

この記事のURL :

<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/mag/15/00182/00001/>**日経テクノロジー**
online

Sources of innovation

日経エレクトロニクス 2018年1月号
NIKKEI ELECTRONICS**トヨタ、村田、TDKが実用化目前、全固体電池、いざEV/IoTへ 第1部：実用化のインパクト**

ゲームチェンジャー登場、EVの死角を解消へ

野澤 哲生 2017/12/19 00:00

出典：日経エレクトロニクス、2018年1月号、pp.32-36（記事は執筆時の情報に基づいており、現在では異なる場合があります）

電解液を固体化したLiイオン2次電池「全固体電池」でEV向けに実用化が見込まれる時期が「2022年ごろ」と急速に具体化してきた。スマートフォンやIoT端末向けはさらに早く1～3年以内に量産される。当初のメリットは充電の速さや安全性の高さで普及すれば電池やEV市場の勢力図を塗り替えそうだ。エネルギー密度を大幅に高める道筋も見えている。

「実用化は早くて2035年と言われていた以前からすれば隔世の感がある。これほど早まるとは」一。ある全固体電池の研究者はこうした感想をもらした。3年ほど前には早ければ2025年と実用化見通しが10年前倒しされていた¹⁾。

今回、2025年からさらに前倒しされ、具体的な実用化時期も見えてきた。トヨタ自動車の副社長、Executive Vice PresidentであるDidier Leroy氏が2017年10～11月の「東京モーターショー」で「2020年代前半に、ゲームチェンジャーになる全固体電池の実用化を目指して開発を加速している。開発チームは200人超で、特許出願数も世界一」と発表したからだ（トヨタやパナソニックの全固体電池関連の戦略や特許数などの詳細は第4部「**特許出願でトヨタが他を圧倒、量産対応の技術力にも厚み**」参照）。

EVの出遅れ感挽回の切り札に

トヨタの「2020年代前半」は、具体的には2022年前後である可能性が高い^{注1)}。

注1) 2017年7月には国内で「トヨタが全固体電池、22年国内で」という一部報道があった。これには「話の出所が分からない」（トヨタのある技術者）という声があったが、2017年11月には同社 代表取締役会長の内山田竹志氏が、海外の大手メディアに「全固体電池の実用化にはあと4～5年」と語ったとも報道されている。

あるトヨタの技術者からは、そうした実用化時期について戸惑いの声も聞こえてくる。公に発表したLeroy氏の話さえ「あくまで努力目標を話しただけ」（ある関係者）と冷静に指摘する。トヨタはEV市場では世界に出遅れたとみられている。技術陣よりもむしろ経営陣が、その出遅れ感を帳消しにする役割を全固体電池に期待しているようだ。

TDKは2018年春に量産出荷へ

全固体電池の実用化時期を明らかにしたのはトヨタだけではない（図1）。スポーツカータイプのEVを開発する米Fisker社のCEOであるHenrik Fisker氏は2017年11月に米国のテレビ番組に生出演し、「あと4～5年で独自開発の全固体電池をEVに搭載する。ゲームチェンジャーになる」と、トヨタそっくりの計画を発表した。

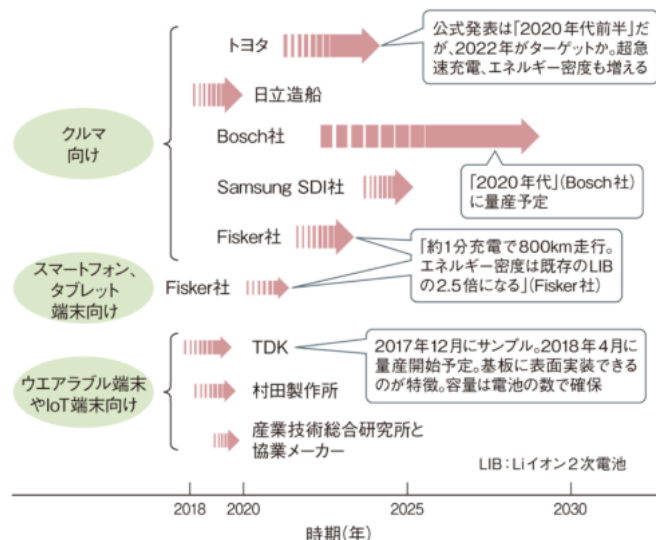


図1 2020年前後に量産始まる

各メーカーの全固体電池の量産時期（本誌推定含む）とその用途を示した。米Fisker社のように、クルマ向けに開発した電池を、クルマより1～2年早くスマートフォン向けに出荷するとしているメーカーも出てきた。

