.2節で蓄熱システムを、7.3節で蓄電池システムをそれぞれ取り上げて検討する。7.4節では今後の展望について触れる。

7.1 電力需給調整サービス

本サービスでは専用線相当のセキュア性と確実性が要求される。

セキュア性の観点からは、特定の通信事業者が運用管理する閉域のネットワークの利用が望ましく、6章で見た中継ネットワークでは、専用線やIP-VPN等が向いている。盗聴やなりすまし、コンピュータウイルス感染や不正アクセスの危険が及ぶインターネットの利用は不向きである。なお、専用線として利用されてきたISDNは2020年を目途にサービス終了を予定している。このため、IP電話を用いたデータ通信や、光アクセス、モバイルアクセス、IP-VPN等へ今後移行が進むものと考えられる^[23]。

確実性の観点からは、不稼働率や伝送遅延時間、情報途絶猶予時間といった通信品質を達成するため、通信・装置2系統構成が求められている。6章で見た光アクセスおよびモバイルアクセスともに利用可能である。この際、閉域ネットワークとして、異なる通信事業者が運用管理するネットワークの活用（例えば、図5.18(b)で通信事業者Aの閉域ネットワークを閉域網Aとして、通信事業者Bの閉域ネットワークを閉域網Bとして活用）や、光アクセスとモバイルアクセスとの組み合わせ等により通信を2系統構成として確実性を高めることが考えられる（図7.10）。上述した通信品質などの条件は通信事業者との契約に含めたり、ネットワークの設計や機器の設定を通信事業者に依頼したりすることで達成できる場合がある。

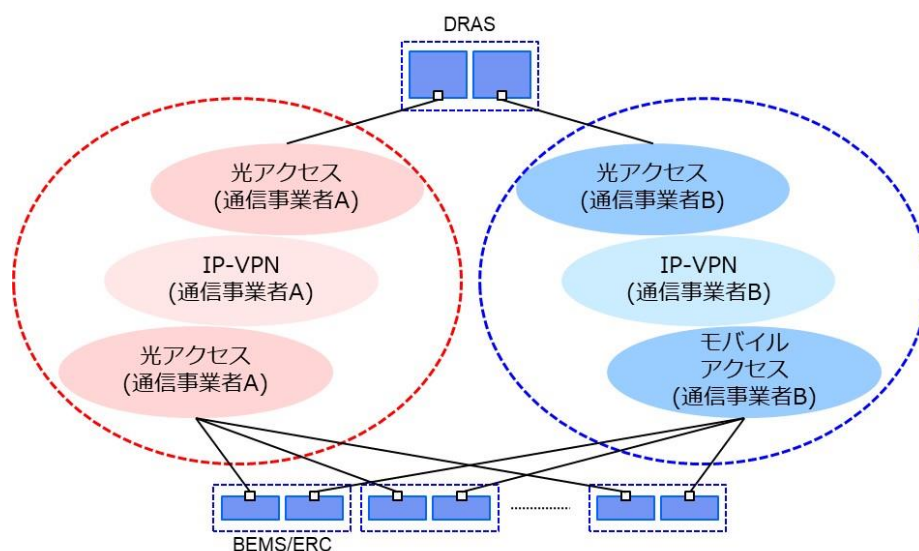


図 7.10 電力需給調整サービス用ネットワークに適する代表的なネットワーク構成例。

DRASにつながるBEMS/ERCの数（最大1,000個）について、端末の一定期間当たり（例えば、月当たり）の通信データ量によっては、多数端末接続を想定したアクセスネットワーク、例えば、LPWAなどの利用がネットワークの設計やコスト面で有利になる場合がある。但し、LPWAは近年登場した新しいネットワークであり、2018年現在も発展途上である。LoRaWANは仕様がオープンで、無線LANのように利用者が自営網を構築することもできる。暗号化をはじめとするエンドツーエンドでのセキュア性の確保ができるか、実際に求

められる通信品質を達成できるか、多面的な評価検証が今後も必要である。

7.2 蓄熱システム

間接制御は、表 5.5 の通り、通信容量および通信データ量ともにそれほど大きくなく、通信プロトコルも広く一般に使われる HTTP を想定するため、7.1 節で先述したようなネットワークが利用可能と思われる。通信事業者ごとに異なるネットワーク構成に依存することが多い通信遅延は契約する通信事業者へ事前に確認することが望ましい。

