

世界のカーボンニュートラルに向けたエネルギーマネジメントの役割

Energy Management Role for Global Carbon Neutrality



塚本幸辰*
Yukitoki Tsukamoto

*DigitalEnergy事業統括センター準備室長

要 旨

国連は、SDGs(Sustainable Development Goals)の実現のために全ての企業にサステナビリティ経営を求めている。それに呼応して世界のESG(Environment, Social, Governance)投資は急速に増えている。企業がESG投資を呼び込むためには、SDGsに向け企業の行動変容を促進することが不可欠である。中でも、各企業のサステナビリティ経営での地球環境対策の一つとして、エネルギーマネジメントは極めて重要な役割を担う。エネルギーマネジメントは、各事業者内のエネルギー管理にとどまらず、再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)を送配電ネットワークに接続するための環境整備や再エネの電力や環境価値を売買する電力市場の整備のほか、業種や需要種間のセクターカップリングを念頭に地域レベルでのマネジメントが重要になってくる。また、地域的に広がる再エネを最大限活用するためには、最新のIoT(Internet of Things)やデジタル技術を活用したデジタルプラットフォームの整備が不可欠である。

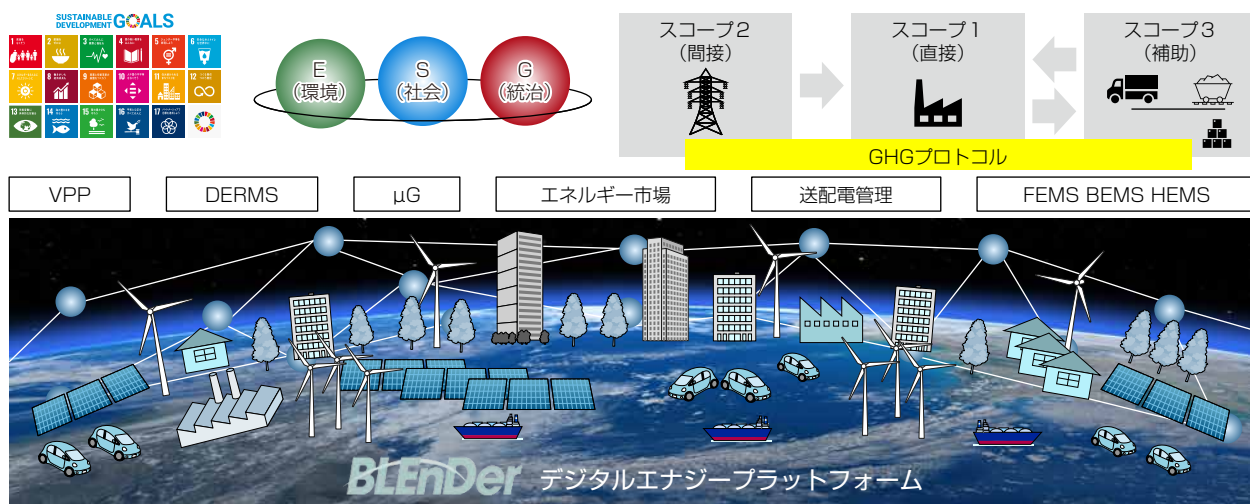
1. ま え が き

化石燃料の消費と自然資本の利用に依存し続けてきた国際社会は今まさに岐路に立たされている。また、エネルギーだけでなく、地球環境、ジェンダー、貧困などの問題はどれも地球規模であり、人類はかつてない多くの課題に直面している。さらに、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)やウクライナ侵攻は、戦後国際社会が築いてきた枠組みに強く影響を及ぼしている。特にウクライナ侵攻はエネルギーの地政学的な需給ギャップを悪用しており、国際社会は明らかにその影響を受けている。

混迷する国際社会の中で、気候変動対策は待ったなしの状況であり、豊かな社会を作り出してきた生物多様性を含む自然資本の保全についても地球規模での取り組みが求められている。にもかかわらず、2015年の国連サミットで採択されたSDGsの達成や、パリ協定での気候変動枠組条約の遵守が危ぶまれている。各国は、カーボンニュートラルの達成に向けた公約を掲げているが、そこには法的拘束力がなく達成の不確実性が高まっている⁽¹⁾。

一方で、国連はSDGsの実現のために企業の活動を重視しており、全ての企業にサステナビリティ経営を求めている。そうした中、世界のESG投資は急速に増えており、2020年にはその額は35.3兆ドルに上った。特に、各企業は気候変動への対応を中長期計画に統合するために、再エネの最大限の活用を前提としたエネルギー供給網の整備、サプライチェーン全体での排出量の見える化とその管理、モビリティの電動化を代表とする化石燃料消費の低減策など、あらゆる分野で革新的なエネルギーマネジメントの導入が必要である。さらに、ESG投資では、グリーンウォッシングなどの不正の防止や、移行リスクの低減が求められている。IoTやAIを始めとするデジタル技術を活用し、デジタルプラットフォームを整備することでエネルギーや環境価値の見える化やトラッキングが期待される。

本稿では、世界のCO₂排出量の状況、及びカーボンニュートラル実現に向けての国際的なイニシアチブでの各種取り組みを述べるとともに、電力エネルギーシステムでの各種エネルギーマネジメント、及びそれを支えるデジタルエナジープラットフォームについて述べる(図1)。



VPP : Virtual Power Plant, DERMS : Distributed Energy Resource Management Systems, μG : Micro Grid, GHG : GreenHouse Gas, FEMS : Factory Energy Management System, BEMS : Building Energy Management System, HEMS : Home Energy Management System

