

つながるエネルギー、
ひろがる未来。

VPP時代の 省エネ・創エネ・節電による 証券化・マネタイズ手法

分散するエネルギーリソースを価値に変え、
持続可能で豊かな社会を実現する

LOCAL ENERGY
BIG VALUE
BRIGHTER
TOMORROW



エネルギーの可能性を、次の価値へ。

エネルギー
×
データ
×
金融
×
サステナビリティ

持続可能なエネルギー社会の実現に向けて

ここで伝えたいこと

省エネは「減らす技術」から、「価値を発見し、制御し、売る技術」へ変わり始めています。

- VPP・DR・ネガワット・アグリゲーターの意味を理解する
- kWh・kW・ΔkW・環境価値という複数の価値を知る
- HEEM で見えない価値を発見し、EMS で制御可能化する
- アグリゲーターと VPP を通じて市場収益へ接続する
- 将来キャッシュフローを EaaS・ファイナンス・証券化へつなげる



はじめに 「電気を使わない」 ことにも値段がつく時代が始まった

これまで企業の省エネルギー対策は、主として「電気代を減らす活動」と考えられてきました。空調の設定温度を見直す、高効率設備へ更新する、照明を LED 化する、太陽光発電を設置する。目的は、購入するエネルギーを減らし、光熱費を削減することでした。

しかし電力システムの変化によって、省エネの意味そのものが変わり始めています。これから重要になるのは「何 kWh 使ったか」だけではありません。「何 kWh 減らせるか」「何 kW 動かせるか」「いつ動かせるか」「どれくらい速く動かせるか」「どれくらい長く維持できるか」という能力にも価値が生まれます。

例えば真夏の午後 2 時、日本中で一斉にエアコンが運転され、電力需要が急増したとします。その瞬間に 1,000 台のエアコンの消費電力を合計 500kW 抑えることができれば、その 500kW には電力システムを安定させる価値があります。つまり、電気をつくるだけでなく、電気を使わないことにも経済価値が生まれる。これが VPP 時代の大きな特徴です。

太陽光発電による創エネ、蓄電池による蓄エネ、空調や冷凍冷蔵設備による節電、設備改善による省エネ。これらを個別に考える時代から、一つのエネルギー資産として統合して運用する時代へ移ろうとしています。



PART 1 VPP・DR を理解する

第1章 まず知っておきたい「VPP」とは何か

VPPとはVirtual Power Plantの略で、日本語では「仮想発電所」と呼ばれます。発電所というと大きな火力発電所や水力発電所を想像しますが、VPPには巨大な発電設備が一か所にあるわけではありません。全国各地に散らばる太陽光発電、蓄電池、EV、コージェネレーション、非常用発電機、空調設備、冷凍冷蔵設備、給湯設備、工場設備などを通信ネットワークでつなぎ、まとめて制御します。多数の小さなエネルギー設備を、あたかも一つの大きな発電所のように動かす。これがVPPです。



第2章 発電機だけが「電力資源」ではなくなる

VPPで最も重要なのは、発電設備だけを集める仕組みではないことです。例えばある店舗に10台のエアコンがあり、それぞれ短時間なら0.5kWずつ消費電力を抑えられるとします。1店舗では5kWですが、100店舗なら500kW、1,000店舗なら5,000kW、つまり5MWです。発電機を新設したわけではありません。しか

し電力需要が 5MW 減れば、系統から見ればそれだけ供給余力が生まれます。空調、冷凍冷蔵、ポンプ、コンプレッサー、給湯器、蓄電池、EV など、電気を使用する設備も「電力資源」になり得ます。

第 3 章 DR とは何か

VPP とセットで登場する言葉が DR、Demand Response です。日本語ではデマンドレスポンスと呼ばれ、電力の需給状況や価格などに応じて、需要家が電気の使い方を変えることを意味します。需要が大きいときに空調出力を一時的に下げる、蓄電池から放電する、EV 充電を停止する、冷凍機の運転を少し遅らせる、コンプレッサー運転を調整する。こうした方法によって電力需要を動かすのが DR です。

DR は昔の「節電要請」と同じではありません。VPP 時代の DR では、いつ、何 kW、何分間、どの程度の応答速度で、どの程度の確実性で需要を変化させられるかが重要です。節電が定量化されたエネルギーサービスになるのです。

