

Energy Agenda”を掲げるフランス。炭素税の100€/トンへのアップなどのRE導入支援策により、2030年目標として最終エネルギー消費の32%、発電量シェア40%、熱消費の38%をREで賄う計画。2005年制定のエネルギー法により消費者サイドのESS導入が進み既に2~3万のプロシューマが存在するが、余剰電力受け入れ価格の段階的引き下げ及び導入優遇策により、今後はESS機能を備えたPVの導入が進むと見ている。

これらESS普及先進国に続いて期待されるのがPV、風力発電の導入が進むイタリアとスペイン。2020年段階でのRE発電量シェアをそれぞれ35~38%、20%と見込む。イタリアでは現在、EU指令に沿う形でRE+ESSの電力システムへの組み込みを円滑に行うための市場整備に向けた法整備の議論が進行する。一方、2000年代にPV黄金時代を迎えたにも拘わらず太陽税の導入でPVプラントが大打撃を被ったスペインでは、2018年の政権交代により太陽税を廃止。2030年目標として発電量シェア70%を掲げPV大国の復活を目指す。EUの地域開発ファンド“FEDER”を活用したPV+ESSシステムの普及が今後急速に進むと期待されている。

このように法的整備など残された課題はまだ多いものの、EUでのESS導入の動きは今後一気に加速され、2030年には72億€という北米、東アジアに肩を並べるESSプロジェクト市場を形成すると期待されている。その中で蓄電池による貯蔵システムBESSは60%を占め、主要な役割を果たすと見られている。

1-3. 豪州

地球温暖化対策への対応に邁進する石炭産出大国のオーストラリアの状況を豪州エネルギー研究所のドローバー氏が紹介。同国の国民一人当たりのCO2排出量は米国、カナダと並んで世界最多となっており、発電量の62%を石炭火力に依存する同国は国際的な批判を浴びるなかREへの急速な切り替えを図ってきた。火力発電に対する逆風により改修、新規建設への投資が停滞する中で、同国の石炭火力は老朽化が進み、既に13のプラントが閉鎖され更に2050年までに19プラントが止まる見通しとのこと。そこで国営の送電会社AEMOは、2040年までに\$200Bを投入して28GWのPV、10.5GWの風力、0.5GWのガス火力、そして変動型RE(VRE)によるグリッドの不安定化を解消するためのESSを17GW導入する計画を発表。既にQLD,NSW,VIC,SA州など中東部地区を中心に50GW分の建設プロジェクトが進行している。

AEMOは将来的にVREが主電源としてベースロード電源の役割を果たす時代になるとみるが、一部のVREに出力調整機能つまりはESS機能を持たせる(dispatchableRE)ことによりベースロード電源化を図る考え。ESS手法としては短時間用にBESS、長時間用に揚水発電をイメージしているが、何をどの程度導入するかについては現在コスト計算を行っており、近く発表するとのことであった。既に大規模BESSとしては2017年にTeslaが同じ豪州で315MWの風力発電に併設した100MW/129MWhプラントを稼働させているが、新たにJERAが米Fluence、豪Lyonと組んでバートランドなど3か所で合計555MWのPVに200MW/800MWhの世界最大規模BESS建設を2019年中の稼働を目標にスタート。一方、大規模揚水発電の建設プロジェクトとしては、既存の水力発電設備活用したSnowy2プロジェクトとTasmaniaのBattery of the Nationプロジェクトが計画されている。これにより2024年には合計4.5GWのESS能力の確保が可能とのことであった。

このように近年RE、ESS導入に沸く豪州であるが、最近、この動きに水を差すような状況が生まれている。本年5月の総選挙で政権に復帰したモリソン内閣は、従来から石炭産業に近いと言われ、急速なRE導入に対し初々的な発言を行っている。既に十分なRE導入が行われており、コスト見通しが現時点で不透明なESSあるいは系統能力強化コストを考える