図1. SDGs, ESG経営を支えるデジタルプラットフォーム

2. 世界のエネルギー・環境を取り巻く情勢

2.1 世界及び日本のCO₂排出量

図2に、産業革命以降の世界のCO₂排出量の推移を示す。2000年前後から中国を筆頭にアジア地域の排出量がOECD（経済協力開発機構）加盟国のそれを超えつつあり、今後の経済発展のポテンシャルを踏まえれば、アジア地域の排出量が世界の排出量の大半を占めることが確実である。2020年時点での世界全体のCO₂排出量は年間約335億トンであり、国別では、中国98.8億トン（29.5%）、米国47.2億トン（14.1%）、インド23.1億トン（6.9%）、ロシア16.4億トン（4.9%）に次いで、日本は5番目（10.4億トン：3.2%）に多い排出国になっている。また、一人当たりの排出量は米国14.5トン/人、韓国11.3トン/人、ロシア11.3トン/人に次いで、日本は8.4トン/人になっている。世界的には排出量の約75%が石油や石炭などの化石燃料の燃焼によるものであり、脱炭素化に向けては、化石燃料の燃焼の代替策が最も重要な対策である。

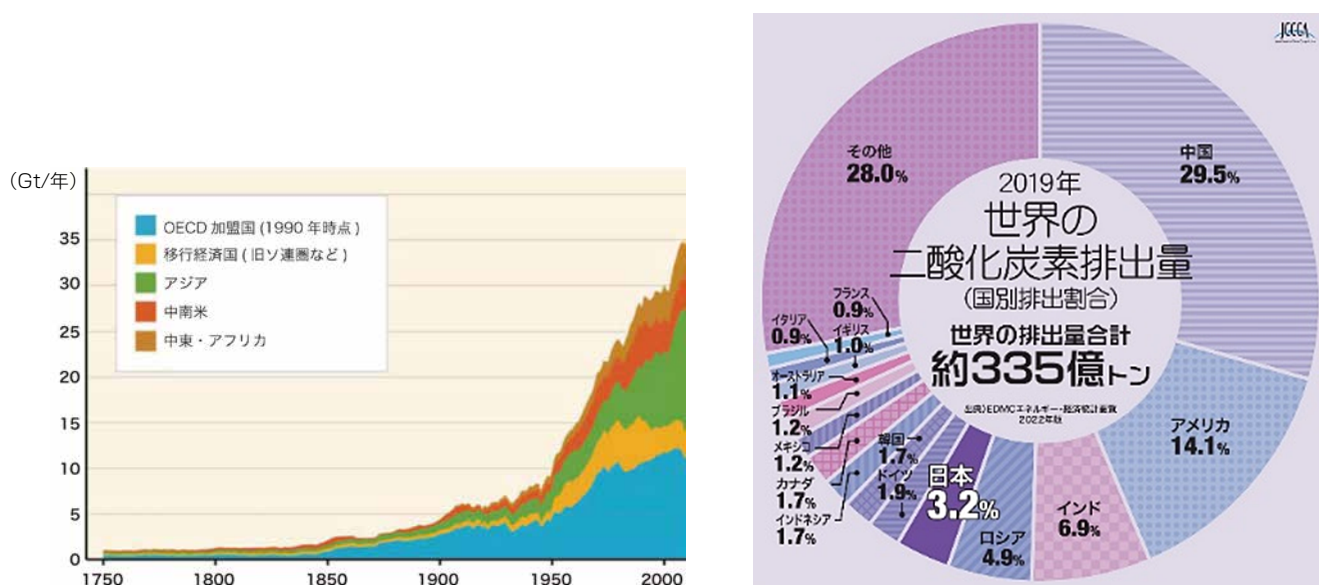


図2. 2019年世界の地域・国別排出量
(出典：エネルギー経済統計要覧2022/ IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 第5次評価報告書)

2.2 日本での部門別のCO₂排出量

図3に日本での部門別のCO₂排出量を示す。1990年以降の排出量は緩やかな上昇傾向であったが、2013年以降は下降基調になっている。特に、電力・ガスなどのエネルギー転換部門でも1990年以降は緩やかな増加傾向が続いて、2011年の東日本大震災以降更に増大したが、2013年以降は人口減少や省エネルギーの普及によって低下傾向にある。2020年時点での排出量は10.4億トンであり、部門別の排出量比率は、直接排出量ベースでエネルギー転換部門40.4% (4.2億トン)、産業部門24.3% (2.5億トン)、運輸部門17% (1.8億トン)、そして業務、家庭部門が各々約5% (0.5億トン)になっており、燃料消費に伴う排出量が全体の約92%を占めている。