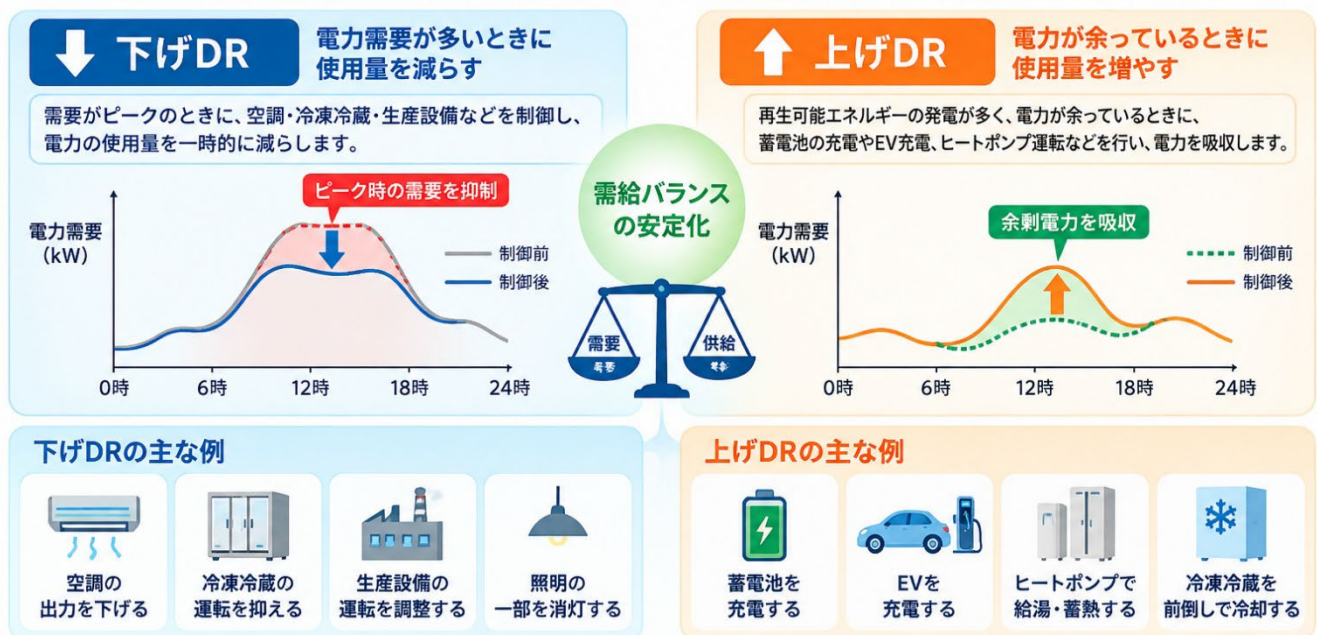
第 4 章 「下げ DR」と「上げ DR」

DR には大きく二つあります。下げ DR は、電力需要が多いときに電気の使用量を減らす方法です。通常 100kW 使用している設備を 80kW まで下げれば、20kW の需要削減になります。

一方の上げ DR は、電力使用量を増やす DR です。太陽光発電が大量に導入されると、晴天の昼間などには供給が需要を上回りやすくなります。そこで蓄電池を充電する、EV を充電する、ヒートポンプ給湯を行う、冷凍庫を前倒して冷却するなどして余剰電力を吸収します。これから重要なのは、電気を減らすことだけでなく「いつ使うか」を動かすことです。

図2 DRは需要を「下げる」だけでなく、余剰電力を吸収する「上げる」制御も含む。

電力の需給状況や価格に応じて、需要を下げたり（下げDR）、上げたり（上げDR）することで、電力系統の安定化に貢献します。



第5章 ネガワット —「使わなかった電気」を売る

通常 500kW 使用する工場が DR によって 400kW まで下げれば、100kW の需要が消えます。実際には発電していませんが、系統から見れば 100kW の発電量を増やすことと、100kW の需要を減らすことには、需給バランスを改善するという共通の効果があります。この「使わなかった電気」を価値として捉えるのがネガワットです。節電は、コスト削減だけでなく、販売可能な価値になり得ます。

第6章 アグリゲーターとは何をする会社なのか

一つの店舗が 20kW 節電できても、それだけでは市場に提供するには小さすぎる場合があります。しかし 100 店舗なら 2,000kW、1,000 店舗なら 20,000kW です。そこで多数の小さなエネルギーリソースを束ねる事業者が必要になります。それがアグリゲーターです。Aggregation は「集約」を意味します。アグリゲーターは、小さなエネルギー価値を束ねて、市場で取引できる規模へ変換する役割を担います。

第7章 VPP・DR・アグリゲーターの関係

DR は電力需要を動かす方法、アグリゲーターは多数のエネルギーリソースを束ねる事業者、VPP はそれらを統合し一つの大きな電力資源として運用する仕組みです。したがって、空調・冷凍冷蔵・蓄電池・EVなどを DR で制御し、アグリゲーターが束ね、VPP として統合運用し、電力市場などへ価値を提供する、という関係になります。

PART 2 エネルギー価値をマネタイズする

第 8 章 これからは「何 kWh 使ったか」だけではない

従来の電力管理では kWh、すなわち使用電力量が中心でした。しかし電力には複数の価値があります。kWh 価値は実際の発電・消費量、kW 価値は必要なときに供給または需要削減できる能力、 Δ kW 価値は需給変化に応じて出力や需要を変化させられる調整力、環境価値は再生可能エネルギーや CO2 削減などに伴う価値です。企業設備は「年間何 kWh 使う設備」だけでなく、「何 kWh 削減できるか」「何 kW 止められるか」「どの程度の速度で応答できるか」「何分維持できるか」という価値を持ち得ます。

第 9 章 省エネと DR は違う

設備改善で年間 100,000kWh を 80,000kWh に減らしたなら、20,000kWh の恒常的削減であり、これは省エネです。一方、通常 100kW 使用している設備を必要な 1 時間だけ 70kW へ下げるなら、30kW の需要を時間軸で動かしたことになります、こちらが DR です。簡単に表現すれば、省エネは kWh を減らす、DR は kW を時間軸で動かす。そして VPP 時代にはその両方に価値があります。

