

## Energy Storage Europe 2017 参加報告

未来技術フォーラム神戸 板山克廣

2017年3月9日から3日間にわたり独・デュッセルドルフで開催された首記コンファレンスに参加。同コンファレンスは、Global Energy Storage Alliance(GESA) に加盟するドイツエネルギー貯蔵協会(BVES)とメッセ・デュッセルドルフの主催によるもので、今回が6回目の開催となる。GESA に加盟する米国、EU、ドイツ、中国、インド、オーストラリアなどのエネルギー貯蔵(ESS)関連の団体が一堂に会し、各地域における ESS 市場に関する情報交換を行った。ESS 市場の立ち上がりが期待される現在、今回の参加者は55か国4,200名に上った(前年比35%増)。COP21に提出した各国の温暖化ガス削減の2030年目標を経済成長(=エネルギー消費増大)の犠牲無しに達成するためには、火力発電からの再エネ(RE)への切り替えが不可避となるが、そのような中、発電コストの低下が急速に進む風力、太陽光(PV)の導入が急速に進められている。

出力の時間変動の大きいこのような再エネ電源(VRE)を送配電網(グリッド)に大量に繋ぎ込むことによる電力システムの不安定化(需給アンバランス)を解消する手段として、エネルギー供給の時間調整を行うためのESSの導入が考えられてきた。これがESS市場への期待の背景となっているが、一方、たとえば電力貯蔵の端的な手段である二次電池は未だにコストが高く、政策支援なしには経済性が成り立たない現実もある。さらに電力貯蔵に替わる他の選択肢も次々と提案され、RE導入が最も進む欧州においてさえESS市場の規模、立上り時期については未だに不透明感が漂う。勿論、国・地域によってエネルギー・電力事情は異なり、それによりESSの手法、必要性の程度も変わってくる。本報告ではこれらの問題についての議論の概要を紹介する。

### 1. 各国のエネルギー貯蔵市場の現状と課題

現在、グリッドシステムサポートのための大規模ESSの大量導入が各国で計画されており、2017年のESS新規導入量は、世界合計で前年の倍増に当たる3.5GWhが見込まれている(Bloomberg New Energy Finance 予測)。それはこれまでの主要市場である欧米に加えてアジア・太平洋地区が立ち上がったことによるものであり、英調査会社IHSは、今後のESS市場をこの両者がほぼ同規模で占めていくと予想する。また同社予測では、今後、大規模ESSが4GWh近傍に留まるのに対し、消費サイドでの電力需給調整を目的とした住宅及び商工業施設用のESSいわゆる”Behind the Meter”市場が急伸し、2020年のESS市場は合計で10GWhに迫るとみる。

一方、ESSに採用されている技術を見ると、リチウムイオン電池(LIB)が殆どを占める。現在の主要用途である周波数調整/補助電源の大型ESSは、比較的場所などの制約条件が厳しくなく選択肢としての技術は多岐に亘るが、現実にはLIBが90%以上の比率で採用されている。これはフロー電池、NaS電池など他の二次電池とのモジュール価格比較においてLIBが\$200~400/kWhと最も安価となったためである。そして例えば10MWh/5MWhの大型システムでは、2020年までに周辺機器も含めたシステム価格が現在の\$7Mから\$4Mまで下がると予想されており、このLIBの優位性は今後も続くと思われる。

次に今回報告のあった今後期待される主要市場における状況を個別に紹介する。

#### 1-1. 急伸する韓国市場

2017年に米国を抜いて世界最大市場となるのが韓国。2016年の260MWから425MW市場へと急成長する。その用途は50%強がPV、風力のグリッドへの接続をサポートする目的での導入で、これに非常/補助電源用途(約30%)と周波数調整用途(KEPCOの124MW)が続く。この急成長の背景となるRE導入目標制度(RPS)について韓国太陽光発