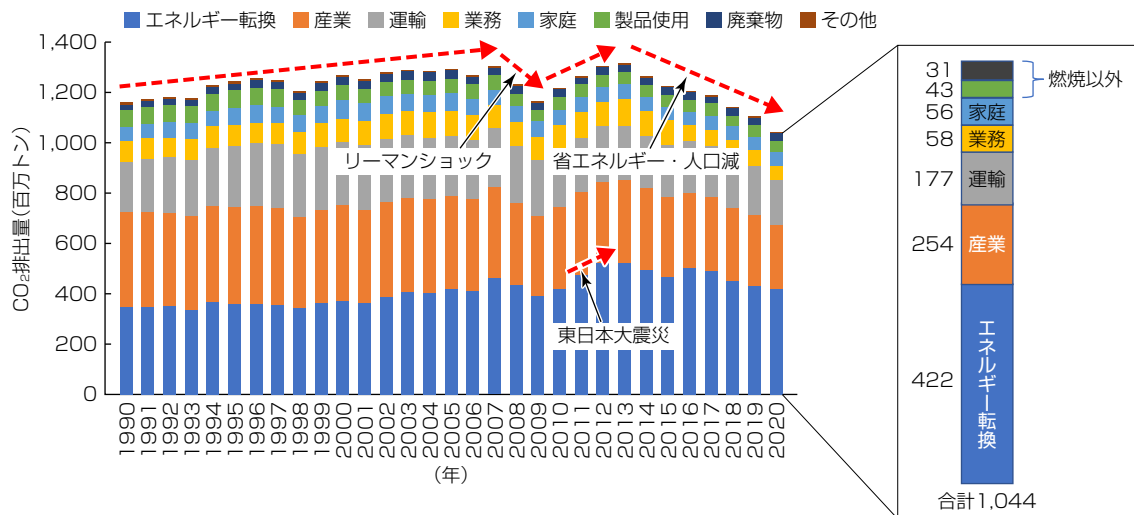


図3. 日本部門別CO₂排出量の推移

3. ネットゼロに向けての世界のイニシアチブ

3.1 SDGsとパリ協定

3.1.1 SDGsに対する世界の進捗と日本の評価

2015年9月の国連サミットで、2030年までに持続可能かつより良い世界を目指す国際目標として17の持続可能な開発目標(SDGs)が採択された。17項目には、人権、経済、社会、地球環境の保全に関わる目標が設定されており、各国の積極的な活動が求められているが、既に各国の間でその進捗には大きな差が生まれている状況である。SDGsレポートによると、世界165か国のSDGs指数に関しては、フィンランド、デンマークなどの北欧諸国が上位を占めており、日本の平均順位は19位(2022年)に位置付けられている。日本は、特に“質の高い教育”“産業と技術革新の基盤”“平和と公正”の面で目標を達成していると評価されているが、“ジェンダー平等”“作る責任と使う責任”のほか、“気候変動への対応や自然資本の保全”の観点で大きな課題を残している。“気候変動への対応や自然資本の保全”の観点では、再エネを中心としたクリーンエネルギーの導入拡大やGHG排出量対策が必要になっている。

3.1.2 パリ協定での1.5℃報告書⁽²⁾

2015年12月には、SDGsに含まれる気候変動対策として、先進国及び途上国全ての国が協力してCO₂排出量を削減するためのパリ協定が合意された。2050年に気温上昇を1.5℃に抑えることが重要であり、そのためには2050年までにネットゼロを達成する必要があることが報告された。

先進国は、これを受ける形で野心的な目標達成に向けた公約を発表し、米国は2005年比52%、欧州は1990年比68%、さらに日本は2013年比46%の目標値を設定している。

3.2 企業でのESG経営

3.2.1 企業が取るべき行動指針

国連は、SDGsの実現のために企業活動でのSDGsへのコミットメントを重視している。健全なグローバル社会を実現するためのイニシアチブである国連グローバルコンパクト(UNGC: United Nations Global Compact)は、企業活動に対して人権、労働、環境、腐敗防止に向けての10の原則の遵守を求めている。特に環境分野では、①課題に対する予防的措置の実践、②環境に対する責任の自覚、③環境改善に向けての技術開発推進の三つが設定されており、それらを企業の経営計画に織り込む必要がある。UNGCには、世界の2万社を超える企業が参加しており、国内からも500社を超える企業が参加している状況である。

3.2.2 気候変動リスクとESG経営

(1) 気候変動リスク

人類が直面している気候変動リスクには、気候変動に伴う異常気象の多発、頻繁な山火、海面上昇などによって社会や企業が直接的に被る“物理リスク”、及び社会や企業が気候変動対策のために被る“移行リスク”に分けられる。移行リスクには、再エネ導入拡大や、排出量取引、国境炭素税の導入に伴うコスト増や、気候変動防止のための研究開発コストなどが挙げられる。なお、移行リスクについては、国際的なイニシアチブが強化される中で、各企業が移行リスク対策を将来に向けた投資と見立てて、経営の中長期計画に織り込むことで新たな事業創出につなげようという動きが活発になってきている。移行リスクをヘッジしつつ物理リスクを顕在化させないための活動が世界レベルで求められている。

(2) ESG経営

各企業が移行リスクを中長期の事業戦略に織り込んで、新しい事業の創出に取り組む中で、ESGへの投資は急速に増えている。また、SDGsが叫ばれる中、企業に変革を求める声は強くなってきており、各企業は企業活動でのSDGsへの適合に加えて、社会的な課題を解決するための製品・サービスの開発が求められている。また、ESG投資を行う投資家は、中長期的な価値に重きを置いており、企業価値を見極めるためにTCFD(Task Force on Climate-related Financial Disclosure)への対応を求めている。

TCFDは、ガバナンス、戦略、リスクマネジメント、指標と目標の4項目から成り立っている。ガバナンスでは、サステナビリティに対する取締役会の監視とその役割、戦略やリスクマネジメントでは、気候変動リスクに対する企業戦略を求めているとともに、指標と目標に関しては、GHGデータの開示を中核として気候変動リスクに対する定量的評価を求めている。GHGデータに関しては、GHGプロトコルに沿って、直接排出量としてのスコープ1、電力購入を始めとした間接排出量としてのスコープ2だけでなく、サプライチェーンでの排出量であるスコープ3についても開示することが勧告されている。ESG経営として、GHGプロトコルを適切に管理し、ネットゼロを目指すためには、電化の推進、電力の再エネ化、エネルギーフローの見える化、各種省エネルギー対策のほかに、送配電ネットワークへのアクセス環境や電力市場の整備など地域を含めた総合的なエネルギー管理が求められる。