第 10 章 「省エネ設備が二度、三度稼ぐ」という考え方

従来の省エネ投資は、投資額と電気料金削減額から単純回収年数を求める評価が一般的でした。しかし VPP 時代には、同じ設備から複数の価値を取り出せる可能性があります。空調制御なら通常時の省エネ、ピーク時のデマンド削減、DR 要請時の需要調整能力、VPP 参加による市場収益などです。蓄電池ならピークカット、太陽光自家消費、DR、需給調整、市場価格差、BCP などがあります。一つの設備から複数の収益源を積み上げる考え方が Revenue Stacking です。

第 11 章 VPP 時代の「7 つのマネタイズ」

企業が持つエネルギー設備からは、①省エネ価値、②ピークカット価値、③DR 価値、④調整力価値、⑤供給力価値、⑥創エネ価値、⑦環境価値、といった複数の価値を取り出せます。重要なのは、一つの設備を一つの収益源だけで考えないことです。設備の価値は、省エネ率だけではなく、どれだけ多様な価値を、どの程度確実に、長期にわたり生み出せるかで評価する必要があります。



第12章 空調設備が「発電所の一部」になる

全国1,000店舗、各店舗に10台、合計10,000台の空調設備があるとして、IoTによって室温、湿度、消費電力、設定温度、運転状態、外気条件、営業時間などを把握し、「この30分なら快適性をほとんど損なわず0.5kW落とせる」という空調機だけを選んで制御します。平均0.5kWなら10,000台で5,000kW、すなわち5MWです。これは単なる空調設備群ではなく、5MW級の可変電力リソースと考えることができます。



第 13 章 冷凍冷蔵設備は「熱の蓄電池」になる

冷凍庫や冷蔵庫には、食品、水分、庫内設備、建材などに冷熱が蓄えられています。電力が余る時間帯に少し多めに冷却し、需要が高い時にはコンプレッサー運転を抑えれば、電気そのものを蓄えなくても電力需要を時間移動できます。その意味で冷凍冷蔵設備は「熱の蓄電池」と捉えられます。空調も建物自体の熱容量を使い、予冷・予熱によって需要時間を動かす余地があります。

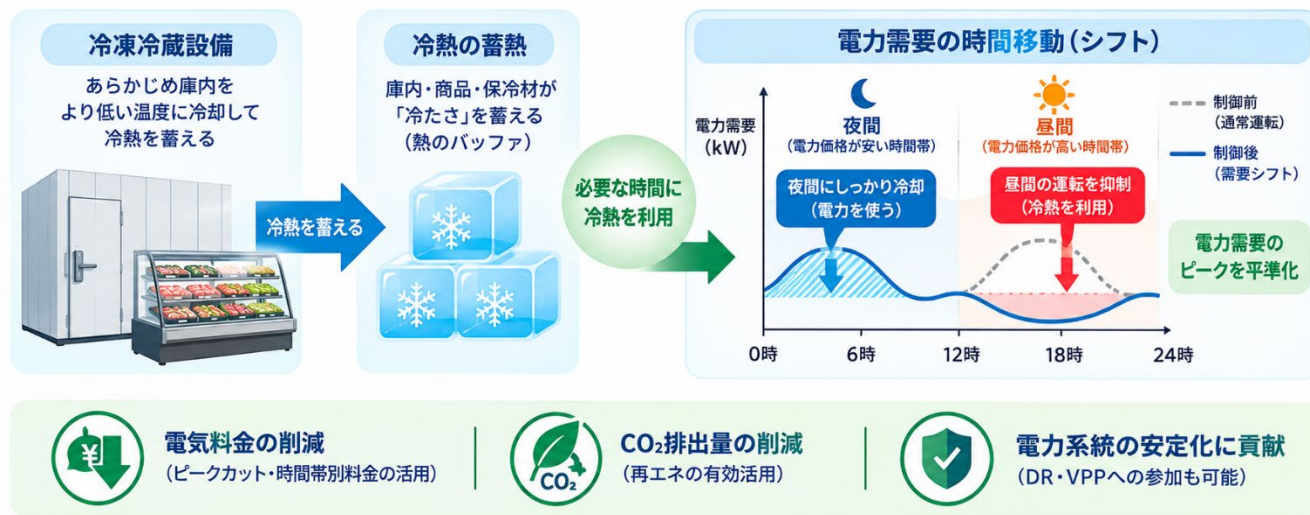


図5 冷凍冷蔵設備は、冷熱を利用して電力需要を時間移動させられる。

第 14 章 太陽光・蓄電池・空調を別々に考えない

VPP 時代には太陽光、蓄電池、空調、冷凍冷蔵、EV を一体的に考えます。昼間に太陽光が余れば蓄電池へ充電し、冷凍設備を前倒し運転し、EV を充電する。夕方の需要ピーク時には蓄電池を放電し、同時に空調需要を少し抑える。このように創エネ・蓄エネ・省エネ・節電が一つのエネルギーマネジメントにつながります。