電協会(KOPIA)から紹介があった。2011年にFIT制度に替わって導入されたRPS制度では、2035年迄に一次エネルギーの11%、発電量の13.4%をPV、風力を中心としたREに転換するとしている。特にPVへの依存度が高くRE発電能力に占めるその比率を45%(17.5GW)としている(風力は洋上17%、陸上6%の合計23%)。ここまでの実績では、PVは年度毎に設定した目標値をこれまでほぼクリアする好調さをみせ、2014年には前年比倍増の925MW(累積で2,363MW)にまで伸びた。

韓国でも国及び市による住宅への導入補助金、あるいは新築/改装公共施設に対する設置義務、税控除などのインセンティブ策が導入されているが、政策の中心となるのはグリーン電力証書(REC)制度。13の大規模発電事業者に対して目標RPS分のRE買い取り義務を負わせ、未達分にはペナルティを課す。この制度では発電装置タイプによりREC係数を設定し小規模発電者、PVを優遇している。また更なるPV導入促進策としてペナルティとリース料金を財源としたSolar Lease制度を実施。設置、メンテはリース会社が行い利用者に電気料金節減のメリットを提供する。2016年からはRPS制度にESSも組み込まれ、PV導入と歩調を合わせる形で先に述べたESS市場の急速な立ち上がりが韓国では実現したといえる。

### 1-2. 好調を維持する米国市場

トランプ大統領のパリ合意離脱宣言で脱化石燃料化への取り組みの後退が懸念される米国であるが、先の韓国に首位の座を譲るものの2017年も375MWと前年比30%増の成長をIHSは予測する(GTM Research 予測では421MW)。その現状と将来性についてGESAを主導するStrategenより紹介があった。同社によると、“国レベルのエネルギー政策は従来からも存在せず、エネルギー政策並びに具体策を決めるのは州政府、トランプ登場後も脱化石燃料化への動きは全く変わらない”という。2016年時点では既に29の州でかなり高い目標を掲げたRPSが導入されている(例えばカリフォルニア州、ニューヨーク州では2030年50%)。

このような火力発電からRE電源への転換の流れの中で、各グリッド運用事業者(ISO)によるRE電力貯蔵、周波数調整、容量確保を目的としたESS導入がこれまで市場を主導してきており、今後も年率10%を超える同目的での市場成長が見込まれている。なかでも目を惹くのがカリフォルニア州(CAISO)とテキサス州(ERCOT)で、2020年までにそれぞれ1,825MW(現状累積設置量1,100MW)、1,160MW(同500MW)への増強を計画している。また10GW規模の発電サイトが老朽化の危機的状況にあるマサチューセッツ州では、ピーク電力削減(10%のピーク電力が電力料金の40%を占める)とグリッドシステムの機能整備が喫緊の課題となっており、当面、600MWの導入計画を進める中で将来的には1.8GWを目指す。

2017年の米国ESS市場の特徴は商工業施設への導入の進展。その主目的はピーク電力カットやデマンドレスポンス(DR)対応による電気代の削減であるが、最近は周波数調整電力卸売市場への参画も新たに加わり、2020年には2.5GW規模への成長が予想される。このような動きは今後RE導入が進む住宅分野へも拡がり、これら消費者サイトでのESS導入は2020年には電力サイトと同等の規模にまで成長しESS全体で1,100MW、25億ドル市場が形成されると予想している。

### 1-3. 今後の成長が予想される新興市場

欧州諸国の中で最近注目されているのが英国市場。同国では2025年までの全石炭火力停止が決まっており、風力を中心としたRE大量導入が進む。これに伴い、ピークカット、RE電力自家消費目的に加えて、周波数調整目的でのESS導入が進んでいる。APRICUMによると、昨年行われた1秒以内に対応する電源を対象とした募集で、201MWの蓄電池貯蔵(BESS)が落札したという。2017年は総計170MW程度(前年度比4倍増)のESS市場規