4. エネルギー管理

4.1 エネルギー管理でのセクターカップリング

エネルギー管理とは、エネルギーの利用を合理的に管理することを言い、一般的には工場やビルでのエネルギー管理を指すことが多いが、一次エネルギーの燃焼及び二次エネルギーへの変換、また輸送から利用に至るエネルギー需給のより広い範囲の管理を包含する概念でもある。

各企業は、ネットゼロに向けて、またESG経営の観点からGHG排出量の削減を強く求められることになるが、それに対応するためには、正確なエネルギー需給データとGHGプロトコルに則(のっと)ったスコープ1、2、3への対応及び排出量の正確なトラッキングが必要であり、さらに各企業は直面する移行リスクを網羅的に把握した上で、適切なエネルギー管理を行う必要がある。

一方、再エネの地域的な広がりや、多くの再エネが需要家内に設置される環境下で、異なるセクター間での電力の売買

も含めたより広域でのエネルギー管理に焦点を当てるのが重要である(セクターカップリング)(図4)。そのためには、市場参加者が、電力市場や送配電ネットワークに、よりアクセスしやすい環境を提供する必要がある、国際的にもそのルール作りが進められている。

ここでは、電力市場や送配電ネットワークに求められるエネルギー管理のあり方、及び再エネ拡大環境でセクターカップリングを意識した地域や企業に求められているエネルギー管理について述べる。

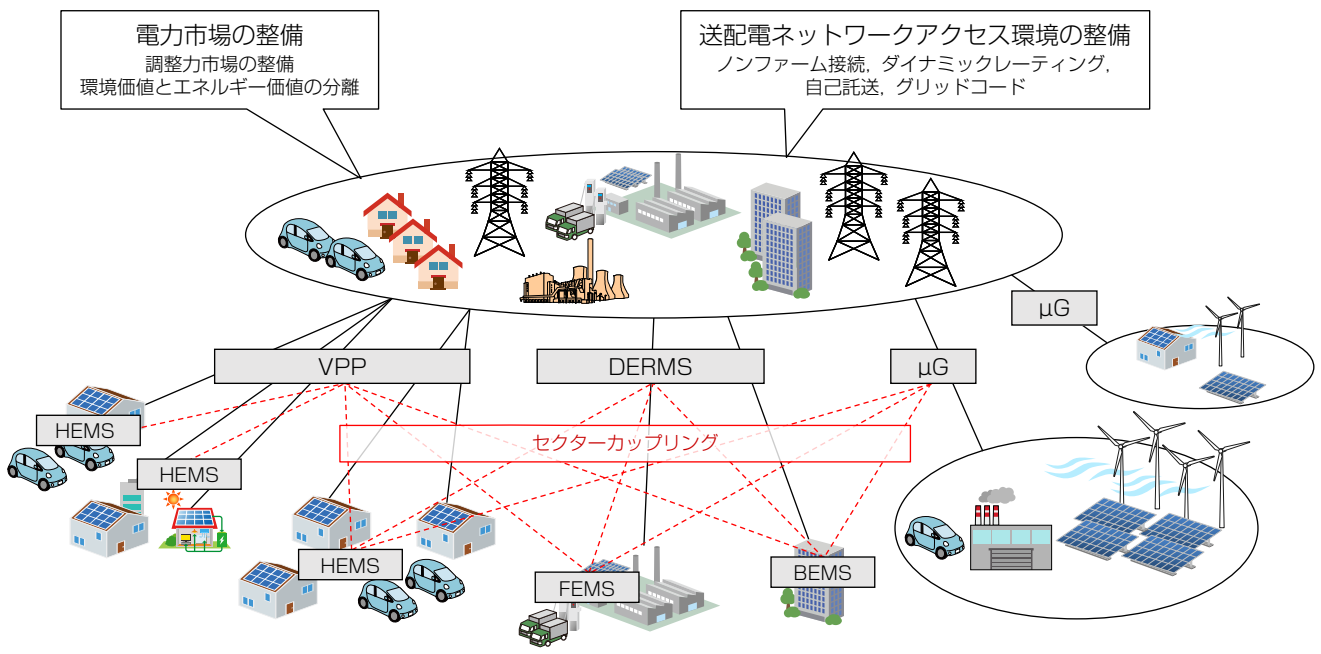


図4. 電力市場でのセクターカップリング

4.2 電力システムでの各種対策

4.2.1 電力市場整備

世界の電気事業改革は1990年代から進められてきた。当初の電力市場では、エネルギー(kWh)を経済的に取引するエネルギー市場の設立に始まり、スポット市場、先物・先渡市場、さらに時間前市場の整備が進められた。その後、中長期的な供給力としての設備容量を確保する目的で供給力(kW)を取引する容量市場の整備が始まり、さらに再エネが増加する中で、調整力(ΔkW)の調達を確実に行うための調整力市場やインバランス市場の整備も進められている(表1)。

表1. 電力市場の整備

取引対象価値	年～月前		～実需給1日前	実需給1時間前	実需給
kWh価値(エネルギー市場)	先物市場	先渡市場	スポット市場	時間前市場	インバランス市場
ΔkW価値(調整力市場)			需給調整市場		
kW価値(容量市場)	容量市場				
環境価値	非化石市場				

また、電気事業での電源リソースは多種多様のエネルギー源から構成されるとともに、将来の電源構成も含めた電気事業分野でのCO₂排出量の抑制が強く求められている。したがって、排出量削減へのインセンティブを付与するためには、環境価値をエネルギー価値から分離させる取組みも行われている。つまり、カーボンニュートラルの実現に向けて、多くの市場参加者が参加する電力市場では、それぞれの価値を分離して取引することで、多種多様な市場参加者への参入機会の提供と選択肢の拡大を与えて、各市場の流動性を高めることが重要である。