第 15 章 省エネ量は「測れなければ売れない」

VPP や DR に参加するには「たぶん節電できています」では通用しません。今月の電力使用量が昨年より 10%減っていても、気温、営業時間、生産量、来客数などの変化が原因かもしれません。そこで必要なのが Baseline、ベースラインです。「何もなかった場合、本来どれだけ電力を使用していたか」を推定し、基準使用量と実使用量との差から削減量を評価します。DR でも「本来その時間に何 kW 使っていたはずか」という基準が不可欠です。

PART 3 HEEM と EMS で「価値」を実装する

第 16 章 HEEM とは何か —「省エネを考えるための方法論」

HEEM とは HVAC Energy Efficiency Method の略称です。HVAC は Heating、Ventilation、Air Conditioning、すなわち暖房・換気・空調を意味します。HEEM を直訳すれば空調エネルギー効率化手法ですが、その本質は、快適性や生産性を維持しながら、空調・冷凍冷蔵を中心としたエネルギー使用のロスを発見し、改善し、その効果を検証しながら継続的に最適化するための方法論です。製品名でも制御装置名でもありません。「どうすれば必要最小限のエネルギーで目的を達成できるか」を考えるための診断・改善メソッドです。

第 17 章 HEEM は何をするのか

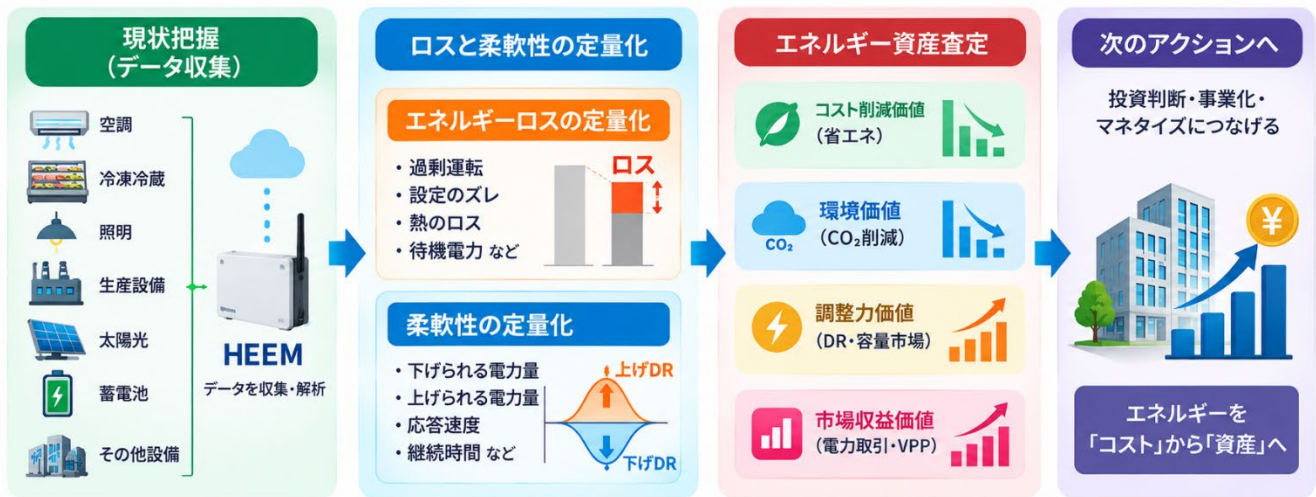
HEEM では最初から「古いから更新しましょう」とは考えません。現在どのように使われているか、どの程度の負荷か、どこにエネルギーロスがあるか、設備は本来の能力を発揮しているか、過剰な冷暖房はないか、気流や換気との干渉はないか、外気影響や快適性はどうかを確認します。そのうえで、運用改善、制御追加、清掃・メンテナンス、機能拡張機器、設備更新などから合理的な手段を選びます。現状を測り、ロスを発見し、改善し、改善後にもう一度測る。これを繰り返すことが基本です。

第 18 章 HEEM は「エネルギー価値を発見する方法」になる

VPP 時代の HEEM では、単なる「無駄な電気」だけでなくエネルギーの柔軟性も発見します。年間 20,000kWh 削減できる、ピーク時なら 30kW 削減できる、30 分なら快適性を損なわず制御できる、1 時間前なら予冷できる、冷凍設備なら 15 分運転を遅らせられる、といった能力です。これまでの HEEM がエネルギーロスを見つける方法論だとすれば、VPP 時代の HEEM は、施設内に眠る「エネルギー価値」を発見する方法論へ発展します。

第 19 章 HEEM は「エネルギー資産査定」になる

不動産に不動産鑑定があり、企業に企業価値評価があるように、VPP 時代には建物や設備がどれだけエネルギー価値を生み出せるかを査定する必要があります。年間使用量、適正使用量、省エネ余地、最大需要、DR 可能量、継続可能時間、年間実施可能回数、太陽光発電可能量、蓄電可能容量などを整理したものが「エネルギー資産台帳」です。HEEM は単なる省エネ診断ではなく、エネルギー資産価値を見つける入口として位置付けられます。

