

Energy Storage Summit Japan(ESSJ) 2016

未来技術フォーラム神戸 板山克廣

2016年11月8日から2日間にわたりベルナル渋谷で開催された首記コンファレンスに参加し、エネルギー貯蔵に関する国内外の動きを調査した。ドイツ電気技術協会(VDE)とメッセ・デュッセルドルフの主催による同コンファレンスへの参加は今回で3回目となる。COP21に提出された温暖化ガス削減目標の達成に向けて、参加各国における再生可能エネルギー(RE)の導入、省エネルギー化への取り組みは既にかなり進んでいる。それに伴い大量のRE(特に風力、太陽光による発電)を既存エネルギーシステムに取り込むためには、何らかの手段によるエネルギー貯蔵(ESS)が不可欠との認識が定着しつつあり、ESS導入に向けた政策的取り組み、市場形成も一部の国では既に始まっている。

地球温暖化ガス(WHG)削減とは、取りも直さずエネルギー源の“脱化石燃料化”であり、REにより得た電力の活用が一つの有力な解決手法となる。しかし風力、太陽光(PV)などの自然エネルギーの欠点は人為的制御ができないことで、実際に必要とされる時に電気、熱あるいは駆動エネルギーとして供給するためには、その時まで貯蔵するESSが不可欠となる。ESSの手法としては電池等の電力貯蔵、熱貯蔵、水素等による化学貯蔵などが挙げられるが、それぞれの国のエネルギー事情によりその取り組みは異なると考えられる。今回の会議では、ESS市場の概況、各国の政策、ESSのビジネスモデル、熱貯蔵の新技术、企業の活動事例など多岐に亘る報告がなされたが、ここでは米国での動き、ESSの普及を加速するe-モビリティに関する講演を中心にその概要を紹介する。

1. エネルギー貯蔵(ESS)の市場成長予測

世界のESS市場の現状と今後の見通しについての紹介がBloomberg New Energy Financeよりあった。2016年のESS新規導入量は、後述する米国を中心に大きく伸び1.8GWhを見込む。今後、EUでの導入が進むのに加えて2019年以降、太平洋・アジア地区が急速に立ち上がり、2020年には8.5GWhまで成長すると予測する。ESS市場拡大の要因の一つは風力、PVなどの変動型再生可能エネルギー(VRE)の導入拡大であり、これまでは大量のVREの送電網繋ぎ込みを可能にするための発電サイトでのラップ(出力変動)対策、そして近年では火力発電に替わる送電網での周波数調整がESSの主な用途となっている。このエネリティ-用の大規模ESSではリチウムイオン電池(LIB)の採用が主流となり、その比率は90%を超えるまでになっている。このように大きく成長を続けるLIB市場であるが、同時に市場淘汰も急速に進みA123等の米国系中小メカが姿を消し、BYD、LG Chem.、Samsung SDI、日本企業などの大手電池メカがほぼ市場を席卷するに至っている。

世界のVREの普及状況を見ると、2015年段階で既に発電量が総電力需要の5%になっているが、今後の電力需要の伸びの殆どをVREがカバーして2040年には40%までその比率を伸ばすと見られている。ここまでVREの発電量比率が高まると、電力システム全体としては短時間の需給バランス調整に留まらず月~季節単位の調整が求められ、熱貯蔵あるいは水素等の化学貯蔵という方式もESSの一部を担うようになる。一方で、VREの約50%を占めるとみられるPVでは、先進国を中心に電気代節約を目的に住宅、商工業施設など消費者サイトでの設置が進み、自家消費率アップ、ピークカット用にESSが導入されるとみる。Bloombergの予測では、2020年8.5GWhのうち50%以上はこのような所謂“Behind the Meter”と言われる分散型ESSが占め、設置の容易さからその殆どにLIBが採用されるとみられる。更に2020年以降もこの分散型ESS市場の伸びは続き、2024年にはESS市場16.2GWhの75%を占めると予想している。