一方、電力システムの安定運用の観点からは、あらゆる瞬時でkW, kWh, ΔkWが確実に確保される必要があり、法的制度面だけでなくその運用可用性の面からも適切な対応が必要である。

4. 2. 2 DERMS

再エネが送配電網に大量に連系される場合には、電力システムの運用で新たな課題が顕在化する。例えば、天候の急変などの短期的な外部要因に影響を受けやすい再エネ出力は、電力システムの系統周波数に影響を及ぼしやすいことや、回転機の相対的な減少による慣性力の低下に伴い系統擾乱(じょうらん)時の安定度に影響を及ぼす可能性も指摘されており、従来の火力、水力機への制御だけでなくこれらの再エネリソースに対する電力制御が必要になってくる可能性がある。また、電圧階級の低い配電網に多くの再エネリソースが分散的にかつ偏在して連系される場合には、配電網を流れる電力潮流の変動が激しくなり、変電所から需要家だけでなく需要家側から変電所に向けて潮流(逆潮流)が流れるケースが常態化する。従来、逆潮流を前提にしない形で形成されてきた送配電網の設備に関しては、非定常的に容量を上回る電力潮流の可能性もあり、送配電網の混雑管理の仕組みの導入も検討されている。

特に、透明性と公平性が求められる電力市場では、需給バランス維持や送電混雑管理のために所有者の異なる再エネリソースをどのように管理、制御するかは重要な視点である。DERMS(分散型エネルギーリソースマネジメントシステム)は、送配電網に連系される多数の再エネリソースを適切に管理する仕組みとして期待されている(図5)。

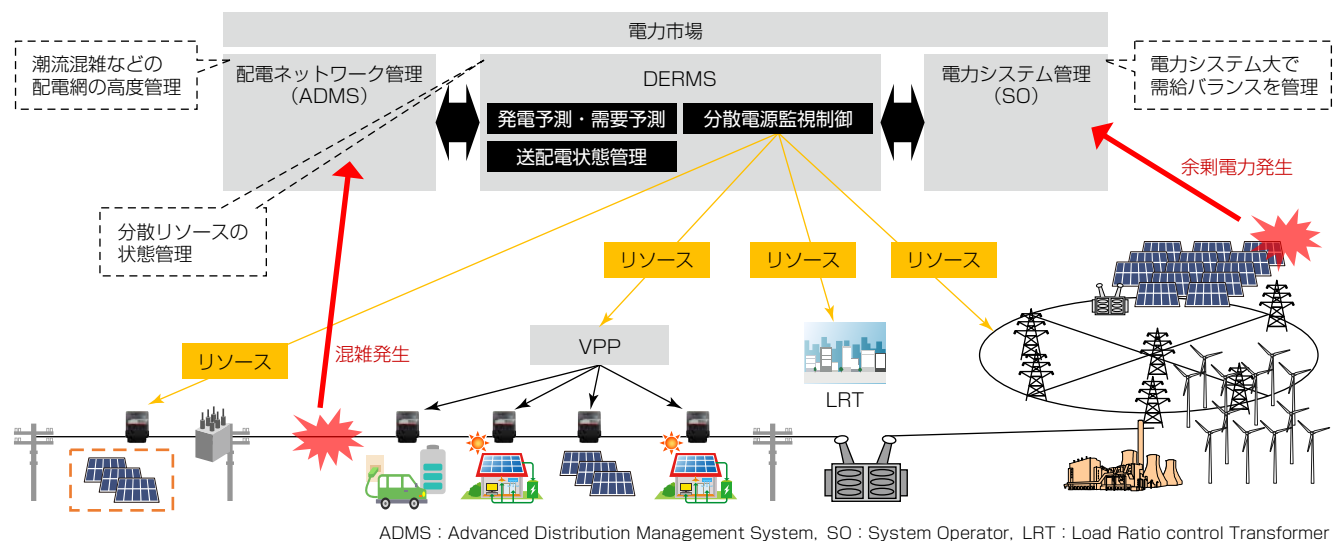


図5. DERMS

4. 2. 3 VPP(仮想型デジタル発電所)

再エネは地理的に広範囲に点在し、しかも一つ一つのエネルギー密度は極めて小さく、また出力が不安定であるが、それらを束ねることで一定規模の出力を確保できる。この概念をVPP又は仮想型デジタル発電所と呼んでいる(図6)。通常の発電機は何らかの形で出力等に対する制御能力を持っているが、例えば、太陽光などの再エネは、少ない出力を最大限に活用することから、一般的には出力を抑制する機能を持っていない。しかし、蓄電池の併設や、電力制限のための制御機能を持たせて、これらを束ねて全体として一定の制御能力を持つならば、それをkW価値として扱うことも可能である。また、需要家に設置される空調機器や温水器などの電力機器をネットワークで統合し、負荷制御を適切に組み入れることで、需給制御性能を向上させて電力システムの調整力に活用することが試みられている。

このようなVPP実現のための高度なエネルギーマネジメントのためにはIoTの活用が重要である。多数の電気機器を接続するため、インターネットを前提としたオープンなプロトコルや多種多様なリソースに対する統合制御は重要な技術要素である。また、一つ一つのリソースが果たす役割が極めて小さいものの、それを統合することでメリットを引き出す場合に、同じVPPに参加する参加者同士のルールやインセンティブ付与についてはゲーム理論や意思決定論などの経済的アプローチが重要である。