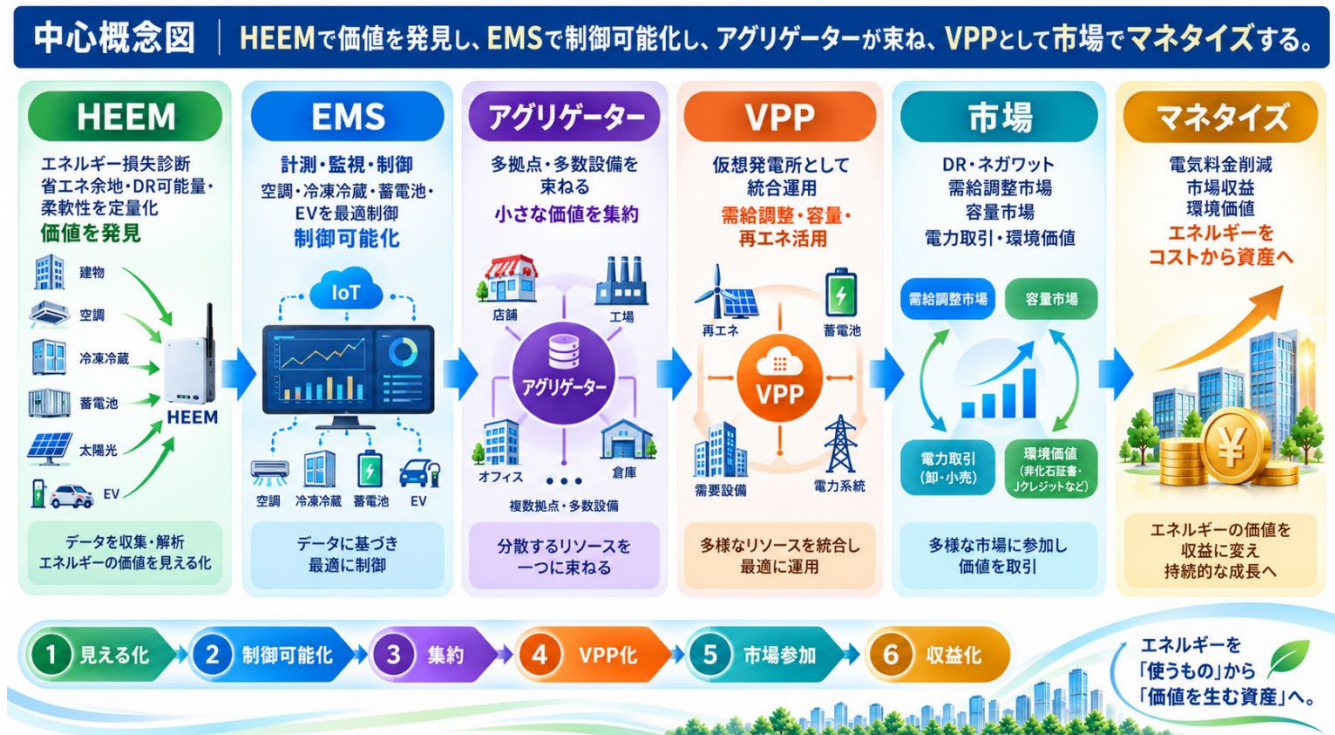


第 20 章 発見だけでは市場価値にならない —EMS の役割

「この施設には 50kW の DR 能力がある」と診断できても、それだけでは市場で売れません。必要な時間に、必要な設備を、必要な量だけ、確実に制御できなければならないからです。そこで必要になるのが EMS、Energy Management System、エネルギーマネジメントシステムです。EMS は電力量計、温湿度センサー、CO2 センサー、空調、冷凍冷蔵、蓄電池、太陽光、EV 充電設備などをつなぎ、エネルギーの計測・監視・分析・制御を行います。HEEM は「方法論」、EMS は「実行システム」です。HEEM がどこにロスがあり、何 kWh 減らせ、何 kW 動かせ、どの条件なら制御してよいかを判断し、EMS がその判断に基づいて実際の計測・監視・制御を行います。

第 21 章 HEEM から VPP 市場まで ―一枚で見る全体像

VPP 時代のエネルギービジネスは、HEEM→EMS→アグリゲーター→VPP→市場という順番で考えると明快です。最初から VPP を導入するのではありません。まず HEEM で価値を発見し、次に EMS でその価値を計測・制御可能にする。さらにアグリゲーターが多数のリソースを束ね、それらを VPP として統合運用し、各種市場へ接続してマネタイズします。HEEM は発見・判断、EMS は計測・実行・制御、アグリゲーターは集約、VPP は統合運用、市場は収益化です。



第 22 章 「1 店舗では小さい」は弱点ではない

VPP の最大の特徴は、小さな設備を大量に束ねられることです。1 店舗で空調 DR10kW、冷凍冷蔵 10kW、蓄電池 20kW、合計 40kW だとしても、100 店舗なら 4MW、500 店舗なら 20MW、1,000 店舗なら 40MW です。全国に多数の施設を持つスーパーマーケット、ドラッグストア、コンビニ、飲食チェーン、ホテル、ガソリンスタンド、物流会社、金融機関などは、実は巨大な分散型エネルギー資産を持っている可能性があります。