自動車の開発で「4～5年先に実用化」といえる時期は、主要な技術にメドがたち、材料の調達や工場の立ち上げを検討し始める時期に相当する。Fisker氏はそれを裏付けるかのように、「EV搭載の1～2年前には、同じ技術に基づく電池がスマートフォンに搭載されるだろう」とした。その売り込みを狙ってか、2018年1月の米国の展示会「CES 2018」に開発中の全固体電池を出展する。

ソニーの電池事業を買収した村田製作所、TDKなどは、もっと鼻息が荒い。TDKは2017年12月に基板に表面実装できる超小型の全固体電池をサンプル出荷、2018年4月には量産出荷する計画だ。村田製作所は2019年をメドに全固体電池を実用化する^{注2)}。全固体電池には、（1）安全性が向上、（2）電力の入出力密度が高まる、（3）エネルギー密度が高まるなどの多くのメリットがある（「5分でわかる全固体電池」の「疑問その4」参照）。

注2) ただし、少なくとも当初は主にIoT（Internet of Things）端末向けである。

トヨタやFisker社が、全固体電池がゲームチェンジャーになるとみる理由は、これらのメリットのうち（2）と（3）にありそうだ。（3）は「航続距離を飛躍的に改善するポテンシャルがあること」（トヨタのLeroy氏）につながるが、全固体電池の実用化初期に実現できるかは不透明だ。対して（2）は、EVを数分で80%以上充電する技術「超急速充電」を容易にする技術で、実用化初期の全固体電池でも実現可能性が高い。

現行のEVには大きな死角

この超急速充電は、現在のEVメーカーが切に求めている技術でもある。

既存のEVでの「急速充電」は80%の充電に約30分かかる。この充電時間がEVの普及に大きな障害になるという見方は、トヨタをはじめとする自動車業界、そして車載部品メーカーの間で広く共有されている（図2）。現行技術のままで高速道路などでの長時間の充電待ちを避けるためには、長距離旅行をあきらめて「街乗り限定」のクルマにするか、逆に電池を大量に積載して航続距離を伸ばすしかないからだ。



これらはいずれも苦しい選択肢だ。前者は、「どこにでも自由に行ける」というクルマ本来の魅力を自ら否定してしまう。後者の場合、車両は非常に重くなり、価格も高くなる^(注3)。

充電の際の電流と電圧を大幅に高めて150kWもしくは350kWにすることで充電時間を10～15分に縮める動きも出てきているが、充電ケーブルや電池からの発熱による電力損失が無視できないほど大きくなる^{注4)}（液系Liイオン2次電池を超急速充電可能にする技術については、第3部「**電解液でも超急速充電、全固体電池のお株奪う**」参照）。一方、全固体電池であれば、充電時間のさらなる短縮が可能で、それでいて発熱や損失も比較的少ないと見られている。

注4) 日本の急速充電規格「CHAdeMO」を展開するCHAdeMO協議会は2017年、急速充電時の出力を現行の50kWから150kWに高めた規格を策定した。ドイツや米国の自動車メーカーなどは2015年、「Combined Charging System (CCS)」規格に出力が最大で350kWの仕様を規定し、2017年からドイツの高速道路400カ所に充電スタンドを設置し始めた。

トヨタは全固体電池を積載したEVの充電時間の目安を明らかにしていないが、Fisker社は「1分充電で500マイル（約800km）走行できるようになる」（同社CEOのFisker氏）と述べている^{注5)}。1分とまではいかなくても、全固体電池なら、5～6分で80%充電は、充電インフラの点からも実現性がある。これはちょうどガソリン車の給油時間と同程度。たとえエネルギー密度が増えなくても、EVの充電に関する諸課題が大きく解消に向かう。

注5) 1分充電に対応したEV向け充電スタンドの出力は1.6MW程度が必要で現実的でないという見方もあるが、全固体電池の入力としては荒唐無稽な数値とはいえない。

全固体電池を用いた超急速充電は、EVだけでなくスマートフォンやIoT端末にも大きなメリットがある（図3）。現在のスマートフォンやタッチパネル端末、ワイヤレスイヤホンでは、筐体内部の相当部分を電池が占めている。これをフル充電するには、急速充電器でもほぼ満充電までに1〜2時間かかるのが一般的だ。これが5〜6分に縮まれば、むしろ搭載する電池を大幅に減らし、こまめに充電して使う、といった新しい製品設計と使い方が広まる可能性がある^{注6)}。

注6) 例えば、筐体はより薄く軽くなる。米Starbucks Coffee社が米国で始めている、ワイヤレス給電技術を使ってカフェのテーブルにスマートフォンを置くだけで充電できるようにするサービスなどが、さらに便利になる。