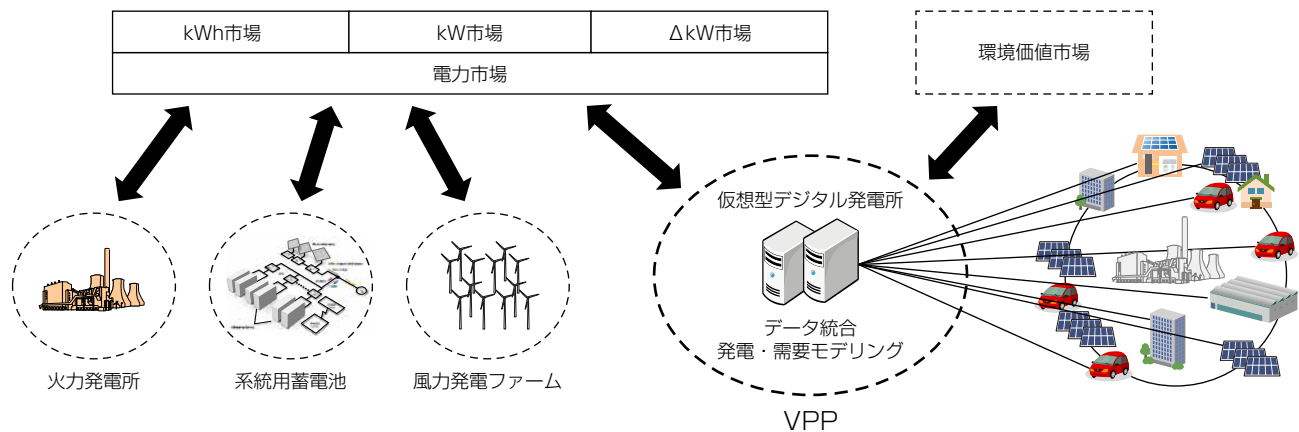


図6. VPP

4.2.4 マイクログリッド(地域独立系統)

マイクログリッドの“マイクロ”は、一般的な広域系統に対する相対的な言葉であり、絶対的な規模を指すものではない。マイクログリッドは、あるローカルな地域で電力供給と負荷が一体的に管理され、そのローカル地域の特殊なニーズに対応するために、広域系統とはシステムの的に分離した形で独立的に運用されるものと説明できる。

例えば、離島では燃料調達問題や環境対策課題があり、今後、大幅な再エネ導入が見込まれる。そのため、離島という限られた地域で蓄電池やDR(Demand Response)を統合したエネルギー・マネジメントが求められることが考えられる。

また、ある政策的な重要地域で、電力供給のより高い信頼性が求められるケースもあり、広域系統停電時の無停電供給やフィーダー冗長化などの信頼度向上対策が取られることがある。以前からデータセンターや半導体工場では広域停電に対するバックアップ対策が行われてきたが、これをある地域レベルで実現するものでもある。

マイクログリッドの独立性は、広域系統の事故波及からの隔離を可能にすることや、また、ある特定の地域では、需要地近接型電源と蓄電池の広域系統に頼らない供給システムで、メリットを引き出すケースが考えられる。

4.2.5 需要家サイドエネルギー・マネジメント(FEMS, BEMS, HEMS)

以前から電力の供給者と需要家は電力量計器を境にして区分されてきたが、今後、多くの需要家が電力供給設備を持ち、電力消費だけでなく電力供給の一躍を担うことが予測される。このような需要家をプロシューマーと呼ぶ。

プロシューマーは、自家発電装置を持っている工場や、バックアップ電源を持つオフィスビルや、また太陽光や蓄電池を設置する一般家庭の場合もある。従来は、需要家は電力を効率的に使うことで自らの経済余剰を最大化させてきたが、プロシューマーは、電力消費による経済合理性の追求だけでなく電力供給に対する合理性についてもその意思決定を行う。需要家サイドのエネルギー・マネジメントについては、既に、FEMS, BEMS, HEMSという形で具現化されており、需要家内の機器のネットワーク化による空調、照明、動力といったエネルギー消費のカテゴリー別管理や電力消費機器の管理が進展している。

今後、再エネ電源や蓄電池が需要家内に設置されることで、各機器の電力消費を最適化するなどしてDR能力を拡大させ、それを供給側と連動することで、電力システム全体への貢献が可能である。需要家の供給側への積極的な介入は、需要と供給の相互の選択肢を広げて、経済余剰の拡大につながることもなる。

さらに、プロシューマーは、電力という財の運用だけでなく、付随する環境価値に対する評価とそのマネジメントが求められる。経済活動の財やサービスに対して環境価値の側面が重視される中、カーボンニュートラル実現に向けて、需要家サイドのエネルギー・マネジメントにその役割が期待されている。

5. デジタルエナジープラットフォーム

地域的広範囲に分散する多種多様な再エネ電源を4章に示したDERMSやVPP、マイクログリッドのようなエネルギー・マネジメントモデルで活用するためには、最新のIoTやデジタル技術を活用したプラットフォームの整備が不可欠である。BLEnDer DEP(Digital Energy Platform)は、様々な種類の分散電源や需要関連機器からのデータをリアルタイム又は