直接制御は、表 5.6 の通り、通信容量はそれほど大きくないが、通信データ量が約 20M バイト/月/(BEMS/ERC) と間接制御に比べて大きい。このため、コスト面から光アクセスのようなネットワークの利用が現実的と思われる。LPWA のようなモバイルネットワークは割高の可能性がある。通信プロトコルは広く一般に使われる TCP/IP を想定するため、8.1 節で先述したようなネットワークが利用可能と思われる。

7.3 蓄電池システム

間接制御は、蓄熱システムの間接制御と同じであり、このため利用可能なネットワークも 7.2 節の蓄熱システムと同じである。

直接制御は、表 5.8 の通り、通信容量はそれほど大きくないが、通信データ量が約 1,822M バイト/月/(BEMS/ERC) と間接制御や蓄熱システムの直接制御に比べて大きい。このため、コスト面から光アクセスのようなネットワークの利用が現実的と思われる。通信プロトコルは広く一般に使われる TCP/IP を想定するため、7.1 節で先述したようなネットワークが利用可能と思われる。

7.4 今後の展望と課題

ビルや工場をはじめとする高圧需要家に加え、一般家庭用蓄電池等と IoT システムを組み合わせた低圧需要家向けの電力需給調整サービスの普及が今後見込まれ、これに向けた実証^[24]も進められている。この際には、高圧需要家に比べ多数の低圧需要家蓄電池等をネットワークに接続することになり、7.1 節で先述したセキュリティや確実性と同時に、多数接続に対応できる通信規格や通信サービスが必要になる。これに応じるものとして、同時多数接続を一つの特徴にする次世代のモバイル通信方式「5G」や、ネットワークを仮想的に分割（スライス）することで、高セキュリティ・高信頼・低遅延等、サービスの要件に合わせて効率的にネットワークを提供する「スライス技術」の適用が有望である。これら技術については、2018 年現在、世界中で盛んに研究開発が進められており、電力需給調整サービスへの活用可能性検討が今後の課題の一つである。

8. 今後の課題

8.1 電力需給調整サービスのシステム機能要件の詳細化と今後の可能性

電力需給調整サービスを実際に提供するには、各設備の監視・制御を行うための機能だけでなく、需給調整の対象となる電力容量を事業者間で売買するための取引機能や、電力需給の状況に応じて電力小売価格を変更・課金・請求する機能など、さまざまな業務を支援するシステム機能の要件を詳細化する必要がある。

また、サービスを安定的に提供するには、電力需給調整サービス用ネットワークにセキュアで信頼性の高い通信回線を利用するとともに、その通信回線につながる機器や装置、サーバ等のハードウェアとソフトウェアも含めたシステム全体の安全やセキュリティ等を常時監視し、障害や異常を早期発見して迅速に復旧できる監視・運用マネジメントの仕組みが求められる。そうした監視・運用に必要な機能・作業として、総務省が定めた電子政府標準ガイドライン「実務手引書」第9章「運用及び保守」（下記 URL 参照）に掲載されている内容を例として表 8.1 に示す。

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/gyoukan/kanri/infosystem-guide.html

http://www.soumu.go.jp/main_content/000348298.pdf

表 8.1 監視・運用作業の例

作業名	作業概要	監視項目（例）
死活監視	情報システムを構成する機器類の障害発生状況等を把握するために、機器の通信状態の変化や再起動の状況を監視する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再起動回数 ・ 機器応答率 ・ 機器応答時間 等
性能監視	情報システムの性能要件が維持されていることを確認する。また、業務特性やピーク時特性を踏まえて情報システムの性能等の分析・管理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 応答時間（レスポンスタイム、ターンアラウンド、サーバ処理時間等） ・ スループット 等
稼働状況監視	情報システムの稼働状況や利用状況の監視、ソフトウェアライセンス数の把握等を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働率 ・ CPU使用率 ・ メモリ空き容量 ・ HDD空き容量 ・ 情報システム利用状況（アクセス数、利用者数） ・ ソフトウェアライセンス数 等
セキュリティ監視	情報セキュリティに関する事象の発生状況を監視する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不正アクセス件数 ・ ウイルス検知数 ・ 不正侵入検知数 等
防犯監視	施設・区域等に対する物理的な不正侵入や火災の発生有無等を監視する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 物理的な不正侵入発生状況 ・ 火災発生状況 等
データ一括処理業務	定期又は臨時に手動によるデータ一括処理の必要があった場合、処理の実行及び実行状況の確認を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理の実行確認（頻度、時間） ・ 処理結果の内容確認（成否）