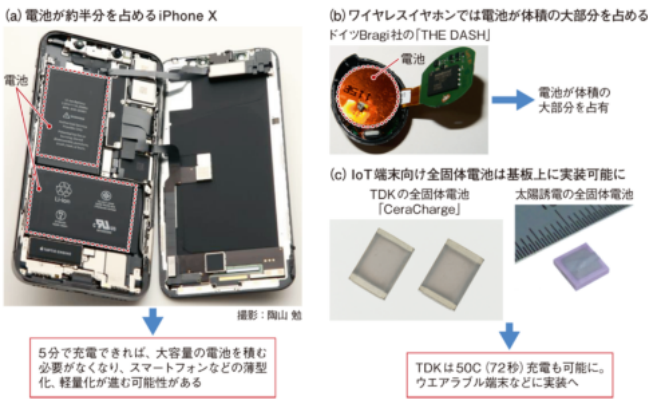


図3 急速充電はスマホやIoT端末にもメリット
米Apple社のスマートフォン「iPhone X」(a)とドイツBragi社のワイヤレスイヤホン「THE DASH」(b)の筐体を開いた様子と、TDKおよび太陽誘電が試作した全固体電池の例(c)を示した。これらの製品ジャンルでも、充電時間が短くなれば、電池容量を低減させる方向での開発が進む可能性がある。(写真：(c)は各社)

Li空気電池まで“地続き”に進化

早期に実用化される全固体電池では、超急速充電が最大のアピールポイントといえそうだが、いつまでもそれだけではない。全固体電池は、正極、電解質、負極の各材料の変更が既存の液系Liイオン2次電池に比べて比較的容易な電池でもあるからだ。より高電位、またはより高容量密度の電極材料、そしてLiイオンの通りやすさを示すイオン伝導率がより高くより安全な電解質材料、と順次変更していくことで入出力密度とエネルギー密度、安全性を段階的に高めていける(図4)。既にそれらの材料の開発や組み合わせの検証は急ピッチで進んでいる(第2部「開発の焦点はセル製作へ、材料は用途ごとに適材適所」参照)。ある自動車メーカーの電池技術者は「自動車メーカーが全固体電池に注目するのはこうした進化のパスがあるからこそ」と指摘する。

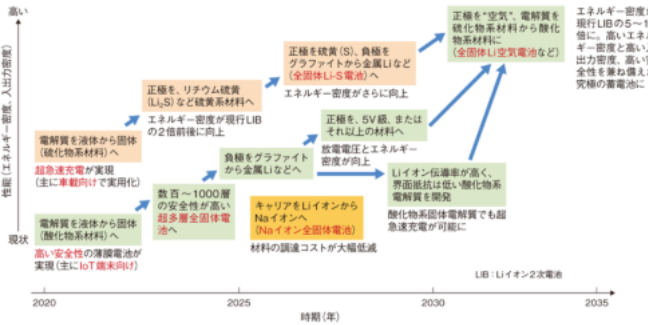


図4 材料の組み合わせを変えて性能を次々にバージョンアップへ
全固体電池の技術的進化の例を本誌推測で示した。当初の全固体電池は、既存のLiイオン2次電池の正極や負極材料は変えずに、電解液を固体電解質に置き換えただけの製品が出てくる可能性が高い。その場合の特徴は、充電の速さ、または安全性の高さになる。その後、正極や負極の材料を高電位や高容量密度の材料に順次置き換えていくことで容量密度の大幅な向上が図られていく見通しだ。2030年代前半には、正極に空気、電解質に酸化物系材料、負極に金属Liを用いた全固体Li空気電池が登場してくる可能性がある。

仮に、エネルギー密度が大きく向上して、電池の量を減らせるようになれば、EVの価格もガソリン車と肩を並べ、普及が本格化する可能性が高まる(別掲記事「もしすべての車がEVになったら」参照)。

究極のゴールは、正極が「空気極」、負極が金属Liとなる全固体のLi空気電池だ。安全でしかも、理論上は既存のLiイオン2次電池の10倍以上のエネルギー密度も見込める。実現すれ

ば、EV、スマートフォン、ドローンなど電池で動作するすべての機器の在り方を大きく変えていくことになる。

参考文献

1) 野澤, 「**全固体電池、10年飛び越し**」, 『日経エレクトロニクス』, 2015年3月号, pp.49-62.

