

JETRO

日本貿易振興機構(ジェトロ)

米国における自動車の電動化に
伴う市場と技術の動向

PART 2

EV 用バッテリー

2021 年 9 月

日本貿易振興機構（ジェトロ）

ニューヨーク事務所

海外調査部

【免責条項】

本レポートで提供している情報は、ご利用される方のご判断・責任においてご使用下さい。ジェトロでは、できるだけ正確な情報の提供を心掛けておりますが、本レポートで提供した内容に関連して、ご利用される方が不利益等を被る事態が生じたとしても、ジェトロおよび執筆者は一切の責任を負いかねますので、ご了承下さい。

目次

はじめに	1
エグゼクティブサマリー	2
用語	4
I 車載用電池の市場動向	5
II 主要な電池メーカーの動向	6
1. パナソニック：テスラの主要電池サプライヤーとして米市場を牽引	9
2. LG エナジーソリューション（LG 化学）：GM との合弁設立で米事業拡大へ	10
3. サムスン SDI：ミシガン州の工場を拠点に今後展開	11
4. SK イノベーション：フォード・VW サプライヤーとしてジョージア州工場に投資	12
5. CATL：世界トップシェア、生産拠点は中国・欧州を維持	15
6. 新興企業の動き	16
(1) シラ・ナノテクノロジーズ（Sila Nanotechnologies）	16
(2) ロメオ・パワー（Romeo Power）	18
(3) ノボニックス（NOVONIX Ltd）	20
III 車載用電池の研究開発の動向	23
1. 概要	23
2. 米国エネルギー省の研究開発の動向	23
3. 車載用電池研究開発の最新動向	25
(1) 次世代電池として期待される全固体電池	25
(2) 希少価値の高いコバルトを使用しないコバルトフリー電池	29
(3) シリコン素材を活用した高密度・急速充電電池	30
(4) ポスト・リチウムイオン電池となる革新型電池の研究開発	31
IV 米国における車載用電池のリサイクル動向	32
1. 米国の車載用電池リサイクルの現状	33
2. DOE によるリチウムイオン電池のリサイクルに向けた取り組み	35
(1) R&D 拠点 リセル・センター（ReCell Center）	35
(2) コンペ バッテリー・リサイクリング・プライズ（Battery Recycling Prize）	37
3. 主要なリサイクル業者の動向	38

図表

図表 1	EV 用電池の世界シェア（2020 年）	6
図表 2	EV 用電池の生産量（2019 年～2020 年）	6
図表 3	ノボニックスの子会社.....	21
図表 4	クアンタムスケープ製高級車向け全固体電池の性能	27
図表 5	クアンタムスケープ製一般車向け全固体電池の性能	27
図表 6	ソリッド・パワー製全固体電池の性能	28
図表 7	VTO からの資金調達に成功した 7 件のシリコン素材研究プロジェクト	30
図表 8	クローズド・ループ・リサイクリングの概念図.....	37
図表 9	バッテリー・リサイクリング・プライズ、フェーズ 2 賞金獲得 7 チームの概要	38

はじめに

気候変動対策を政策の主軸に据えるバイデン政権は 2021 年 1 月 20 日の発足以降、2050 年のカーボンニュートラルに向けた温室効果ガスの削減を目指し、電気自動車の普及に向け積極的な取り組みを始めた。米国での電気自動車のシェアは徐々に伸びているものの、価格の高さや航続距離の短さ、充電施設の不足など、ガソリン車に代わる車両として消費者の需要が喚起されるためには、多くの課題が残っている。本レポートでは、パート 1 では電気自動車を購入する際の不安材料の一つである充電ステーションと設備について、パート 2 では電気自動車の価格と性能に大きく影響するバッテリーについて、それぞれの市場の現状や、普及に向けた公的機関による取り組み、最新の技術などを報告する。

2021 年 9 月
日本貿易振興機構（ジェトロ）
ニューヨーク事務所
海外調査部 米州課

エグゼクティブサマリー

世界における EV の需要増に伴い、EV 用電池市場も急速に成長している。2019 年の EV 用電池の市場規模は、351 億 6,000 万ドルであった。2020 年から 2027 年までの年平均成長率(CAGR)は 18.05%と見込まれ、2027 年の市場規模は 1,334 億 6,000 万ドルに達すると予想される。EV 用電池の世界市場は、CATL、LG エナジーソリューション (LG 化学)、パナソニックのアジア勢 3 社が全体の約 7 割を占める 3 強体制が定着してきている。中でも、国内 EV 市場の成長を糧とする、中国の CATL の台頭が顕著である。

米国では、バイデン新政権のクリーンエネルギーや気候変動政策などが EV 市場の成長を後押しし、EV 用電池需要は今後も加速するとみられている。

EV 用電池市場においては、電池メーカーが製造し、提携する大手 EV メーカーのモデルへと搭載されるサプライチェーンが確立されている。そうした中で、米国製 EV 用電池の本格的な生産に取り組む電池メーカーは、自動車メーカー (OEM) との関係強化のため、合弁事業の設立や提携などを通して、工場新設や研究開発などの生産能力の拡大に取り組んでいる。電池メーカーにとって OEM との協働は、安定した収入源を確保し、生産能力拡大のための手段として、また OEM にとっては製造・物流コストを抑制し、電池の量産化を図るとともに、技術的な側面からも関与するための手段として、それぞれ有効である。

また最近では、EV 最大手のテスラがサプライヤーから継続して電池を調達する一方で、コストを低下しつつ需要に確実に対応するため、独自のセル技術と生産能力の構築にも取り組むなど、電池を内製化する動きも出ており、米国電池市場サプライチェーンにも変革をもたらす可能性がある。

新興企業への注目も高まっている。これらの企業は、主により高性能、あるいは低コストな電池素材 (材料) の開発や製造プロセスの設計を手がけており、今後の EV 用電池の米国内サプライチェーンを支える重要な役割を果たすとみられる。また、商用車の電化をターゲットとした電池パックなど、ニッチな市場をターゲットとした商品開発やマーケティングを通じて大手電池メーカーとの差別化を図る動きもみられる。

電池メーカーは、OEM とのパートナーシップの構築のほか、新技術の開発を通じて、市場での優位性を確立することを目指す。現時点ではリチウムイオン電池が広く普及しているが、そのコストはいまだ高く、耐久性や安全性の課題もあることから、リチウムイオン電池を改良するための研究開発が進められている。また最近では、リチウムイオン電池に代わる電池として、全固体電池が注目されている。全固体電池は電解質に固体を使用しているため従来型よりもエネルギー密度が高い。また高温にも強く、耐久性・安全性に優れた電池として期待されている。このほか、近年希少価値が高まるコバルトを使用しない電池、あるいは急速充電を可能とする電池の研

究も進められている。また、実用化には遠いものの、リチウム硫黄電池やリチウム金属電池などの革新型電池の開発も行われている。これらの研究開発においては、新興企業の動きも注目されている。

今後のEV普及するにつれて、使用済みEV用電池の処理も課題となる。2019年における米国の使用済みEV用電池は28万台分以上存在すると予想されており、その数は2025年には約53万台、2030年には100万台以上に増加すると見込まれている。電池メーカーやOEMはリサイクルやリユース（再利用）に向けた取り組みを進めているが、米国ではEVの普及が始まったばかりであり、それらの事業に必要な使用済み電池のサプライチェーンは発展途上にある。

電池のリサイクルに関しては、米国では規制によるインセンティブが欠けているとされ、使用済み電池の数もいまだ少ない。そのため、リサイクル業者は規模の経済が生かせるような量の電池を回収することができずにコストは高止まりし、収益化が困難な状況である。また、リサイクル市場の成長には、電池の標準化や、品質・安全管理の規格化なども必要となる。