作業名	作業概要	監視項目（例）
バックアップ管理	情報システムにおけるデータのバックアップ管理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定時バックアップ率 ・ バックアップ実施回数 ・ バックアップデータからの復旧回数等
障害復旧対応	障害発生時に影響度等の分析を行った上で、障害による影響を最小限にとどめ、情報システムの復旧作業を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 障害復旧時間 等
情報システムの設定変更	保守事業者の依頼内容に基づき、情報システムの設定変更等を行う。 ※情報システムの設定変更の実施方法や変更内容の整理は保守業務とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報システムの設定変更件数 等
セキュリティパッチ運用等業務	保守事業者の依頼内容に基づき、セキュリティパッチの適用やアップデートを実施する。 ※セキュリティパッチの適用やアップデートの方法等の整理、テストの実施は保守業務とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ セキュリティパッチ適用件数 ・ アップデート実施件数 等
ログ管理	情報システムのログの解析結果を確認し、問題等があれば把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異常検知件数 ・ 改ざん検知件数 等
構成管理	ハードウェアやソフトウェア製品、ネットワーク等の情報システムを構成する資産の管理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構成変更件数 等
ネットワーク管理	ネットワークの稼働状況や利用状況の監視を行う。また、ネットワーク機器や管理すべきサービスの構成情報（IPアドレス、ポート接続情報、回線情報等）を管理する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 回線使用率 ・ ネットワーク障害発生件数 ・ ネットワーク機器故障率 ・ ネットワーク構成変更件数 等
運用サポート業務	情報システムの利用者である職員や外部利用者のサポートを行うためのヘルプデスク又はコールセンタを設置し、運用する。 また、ユーザに対する継続的な操作研修の実施や、ユーザの追加や削除、アカウントロック時の対応等を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヘルプデスク稼働状況（問合せ件数、一次回答率等） ・ コールセンタ稼働状況（問合せ件数、一次回答率） ・ 操作研修実施状況（研修実施回数、研修受講率等）
業務運用支援作業	データ作成、データ受付・登録、大量帳票印刷等の情報システムや業務の運用に当たり必要となる作業を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ データ登録件数 ・ 帳票印刷件数 等
運用実績等の評価と改善作業	運用実績値等の取得や評価、運用実績値等が目標に満たない場合の要因分析や改善措置の検討等を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改善提案件数 ・ 改善提案採用率 等

電力需給調整サービス用ネットワークでは、多種多様で多数の装置（蓄電池管理システム、熱供給管理システム、パワーコンディショナーなど）が通信回線で接続されるため、障害の発生頻度が高くなり、これら運用

監視業務に多額のコストがかかって事業採算性が損なわれる可能性もある。そのため、各装置と通信回線の状態を自律的・自動的に監視・診断・復旧する仕組みを開発するなど、運用監視業務の省力化を図ることが望ましい。

また、電力需給調整システムには、送配電事業者／電力小売事業者、需給調整用の電力資源（蓄電池等）の所有者、アグリゲータと呼ばれるエネルギーサービス事業者など、多数の事業者の情報システムが相互接続され、それらがネットワークを通じて情報をやりとりすることになるため、運用や機能拡張等を安全、かつ、効率的に実施できるように、システム間の接続インタフェースを標準化した共用プラットフォームを提供するなど、システムのアーキテクチャに柔軟性や拡張性、相互接続運用性を持たせる工夫が求められる。

8.2 電力需給調整サービスの非機能要件の詳細化

電力需給調整サービス用ネットワークを設計する際は、システムの機能要件とあわせて、サービスを安定的に提供するために必要な非機能要件も具体化し、その要件を確保しなければならない。

独立行政法人情報処理推進機構（IPA）「非機能要求グレード 2018」（下記 URL）などを参照し、電力需給調整サービスの対象設備種別（障害時の社会的影響度）に、以下のような非機能要件について具体的な要求レベルを定めておく必要があると考えられる。