模だが、2020年にはグリッドサポート用だけで容量確保目的も含めて700MWの新規導入が期待されるという。

今後注目される中国市場については、SUNGROWと組んで中国進出を狙うSamsung SDIより紹介があった。中国ではRE導入が急速に進み、2015年には累積設置量で風力が130GW、PVが43GW、合計でRE発電能力シェアは11.7%となり、2020年にはそれぞれ250GW、150GW、17%までRE電力化が進むと予想している。確かに導入量規模は膨大なものではあるが、発電能力シェアはさほど高くなく、問題は広大な国土をカバーするための送電能力の不足。風力、PVとも適地の北/西部に偏在し、消費地である海岸地帯への送電能力不足が顕在化し、現在既に送電網への新規接続がストップされ、発電量の15~20%が抑制/廃棄される状況となっている。そこで第13次5か年計画で、ピーク負荷の50%以上の能力を有するESSを具備するマイクログリッド整備、周波数調整のためのESS設置の方針が示された。2016年時点でのESS(揚水発電22.7GWを除く)累積設置量は既に169MWに達し、さらに40MWの建設が進む。既存のBESSの70%はLIBによるものであるが、そのシステム価格は年率11%で下がり続け2020年には50%以下と他の蓄電池システムに対する価格優位性が高まり、LIBがBESS市場を席卷すると予想している。

電力不足から急速にRE導入が進むインドも有望市場の一つで、インドエネルギー貯蔵協会(IESA)からその紹介があった。無電力地域が多く残るインドでは、2019年を目標に無電力地域の解消を目指しており、10年単位での時間が必要な送電網の整備を待つわけにはいかず、現実的な策としてRE導入を核としたスマートシティ100都市計画を推進している。2014年時点での風力既存設置量は28GW、PVは10GWであるが、再生可能エネルギー省は2022年にそれぞれ60GW、100GWへの増強を目標として掲げている。これに伴い合計46MWのESSプロジェクトが既にスタートし、2017年末までには100MW規模へ達すると予想されている。また電力品質の課題をクリアするための周波数調整用ESSの導入そして2020年目標で電力貯蔵手段としてのEV(但しHEVも含む)100万台計画も推進されている。

最後に豪エネルギー貯蔵協会(AESA)から、近年市場の立ち上がりの見られるオーストラリア市場についての紹介があった。同国でも石炭火力の相次ぐ停止のなかでRE導入が進み、その発電量比率は14%に達している。僻地に散在する鉱山におけるディーゼル発電からREへの切り替え/補完に伴うESS導入がこれまで進んできたが、最近の特徴は大規模エネルギーパークの電力網強化を目的としたMW級の大型ESSの導入が始まったこと。ビクトリア州の20MW導入計画などがその例である。これと並んで、住宅へのESS導入も始まる。2016年の rooftop PV導入は13万件であったが、その5%が蓄電池を併設している。これにはFIT価格の下げに伴う自家消費への関心と政府補助がインセンティブとなっており、既設PV150万件の改修を考えると大きな潜在需要といえる。因みにIHSは2017年のESS設置量を前年倍増の125MWと予想している。

## 2. RE先進国ドイツにおけるESSの必要性を巡る議論

### 2-1. ドイツの電源RE化の進捗状況

2050年におけるCO<sub>2</sub>排出量85%削減を目標に環境政策“Energiewende”を進めるドイツは、国連気候変動枠組条約会議COP21に2030年中間目標55%削減を提出。そのために電力のRE化50%以上(2050年には80%以上)、一次エネルギーのRE化30%(同60%)に向けた動きを進めている。その結果、2016年時点でのRE発電量は192TWhと褐炭を抜いて全電源中トップのシェア30%を占めるまでに成長した。公称発電能力の単純合計では101GWと年間の最大電力需要(冬季)85GWを既に超えている。

ここにきて流石に RE 化の流れは落ち着きを見せているが、2023 年の原発全面停止分 85TWh の吸収、あるいは北海油田ピークアウトによるロシアからの天然ガス輸入急増に対する懸念から RE への切り替えの動きが中長期的には止まることはない。政府は 2030 年に RE 電源比率 55%を目標に設定している。最大電力需要を上回る発電能力とは言え、RE の 90%を占める風力と PV が同時に最大能力を出すことはなく(両者は時間的トレードオフ関係にある)、現状では RE 余剰電力は年間で 1%に満たない 1.5TWh に留まる。因みに欧州全体では、2011 年の PV ブームをさかいに RE への投資規模が半減し、ドイツと比較すると RE 化は大きく遅れている。このことはドイツの RE 余剰電力に対する他国の受け入れ余地があるということの意味しており、現実には欧州全土をカバーする強力な国際連系網を介した隣国への電力輸出が行われている。