電池の材料となるリチウムやコバルトは希少性が高く、今後枯渇することが予想されており、米国はこれらを海外の輸入に依存している状態にある。そのため、電池のリサイクルには課題が多いものの、その需要は今後高まるとみられる。さらにEV市場の拡大促進が進むバイデン政権下では、リサイクルの普及に向けた法規制の整備や技術開発が進む可能性もある。既にエネルギー省を中心として、リサイクルコストの低下につながる効率的なリサイクル手法や技術の開発が進められており、将来的なビジネス機会としても注目され始めている分野である。

用語

本レポートでは、以下の用語について、下記のように定義し使用する。

ASSB (All-Solid-State Batteries : 全固体電池) :

セパレータや電解質の代わりに、固体電解質を利用した電池。長所として、①エネルギー密度がリチウムイオン電池より高い、②高温に強い、③漏洩や発火のリスクがないことが挙げられる。

BEV (Battery Electric Vehicle : バッテリー電気自動車) :

100%バッテリーを動力源とする電気自動車。

HEV (Hybrid Electric Vehicle : ハイブリッド電気自動車) :

ガソリンと電気の両方を動力源とする自動車で、電気エネルギーは自動車のブレーキシステムにより供給される。

PEV (Plug-in Electric Vehicle : プラグイン電気自動車) :

バッテリー電気自動車 (BEV) とプラグインハイブリッド電気自動車 (PHEV) の総称。

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle : プラグインハイブリッド電気自動車) :

従来のハイブリッド電気自動車 (HEV) に、外部電源から搭載バッテリーに充電できる機構を備えた電気自動車。

LFP (Lithium Ferrophosphate /Lithium Iron Phosphate Batteries : リン酸鉄リチウム電池) :

リチウム電池の一種で、資源が豊富であり安価である鉄とリンを使用しており、コバルトやニッケルなどの非鉄金属を必要としない。熱安定性や安全性に優れる。

クローズド・ループ・リサイクル :

生産時に発生した廃棄物、スクラップ、回収した使用済み製品を同じ品質の部品の材料として再生し、再び同種製品に採用する手法。

電気自動車 (Electric Vehicle : EV) :

BEV と PHEV の総称の意味、つまり PEV と同義的に使用する。一般的に HEV を含む意味で使用される場合があるが、本レポートではそのような意味を含まない。

I 車載用電池の市場動向

2019年のEV用電池の市場規模は、351億6,000万ドルであった。2020年から2027年までのCAGR（年平均成長率）は18.05%と見込まれ、2027年には1,334億6,000万ドルに達すると予想される¹。

EV用電池の世界市場では、中国の寧徳時代新能源科技股（Contemporary Amperex Technology Co. Ltd：CATL）、韓国のLG エナジーソリューション（LG Energy Solution）、日本のパナソニックの3社が世界シェアの約7割を占める、3強体制が定着してきている（図表1、2）。2020年のEV用電池生産量の世界シェアは、1位CATL 24.0%（生産量：34.3GWh）、2位LG エナジーソリューション 23.5%（33.5GWh）、3位パナソニック 18.5%（26.5GWh）、4位BYD 6.7%（9.6GWh）、5位Samsung SDI（サムスンSDI）5.8%（8.2GWh）、であった²。CATL、LG エナジーソリューション、パナソニックはいずれも、販売台数でシェア世界1位のEVメーカーのテスラにリチウムイオン電池を供給している³。

CATLが世界シェア1位となった背景には、EVの販売が世界で最も多い中国市場の成長がある。中国のEV用電池市場では、CATLと比亞迪（BYD）が多くのシェアを占め、中国政府の支援を受けながら、生産能力を増大させている。また、CATLやBYDだけでなく、エンビジョン AESC（Envision AESC）⁴や国軒高科（Gotion High-tech）⁵といった国内メーカーも、価格競争力の高いリン酸鉄リチウムイオン（LFP）電池⁶の生産を通じて、世界シェアを高めようとしている。

一方、LG エナジーソリューション、サムスンSDI、SK イノベーションといった韓国メーカーは、米国市場と欧州市場に注力している。SK イノベーションは2019年には米国ジョージア州で2工場の建設に着工したほか、2020年には生産拠点の拡張を発表している⁷

¹ <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/electric-vehicle-battery-market/>

² <https://koreajoongangdaily.joins.com/2020/12/31/business/industry/battery-lg-energy-solution/20201231161400529.html>

³ <https://insideevs.com/news/488274/sne-research-global-xev-battery-market-2020/>

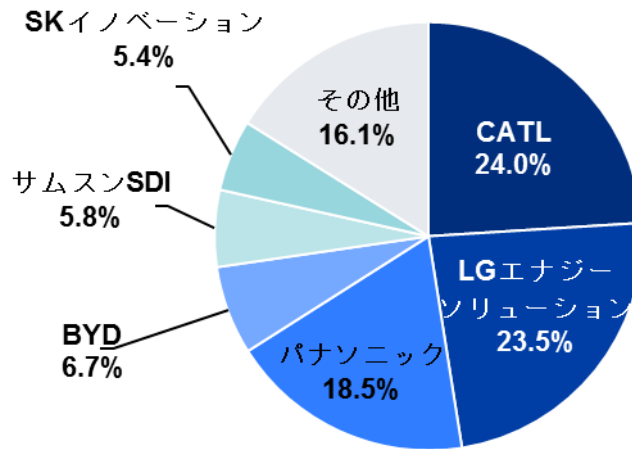
⁴ <https://www.envision-aesc.com/en/>, <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO43182890R00C19A4X12000/>

⁵ <https://www.gotion.com.cn/>

⁶ リチウム電池の一種で、資源が豊富であり安価である鉄とリンを使用しており、コバルトやニッケルなどの非鉄金属を必要としない。熱安定性や安全性に優れる。

⁷ <https://www.georgia.org/newsroom/press-releases/sk-innovation-invest-another-940-million-jackson-county-expansion-create>

図表 1 EV 用電池の世界シェア（2020 年）



出所：SNE Research データをもとにワシントンコア作成⁸

図表 2 EV 用電池の生産量（2019 年～2020 年）

順位	企業名	2019年 (GWh)	2020年 (GWh)	対前年成長率 (%)	2019年市場シェア (%)	2020年市場シェア (%)
1	CATL	32.5	34.3	5.4	27.6	24.0
2	LG エナジーソリューション	12.4	33.5	171.5	10.5	23.5
3	パナソニック	28.8	26.5	△ 8.2	24.4	18.5
4	BYD	11.1	9.6	△ 13.5	9.4	6.7
5	サムスンSDI	4.4	8.2	85.3	3.8	5.8
6	SK イノベーション	2.1	7.7	274.2	1.7	5.4
7	AESC	3.9	3.8	△ 3.1	3.3	2.7
8	CALB	1.5	3.4	127.6	1.3	2.4
9	グオシュアン	3.2	2.5	△ 22.8	2.7	1.7
10	PEVE	2.2	2.0	△ 8.1	1.9	1.4

出所：SNE Research ⁹

II 主要な電池メーカーの動向

EV 用電池においては、自動車メーカー（OEM）が内製するのではなく、電池メーカーが提携する大手 EV メーカー向けの製造を行うサプライチェーンが確立されている。EV の生産増加により、アジアを拠点とする電池メーカーもまた、その生産を拡大している。特にリチウムイオン電池の生産においては中国の台頭が顕著であり、75%のシェアを中国製が占めるとされている¹⁰。また今後の EV 市場成長に伴い、低炭素化の法制度や市場の整備が進む欧州での EV 用電池の生

⁸ <https://insideevs.com/news/488274/sne-research-global-xev-battery-market-2020/>

⁹ 同上

¹⁰ https://www.wsj.com/articles/u-s-mounts-a-charge-to-take-on-china-the-king-of-electric-vehicle-batteries-11611658235?mod=hp_lead_pos11

産拡大が見込まれている。一方、米国では、テスラとパナソニックの提携によるネバダ州の工場を筆頭に、LG エナジーソリューション、サムスン SDI、SK イノベーションなど韓国の電池メーカーが OEM との提携や合弁事業による工場での生産を展開、あるいは新設の計画を進めている。