<https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20100416.html>

<https://www.ipa.go.jp/files/000028843.zip>

- ① 可用性
（継続性、耐障害性、災害対策、回復性）
- ② 性能/拡張性
（業務処理量、性能目標値、リソース拡張性、性能品質保証）
- ③ 運用/保守性
（通常運用、保守運用、障害時運用、運用環境、サポート体制、その他の運用管理方針）
- ④ 移行性
（移行時期、移行方式、移行対象機器、移行対象データ、移行計画）
- ⑤ セキュリティ
（前提条件・制約条件＝法令・ガイドライン等、セキュリティリスク分析、セキュリティ診断、セキュリティリスク管理、アクセス・利用制限、データの秘匿、不正追跡・監視、ネットワーク対策、マルウェア対策、Web 対策、セキュリティインシデント対応/復旧）
- ⑥ システム環境/エコロジー
（制約・前提条件＝法令等、システム特性、適合規格、機材設置環境条件、環境マネジメント）

8.3 電力需給調整サービスの実現に向けて

電力需給調整サービスは、地球環境保全のために必要な再生可能エネルギー源の増設という社会的な要請に対応するだけでなく、持続可能でレジリエントな社会構築に必須のサービスである。このサービスの基盤となる電力需給調整サービス用ネットワークに関しては、電力需給調整サービス用ネットワーク・ワーキングパーティにおける電力側と TTC の IoT エリアネットワークの専門家を交えた情報通信側の対話を通じて、従来の固定系のアクセスネットワークだけでなく 3G や LTE などのモバイル系のアクセスネットワークも利用可能であること、中継ネットワークとして専用線に加え IP-VPN のようなインターネットプロトコルベースの仮想的な専用回線も利用できる可能性が高いことが確認された。

また、電力需給調整サービスのネットワークに必要な通信容量、セキュリティ要件は、光アクセスおよびモバイル系のアクセスネットワークの両方が満たし、これらのアクセスネットワークと専用線や IP-VPN など特定の通信事業者が運用する閉域ネットワークの利用で担保されることが確認された。さらに、データ送信頻度を必要最小限に抑えれば、需給調整サービスの実現に見合った経済性を有することも確認された。但し、モバイルベースのネットワークは、通信媒体として無線を使用するため、いつ発生するか分からない電力需給調整サービスの必要時に本当に可用性が確保されるのかどうか、今後敷設される通信インフラ設備によって普及が見込まれるモバイルベースの IoT ネットワークを含め、これまでの実績を評価すると同時に、今後も評価を継続する必要がある。

一方、電力需給調整サービス用ネットワークに関しては、需要家の分散型電源制御装置や分散型電源など需要家設備の監視・制御などの稼働管理や機器認証を行なう機能だけでなく、需給調整のための電力容量の取引機能や課金機能、関係する複数通信メディアの統合機能など、電力需給調整サービスの運用を支援するソリューション機能や複数の関係ソリューションを連携する機能が必要で、その機能要件を詳細仕様化することが必要であることが明らかになった。また、さまざまな機器が接続される同ネットワークの安全性・信頼性を高め、安定的なサービスを提供するためには、構築されたネットワークが実際にセキュリティ要件を満たしているか評価するとともに、接続機器やシステム全体を常時監視し、障害やオペレーションミス、サイバー攻撃などを早期に発見して迅速に普及する仕組みも必要であることが明らかになった。

電力需給調整サービスの運用支援機能や電力需給調整サービス用ネットワークに接続される機器の監視・管理の仕組みについては、電力需給調整サービス事業者毎に構築するのは非効率であり、これを効率的に実現するため共用プラットフォームを構築することが望ましい。この共用プラットフォームでは、複数の電力需給調整サービス事業者が、電力需給調整サービス用ネットワークに接続される多数の機器と、さまざまな情報をやり取りすることとなる。このため、共用プラットフォームの API (Application Programming Interface) を規定すると同時に送受信する情報のセマンティクスやフォーマットを標準化し、共用プラットフォームの拡張性や他システムとの相互運用性を確保することが望ましい。

このように、電力需給調整サービス用ネットワークの実用化に向けては、まださまざまな検討事項が残されている。電力需給調整サービスは、交通、医療、水道、防災、金融、通信などの社会インフラシステムを支える基盤となっている電力システムの安定的な運用に不可欠であり、この円滑な提供に向けては、①電力需給調整サービス用ネットワークの実証実験（可能性やセキュリティの検証など）、②次世代通信規格の活用可能性検討（5G、Slicing、NFV、LPWA など）、③電力需給調整サービス用ネットワークの選定ガイドライン（案）の策定なども必要になると考えられるため、電力側、情報通信側が一体となってそれらに取り組めるような場を関係機関・関係団体が協力して作っていくことが望まれる。