2. 世界各地における ESS 導入の背景比較

前述のように EU、米国、アジア・太平洋地域が牽引する ESS 市場であるが、地域・国によりその背景、直面する課題はいささか異なる。エネルギーコンサルタント会社 APRICUM が行った解説の内容を以下に紹介する。

RE の大量導入に既に踏み込んでいる EU（例えばドイツでは 45GW の風力と 41GW の PV が設置されており、風力の多い東部地区では既に需要の 80~90%を VRE 電力で賄っている）。RE 化が一定程度進んだことで、電力買取価格(FIT)の切り下げ、デマンドチャージの導入などの制度見直しが行われるとともに、電力システム安定化に向けた新たな対応が必要とされる段階に入っている。今後の伸びのベースは、消費者サイトにおける PV 電力の自家消費率アップ、電力消費ピークカットなどによる電気代節約のための ESS 設置であるが、愈々、電力システム安定化に向けた周波数調整を目的とした ESS の大量導入も始まる。北海油田のピークアウトに備えて洋上風力の大量導入を進める英国では、2025 年の火力発電全面停止を控えて調整電力の火力から ESS への切り替えが模索されている。”Enhanced Frequency Response”と銘打たれた 1 秒以内に対応可能な調整電源募集が 2016 年に行われ、888MW の蓄電池システムが応募し、201MW が採択されたとのこと。

一方、中国、インドに代表されるような広大な国土故に僻地での電化が国家課題となっているアジア・太平洋地域では、インフラ不足を解消する手段としての ESS が注目されている。人口密度の低い僻地での送電網整備は経済性が極めて悪く、通常、ディーゼルによる自家発電で対応している。しかしながら例えば豪州では、新規鉱山開発での消費電力が増大する一方、資源価格の低下に伴うコストダウン圧力が強まり、高コストのディーゼル発電の見直しが必要となっている。そこでディーゼルの補完する PV とのハイブリッドシステムが注目されている。例えば能力 10MW のディーゼル発電の発電量 10%を PV で代替することにより、コストは年間 150 万 US\$下がるという。更にこのシステムに 6MW 能力の ESS を装備することにより、その経済効果は 290 万 US\$に倍増する。

米国の状況については、同じくコンサルタント会社の Centrus Energy、ハイ公益事業委員会、TeslaMotors からの報告を軸に次項で紹介する。

3. 米国における ESS 導入の背景と現状

米国では、第一期オバマ政権のグリーンニューディール政策の“2008 年(71.8TWh)比 RE 倍増”計画が目標達成され、2015 年時点で RE 発電量(水力を含まず)比率は 7%にまで伸びている。第二期政権では、“エネルギー源多様化→燃料の輸入依存脱却(自給率アップ)”による雇用創出を掲げ、国内エネルギー資源の最大活用を目指す全方位的エネルギー戦略へと転換した。COP22 には、▲17%(2020 年)、▲28%(2025 年)の WHG 削減目標(いずれも 2005 年比)を提出。2050 年には発電量比率で RE55%、CCS 付火力 20%、原子力 17%とすることで WHG 排出量▲80%を達成するシナリオを描く。本エネルギー戦略の特徴は、ESS 並びにデマンドレスポンス(DR)を新たなエネルギー源と位置付けたことで、2016 年 5 月制定の“グリッド強靱化法”で ESS 導入に対する 30%税額控除、あるいはその後の 6 月に行われた“ESS White House Summit”では今後 5 年間での最低 1.3GW の ESS 導入目標を決めた。

このように ESS 導入の加速を図る米国であるが、現時点では 433 の大規模 ESS プロジェクト(合計 1.36GW : 40%が蓄電池利用)が進行中。当面はこのような電力サイトでの導入が先行し 2015 年時点で 226MW(111M\$)の ESS 市場を形成している。今後は政策に後押しされた家庭、商工業施設などの消費者サイトでの導入(メインは蓄電池利用)が急増し、2021 年には 2GW 以上(金額規模では現状の 6 倍)の市場に成長することが予想されている。このような