## 2-2. ESS 導入の現状と課題

IHS によるとドイツの 2017 年の電力貯蔵用途の ESS 新規導入量は前年比 15%減の 200MW で、辛うじて世界 4 位の市場規模を保ったものの、RE 大国の筈のドイツでは前節で紹介した他の主要市場とは異なる様相をみせている。ドイツの BESS 需要は、大きくは周波数調整(PCR)用と RE 電力自家消費からなる。ドイツエネルギー貯蔵業界(BVES)によると、現在、1~15MW 規模の PCR 用 BESS の設置が急速に進められており、その能力は 2017 年末時点で 200MW に達する。国内の PCR 取引市場規模は 600MW 程度であり、早晚、本用途の市場は姿を消すことも予想される。

英国等で見られるようなピーク電力対応用の BESS 容量市場はドイツには存在しない。APRICUM によると、現状の BESS 電力コストは \$ 279~413/MWh、5 年後の 2021 年時点でも \$ 209~306/MWh であり、競合するピーク対応用ガス火力の \$ 165~218/MWh には当面は勝てない。またフランス等隣国からの電力輸入で躲すこともできる。そして今後、米国等で盛んなデマンドレスポンス(DR)等による対応も選択肢として出てくると思われる。同社は電気料金削減ニーズ(デマンドチャージ対応)の高い商工業施設への BESS 導入が有望市場であり、ドイツ BESS 業界の活路がそこに拓けるとしている。BESS システムベンダーの Yunicos によると、ピーク負荷 1.5MW の工場に 1.25MW/1.25MWh のシステム(CAPEX :€60 万)を導入すれば、ピーク特別料金の回避(700kW 負荷低減)と PCR 売上(€17/MWh)で€12 万/年のエネルギー費用削減が実現できるという。

現時点で最も見えている BESS 市場は住宅への導入である。FIT 価格が大幅に引き下げられ、また電気料金が高騰していることもあり、ルーフトップ PV の自家消費率向上が関心事となっている。2016 年には BESS と組み合わせられた PV が 2.5 万件導入されており、住宅への累積設置は 5.5 万世帯にまでなった。注目されるのは FIT 期間が終了する既設 PV の改修市場で、その潜在市場は 150 万世帯に及ぶ。BVES は、2020 年には 20 万世帯まで設置が進み、1 GW 規模の発/蓄電機能が電力網に加わることとなり、電力市場で一定の役割を果たすと見る。また住宅分野でのエネルギーマネジメントの対象としては“冷/熱”も重要。電力貯蔵だけでなくヒートポンプ等との総合/融合的対応も今後のトレンドとして注目される。

## 2-3. 本格的 ESS 時代の到来は？

最大発電能力で 52%、実発電量で 30%と世界でも突出した RE 電力シェアに達したドイツであるが、ESS 導入は現時点では期待ほど進んでいない。それでは「何時、どのレベルの ESS 導入が必要となるか?」、数多くの研究機関、大学がこの問題について様々なシミュレーションを行っている。その際問題となるのが、前述した需給バランス調整機能としての国際連系をどこまで利用できるか? Fraunhofer Umsicht によると、仮に理想的に欧州全域で一体的調

整ができ、かつ電力網増強により国間連系容量にも制限がなければ、ドイツの電力が 100%RE 化しても余剰電力は生じない。現実的なケースとして、国家間協調がある程度進み、かつ現在計画されている連系容量増強が実行された場合には、RE 電力量シェア 60%位から、そして連系容量増強が進まない場合には 50%位から数十 TWh(数%)の本格的な余剰電力/平準化対策が必要となる。政府計画では、RE 発電量目標を 2023 年 42%、2030 年 50%、2033 年 60% としており、当面 10 年程は現状の電力システムで乗り切れるというのが大方の見方となっている。しかし既に計画されている数千 km 規模の送電網増強が、反対運動等のため遅々として進まない現実もある。政府もこれまでの様子見のスタンスを変更し、電力網を最大活用する方針に転換。そのための法整備を急ぐ。