2020 年の大統領選を経て新政権を迎えた米国では、バイデン大統領がクリーンエネルギーや気候変動に関する積極的な政策を主導するとみられている¹¹。同政権が掲げる政策案では、米国を世界のクリーンエネルギーのリーダーとすべく、電池などのクリーンエネルギー貯蔵技術などに対する研究開発や活用への多額の政府投資を求めている¹²。就任間もない 2021 年 1 月には気候変動対策の政府方針を掲げた大統領令に署名したが、その中には連邦政府が約 60 万台の米国で生産されたゼロエミッション車（有害物質の排出がないゼロエミッション車：ZEV）を調達することでグリーン雇用を創出するという内容が含まれた¹³。またカリフォルニア州をはじめとした複数の州による、新車の乗用車全てを ZEV にすることを義務付ける政策の導入も、米国での EV 普及および電池需要を加速させるとみられている。

米国製 EV 用電池の生産に本格的に取り組む電池メーカーは、大手 OEM との関係強化のため、合弁事業の設立などを通して、工場新設や研究開発などの生産能力の拡大に取り組んでいる。EV 普及には、電池の低コスト化が不可欠である。過去 10 年で大幅に低下したりチウムイオン電池の価格は今後もさらなる低コスト化が進むとみられ、2020 年時点で \$137/kWh のリチウムイオン電池パックの平均価格が、2023 年までには \$101/kWh と、ガソリン車と拮抗する価格帯になるとの試算もある¹⁴。そうした中、電池メーカーにとって OEM との協働は、安定した収入源を確保し、生産能力を拡大するための手段として、また OEM にとっては製造・物流コストを抑制し、電池の量産化を図るとともに、技術的な側面からも関与するための手段として、それぞれ有効である。

最近、EV 最大手のテスラが電池を内製化する動きをさらに進めている。同社のイーロン・マスク最高経営責任者（CEO）は 2020 年、パナソニックなどのサプライヤーから継続して電池（セル）を購入する一方で、コスト低下させつつ需要に確実に対応するため、独自のセル技術と生産能力の構築にも取り組んでいると明らかにした。テスラが開発する新型の高容量リチウムイオン電池「4860」はタブレス構造を特徴とし、乾式電極には主にニッケルを使用している。テスラは、電池の内製化を通じて数年以内に航続距離を 54%向上するとともに、1kWh 当たりのコストを

¹¹ <https://electrek.co/2021/01/27/egeb-big-initiatives-biden-energy-climate/>

¹² <https://electrek.co/2021/01/25/president-biden-will-make-entire-645k-vehicle-federal-fleet-electric/>

¹³ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/01/27/fact-sheet-president-biden-takes-executive-actions-to-tackle-the-climate-crisis-at-home-and-abroad-create-jobs-and-restore-scientific-integrity-across-federal-government/>

¹⁴ブルームバーグ・ニュー・エナジー・ファイナンス（BNEF）による試算。

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-16/electric-cars-are-about-to-be-as-cheap-as-gas-powered-models#:~:text=The%20average%20price%20per%20kilowatt,than%20%241%2C100%20per%20kilowatt%2Dhour.>

56%、1GWh 当たりの製造設備投資を 69%削減することを目標として掲げている¹⁵。また同社は 2022 年に 100GWh、2030 年に 3TWh まで生産能力を上げる計画である¹⁶。BNEF は、2020 年における同社製電池パックのコストは\$115/kWh と試算していることから、そのコスト削減目標を達成できた場合、約\$50/kWh までコストが低下する見通しとなる¹⁷。

米自動車メーカーのゼネラルモーターズ (GM) も電池の自社生産に動いている。GM は 2020 年 11 月、2025 年までに世界で新たに 30 車種の電気自動車を販売することを発表した。これらの電気自動車には、同社が 2019 年に LG エナジーソリューションと設立した合弁会社、アルティウム・セルズ (Ultium Cells) の電池「アルティウム (Ultium)」が搭載される (詳細は後述)。GM は、改良された電池を使用することで、現行製品と比較したエネルギー密度を 2 倍、コストを 60%削減した上で、1 回の航続距離を最大 450 マイル (約 724 キロメートル) にまで改善することを 2025 年頃までの目標としている¹⁸。GM は「アルティウム」の試作段階で数百回のサイクル試験を完了しており、2025 年頃までに量産することを目標としている。同研究開発は主に米国ミシガン州のグローバル技術センター (Global Technical Center) 内の化学・材料システム研究室 (Chemical and Materials Systems Lab) で行われており、次世代「アルティウム」開発のために、2021 年、新たに電池技術開発研究室 (Battery Innovation Lab) と製造技術センター (Manufacturing Technology Center) を建設する予定である¹⁹。

このようにテスラや GM といった米国をリードする大手 EV メーカーは、電池の内製化に取り組み始めており、従来の EV 用電池を巡るサプライチェーンにも影響を及ぼす可能性があることから、今後の動きが注目されている。

一方、米国では新興企業の動きも活発化している。今後の EV 市場の成長を見込む米国の金融業界や投資家は新興電池メーカーに注目しており、これらの企業への投資活動も活発になっている。注目される新興電池メーカーとしては、2021 年 1 月に 5 億 9,000 万ドルの資金調達を発表した、シリコンバレーを拠点とするシラ・ナノテクノロジーズ (Sila Nanotechnologies) が挙げられる²⁰。さらに、カリフォルニア州でリチウムイオン電池の技術開発を手がけるロメオ・パワー (Romeo Power) は 2020 年に上場したほか、カナダに本社を置く資源会社のリチウム・アメリカ (Lithium America) はネバダ州にてリチウム事業を進めており、その資金調達のために 4 億ドル相当の株式を公募で売却している²¹。これらの新興企業への資金の多くは、工場建設や電池製造プロセスの効率化につながる事業に向けられている。

¹⁵ <https://www.evaluationengineering.com/industries/automotive/article/21157058/tesla-battery-daytaking-evs-to-the-next-level>

¹⁶ <https://www.greentechmedia.com/articles/read/tesla-battery-day-cost-reduction-three-years>

¹⁷ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-16/electric-cars-are-about-to-be-as-cheap-as-gas-powered-models>

¹⁸ <https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2020/nov/1119-electric-portfolio.html>

¹⁹ 同上

²⁰ <https://electrek.co/2019/04/16/mercedes-benz-li-ion-battery/>

²¹ <https://www.lithiumamericas.com/resources/pdf/investors/financials/2017/Q3September302017.pdf>

以下では、市場をリードする大手電池メーカーによる米国での事業を中心とした動向、および新興電池メーカーの動きにわけ、それぞれ主な企業例を挙げて紹介する。

1. パナソニック：テスラの主要電池サプライヤーとして米市場を牽引

大容量電池メーカーとして世界で事業を展開するパナソニックは、米大手 EV メーカー、テスラの主要な電池サプライヤーであり、世界最大の電池工場とされる米国ネバダ州のギガファクトリー1にてテスラと共同で EV 用電池を生産している。2022年3月までに自動車事業の売り上げを220億ドルにする計画であり、EV用電池の事業は重要な位置付けとなっている²²。

パナソニックは2010年1月、テスラに EV 用リチウムイオン電池を供給することを発表して以来²³、4年間で8万台以上の EV にリチウムイオン電池を供給する契約を同社と締結したほか、EV 用に最適化された、ニッケルを正極材に用いた電池の共同開発などを進めてきた²⁴。同社は2016年12月より、ネバダ州のギガファクトリー1で EV 用リチウムイオン電池の生産を開始した。このテスラ向け新規 EV 用リチウムイオン電池のセルは、直径21mm×長さ70mmであることから「2170」と呼ばれ、従来の直径18mm×長さ65mmの「18650」より電気容量が大きく、EV 用電池として性能が最適化されている²⁵。さらにパナソニックは、テスラ向けの EV 用電池「4680」の生産を、2021年にも開始できるとしている²⁶。同 EV 用電池「4680」のサイズは直径46mm×長さ80mmで、「2170」よりも大型であるため、エネルギー密度と出力が高いとされる。また、生産効率を高めており、コストの低減が見込まれている²⁷。