蓄電池による ESS の普及の駆動力の一つとなっているのが、連邦エネルギー規制委員会(FERC)の定めた“調整電力の価格設計規定”。これによる高品質調整電力へのプレミアム価格(Performance Payment)の上乗せは、秒単位での迅速な出力調整が可能な蓄電池型 ESS 導入の強力な後ろ盾となっている。

このような動きの背景には、既存火力の WHG 排出を 2030 年までに 30%削減する方針が法制化され、老朽火力の廃止と RE への切り替えが進んでいる状況がある。国としては個別プラントへの問題に踏み込まず具体策は州に委ねるが、29 州とワシントン DC に加えグアム等 3 地域で RE 促進法 RPS が導入された(例えばカリフォルニアでは 2030 年に 50%が目標)。今後、電源の RE 化に伴う調整電源用 ESS の導入の加速が予想される。例えば化石燃料依存からの脱却が悲願で将来の 100%RE 化を目指すハワイ州。2010 年前後から RE 導入に力を入れ、ハワイ島ではピーク電力需要の 55%の能力を持つ風力(30MW)、PV(75MW)、地熱(38MW)、水力(16MW)による RE 発電量比率は 47%に、そしてワイ島では同 72%の能力で 34%の電力を賄うに至っている。これに伴いシステム信頼性の向上と RE 出力変動への対応を目的として、公益事業委員会がエネルギー源総合化プランに基づく投資計画ガイドラインを電力会社に提示している。そこでは電力会社の kWh 売りからエネルギーサービス・プロバイダーへの転換の姿が示され、グリッドサイトでの ESS 導入・利用の推進、消費者サイト ESS によるデマンドレスポンスの活用、分散型エネルギー取引市場の活性化を求めている。既に 10 を超える数 MW 規模の ESS プロジェクト、並びに分散型 ESS に対する補助制度も開始されている。

このように急速な立ち上がりが見られる米国 ESS 市場では、日本・海外勢を含む多くの部品メカ、システムメカ、デベロッパーが覇を競っているが、その中で急速に力をつけているのがテスラモーターズ。2003年に EV メカとしてとしてスタートし、2008年の「ロードスター」発売に始まり、2016年には「モデル S」、「モデル X」を中心に 7 万 6 千台(生産台数では 8 万 4 千台)を販売するにまで成長した。この間、自動運転、公共施設でのデステイネーション・チャージング、カーシェアリングなど新基軸への挑戦を続けてきたが、2014年には ESS 分野への進出を発表。同社製 ESS の武器の一つは筒形 18650 型 LIB による低価格バッテリー・モジュールの使用。耐久性の求められる ESS 用では出力重視の EV 用と異なるセル構造を採用しているとのことだが、生産規模の大きい EV 用バッテリー・モジュールと共通化することで、システムコストを大幅に下げられるという。昨年 10 月に発表したインバータ内蔵型家庭用新製品 PowerWall2.0(14kWh/5kW)のシステム価格は \$5,500 と競合製品を大きく下回る。パナソニックと組んで現在ネバダ州で建設を進める 50GWh/年能力(テスラ車 50 万台分)のギガファクトリーが完成すれば、セル製造コストは更に 30%下げられるという。家庭用に加えて電力用 ESS には同じバッテリー・パックを用いた Powerpack2(250kW)を提供し、現在 20MWh の μ-グリッドプロジェクトが稼働中。更に近くハワイ(52MWh/13MW)とカリフォルニア(80MWh/20MW)で大規模 ESS の運転が始まる。

4. 水素と燃料電池の利用

ESS の一形態として注目される“Power to Gas(P2G)”の関連では、BMW より燃料電池車(FCV)への取り組みについての報告があった。フォルクスワーゲン問題、2017年に予定される WHG 排出規制法の制定を契機に一気に EV への動きが加速する EU であるが、一方で自動車メカ各社は将来を睨んだ FCV 開発も同時に進めている。但し FCV 開発で先行するトヨタとはその進め方に違いが見られる。電力の機械エネルギーへの転換という観点からバッテリー EV 方式と P2G+FCV 方式を比較すると、エネルギー効率の点で圧倒的に前者のほうが優れている。このため水素価格、関連インフラ整備状況も併せて考えると、当面は EV が先行し FCV 本格化は 2030 年頃、という考え方は自動車各社に共通する。