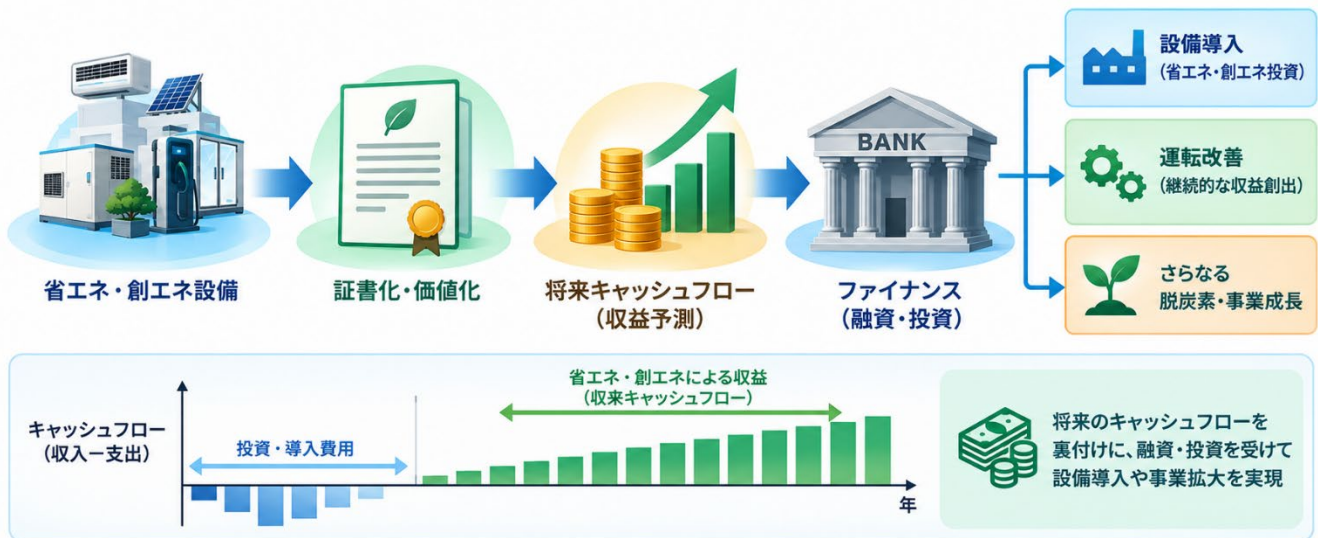
PART 4 金融化・証券化へつなげる

第 23 章 省エネは「金融資産」になれるのか

ここで本題である証券化を考えます。ただし「環境価値を証書化すること」と「金融商品として有価証券化すること」は同じではありません。第一段階は、省エネ量、DR 可能量、再エネ発電量、CO2 削減量、調整力などの目に見えない価値を、計測可能・検証可能・契約可能な価値へ変換することです。そのために計測、ベースライン、M&V、契約、第三者検証が必要になります。

第 24 章 そして「キャッシュフローの証券化」へ

さらに一歩進むと、本来の金融における証券化が見えてきます。例えば 1,000 店舗へ省エネ・DR 制御設備を導入し、各店舗から省エネによる削減収益、DR 収益、VPP 収益、環境価値収益が 5 年、10 年と継続して発生するとします。これらの将来キャッシュフローを束ね、投資家が設備導入資金を提供し、そこから生まれる収益で返済・分配する構造が成立すれば、「エネルギー資産が生み出す将来キャッシュフロー」を金融資産化する発想へ進みます。



第 25 章 証券化の前に普及するのは「Energy as a Service」

現実には、いきなり金融商品化が進むとは限りません。その前に普及する可能性が高いのが Energy as a Service です。需要家が高額設備を購入するのではなく、サービス提供会社がセンサー、EMS、制御設備、蓄電池、太陽光などへ投資し、需要家は削減した電気料金の一部、固定サービス料、成果報酬などで対価を支払います。サービス提供側は省エネ収益だけでなく、VPP、DR、調整力、環境価値などから追加収益を得ます。設備販売ビジネスからエネルギー価値運用ビジネスへの転換です。