両社は2020年6月、ネバダ州のギガファクトリー1でのリチウムイオン電池の生産に関する3年間の価格契約を締結した²⁸。パナソニックは、ギガファクトリー1への1億ドルの投資によって生産能力を10%増加させ、年間生産能力を39GWhへと拡大する予定である²⁹。

²² <https://www.ti-insight.com/ereports/electric-vehicle-supply-chain-architecture/leading-battery-manufacturers/leading-battery-manufacturers-panasonic/>

²³ <https://www.fastcompany.com/1509266/tesla-teams-panasonic-ev-batteries>

²⁴ <https://www.tesla.com/blog/panasonic-enters-supply-agreement-tesla-motors-supply-automotivegrade-battery-c>

²⁵ <https://www.greentechmedia.com/articles/read/tesla-and-panasonic-kick-off-battery-production-at-the-gigafactory>

²⁶ <https://insideevs.com/news/464582/tesla-4680-battery-cell-production-panasonic/>

²⁷ <https://cleantechica.com/2020/09/22/everything-you-need-to-know-about-teslas-new-4680-battery-cell/>

²⁸ <https://www.reuters.com/article/uk-tesla-panasonic/tesla-signs-three-year-pricing-deal-with-battery-cell-maker-panasonic-idUKKBN23N3I7>

²⁹ <https://www.electrive.com/2020/08/20/panasonic-boosts-tesla-battery-production-with-100m/>

2. LG エナジーソリューション (LG 化学) : GM との合併設立で米事業拡大へ

LG エナジーソリューションは、2020年12月に韓国化学メーカー大手のLG化学の電池事業部門を引き継ぐ形で発足した、同社子会社である（本報告書ではLG化学の電池事業部門の実績も含めLGエナジーソリューションとして記述）。LGエナジーソリューションは韓国ソウル市に本社を置き、従業員は全世界で約2万2,000人（韓国：約7,000人、海外：約1万5,000人）を雇用する³⁰。LG化学の電池事業部門の2019年の売上高は約73億ドル（8兆2000億ウォン）であったが、2024年までに約4倍の270億ドル（30兆ウォン）の売り上げを目指す³¹。

LGエナジーソリューションはこれまで米大手自動車メーカーGMとの連携を進めたほか、オバマ政権時の支援策の恩恵を得て工場を新設することで米国市場参入を果たした。同社は2008年にGMとEV用リチウムイオン電池の供給契約を締結し、2011年にはGMの主力EVであるシボレー「ボルト (Volt)」向けリチウムイオンの生産拠点として3億300万ドルを投資し、ミシガン州ホランドに約5万6,000平米の工場を建設した³²。新工場設立にあたっては連邦政府以外に州政府からも多額の資金援助や税控除を受けており、工場の完成式にはオバマ大統領も参加している³³。またバイデン政権下でエネルギー長官に就任したグランホルム氏は、ミシガン州知事であった当時、同州を「車載用電池のグローバル・ハブ」として成長させる戦略を掲げており、同社の工場誘致はその柱となっていた³⁴。その後2017年には電池パックの組み立てライン拡大のため、約10万平米の増設を発表した³⁵。

LGエナジーソリューションとGMは2019年12月、23億ドルを投資して合併会社アルティウム・セルズを設立し、オハイオ州ローズタウンに年間30GWh以上の生産能力を持つ電池組み立て工場を建設。同工場は2022年初頭までに稼働を開始する予定で、1,100人の新規雇用を見込む³⁶。またアルティウム・セルズでは、GMのEV向けに新型リチウムイオン電池であるNCMA（ニッケル、コバルト、マンガン、アルミニウム）電池を生産する。NCMA電池の正極は、ニッケル含有率が90%、コバルト含有率が5%以下となっている。ニッケルの含有率を高くすることで、エネルギー密度が高まり、1回の充電で約373マイル（約600キロメートル）の走行が可能となる。また、コバルトの含有率を下げ、その代替としてアルミニウムを利用することでコストを低減する³⁷。なお、2021年にGMが発売予定の新型EVピックアップトラック

³⁰ <https://insideevs.com/news/457743/lg-chem-officially-launched-lg-energy-solution/>

³¹ <https://www.i-micronews.com/lg-energy-solution-launches-aiming-for-won-30tr-revenue-by-2024/>

³² <https://www.reuters.com/article/gm-volt-idUSN2239779020081022>

³³ <https://www.reuters.com/article/us-lg-chem-batteries-usa-exclusive-idUSKCN1U60KZ>

³⁴ https://www.mlive.com/business/west-michigan/2010/03/lg_chem_to_build_1st_north_ame.html

現政権の低炭素化、クリーンエネルギー政策の柱となるEVの導入促進と技術開発において、自動車業界との連携を強化させることが期待されている。

³⁵ https://www.mlive.com/business/west-michigan/2017/02/lg_chem_battery_plant_expansio.html

³⁶ <https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2019/dec/1205-lgchem.html>

³⁷ https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2020/12/133_301037.html

クには、まず LG エナジーソリューションの工場で生産した電池が供給され、その後新合弁会社で量産した電池が供給される計画となっている。

また、LG エナジーソリューションは GM 以外の米 EV メーカーとも連携を強めている。例えば 2020 年 2 月には、ニュージャージー州ニューアークを拠点とする EV 新興メーカーのルシード・モーターズ (Lucid Motors) と、円筒型リチウムイオン電池セルのサプライヤー契約を締結した。同社韓国工場で生産した電池は、ルシードのアリゾナ州工場 (生産能力 2 万台) で生産される車両に供給される³⁸。

テスラとは 2020 年 1 月に提携³⁹し、2021 年から生産開始予定の「モデル Y」に NCMA を正極材とした電池を供給⁴⁰。2020 年 10 月には、円筒形電池の生産能力を 3 倍に増強すると発表した。円筒型電池はテスラが採用し、エネルギー密度が高く、安価であることから、EV の市場拡大に伴う需要増加が見込まれている型であり、同社製品はすでに中国上海市のギガファクトリー 3 で、長距離走行向けに採用されている⁴¹。LG エナジーソリューションは、米国や中国、韓国などでの事業拡大を通じて、EV 用電池の生産量を 2023 年までに現在の約 2 倍となる 260GWh に拡大するという目標を発表しているが、こうした積極的な戦略は、主に米国市場での需要成長に対応した生産拡大を目指すテスラへの供給に応じるためのものとみられている⁴²。

米国での合弁事業参画と生産拠点の開設は、韓国サプライヤーの米市場参入にもつながっている。例えば、韓国の製鉄企業ポスコ (Posco) の一部門であるポスコケミカル (Posco Chemical) は 2020 年 12 月、電池素材である正極材をアルティナム・セルズへ供給する契約を締結した。業界の専門家は、本契約は今後 3~4 年間で 46 億ドル相当の事業になる可能性があると分析している⁴³。

3. サムスン SDI : ミシガン州の工場を拠点に今後展開

サムスン SDI は、韓国最大の財閥であるサムスングループに属し、自動車用電池、小型リチウムイオン電池、エネルギー貯蔵装置 (Energy Storage System : ESS)、電子部品などの製造販売を行っている⁴⁴。本社を韓国の龍仁 (ヨンイン) 市に置き、韓国以外では 11 カ国に生産拠点と販

³⁸ <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2020&no=198667>

³⁹ <https://www.reuters.com/article/us-tesla-china-catl/tesla-partners-with-lg-chem-catl-for-battery-supply-idUSKBN1ZT16G>

⁴⁰ <https://www.electrive.com/2020/02/03/lg-chem-catl-to-supply-teslas-batteries-in-china/>

⁴¹ <https://www.electrive.com/2020/10/22/lg-chem-to-triple-cylindrical-battery-cell-production/>