一方で、VRE 比率増大に伴う電力料金の大幅な時間的、地域的変動の問題は残る。シタック AGORA が各種の需給バランス調整手法の経済効果比較を紹介。それによると 2023 年時点では、電力システムの年間コストは 1 時間の調整機能を有する ESS の導入で~€3 千万/GW、8 時間で~€8 千万/GW、720 時間の長期貯蔵で~€15 千万/GW 上昇し、その経済効果は期待できない。つまり RE 発電量シェア 42%程度では短期/長期に関わらず大規模の ESS 貯蔵は経済的に成り立たず、隣国との電力やり取り、既存のコジェネ活用あるいは消費サイトでの DR 等の初期コスト負担の少ない手法で躲さざるを得ない。これが RE 発電比率 60%となる 2033 年には 40TWh の余剰電力が発生し、小規模の ESS 導入によるシステムコスト低減が期待できるようになると予想している。さらに 100%RE 化に近づく 2050 年での短・長期での ESS は、やり方により€23 億/年の大きな経済効果が期待されるとのこと。

以上はドイツ全体で見た場合の議論であるが、地域によってはより差し迫った状況を抱える。チューリンゲン州の地域配電会社 TEAG によると、同州は 2030 年での 100%RE 化を計画しており、同電力需要 1.6GW、10.5TWh/年を賄うためには PV1.6GW、風力 4.3GW の設置が必要となる。それにより最大 1TWh の余剰電力が発生し、3GW/400GWh 規模の ESS が少なくとも必要とされる。これは同州が保有する揚水発電能力 1.5GW/12GWh、BESS の 2MW と桁を異とする数値で、また月間の長期貯蔵も必要となることから BESS 等の電力貯蔵だけで問題をカバーする方策は非現実的といえる。そこで同社は同州に存在する 2.7TWh のガス貯蔵能力を活用した Power to Gas が唯一の解決策と考えている。余剰電力による水電解で水素を製造し、メタン合成を行ってガスグリッドに送り込む。現在パイロット試験を行っており、稼働率と RE 賦課金の取り扱い次第で採算に載ると試算する。

### 【所感】

今回確認できたのは、“地球温暖化ガス削減”そしてその為の“RE 導入促進”という同じ目標に向かいながらも、国の地理的、経済的条件によりその進め方、生じる問題への対策は大きく異なり、一つの答えはないということである。RE 大量導入に伴う課題に対する対策には複数の選択肢があり、その国、地域の置かれた条件でそれぞれの選択肢に対する評価は変わる。特にその国が保有する社会インフラの影響が強い。広大な領土と経済圏を抱える国あるいは発展途上国では、RE 電力と蓄電池等による電力貯蔵の組合せが答えとなりうるが、欧州のように比較的強固な社会インフラを有する地域ではその経済合理性に疑問がつく。

翻って日本の選択すべき道はどこにあるのか？ 重要なのは、本報告では詳細に触れることはできなかったが、ドイツではこの国の根幹にかかわるエネルギー問題に様々な立場から国を挙げた議論が行われ、今後、議論に紆余曲折はあるであろうが一つのコンセンサスに向かおうとしていること。わが国でも当然議論は行われているが、行政府と一部民間企業の専

門家に委ねきっている感があり、議論の深さ、幅に疑問を感じる。国民的関心が高まることを期待する。また参考とすべき欧米での議論の行方を今後も継続的に追う必要性を感じた。

今回は紹介できなかったが、電力、熱、燃料等のエネルギー融合・総合化の議論が高まっている。国家レベルでも温暖化ガス削減目標達成のためには極めて重要な課題であるが、熱が大きなエネルギー消費比率を占めるドイツの家庭での関心も高い。消費者の立場から見た解はまた国家レベルでの議論と違ったものになるかもしれない。このような“鳥の目、蟻の目”双方からの視点での議論こそ重要であろう。

以上