と、これ以上の RE 導入は市場を混乱させると同時に電力料金の上昇を招きかねないとの考えを持つ。最近では、石炭火力への新規投資、老朽火力の修復の必要性に言及している。コストが最も安いと言われる揚水発電も送電線新設コスト、環境問題などからその新設に反対論も強く、発表されている大規模プロジェクトの今後の行方に不透明感が出ているとのことであった。

2. 日本における DER、ESS の最適活用に向けた取り組み

2-1. 第5次エネルギー基本計画における ESS の位置付け

資源エネルギー庁より、昨年閣議決定された第5次エネルギー基本計画における RE の主力電源化に向けた取り組み方針と現在進める取り組みの紹介があった。最大の課題は国際水準を目指した発電コストの低減。ゲームチェンジャーとなりうるような技術の開発、と同時に FIT 制度の見直し・入札制度への移行などによる RE 事業の自立化を促進する政策を推進する。次いで重要な課題は RE 主力電力化(=大量導入)を支える次世代電力ネットワークの構築。IEA の評価によると、日本全体としては VRE によるグリッドへの変動影響は今のところレベル2(ハベリタが認識できる程度の吸収可能なレベル)だが、九州は既に需給変動に対応できるある程度の調整力が必要となるレベル3(独、英、スペインと同等)に達している。現実には例えば 2018 年 10 月 21 日には、PV 発電能力が 551 万 kW、総電力供給力が 1,203 万 kW となり、電力需要 732 万 kW に対して 470 万 kW の余剰電力が生じた。このため揚水発電 184 万 kW、多系統への連系 194 万 kW を最大活用しても 93 万 kW の PV 出力抑制をせざるを状況となった。

このような火力に頼らないカーボンフリーの調整力を確保する方策として、①系統の増強・利用ルール見直し、②RE 自身の調整機能確保・制御量低減、③市場機能による新たな調整力の活用を挙げる。①については日本版コネクト&マネージの具体化(既存系統の「隙間」活用)と系統の整備・増強が具体策となる。北海道-本州、東北-東京、東京-中部の各連系能力のそれぞれ 120 万 kW、970 万 kW、390 万 kW への増強が 2027 年目標で計画されている。②については、RE 設備への ESS 機能追加に加えて、海外で大きな効果が実証されている出力予測精度の向上による調整量負荷の低減に取り組む。③については、2021 年に本格始動する広域電力調整市場や卸電力市場をベースに、分散型電源(DER)やデマンドレスポンス(DR)などのアグリゲータによる仮想発電所(VPP)の送電量あるいは電力需要を市場価格シグナルにより制御(家庭電気料金も)するダイミッキングライジングを目指す。

2-2. 国内外企業による ESS への取り組み

世界各国で BESS によるグリッドサービスを展開する前出の Fluence (Siemens と AES の合弁会社)は、日本を有望市場と捉え進出を狙う。同社によると、RE の大量導入による RE ピーク発電時に火力で賄うべき残留需要が極端に減少し大量の火力の維持が難しくなるという所謂“ダックアウト”現象が世界各地で急速に進んでいる。例えば米国 CAISO 系統では 5 年ほど前に 2020 年頃と予想されていた深刻な状況が、既に 2018 年段階で顕在化している。日本においても前述の九州に加えて北海道で来年頃には九州と同様な状況になることが予想されており、北海道電力は RE 発電業者に対する説明等、出力抑制のための準備を進めている。同地区の PV、風力の発電能力は 2017 年時点で既にそれぞれの出力抑制枠の 117 万 kW、36 万 kW を超えており、2019 年 5 月には発電量が需要の 50%(水力を含めると 80%)となり、揚水発電により辛うじて躲す状況となった。来年には接続契約申

込済も含めるとその能力は現状の3倍程度に達する。発電量の80%を火力(主に調整の利きにくい石炭)に頼る同系統では、残留需要(RE以外の電源で賄うべき電力)減少により火力の稼働数が大きく減少し、出力変動・周波数対策能力の不足が顕在化してくる。他地区でも北陸、関西を除いて発電ピーク時のRE発電比率が30%を状況となっている。東電地区でもPV変動による需給バランスは瞬間的に2GWに迫るとのこと。Influence社は海外の実績を基に、“調整電力、ラップサービスのマルチユースに対応するフル稼働のグリッドサービス”を謳い文句にBESSの売り込みを図っていく。