<https://insideevs.com/news/449856/lg-chem-230-gwh-battery-annually-2023/>

ドイツの自動車メーカーでは角型およびラミネート型電池を多用しているのに対し、テスラは主として円筒形電池を採用

⁴² <https://www.reuters.com/article/us-lg-chem-tesla-batteries-exclusive-idUSKBN28B3R9>

⁴³ <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2020&no=1270594>

⁴⁴ <https://www.samsungsdi.com/business.html>

売拠点を持つ⁴⁵。2020年の売上高は約100億ドル（11兆2,950億ウォン）であった⁴⁶。

同社は、EV用電池における初の顧客となったBMWグループとの間で、2021年から2031年までの10年間、32億ドルに相当するリチウムイオン電池セルを供給する契約を締結した。サムスンSDIは2014年から、BMWの電気自動車「i3」の電池を独占的に供給している⁴⁷。BMWグループは2025年までに12車種の完全電気自動車（BEV）を含む25車種の電動化モデルを発売する予定である。

さらに2019年1月には、オートバイメーカーであるハーレーダビッドソン（Harley-Davidson）の初の電動バイク「LiveWire」に同社の電池が採用されたことを発表した。「LiveWire」は、2014年よりハーレーとサムスンSDIが共同で開発し、初代モデルは1回の航続距離が60マイル（約97キロメートル）であったが、その後約2倍となる110マイル（約177キロメートル）まで性能を改善させた⁴⁸。

そのほかにも2019年7月、自動車メーカーのボルボグループとの間で、電動トラック用電池パックの共同開発に関する戦略的提携を締結した。サムスンSDIは、ボルボグループの電動トラックに搭載するための電池とモジュールを提供する⁴⁹。

サムスンSDIは現在、米国ミシガン州オーバーンヒルズでのEV用電池の工場設立を進めている。投資額は6,270万ドルで、同社にとって初のEV用電池の量産工場となる。設立にあたってはミシガン州のミシガン戦略ファンド（Michigan Strategic Fund）からの補助金1,000万ドルのほか、同州や自治体から税優遇措置を受けている。2024年までに工場長、エンジニア、生産ラインの作業員などを含めて400人以上を雇用する予定である⁵⁰。

同社はまた、全固体電池の研究開発にも取り組んでいる。この詳細については、第3章にて記述する。

4. SK イノベーション：フォード・VW サプライヤーとしてジョージア州工場に投資

SK イノベーションは、電池および石油製品の製造販売を行う企業である。韓国ソウルに本社を置き、韓国以外には13か国に拠点を持つ。主な事業として、電池事業、石油化学事業、電子材

⁴⁵ <https://www.samsungsdi.com/about-sdi/global-network.html>

⁴⁶ <https://www.samsungsdi.com/ir/financial-information/earning-releases.html>

⁴⁷ <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=972148>

⁴⁸ <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=28126>

⁴⁹ <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=34076>

⁵⁰ <https://www.craigslist.com/real-estate/samsung-signs-lease-627-million-battery-plant-hq-auburn-hills>

料事業、石油精製事業、化学事業、潤滑剤事業がある。2019年における総売上は約446億ドル（49兆8,765億ウォン）、営業利益は約11億ドル（1兆2,693億ウォン）。従業員数は2,038名である⁵¹。

SK イノベーションは2018年11月、フォルクスワーゲンの北米にある生産施設におけるEV用電池のサプライヤーに選ばれ、2022年から同社への電池供給を開始する⁵²。

また同社は2019年5月に、電動ピックアップトラック向けの電池生産でのフォードとの提携を発表した。ピックアップトラックは荒地での走行に対応した安定性が求められるため、電池パックとモジュールの設計を工夫することが必要となる。また、荷台があるため電池を搭載するための空間が限られており、電池のエネルギー密度を上げることも要件となる⁵³。

こうした米国向けの供給を支えるために、ジョージア州における一連の工場建設を進めている。2019年3月に同州ジャクソン郡で着工したEV用電池の第1工場は、2022年に量産を開始する予定で、その年間生産能力は9.8GWhである⁵⁴。同工場では、2,000人以上の雇用が創出されると見込まれており⁵⁵、既述した同社の提携OEMであるフォルクスワーゲンのEV、およびフォードの電動ピックアップトラック向けの電池を供給する予定である。また2020年7月に着工し、2023年に量産を開始させる予定である第2工場に対しては、2020年6月に9億4,000万ドルの追加投資と600人の追加雇用を行うことを発表した。その結果、同社による投資総額は26億ドルに上り、ジョージア州として最大規模の経済開発プロジェクトとなっている⁵⁶。2つの工場が完成する2023年には、欧州系、韓国系完成車メーカーなどのEV年間31万台分のリチウムイオン電池の生産能力を有し、その年間総生産能力は21.5GWhに達する見込みである⁵⁷⁵⁸。ジョージア州では従来、フォードやGMなどの米大手自動車メーカーの工場が稼働していたが、近年その閉鎖や移転が相次いでいた。しかしその一方で韓国メーカーの起亜が新たに工場を開設したほか、ポルシェやメルセデスベンツといった高級車ブランドの北米本社が立地するなど、自動車産業とのつながりはいまだに強い。SK イノベーションの工場誘致の背景には、EV用電池においてもそ

⁵¹ <http://eng.skinnovation.com/company/overview.asp>

⁵² <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-nominates-further-battery-cell-supplier-4374>

⁵³ https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2020/05/419_289551.html

⁵⁴ <https://en.yna.co.kr/view/AEN20200428013051320>

⁵⁵ <https://www.businesswire.com/news/home/20181203005133/en/SK-Innovation-Announces-New-Battery-Manufacturing-Plant-in-Georgia>

⁵⁶ <https://www.prnewswire.com/news-releases/sk-innovation-increases-planned-investment-in-us-ev-battery-business-to-2-5-billion-301049140.html>

⁵⁷ <https://www.prnewswire.com/news-releases/sk-innovation-increases-planned-investment-in-us-ev-battery-business-to-2-5-billion-301049140.html>

⁵⁸ <https://www.bizjournals.com/atlanta/news/2020/06/30/sk-innovation-georgia-electric-vehicle-plant.html>
<https://www.georgia.org/newsroom/press-releases/sk-innovation-invest-another-940-million-jackson-county-expansion-create>

の位置付けを維持したいという州知事の意向もあった⁵⁹。

SK イノベーションは北米市場でのさらなるプレゼンス拡大を狙い、フォルクスワーゲンとの合弁事業を米国に設立することを検討していると報じられている（2020年11月時点）。バイデン政権の発足を踏まえた今後の米国でのEV需要拡大が見込まれるなか、SK イノベーションは米国での事業拡大を積極的に模索しており、フォルクスワーゲン以外のEVメーカーと合弁設立に動いてもおかしくないという業界関係者の見方も出ている⁶⁰。

<最新動向>

韓国系競合であるLG エナジーソリューションが営業機密の侵害で同社を訴えていた件について、米国国際貿易委員会（U.S. International Trade Commission : ITC）は2021年2月、SK イノベーションに米国への輸入禁止命令を下した。これにより、ジョージア州にある同社の電池工場からの部品調達ができなくなることから、同命令の猶予期間中にLG エナジーソリューションとの和解を探ることになる。

LG エナジーソリューションは、SK イノベーションが同社の営業要員や技術者を多数引き抜き、EV用電池の技術や顧客を奪ったことが営業機密の侵害にあたるとしてITCに提訴していた。ITCはLG側の主張を認め、SK イノベーションに対象製品の米国への輸入の10年間禁止を命じた。ただし、既述のとおり同社と契約するフォードへは4年間、フォルクスワーゲンへは2年間、供給を継続できる。ITCは事実上の猶予期間を設定し、両社の和解を促した形となっており、両社は今後、和解に向けて交渉を始める見通しである⁶¹。