もしすべてのクルマがEVになったら

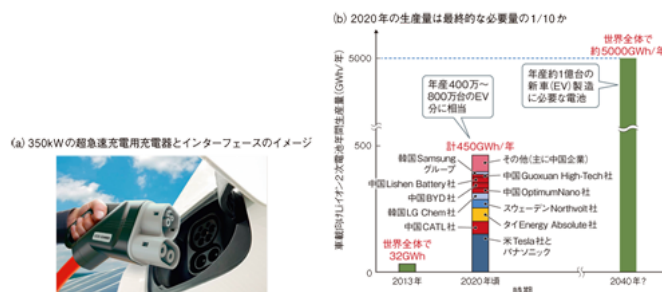
すべてのクルマがEVになる時代が近づいてきた。その大きな節目になったのが2017年7月だ。フランスと英国が、相次いで2040年までにガソリン車やディーゼルエンジン車の販売を廃止する方針を発表した。中国も化石燃料車を全面禁止にする時期の検討を進めている。早ければ、2030年という見方もある。これをさらに大幅に先取りして、スウェーデンVolvo Car社のように、2019年以降に販売する自動車はEVまたはPHEVにすると発表したメーカーもある。

懐疑派は電力インフラをやり玉に

世界でにわかに沸いたEVブームには、懐疑的な見方も根強い。車体は電池を大量に積載して重く、価格は高額で、何よりも充電時間が長い。ガソリン車と比べて利便性が著しく低いクルマが普及するわけがないとする意見だ。しかし、超急速充電が可能な全固体電池が実用化されれば、話は変わる。充電を含めた実質的な航続距離でも、価格の上でもガソリン車との差がなくなる。新車といえばEVになる時代が現実味を帯びてくる。

それでも懐疑派は納得しないかもしれない。充電用の電力インフラを整えられるかどうか、疑問視する人もいる。

幸い、5〜6分で80%充電する超急速充電に向けた出力約350kWの充電スタンドには既に規格があり、ドイツなどで高速道路などへの展開が始まりつつある。ただし、充電ケーブルなどの発熱を抑えるため、ケーブルに水冷用の管も必要になるといふ。さすがに家庭への設置は難しい(図A-1)。



図A-1 超急速充電器はあれど、電池が足りない

ドイツPorsche社などドイツの自動車会社5社および米Ford Motor社などの最大出力350kWの充電器と車載側インターフェースのイメージ(a)。2017年からドイツの高速道路などに設置を始めた。車載用Liイオン2次電池(LIB)の生産量は2020年ごろには2013年の約14倍に増える見通しだが、それでも需要を満たせるかどうかは未知数。仮に世界すべての新車がEVになれば、さらにその10倍超の年産5000GWhのLIBが必要になる可能性がある。

電力供給そのものへの懐疑論もある。例えば日本の自動車は現在約8000万台。これがすべてEVになったら、電力インフラが持つのか、という議論だ。日本における既存の自動車の年間走行距離の平均は約1万km。一方、EVの“電費”は、比較的良好な車種で約100Wh/kmである。すべてのEVの電費が100Wh/kmだとすると、年間の電力需要量は、8000万台×1万km×100Wh/km=800億kWhとなる。これは、稼働率も考慮すると原子力発電所約15基の年間発電量に相当する。懐疑論は、原発の多くがいまだ停止状態にある日本で、現実的ではない、というかもしれない。

ただ、太陽光発電や風力発電、バイオマス発電など再生可能エネルギーがこの5年ほどで、設備容量では実に約50GW増加した。これらは稼働率が低いが、年間発電量にすると約800億kWhで、原発約15基分の年間発電量に相当する。EV全盛の

時代が来るまでに、過去5年で増えた分と同じ設備容量の再生可能エネルギーを追加導入できれば、EVの電力需要をカバー可能になるわけだ。

それでも懐疑派は、まだこう指摘する可能性がある。上の議論は、充電のタイミングが完全に平準化されていることが前提だった。仮に、8000万台のクルマが一斉に充電を始めたらどうなるか、と。実はこの指摘は正しい。急速充電でない5kW出力でも、必要な総出力は400GW。これは日本の電力系統の発電設備容量の2倍を大きく超え、確実に破たんする。

充電インフラには、負荷を平準化する整理券のようなシステムの実装が必須になりそうだ。いざ充電しようとして充電器をEVに装着しても、すぐに充電が始まるとは限らないことになる。せっかくの超急速充電が役立たないケースもでてきそう

だ。

回避策はある。大容量の定置型蓄電池を用意して、そこから充電すればよい。EVを本格普及させるには、車両に搭載する電池に加えて、電力需要平準化の電池も必要になるわけだ。

最終的に懐疑派は、電池の生産能力を突いてくるかもしれない。本誌調べでは、2020年のLiイオン2次電池生産量は、世界全体で約450GWh/年になる見通し（図A-1（b））。これは2013年の同電池生産量の約14倍である。一方、世界で年間約1億台販売される新車がすべてEVになったら、1台50kWhとして5000GWh/年の電池生産が必要になる。平準化用も考えるとさらにその約2倍。2020年の生産能力でははるかに足りないが、それだけ蓄電池の潜在市場が大きいともいえる。

Copyright © 2018 Nikkei Business Publications, Inc. All Rights Reserved.
このページに掲載されている記事・写真・図表などの無断転載を禁じます。著作権は日経BP社、またはその情報提供者に帰属します。

この記事のURL：

<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/mag/15/00182/00001/>