前述のように2015年時点で100GWのREが導入され余剰電力問題が顕在化しつつあるドイツではあるが、その余剰電力量は1.5TWh程度とFCV10万台分の水素量相当(23千ト)に留まる。これが2030年の政府目標である142GWまでRE導入が進むと、余剰電力は31TWhとなり容量、貯蔵期間に限りのあるバッテリーのみでの対応は難しく、大規模かつ長期貯蔵が可能なP2Gの出番となる。余剰量のうち7TWhをFCVで消費すれば10万台のFCV市場が形成され、技術進歩による低コスト化とも相俟って本格的な水素時代に入ると見ている。このような状況のもとに、ドイツは現在、2022年1GW(FCV25万台分)を目標に30のP2Gプロジェクトを実施するとともに、2023年400か所を目標にした水素ステーション建設計画を進める。FCVは飽くまでもRE余剰電力の活用手段であり、化石燃料からの水素製造という発想は頭の中に入らない。

このような状況の中で、BMWは2020年の市場投入を念頭に、先行するトヨタと“戦略的パートナーシップ”を組み準備を進める。同社の目指すFCVは高出力、長距離ドライブレンジ(>500km)を備えたBMW

| FCVデモ車の主要性能 | CGH ₂ (700 bar) | CcH ₂ (350 bar) |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0-100 km/h | | 8.4 s |
| V _{max} | | 180 km/h |
| E-Motor Power | | > 150 kW/ 200 PS |
| Hydrogen Storage | 4.5 kg | 7.1 kg |
| Driving Range (EU-Test Cycle) | Ca. 450 km | Ca. 700 km |

らしい走行感覚・性能のクルマで、EV並み(化石燃料車の10%増し)の車両価格を目標とする。これまでトヨタ製のFCVスタックを搭載したデモ車を用いた寒冷地、熱帯での走行試験を行い、実用上全く問題のない品質レベルに仕上がっているとの評価を下している。

一方、“みらい”の市場投入でFCV化の先鞭を切ったトヨタからはトヨタグループとしての水素利用への取組紹介があった。同社は持続可能な社会実現への貢献を目指した「トヨタ環境チャレンジ2050」と2020年までの5か年計画を2015年10月に発表。環境保全に向けた6つの取り組みのうち“新車CO₂ゼロ”と“工場CO₂ゼロ”の2つのチャレンジで水素利用の推進を進める。

“新車CO₂ゼロ”チャレンジでは、2050年グローバル新車平均走行時のCO₂排出量の90%削減(2010年比)を目標とする。2020年迄は低燃費エンジンとHVの拡販(150万台/年)により▲22%を図り、その後PHV、EV、FCVへと展開する。この電動化のコア技術は同社の得意とするHV技術で、それをベースにバッテリーの高エネルギー密度化・高電圧化、SiC半導体によるパワーエレクトロニクスの高性能・小型化を推進する。FCVについては本格普及期に備えて、2020年に“みらい”を国内販売>1000台/月、世界販売>3万台/年に拡販するのに加えて、日野自動車による東京オリンピックへのFCバス>100台投入、トヨタ自動織機のFCフォークリフト拡販を行う。

“工場CO₂ゼロ”チャレンジでは、生産1台当たりのCO₂排出量を、2020年に半減、2030年に約1/3に削減し、さらに2050年にはREと水素の利用によりゼロにする(いずれも2001年比)。当面の活動ベースはエネルギー利用効率向上などの“カイゼン”であり、これによりメキシコ新工場では2019年生産開始時での>▲40%を計画している。更なる削減のためにはREと水素エネルギーの活用が必要と認識。ブラジル工場では風力・バイオマス・水力により2015年に既に電力の100%RE化を達成しているが、国内各工場でも水素燃焼技術やFC発電技術の開発を進めている。2020年には、RE発電事業者からの電力購入に加えてFCV生産ラインに風力発電を導入し、水素製造から製造工程での(冷)熱活用を行う実証実験に着手する予定とのことである。