東京電力エナジーパートナーはユーティリティの目指すVPP事業の狙いを紹介。集中型から分散型への電力システムの構造変化の中で系統電源の役割が縮小することに対応して、同社もVPP事業への進出を狙う。これまでに瞬低・停電対策システムとして100サイト/18万kWのNAS電池システムの設置を行ってきたが、これにコジェネ、DRなども組み込んだリソースアグリゲータとしての事業展開を進める。2016年に始まった横浜VPP実証事業に参加するとともに、東電パワーグリッドの調整力公募にも10万kW規模で参加し実績を積んでいる。これまでは数十分レベルの比較的遅い応動時間の二次/三次調整力への対応を基準に実証を進めてきたが、蓄電残量さえ確保すれば確実な制御が可能なBESSの優位性を確認。今後は、数秒～数分応動の一次調整力への挑戦を行うとのことであった

3. V2GによるEVのDER利用

BloombergNEFにより世界のEV導入の今後の見通しが紹介された。2018年までに中国、米国を中心に新車販売に占めるEVの割合が年々上昇し、今や500万台を超えるEVが路上を走行している。これには補助金制度に加えて年率20%程度の価格低下が続くLIBの存在が大きい。この価格低下は今後も続くと期待されており、現状の~\$200/kWhから2024年に\$94/kWh、2030年には\$62/kWhへ下がると予想されている。これにより新車販売EVシェアは年々上昇し2030年には10%、そのLIB容量は2TWhに迫るとの予想もある(調査機関によるバラツキはあるが各機関とも毎年のように上方修正している)。この結果、2030年にはEV搭載のLIBは7TWh以上、とESS用途の定置型LIBの10倍を超える総蓄電/発電能力を持つことになる。

EVを車種別でみると乗用車が80%以上を占め、この蓄電能力の活用が効率的な電力システム構築の鍵となる。PEAK POWERはカナダと米国でビルのエネルギー・マネジメントと電力市場の繋ぎを行うソフトウェアの提供を行っている。例えばカリフォルニア州ではピーク電力需要時のEV充電需要が占める割合は既に30%に達し、EV化が急速に進む同州では2030年のEV比率が15%、ピーク電力需要が現状の2.5倍まで増加するともいわれている。同様な状況は米国でも予想されており、電力網への壊滅的ダメージを回避するパワーグリッド(P2G)の普及は不可避の課題と見られている。同社のソフトウェアは、ビルに駐車するEVの充放電、ビルのエネルギー・マネジメントと電力市場でのエネルギー取引を最適化するソリューションを提供する。そこでのポイントは正確な電力需要予測と市場シグナルによるEVの的確な充放電制御となる。カナダ政府が事業支援シフトで実施されている“PEAK Drive”プロジェクトは、20のテナントにセンサー、双方向充放電器、EVをリースして、200台のEV車両を使ったグリッドに対するマルチサービスを提供している。テナントのピークシェーピング、DR、卸売で年間\$1.5万/台の経済効果が見込めるとしている。将来的にはドライバーに適切な駐車・給電場所の情報を提供するようなサービスもイメージしているとのことである。

4. ESS用途を狙った新技術

4-1. 超高速充放電型 BESS

日本発のベンチャー企業 **Exergy Power Systems** は、既存の発電源、例えば CHP、ディーゼル発電機、LIB、DRなどを補完してアンジーサービス市場への参入を可能にする“**Exergy BESS**”を提案する。同社が開発した水素電池 EXB は、CD 形状の電極を重ねたような構造による優れた熱放散性と例えば 50C で 10¹⁵ サイクルを超える高耐久性を特徴とし、小容量(エネルギー密度は LIB の 1/3 程度)ながら高主力を必要とする用途に適しているとのこと。過充電の恐れのないフローティング充電、高い突進性(例えば 67 μ s で 1000A : 200C 充電)を実現できるという特徴を活かし、インシヤ力を提供するようなサブ秒から数十秒の電力供給/吸収に向けた用途をイメージする。