ITCの判決を受けてフォードの最高経営責任者(CEO)であるジム・ファーリー氏は、両社の和解を求めた⁶²。またジョージア州のブライアン・ケンプ知事は、バイデン大統領に対し、今回のITC判決に拒否権を発動するよう求めた⁶³。最終的に、SK イノベーションがLG エナジーソリューションに対して18億ドルを支払うことで両社が和解したことが4月11日に発表された。また、両社は米国と韓国で現在係争中の全ての訴訟を取り下げ、今後10年間は互いに訴訟を提起しないことにも合意した⁶⁴。

⁵⁹ <https://www.ajc.com/news/local-govt--politics/innovation-starts-constructing-battery-plant-bet-georgia/FegCubdjWmSX7aunMvCsVL/>

⁶⁰ <https://www.kedglobal.com/newsView/ked202011250006>

⁶¹ <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/LG-wins-key-EV-battery-dispute-against-SK-Innovation-in-US>

⁶² <https://www.reuters.com/article/us-lg-chem-sk-innovation-ford-motor/ford-ceo-calls-for-settlement-between-lg-chem-sk-innovation-idUSKBN2AB2FH>

⁶³ <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=60539>

⁶⁴ <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/04/ee78a5d7e3730bb9.html>

5. CATL : 世界トップシェア、生産拠点は中国・欧州を維持

CATLは、2011年に設立された世界最大の車載用電池メーカーである。中国福建省寧徳市に本社を置き、4カ所の研究開発センター（中国：寧徳市、瀋陽市、上海市、ドイツ：ミュンヘン）と5カ所の生産工場（中国：寧徳市、西寧市、瀋陽市、宜賓市、ドイツ：エアフルト）を持つ⁶⁵。同社はトヨタやホンダ、BMW、フォルクスワーゲン、ダイムラー、ボルボなどにEV用電池を提供しており⁶⁶、2020年第3四半期の売上高は18億9,000万ドル、純利益は2億1,000万ドルであった⁶⁷。また、2019年の電池生産量は40.25GWhであった⁶⁸。

CATLは中国や欧州を拠点に生産を拡大してきた。欧州ではドイツのエアフルトに欧州最大級の電池工場の設立を計画しており、2021年より生産を開始する予定である。また直近では2021年1月に、59億ドル（390億人民元）を投資して中国国内3拠点に工場を建設する計画を明らかにした。その内訳としては、福建省寧徳市の工場に26億ドル（170億人民元）、江蘇省瀋陽市の工場に18億ドル（120億人民元）、四川省宜賓市の工場拡張に15億ドル（100億人民元）となっている。CATLはEV用電池の世界シェア拡大を目指しており、この投資により40%の売上増加を見込んでいる⁶⁹。

このように同社の製造拠点は中国、欧州であるが、販売拠点の設立や米国の大手EVメーカー、テスラとの提携などにより、近年は北米での販路の確立とその拡大に取り組んでいる。CATLは2018年12月、ミシガン州デトロイトに北米で最初となる販売・サービス拠点を設立し⁷⁰、米国自動車メーカー向けのEV用電池の供給を開始した。デトロイトの販売・サービス拠点は、2018年5月の日本法人設立に続き、同社にとって4番目の海外拠点となる。同拠点の設立を機に北米の自動車メーカーとの距離を縮め、効率良く現地のニーズに対応することで、北米市場でのEV用リチウムイオン電池事業の拡大を進めている⁷¹。

近年CATLはテスラとの関係を強化している。2020年2月、テスラと2年間のEV用電池の供給契約を締結し、2020年7月から2022年6月までの間、中国政府が初めて外資による単独出資を認めた上海市の生産拠点であるギガファクトリー3に、テスラが需要に応じて購入量を決定するかたちでEV用電池を供給する⁷²。テスラはギガファクトリー3で1週間当たり1,000台を生産しているが、今後2倍の2,000台まで拡大する予定である。これまで、テスラの電池やモー

⁶⁵ <https://www.catl.com/en/about/profile/>

⁶⁶ <https://www.reuters.com/article/us-autos-batteries-factbox-idUSKBN1Y02JG>

⁶⁷ <https://insideevs.com/news/451599/catl-increases-sales-net-profits-q3-2020/>

⁶⁸ https://www.catl.com/en/uploads/1/file/public/202009/20200914211844_isu5va488a.pdf

⁶⁹ https://www.just-auto.com/news/catl-to-build-3-ev-battery-plants-in-china_id199532.aspx

⁷⁰ <https://www.catl.com/en/news/455.html>

⁷¹ <https://www.prnewswire.com/news-releases/catl-opens-first-north-american-base-strengthening-presence-in-us-market-300761936.html>

⁷² <https://www.teslarati.com/tesla-catl-giga-shanghai-partnership-confirmed/>

ターを含む構成部品の現地調達率は約 30%と限定的であったが、今後は上海工場を拠点に、中国市場向けの調達を現地にシフトするとみられている⁷³。

CATL は 2020 年 5 月、テスラが共同で、長寿命で低コストの EV 用電池「ミリオンマイルバッテリー」を開発していることが明らかとなった。「ミリオンマイルバッテリー」は走行距離 100 万マイル（約 160 万キロメートル）以上の使用に耐えることができ、また低コストのためガソリン車と同水準での販売が可能となる。既述した中国上海工場で生産されるテスラ「モデル 3」より導入される予定で、将来的には米国産の車両にも採用される⁷⁴。

テスラは 2020 年 10 月、中国で生産する「モデル 3」の値下げを発表。米ブルームバーグによると、対象となるモデルでは、CATL の生産する正極にコバルトを含まないリン酸鉄リチウムイオン電池（LFP 正極）を新たに採用したという。コバルトは採掘時の児童労働の使用やその限られた埋蔵量などが問題視されており、EV 用電池メーカー各社はコバルトフリー化の技術開発に取り組んでいる（コバルトフリー電池の動向は本報告書 3 章を参照）。

6. 新興企業の動き

今後の米国製 EV 用電池市場の成長への期待を背景に、電池サプライチェーンを形成する新興企業への注目が高まっている。これらの企業は主に、より高性能で低コストの電池素材（材料）の開発や製造プロセスの設計を手がけており、今後の米国電池市場サプライチェーンを支える重要な役割を果たすとみられる。また、商用車向け電池パックなど、ニッチ市場をターゲットとした商品開発やマーケティングにより、大手電池メーカーとの差別化を図っている。以下では、代表例として、近年、民間の投資機関や政府の助成金などによる資金調達に成功して生産拠点や販路を広げ、米国で注目される新興企業を紹介する。

(1) シラ・ナノテクノロジーズ (Sila Nanotechnologies)

シラ・ナノテクノロジーズ（以下シラ・ナノ）は、カリフォルニア州アラメダに本社を置くシリコンバレーのスタートアップ企業で、元テスラのエンジニアのジーン・ベルディチェフスキー（Gene Berdichevsky）氏が 2011 年に設立した⁷⁵。同社は電子機器や EV に用いられるリチウムイオン電池に用いられる、エネルギー密度を高める機能性素材の設計および製造を手がける⁷⁶。

<技術>

⁷³ <https://www.nasdaq.com/articles/tesla-signs-battery-supply-agreement-with-chinas-catl-2020-02-03>

⁷⁴ <https://www.futurecar.com/3928/Tesla-is-Working-on-a-New-Million-Mile-Battery-That-Will-Lower-the-Cost-of-its-Electric-Vehicles>

⁷⁵ <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2021/01/26/sila-nano-hauls-in-590-million-to-make-materials-for-better-electric-car-batteries/?sh=18ef40977089>

⁷⁶ <https://silanano.com/leadership-team/>

シラ・ナノは、グラファイト電極を完全にシリコン主体の複合素材に置き換えるため、シリコン系負極材を製造している⁷⁷。同社がシリコン系負極材に注目しているのは、多くのリチウムイオンを貯蔵でき、電池のエネルギー密度を高め、同じ体積でより多くのエネルギーを蓄える安価な電池の製造が可能となるため。同素材は電池の製造プロセスや装置を変更することなく、グラファイトから置き換えることができるよう設計されている⁷⁸。