第 26 章 補助金も「設備購入支援」から「資産形成支援」へ

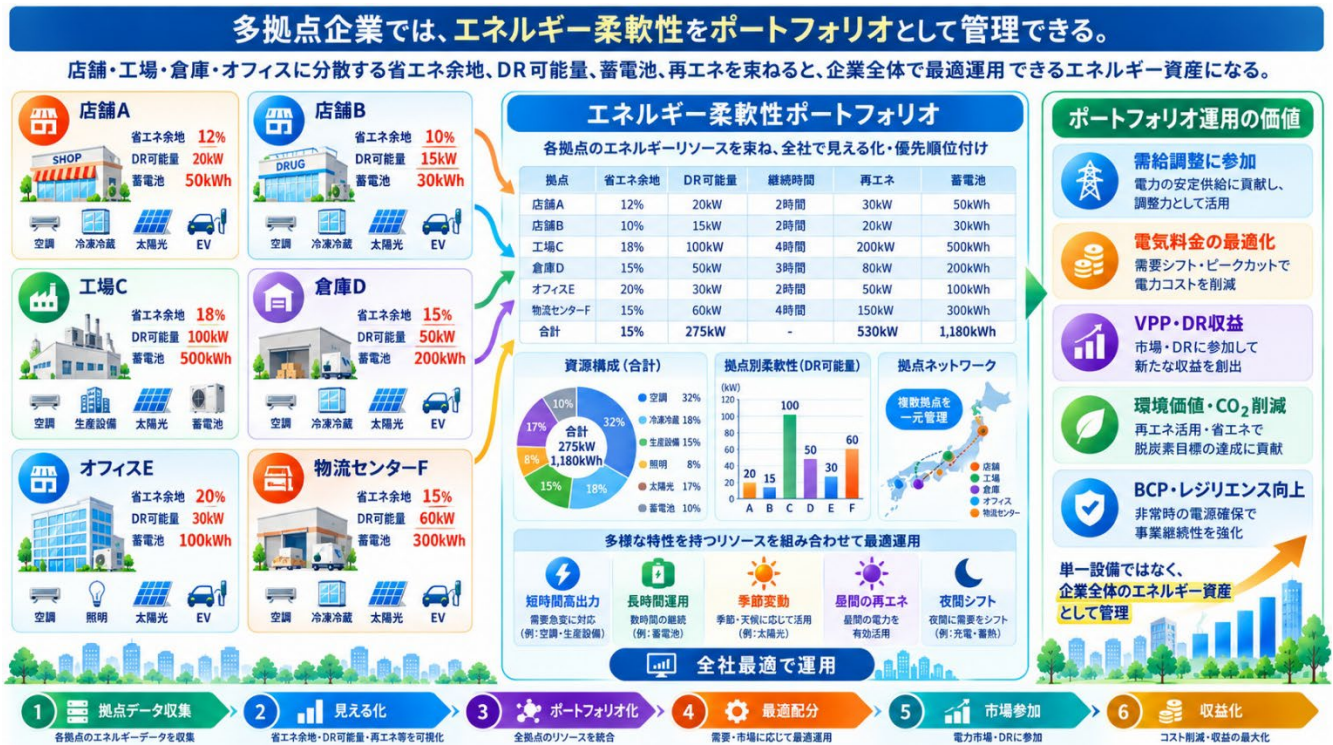
総事業費 1 億円、補助金 3,000 万円、民間資金 7,000 万円というプロジェクトがあったとします。従来は「1 億円の設備を 7,000 万円で導入できた」と評価します。しかしその設備が省エネ、DR、調整力、創エネ、環境価値を継続的に生み出すなら、補助金は単なる設備購入費の補助ではなく、将来キャッシュフローを生み出すエネルギー資産形成への初期投資支援と見ることができます。

第 27 章 VPP 時代には「エネルギー価値台帳」が必要になる

企業が持つ設備を、単なる設備台帳ではなく「エネルギー価値台帳」として管理する時代が来るかもしれません。空調機なら年間消費電力量、適正使用量、省エネ余地、ピーク削減可能量、DR 可能 kW、応答時間、継続可能時間、年間利用可能回数、室温影響、CO₂ 削減量などを持たせます。蓄電池なら容量、最大出力、SOC、充放電可能量、応答速度、サイクル劣化などです。企業は「設備を何台持っているか」ではなく、「何 MW のエネルギー柔軟性を持っているか」を把握できるようになります。

第 28 章 「設備台帳」 から「エネルギーポートフォリオ」へ

全国に多数の施設を持つ企業なら、東京物流センター200kW、大阪工場 500kW、名古屋店舗群 300kW、九州工場 400kW、合計 1.4MW というように、各拠点の DR 可能量を合算できます。さらに太陽光、蓄電池、EV、冷凍冷蔵、空調を加えれば、企業全体で巨大な Energy Resource Portfolio を持つことになります。金融資産を株式、債券、不動産などに分散するように、エネルギーでも異なる特性を持つリソースを組み合わせ、どの設備を何時に何 kW、どの市場へ供出するのが有利かを判断します。ここまで来ると、エネルギーマネジメントは設備管理ではなく「エネルギー資産運用」です。



PART 5 企業のエネルギー戦略へ

第 29 章 では企業は何から始めればいいのか

「VPP が重要なら蓄電池を買えばよい」という話ではありません。最初に設備ありきではなく、第一歩は条件定義と現状把握です。現在どれだけエネルギーを使用しているか、本当に必要なエネルギーはいくらか、どこにロスがあるか、何 kWh 削減できるか、何 kW 動かせるか、何分維持できるか、何分で応答できるか、快適性・生産性・品質に影響しないかを調べます。そこで初めて空調制御、蓄電池、太陽光、冷凍冷蔵制御、EV などの適切な組み合わせを判断できます。

第 30 章 HEEM→EMS→VPP という新しい省エネモデル

これからのエネルギーマネジメントは 4 段階で考えると分かりやすくなります。STEP1 は HEEM。HVAC Energy Efficiency Method として現状を診断し、本来必要なエネルギー量との差を明らかにし、省エネ可能量や DR 可能量を見つけます。STEP2 は EMS。HEEM で見つけた改善余地や制御可能性を、実際に計測・監視・制御します。STEP3 はアグリゲーター。一つ一つは小さいリソースを数百、数千、数万と束ねます。STEP4 は VPP・市場。束ねた設備を VPP として統合運用し、省エネ、DR、需給調整、容量、創エネ、環境価値などを経済価値へ変換します。