これまで NEDO 等の支援を受け国内および米国・欧州で数百 kW~MW 規模のフィールドテストを行ってきたが、現在はアイルランドと英国の調整電力市場への参入に挑戦している。アイルランドでは RE 電力比率が急伸し、2020 年には 40% となることが予想され、また英国では既に石炭火力による電力がゼロとなる日が生じるなど、インシヤ調整電力の不足が顕在化する状況にある。島国である両国では、国際連系による調達に頼ることに限界があり、ms~hr オーダーの調整力取引を行う市場の整備を進める。Exergy は九州電力と組んで、20MW 規模でアイルランドの調整市場“DS3”サービスへ 2019 年末に参画することを計画している。一方英国では Nationalgrid の調整電力サービスならびに交通、電力、ガスを統合的に扱う総合エネルギープロジェクト“INTEGReL”に参画する。同社はこれらで実績を積むことにより、将来的にサブ秒~秒レベルの調整市場が整備されるとみられる日本あるいはドイツでのビジネスモデルの展開を目論んでいる。

4-2. カルナー電池

これまで述べてきたように欧州を中心に脱炭素の流れを受けた石炭火力の停止が進んでいるが、これに伴うインシヤ力の低下と並んで問題とされるのが雇用問題。特に石炭火力比率の高いドイツでは原発廃止もあり大きな社会問題となりつつある。その二つを同時に解決するアイデアとして巨大蓄電池構想がでてきている。余剰電力を例えば抵抗加熱により熱に変換し、通常時にはその熱エネルギーにより発電機を動かす(カルナーサイクル)というもの。そこでは石炭ボイラーを熔融塩蓄熱槽に改修するだけで、既存の発電機、周辺機器、送電設備をそのまま活用できる。つまりは石炭火力発電所を“巨大蓄電池”に転換するという発想である。既存技術の組合せであり、かつ既存設備を活用できるということで実現可能性が高いと見られ、ベルリンで実証試験が進む。

これと同様な考え方で低温排熱と余剰電力を利用した**カルナー電池を提案**するのが 2011 年創業のスタートアップ企業 **CLIMEON**。同社は 70~120℃の地熱、工場廃熱、船舶廃熱を利用してランキンサイクル(ORC)により発電するシステムを販売する。既にアイルランドの地熱発電所へ 600kW(1.2MW へ増強の予定)のシステムを納入するが、日本・北米への進出も狙っている。この発電システムにヒートポンプを組み合わせて電力貯蔵(電力のタイムシフト)を行うのがカルナー電池。余剰電力でヒートポンプにより水を 80-120℃に加熱して貯水槽で蓄熱し、電力供給が必要となる時点で ORC 軸流タービン発電機に温水を供給して発電するシステム。電力貯蔵、電力供給に加えて廃熱供給を行う 150kW 規模のモジュールを商品化している。

【所感】

気象変動問題が深刻化する中、地球全体で見ると COP25 の迷走に見られるように脱

炭素化への道は必ずしも容易なものではない。そのような状況の中でも欧米諸国では、それぞれに課題、制約を抱えながらも着実に脱炭素化への歩みを進める。これに対して我が国は第 5 次エネルギー基本計画に見られるように、方向性としては脱炭素化を掲げるが具体策は総花的で説得力に乏しく、国際的な批判に晒されているのが現状である。各国とも抱える条件は様々であり、それぞれが目指すべきエネルギーシステムの姿は一樣ではない筈。これまでは環境先進諸国の事例に倣いシステムの見直し・整備を進めてきたが、これからは我が国ならではの方向性を打ち出す必要があるのでは？ 今回のようなエネルギー関連の国際会議に参加するたびに思うことであるが、島国、原発問題等の日本ならではの困難さを抱える中、国際的にも説得力のある姿、説明を提示する必要がある。まずは国内で“あるべきエネルギーシステム”についての率直かつ積極的な議論をリードする政策的指導力の発揮を政府に期待したい。

以上