シラ・ナノは、競合他社の製品と比較して EV 用電池の容量を 20% 増大させたと主張している⁷⁹。バルディチェフスキー氏によると、新電池素材の開発には 8 年間で 3 万 5,000 回の試験を要したという。また同社は、2021 年時点で、電池容量を最大 50% 増大させる目標を掲げている⁸⁰。

<資金調達>

シラ・ナノは 2018 年 8 月、米ベンチャーキャピタルのサッター・ヒル・ベンチャーズ (Sutter Hill Ventures) が主導し、シーメンスのベンチャー企業 Next47 や新能源科技 (Amperex Technology Limited : ATL) が参加したシリーズ D 資金調達ラウンドにて、7,000 万ドルを確保した⁸¹。

また 2019 年 4 月には、大手自動車メーカーダイムラーが主導する投資によって 1 億 7,000 万ドルを獲得し、高性能シリコン負極材を材料とする製品の商品化を目指す⁸²。ダイムラーは、シラ・ナノの少数株主持分を取得するとともに取締役会に加わった⁸³。

さらに直近では 2021 年 1 月、米ヘッジファンドのコーチュー・マネージメント (Coatue Management) が主導する資金調達ラウンドにて 5 億 9,000 万ドルを確保した。これによりシラ・ナノの企業価値評価額は推定 33 億ドルまで上昇し、その総資金調達額は約 9 億 3,000 万ドルとなった⁸⁴。

<工場・生産計画と企業連携>

シラ・ナノは 2018 年に電池材料の生産ラインを初めて建設した。この生産ラインは 50MWh

⁷⁷ <https://techcrunch.com/2021/01/26/sila-nanotechnologies-raises-590m-to-fund-battery-materials-factory/>

⁷⁸ <https://techcrunch.com/2021/01/26/sila-nanotechnologies-raises-590m-to-fund-battery-materials-factory/>

⁷⁹ <https://electrek.co/2019/04/16/mercedes-benz-li-ion-battery/>

⁸⁰ <https://www.electrive.com/2021/01/28/sila-nano-collects-590-million-for-100-gwh-plant/>

⁸¹ <https://silanano.com/news/battery-start-up-sila-nano-raises-70m-from-siemens-and-japans-atl-financial-times/>

<https://silanano.com/news/sila-nano-series-d-funding/>

⁸² <https://electrek.co/2019/04/16/mercedes-benz-li-ion-battery/>

<https://silanano.com/news/daimler-leads-170m-investment-in-sila-nanos-next-generation-battery-tech-greentech-media/>

⁸³ <https://www.pnewswire.com/news-releases/daimler-teams-up-with-sila-nanotechnologies-on-next-generation-lithium-ion-battery-materials-300832917.html>

⁸⁴ <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2021/01/26/sila-nano-hauls-in-590-million-to-make-materials-for-better-electric-car-batteries/?sh=18ef40977089>

分のリチウムイオン電池に相当する電池材料の供給が可能である⁸⁵。また、シラ・ナノが 2021 年 1 月に資金調達した際、米国で工場を建設し、2024 年より 100GWh 分のスマートフォンや自動車向けの電池素材の生産を開始する計画を発表した。この新工場は EV 用電池の負極材を 2025 年より出荷する予定である。またシラ・ナノは 2021 年に 100 人の従業員を新規雇用するとしている⁸⁶。

シラ・ナノは、自動車事業で BMW、ダイムラー、電池事業で ATL のほか、サムスン、ジョージア工科大学などと提携関係を築いている⁸⁷。BMW は 2018 年 3 月に、シラ・ナノが開発した EV 市場向けのシリコン系負極材を供給するため、同社と長期提携をすると発表⁸⁸。また、ダイムラーとは 2019 年 4 月に、既述のとおりシラ・ナノの少数株主持分を取得することで戦略的提携関係を結び、メルセデスベンツの次世代 EV 向けのシラ・ナノのリチウムイオン電池技術の開発と実用化を加速させている⁸⁹。

(2) ロメオ・パワー (Romeo Power)

ロメオ・パワーは、エネルギー密度の高いリチウムイオン電池の設計、開発、生産を行っており、南カリフォルニアに面積 11 万 5,000 平方フィート (1 万 700 平米)、生産容量 8GWh の工場を持つ⁹⁰。EV 用電池の新興企業であるロメオ・パワーは、テスラ、スペース X (SpaceX)、アマゾン、アップル、そしてサムスンの元関係者によって 2016 年に設立された。

ロメオ・パワーは、長距離バスやゴミ収集車、配達車といった、クラス 1 からクラス 8 までの商用トラック向け電池パックの生産に注力している⁹¹。特に北米の商用車 (クラス 4 からクラス 8 のトラックとバス)、並びに欧州の高性能車や小型・中型・大型商用車という、2 つの市場に着目している⁹²。

<技術>

ロメオ・パワーは電池エンジニアと生産技術の専門家からなる 60 名以上の技術者チームを抱え、独自のアルゴリズムによる電池管理システム (Battery Management System : BMS) を用いて製品の安全性、性能、寿命の最適化に取り組んでいる。同社は、競合他社の製品と比較して、重量密度と体積密度の両方を 20~30%向上させていると主張している⁹³。さらに、安全性を重

⁸⁵ <https://techcrunch.com/2021/01/26/sila-nanotechnologies-raises-590m-to-fund-battery-materials-factory/>

⁸⁶ <https://www.electrive.com/2021/01/28/sila-nano-collects-590-million-for-100-gwh-plant/>

⁸⁷ <https://silanano.com/leadership-team/>

⁸⁸ <https://www.prnewswire.com/news-releases/sila-nano-announces-partnership-and-materials-technology-for-next-generation-of-lithium-ion-batteries-300609356.html>

⁸⁹ <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Teams-Up-with-Sila-Nanotechnologies-on-Next-Generation-Lithium-ion-Battery-Materials.xhtml?oid=43083612>

⁹⁰ <https://romeopower.com/>

⁹¹ <https://investorplace.com/2021/02/rmo-stock-well-positioned-look-on-dip/>

⁹² <https://www.romeopower.com/products>

⁹³ <https://romeopower.com/>

視した厳格な製造プロセスと、自動車市場ニーズに合わせた電池構造の開発に力を入れている⁹⁴。

<資金調達>

同社は2019年5月、米国の大手自動車部品サプライヤーであるボルグワーナー (BorgWarner) から、同社との合弁事業を介して5,000万ドルの出資を受けた (合弁事業の詳細は後述)。ボルグワーナーは、ロメオ・パワーの株式の20%に加えて合弁事業の株式60%を保有し、ロメオ・パワーに2名の取締役を置いている⁹⁵。

ロメオ・パワーは特別買収目的会社 (SPAC) のRMG Acquisition との合併を通して、2020年10月、米国証券取引所に上場した。ロメオ・パワーの評価額は13億3,000万ドルであった。合併と関連事業の取引により、3億8,400万ドルの資金調達をしている。資金はロメオ・パワーの電池生産容量拡大と商用車向け電池システム技術の研究開発に充てられる⁹⁶。

<工場・生産計画と企業連携>

ロメオ・パワーは2017年、ロサンゼルスダウンタウン近郊に、米国西海岸では初となる電池パック専用の全自動リチウムイオン電池パック工場を完成、同年末までには1GWh、2018年にはその4倍の4GWhの電池パックを生産した。同工場には研究開発と評価試験のための実験室が併設されており、現在、EV用並びに定置用リチウムイオン電池パックの設計、開発、試験、生産のすべてが同工場内で行われている。同社が生産する電池パックの容量は1kWhから1MWh⁹⁷。最高経営責任者 (CEO) のライオネル・セルウッド氏によると、同社は2025年までに生産能力を7GWhに拡大する予定である⁹⁸。