このため、まずは、ネットワークの利用可能性の検証と要求条件の明確化について、電力側と情報通信側が協力して実証実験を行ない、これを明らかにすることが必要である。特に、モバイルベースの IoT ネットワークについては、電力需給調整サービス用ネットワークの基本要素となる可能性が高く、この利用可能性と要求条件の明確化を早急に行うことは、電力需給調整サービスの円滑な実現に向けて大きな意味があるものと考ええる。

また、共用プラットフォームの構築については、その有用性が今回の検討の中で明らかになった段階であるため、まずは電力側でその必要性について議論を行ない、共用プラットフォームの構築に関してある程度のコンセンサスが得られた段階で、再度、TTC の中に電力側と通信側双方が集まる場を設け、その機能、API、

やりとりする情報フォーマットなどに関し継続検討すると同時に電力需給調整サービスの実現に必要なソリューション関係技術の開発を今後とも継続することが望ましい。

なお、電力需給調整サービス用ネットワークの社会実装に関するロードマップについては、図 8.1 のように想定している。

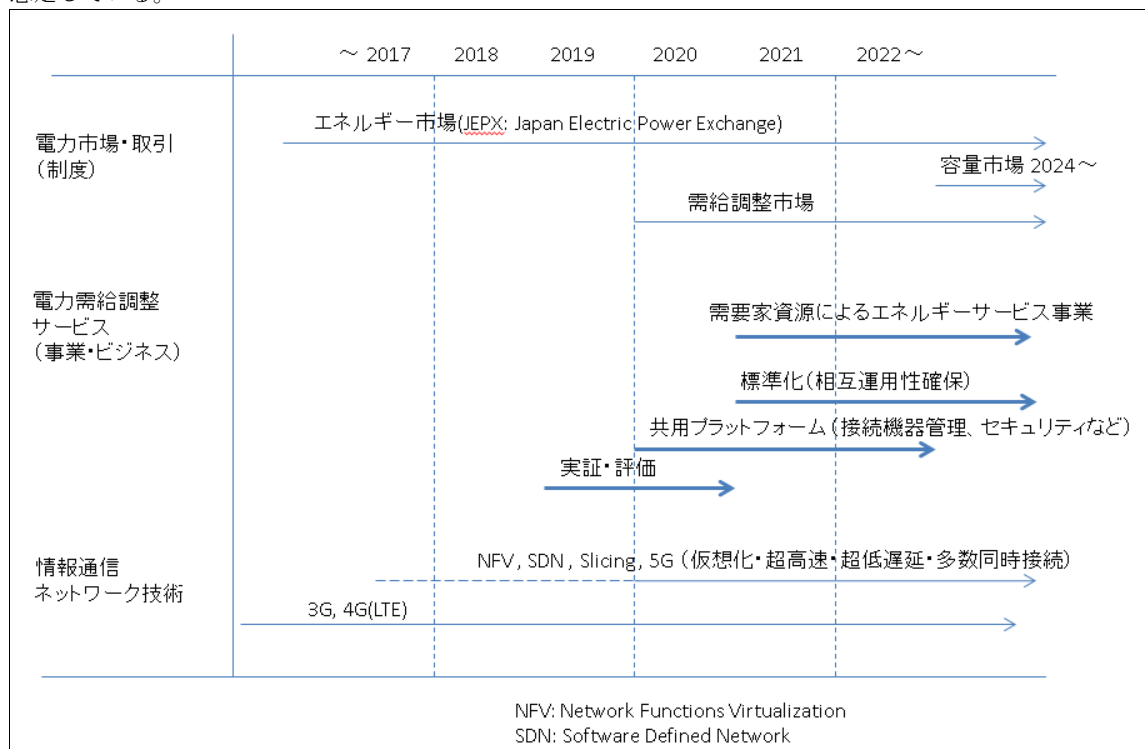


図 8.1 電力需給調整サービス用ネットワークの社会実装に関するロードマップ

9. おわりに

電力需給調整サービスは、地球環境保全のために必要な再生可能エネルギー源の増設という社会的な要請に対応するだけでなく、持続可能でレジリエントな社会構築に必須のサービスである。本 TR-1072 では、このサービスの基盤となる電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件とこれに適した通信サービスおよび代表的なネットワーク構成について検討を行なった。