第 31 章 省エネ率だけを競う時代は終わる

従来、省エネ設備は「何%削減できますか」で比較されてきました。しかし VPP 時代にはそれだけでは不十分です。省エネ率 15% で DR 可能量 50kW、応答時間 5 分、30 分継続可能、年間 120 回制御可能な設備と、省エネ率 18% だが外部制御・DR・データ取得ができない設備では、単純な省エネ率だけで価値を判断できません。必要なのは Total Energy Asset Value という発想です。設備が一生涯にどれだけ電気料金を削減し、需要を制御し、市場価値を生み、CO2 を削減するかまで含めて評価します。

第 32 章 エネルギーコストを「ネット」で考える

企業のエネルギー収支も変わります。従来は電気料金＝経費でした。しかし将来は、購入電力費から、省エネ効果、ピーク削減効果、DR 収益、調整力収益、VPP 関連収益、創エネ価値、環境価値を差し引いて考えます。見るべきなのは単なる電気料金ではなく、企業が最終的に負担する Net Energy Cost です。収益側が大きくなれば、エネルギーコストゼロ、さらにはエネルギー収支プラスという施設も視野に入ります。



第 33 章 「省エネ」はコスト削減ではなく経営資源になる

省エネには長い間、節約、我慢、経費削減というイメージがありました。しかし VPP 時代は違います。必要なエネルギーは使い、不要なエネルギーは使わず、余ったエネルギーは蓄え、使う時間を動かし、必要なときに需要を下げ、必要なときには需要を上げる。そしてその柔軟性に値段を付ける。エネルギーを「減らす」のではなく「最適運用する」という考え方です。

おわりに

企業は「電気を買う会社」から「エネルギー価値を持つ会社」へ

これまで企業は、電力会社から電気を買う存在でした。しかし太陽光、蓄電池、EV、空調、冷凍冷蔵、IoT、AI、DR、VPP、電力市場、環境価値市場、金融がつながり始めています。その結果、企業は「電気を購入する需要家」だけではなく、電力システムへ価値を提供するエネルギー資産保有者になる可能性があります。

重要なのは、高価な設備を最初に購入することではありません。まず、自社の中にどれだけ「見えないエネルギー資産」が眠っているのかを知ることです。無駄に使われている kWh、一時的に止められる kW、時間をずらせる kWh、蓄えられる kWh、発電できる kWh、削減できる kg-CO₂。それら一つ一つは小さく見えても、計測し、価値を発見し、制御可能にし、数百・数千・数万の設備を束ねれば巨大なエネルギー資産になります。

その流れは、HEEM で価値を発見する→EMS で価値を計測・制御可能にする→アグリゲーターが価値を束ねる→VPP として電力システムへ接続する→各市場で価値をマネタイズする→安定した将来キャッシュフローになればファイナンス・証券化へ発展する、というものです。

これまでの省エネは「電気を減らして、電気代を下げる」ものでした。これからの省エネは「エネルギー価値を発見し、制御し、束ね、運用し、収益を生み出す」ものになります。省エネはコスト削減から資産形成へ。エネルギーマネジメントは設備管理からエネルギー資産運用へ。VPP 時代とは、その転換が始まる時代なのです。



用語ミニ辞典

用語	意味
VPP	Virtual Power Plant。分散する発電・蓄電・需要設備を統合制御し、一つの電力資源のように運用する仕組み。
DR	Demand Response。電力需給や価格等に応じて需要側の電力使用量を上下させること。
ネガワット	需要を減らした量を、系統に価値を提供したものとして捉える考え方。
アグリゲーター	多数の小規模な分散型エネルギーリソースを束ね、市場や系統へ提供する事業者。
HEEM	HVAC Energy Efficiency Method。空調・換気・冷凍冷蔵を中心に、ロス・適正使用量・改善余地・柔軟性を診断し、改善と検証を行う方法論。
EMS	Energy Management System。センサーや電力量計、設備を接続し、エネルギーを計測・監視・分析・制御するシステム。
Revenue Stacking	一つの設備から省エネ、ピークカット、DR、調整力、環境価値など複数の価値・収益を積み上げる考え方。
M&V	Measurement & Verification。省エネや需要削減の効果を計測・検証する考え方。

発行・著作

『VPP 時代の省エネ・創エネ・節電による証券化・マネタイズ手法』

発行

一般社団法人グリーン環境保全機構

著作者

谷津 亙

高嶋 哲也

著作権について

本冊子に掲載する文章、図版、構成その他の著作物について、著作権法で認められる場合を除き、著作者および発行者の許可なく、無断で複製・転載・改変・配布することを禁じます。

発行者

一般社団法人グリーン環境保全機構

著作者

谷津 亙 / 高嶋 哲也

© 一般社団法人グリーン環境保全機構・谷津 亙・高嶋 哲也