準リアルタイムに収集・蓄積するとともに、各アプリケーションからの要求に従って様々な形でデータを提供し、また必要に応じてフィールド機器を制御できる(図7)。

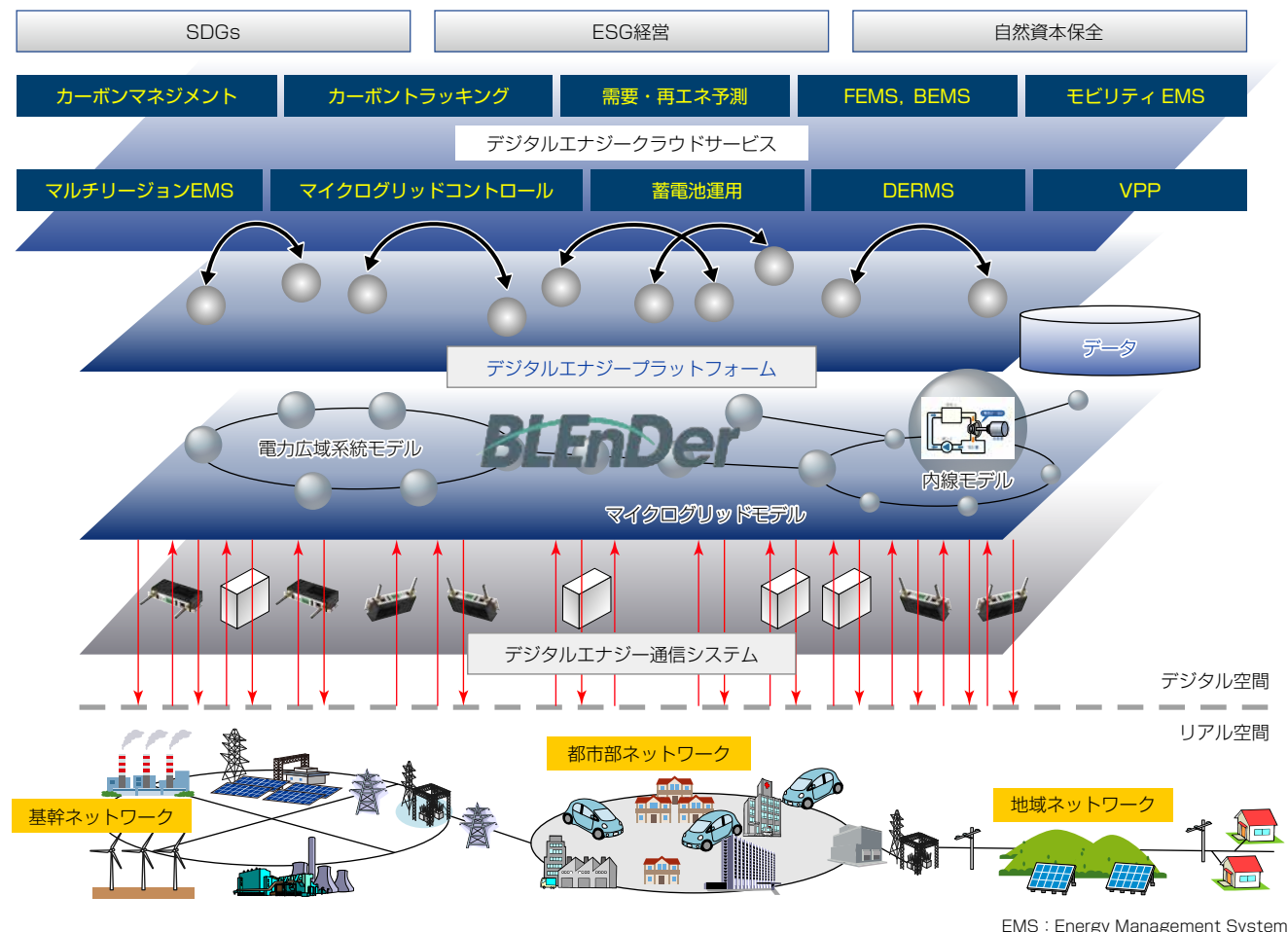


図7. デジタルエネルギープラットフォーム (BLENder DEP)

フィールド機器に設置するエッジ機能にはBLENder ICE(Intelligent Communication Edge, 以下“ICE端末”という。)を利用しており、産業用から業務用、さらに家庭用機器の標準プロトコルに対応し、多種多様なリソースとの接続が可能である。マルチベンダーでのゲートウェイ接続やプラットフォームとの関係も想定しており、それらと接続するリソースも対象とした統合監視・制御の実現を目指している。

DEPでは、数百万台のICE端末を管理できる仕組みを提供しており、プロトコル差異やデータ収集周期の差異を吸収するレイヤーを備えていることから、オープンなIoTプラットフォームを提供している。また、このプラットフォームはクラウドサービスとして提供しており、世界中の分散リソースをマネジメントすることが可能になっている。

6. マルチリージョンEMS

ネットゼロに向けて、各企業はGHGプロトコルに基づく排出量の管理と情報の開示が求められていることから、使用する電力についても再エネ設備を自らの敷地内に設置することや、コーポレートPPA(Power Purchase Agreement)などを通じて排出原単位の低い電力を購入することが必要になっている。一方、企業の多くは、複数の事業所を活用して事業を営んでいることが多く、エネルギー管理については各事業所に個別に実施されているのが通常である。

しかしながら、各企業が再エネ設備導入を進める中で、設置スペースに余力のある事業所とそうでない事業所や、各事業所のサプライチェーンの違いからネットゼロに向けた要請が異なるケースが予想される。したがって、状況の異なる複数の事業所が連携してエネルギー・マネジメントを行うことで各々の事業所の再エネ価値を高めることが可能である。

デジタルエネルギープラットフォーム上で提供されるマルチリージョンEMSは、企業が再エネ導入を進める中で、エネ

ルギー価値と環境価値を各事業所の要求に従って適切に配分し、各事業所のエネルギーマネジメントでのスコープ1, 2を支援する。

6.1 自己託送

マルチリージョンEMSは、地域的に離れた複数の事業所間でエネルギー価値や環境価値を融通するために自己託送制度を活用する。自己託送の活用では、事業所ごとにエネルギーバランスの管理や需給関連データの送配電関連機関への提示など送電アクセス要件(グリッドコードや託送ルール)に基づく運用が求められる。