5. ESS 普及の鍵となる e-Mobility

水素利用と並んでREによる余剰電力問題の解決策として期待されるのは e-mobility の普及である。大量の e-mobility に必要なタイミングで電力を供給するためには ESS が不可欠となり、結果的に ESS の普及ドライバーとなる。様々な輸送手段について電動化の試みがなされているが、今回、超小型モビリティと次世代路面電車(LRT)についての報告があったので以下に紹介する。

超小型モビリティとは自動車メーカー各社も取り組む 1~2 名乗りの小型 EV(定格出力 8kW 以下)であるが、2014 年設立のベンチャー企業 rimono は一味違った製品の開発に取り組む。同社が狙うのは欧州 L6e 規格(定員 2 名、最高速度 45km/h)に合ったものだが、布製ボディと軽量樹脂素材を使うことで車両重量の徹底的な削減を行う。2016 年 5 月に発表したプロトタイプでは 320kg であるが、200kg 以下の重量を目指しているという。このために三井化学と帝人が開発パートナーとして参画している。またコンセプトは“可愛らしさ”の追及で、デザイン(ドラえもんを思わせる外観)、室内装備(回転シート、持ち込みビニール・オーディオ、バーハンドル)に拘りを見せる。どのような商品に仕上がりに、また消費者に受け入れられるか興味の湧くところである。

新しい交通機関として世界に広まる LRT について、スマートシティ化に取り組む富山市より紹介があった。同市は市街地の拡大と人口密度の低下による都市管理コストの増大という問題に苦しんできた。また世帯当たりの自動車保有台数が全国 2 位で移動手段の 7 割が自動車という自動車依存社会で、公共交通機関(特にバス)利用が急速減少すると同時に、高齢者比率の増大で車を使えない市民が 3 割に上るという生活しづらい街となっていた。そこで取り組んだのが鉄軌道の活性化を軸とし居住、都市機能を集約するコンパクトシティ構想。北陸新幹線の開業を契機として、鉄道駅から 500m、そこに繋がるバス停から 300m に居住地区を集約することで、人口密度(利用者数)を上げ公共交通の利便性、経済性の両立を図った。その核となったのが廃線となる旧 JR 富山港線の LRT 化。新幹線駅を中心に市内環状線、富山地方鉄道と連結することで市内全域をカバーする LRT ネットワークを完成させた。利便性の向上で減少の続いていた中心市街地、沿線居住地の人口は 56 年ぶりに増加に転じ、富山ライトレールでは平日が 2.1 倍、休日は 3.4 倍に、そして市内電車の利用者は約 11%増加した。ライトレールの利用者のうち 25%が自動車、バスからの転換組で、その CO₂ 削減効果は 436 トンと試算する。特筆すべきは高齢者利用の増加で、ライフスタイルの変革で一日当たりの歩数が 1,300 歩増え、医療費が年間 7,560 万円削減できたとのこと。

6. 本コンファレンスを聴講した後における雑感

本コンファレンスが開催されたのは米国大統領選挙の当日ということで、海外からの参加者はその結果を祈るように待っていた。本稿で紹介したように EU、英国、米国が現在の WHG 削減の動きをリードしてきたが、いずれの国々も今まさに厳しい状況に晒されている。ハマ・リカシーを否定するトランプ新大統領がパリ協定離脱に走るのか？今のところ良好とみえるテスラとの関係。同社はソーラーシティの吸収、ESS への進出など脱化石燃料の動きをその成長の原動力とするが、どこかでぶつかるのか？また経済的苦境が予想される英国の動きに変化が出るのか？EU のリーダシップは揺らぐのか？等々、行方が気になる問題に事欠かない。一見平穏に見える我が国であるが、パリ協定の行方によっては影響が出るかもしれない。暫くは状況の変化を注視したい。

以上