電力需給調整サービスが本格的に発展するにつれて、そのサービスの基盤となるネットワークに求められる要件が次第に高度化すると考えられる。幸いなことにネットワーク分野では、今後、次世代のモバイル通信方式である「5G」、新しいネットワーク技術である「スライス」、機械学習などの人工知能を活用したネットワークの自動運用やサイバーセキュリティ対策など、さまざまなサービスの発展が期待されている。このため、関係者は常に最新の動向を把握し、電力需給調整サービスに求められる要件の高度化トレンドを踏まえ、電力需給調整サービス用ネットワークにこれらの新しいサービスを取り込んでいく必要がある。また、この実現を図る上で、電力側、情報通信側の引き続いての協力は必須である。

この TR-1072 が電力需給調整サービス用ネットワークに対する理解促進とその早期実用化に貢献できれば幸いである。

【参考文献】

- [1] OpenADR2.0 Profile Specification B Profile, 07-01-2013, OpenADR Alliance.
- [2] IEC 61850-1, 5, 6, 7-2, 7-3, 7-4, 7-420, 8-1 ed.2 Communication networks and systems for power utility automation (2009-2013).
- [3] IEC TR 62746-2:2015 Systems interface between customer energy management system and the power management system - Part 2: Use cases and requirements, 2015-04-22, IEC TC57.
<https://webstore.iec.ch/publication/22279>
- [4] -
- [5] IEC 61970-301 Ed. 6.0 Energy management system application program interface-Part301: Common information model base (2016).
- [6] IEC 61968-1, 4, 9, 11, 13 Application integration at electric utilities-System interfaces for distribution management (2007-2013).
- [7] "A Data Communication Protocol for Building Automation and Control network (BACnet)" ANSI/ASHRAE STANDARD 135-2016.
- [8] IEC62351-1 ,2, 3, 4, 5, 6 Data and communication security (2018).
- [9] NIST IR 7628 Revision1 Guidelines for Smart Grid Cyber Security.
- [10] Facility Smart Grid Information Model, August 2015, ASHRAE 201-PPR DRAFT 4310.
- [11] 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン」, 平成 29 年 11 月 29 日, 資源エネルギー庁
<http://www.meti.go.jp/press/2017/11/20171129001/20171129001-1.pdf>
- [12] 「デマンドレスポンス・インタフェース仕様書, 第 1.1 版」, 2015 年 6 月 24 日, JSCA スマートハウス・ビル標準・事業促進検討会
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoujo/smart_house/pdf/007_s13_00.pdf
- [13] 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するサイバーセキュリティガイドライン」, 平成 29 年 11 月 29 日, 資源エネルギー庁
<http://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170426001/20170426001-1.pdf>
- [14] 「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」, 平成 28 年 7 月 28 日, 資源エネルギー庁
- [15] L. Mamakos, K. Lidl, J. Everts, D. Carrel, D. Simone, R. Wheeler, "A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)," IETF RFC2516, Feb. 1999.
- [16] C. Rigne, S. Willens, A. Rubens, W. Simpson, "Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)," IETF RFC2865, Jun. 2000.
- [17] R. Droms, "Dynamic Host Configuration Protocol," IETF RFC2131, Mar. 1997.
- [18] 3GPP Standard, "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 15)," TS23.401, ver.15.4.0, Jun. 2018.
- [19] "IoT のつながる仕組み," 日経 NETWORK, no.207, pp.24-41, Jul. 2017.
- [20] 池田佳和, 北見憲一, 石川俊行, 藤岡雅宣, 秋山稔 (監修)、田崎公郎 (監修)、ISDN 応用絵とき読本, オーム社, 1992 年
- [21] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," IETF RFC3031, Mar. 2001.
- [22] T. Bates, R. Chandra, D. Katz, Y. Rekhter, "Multiprotocol Extensions for BGP-4," IETF RFC4760, Jan. 2007.
- [23] "ISDN 終了カウントダウン," 日経 NETWORK, no.196, pp.18-37, Aug. 2016.
- [24] "平成 30 年度「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」(VPP)," 一般社団法人 環境共創イニシアチブ, <https://sii.or.jp/vpp30/>, 2018 年 11 月 13 日確認.