現在、各国の送電アクセス要件は、電力市場での再エネ拡大と安定供給を両立させるために様々な検討が積み重ねられており、今後、送配電網のより利用しやすい環境が期待される。

6.2 カーボントラッキング

電力システムでは、時々刻々供給コストが変化しているのと同じく、CO₂排出原単位も常に変化している。例えば、太陽光発電が増加する日中は電力システムでの原単位は低くなるため、その時間帯に電力を消費する需要家の排出量は相対的に低く算出されるべきである。また、コーポレートPPAを通じて直接電力を受ける場合には、供給コストだけでなく環境価値についてもその供給者の時々刻々の原単位で評価される必要がある。今後多くの再エネが連系される電力システムでは、環境価値をエネルギー価値と同じ時間単位でトラッキングし、公平に評価することで正確なインセンティブを付与することにつながる。

マルチリージョンEMSは、エネルギー価値と環境価値の流通を確実にトラッキングし、各事業所の要件に沿って、スコープ1, 2への適切な対応が可能である。カーボンフリー電力を必要とする事業所には、優先的に自社再エネ電力を優先送電するとともに、もしも不足する場合には、環境価値証書の購入で補完する(図8)。

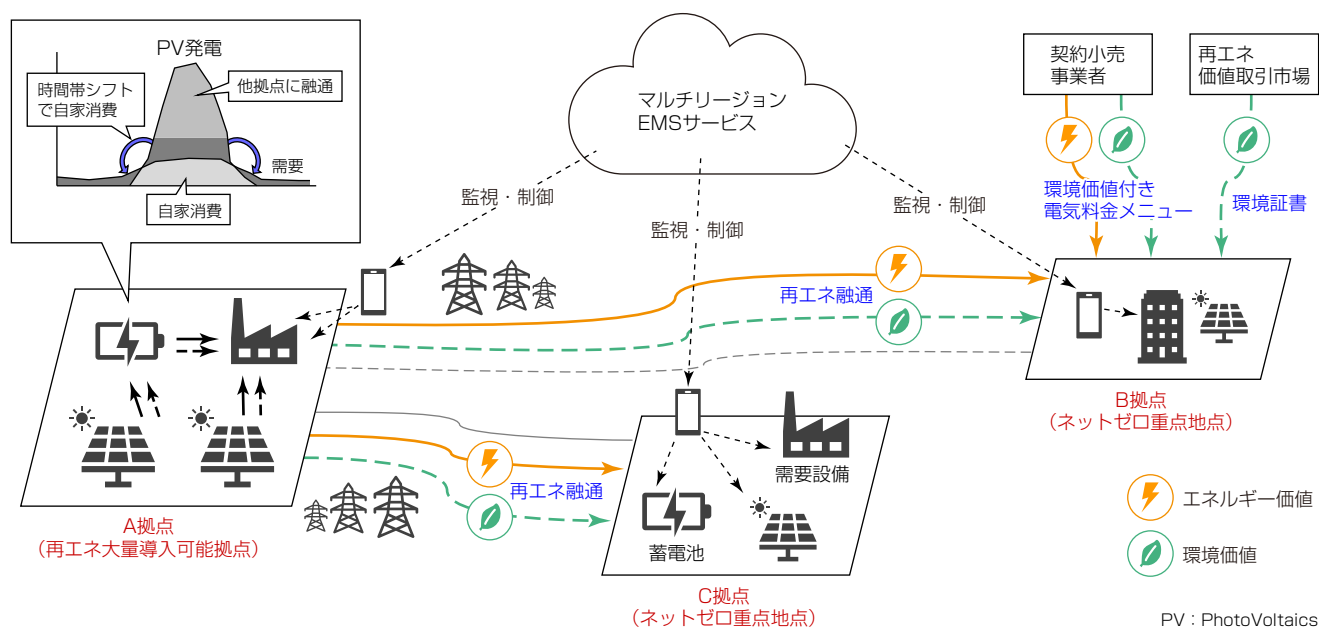


図8. マルチリージョンEMS

7. む す び⁽³⁾

地球温暖化対策は待ったなしであり、まさに差し迫った人類の最も重要な課題の一つである。この課題は、一国だけで解決できるものではなく、世界全体が共通のフレームワークを作り、その意義を理解し、全ての国がそれを遵守するための具体的かつ実効性のある取組みを行わなければならない。

日本の現時点での年間排出量は約10億トンであり、世界の年間排出量335億トンの3%程度を占めるが、高度成長以降に先進国である我々が排出してきた量を踏まえれば、将来の削減に向けて極めて重要な責務を負っていると言える。

世界的なイニシアチブが強化される中で、企業は、サステナブル経営を強く求められ、環境面ではサプライチェーンでのGHGプロトコルへの対応が必要になっている。エネルギー管理への期待が高まる中、電力市場や送配電網へのアクセス環境の整備、また異なる業種間や需要種間のセクターカップリングも踏まえたDERMSやVPP、マイクログリッドなどの地域目線でのエネルギー管理が極めて重要である。また、地域に広く分散する多種多様のリソースを適切に管理するためには、デジタルプラットフォームの整備が不可欠であり、当該プラットフォームは各企業のESG経営に寄与できる。

日本が世界に向けて発信した2050年カーボンニュートラルを実現する上でも、エネルギー管理の役割は大きく、産業界全体で環境整備を整える必要がある。そして、日本の先進的取組みが世界に向けて発信され、世界レベルでのカーボンニュートラルが実現できることを期待する。

参考文献

- (1) 環境省：IPCC第6次評価報告書(2021)
<https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html>
- (2) 環境省：IPCC 1.5℃特別報告書(2018)
<https://www.env.go.jp/content/900442311.pdf>
- (3) IEA：Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector (2021)
https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

~~~~~