ロメオ・パワーは、既述のボルグワーナーのほか、環境、廃棄物処理、リサイクルサービス企業のヘリテージ・エンバイロメンタル・サービス (Heritage Environmental Service、以下ヘリテージ)、サムスン、LG化学、テキサス・インスツルメンツ (Texas Instrument) と戦略的提携関係を結んでいる⁹⁹。

既述の通りボルグワーナーとは合弁会社を設立しており、電気モーター、パワーエレクトロニクス、高電圧電池ヒーター、車載電池充電器など、ボルグワーナーのハイブリッド車やEV向け

⁹⁴ <https://investorplace.com/2021/02/rmo-stock-well-positioned-look-on-dip/>

⁹⁵ <https://www.electrive.com/2020/10/07/romeo-power-to-go-public/>

⁹⁶ <https://www.electrive.com/2020/10/07/romeo-power-to-go-public/>

⁹⁷ <https://www.businesswire.com/news/home/20171115006308/en/Romeo-Power-Technology-Inaugurates-the-West-Coast%E2%80%99s-First-Dedicated-Electric-Vehicle-Battery-Pack-Manufacturing-Facility>

⁹⁸ <https://labusinessjournal.com/news/2021/jan/11/ev-battery-maker-romeo-goes-public/>

⁹⁹

https://s27.q4cdn.com/860719303/files/doc_presentation/RomeoPowerInvestorPresentation_November2020.pdf

の既存製品に電池パックを追加した¹⁰⁰。将来的に共同で生産する電池モジュールと電池パックは、独自のアルゴリズムによるインテリジェント制御と、冷却を制御する熱管理機能を付加させることが期待されている¹⁰¹。

直近の動きとしては、2021年1月に米廃棄物処理企業大手のリパブリック・サービスズ（Republic Services）と戦略的提携契約の締結が挙げられる。この契約に基づいて、ロメオ・パワーはリパブリック・サービスズの電動ゴミ収集車に搭載する電池を共同開発する予定である。両社は、リパブリック・サービスズの所有する2台のゴミ収集車からディーゼルエンジンと関連部品を取り外し、電気モーターとロメオ・パワーの電池パックに交換する改造試験プログラムに合意し、2021年末までに電動化したゴミ収集車を納品することを目標としている¹⁰²。

またロメオ・パワーは2021年1月、早期より同社に出資していたヘリテージとの間で、2022年から2025年の間にヘリテージが所有する500台以上のディーゼルトラックを電動トラックに改造する契約を締結した¹⁰³。ヘリテージは最終的には最大2,000台のトラックを電動化することを目標としている¹⁰⁴。また両社は、使用済みのロメオ・パワー製リチウムイオン電池を処理できる電池のリユース・リサイクル工場を共同開発している¹⁰⁵。

ロメオ・パワーはまた、カナダの電動トラック、バスメーカーのライオン・エレクトリック（Lion Electric）から、同社が生産するクラス6からクラス8までのトラックとバスに搭載する電池モジュールと電池パックを供給するために、2億3,400万ドル分の電池を受注した（2020年11月）。

(3) ノボニックス（NOVONIX Ltd）

ノボニックスは、オーストラリア、クイーンズランド州ブリスベンに拠点を置く電池材料開発事業者であり、世界のリチウムイオン電池業界に高性能の素材・機器、サービスを提供する。米国、カナダで事業を展開しており、世界14カ国で販売する¹⁰⁶。2012年にブリスベンでグラファイトコープ（GraphiteCorp）として創業し、2017年に高性能陽極材料を世界のリチウムイオン電池市場に供給する事業の現状と将来像を反映するためにノボニックスに社名変更した¹⁰⁷。

現在、ノボニックスは、以下3事業の子会社から成り、うち2事業の拠点が北米にある。

¹⁰⁰ <https://www.reuters.com/article/us-borgwarner-stake-idUSKCN1SD1A8>

¹⁰¹ <https://www.electrify.com/2019/05/07/borgwarner-launches-jv-with-romeo-power/>

¹⁰² <https://www.businesswire.com/news/home/20210128005277/en/Romeo-Power-and-Republic-Services-Announce-Strategic-Alliance-Agreement-Including-a-Vehicle-Retrofit-Test-Program>

¹⁰³ <https://www.electrify.com/2020/11/17/lion-electric-orders-bus-batteries-from-romeo-power/>

¹⁰⁴ <https://investors.romeopower.com/news/news-details/2021/Heritage-Environmental-Services-and-Romeo-Power-Launch-Commercial-Fleet-Electrification-Program/default.aspx>

¹⁰⁵ https://s27.q4cdn.com/860719303/files/doc_presentation/RomeoPowerInvestorPresentation_November2020.pdf

¹⁰⁶ <https://au.finance.yahoo.com/news/novonix-ltd-nvx-ax-corporate-232900115.html>

¹⁰⁷ <https://www.novonixgroup.com/about-novonix/>

- ノボニックス・バッテリー・テクノロジー・ソリューションズ (NOVONIX Battery Technology Solutions、本社：カナダノバスコシア州)
- ピュアグラファイト (PUREgraphite、本社：米国テネシー州チャタヌーガ)
- ノボニックス・カソード・マテリアルズ (NOVONIX Cathode Materials)

図表 3 ノボニックスの子会社



出所：ノボニックス¹⁰⁸

<技術>

ノボニックス は、これら子会社を通じてリチウムイオン電池の陽極材料とともに、電池開発ソリューションを提供する。

同社の電池開発ソリューション事業を担う ノボニックス・バッテリー・テクノロジー・ソリューションズは、カナダのノバスコシア州のダルハウジー大学のジェフ・ダーン (Jeff Dahn) 博士の研究室からのスピンアウトとして創設された。高精度クーロメトリー (HPC) サイ클ラーを製造・販売し、週単位で迅速に試験結果を届ける電池試験機器／サービスも展開している¹⁰⁹。

ノボニックスの陽極材料事業である米国のピュアグラファイトは、リチウムイオン電池向け低コスト黒鉛陽極材料をより環境負荷の低い形で製造するプロセスを開発した¹¹⁰。ノボニックス

¹⁰⁸ <https://www.novonixgroup.com/company/>

¹⁰⁹ <https://www.novonixgroup.com/>

¹¹⁰ <https://www.novonixgroup.com/puregraphite/>

のマネージングディレクターのフィリップ・ベーカー氏は、テネシー州における製造技術は競合他社に比べて低コストであるとしているが、詳細については開示されていない¹¹¹。

<資金調達>

ピュアグラファイトは、2021年1月に米国エネルギー省（DOE）から557万ドルの助成金を受けた。DOEからの資金は、ノボニックスの合成黒鉛製造プロセスを向上する新しい炉の技術（furnace technology）開発に用いられる予定である。複数年にわたる資金投入により、テネシー州の同社工場では、新しい加工機器のエンジニアリング、建設、導入が実施される¹¹²。

<工場・生産計画と企業連携>

ピュアグラファイトの陽極材料工場では、年間2,000トンの合成黒鉛を生産している。既述のとおりノボニックスは2021年1月、生産機能の向上を目的としたDOEの助成プログラムによる資金援助を受けており、その一環として、韓国のサムスンSDIに500トンの合成黒鉛を初期供給する予定である¹¹³。

またノボニックスは、2019年12月にサムスンSDIとの間でリチウムイオン電池向けの合成黒鉛陽極材料の供給契約を締結した。これによりノボニックスは、2020年10月からの第1段階で、サムスンSDIに対して500トンのEV用電池向け材料を供給する¹¹⁴。

さらにピュアグラファイトは2020年に一連の共同開発に関する連携を進めている。2020年1月には三洋電機と拘束力のない覚書（MOU）に署名。両社がリチウムイオン電池製造に使用する黒鉛陽極材料の供給機会に関する調査で協力することに合意した¹¹⁵。また同年12月には、米石油会社のフィリップス66（Phillips 66）および熱処理サービス企業のハーパー・インターナショナル（Harper International）と戦略的提携に署名した。3社は、テネシー州のピュアグラファイト工場において新しい燃焼炉の技術を開発するDOEによる助成プロジェクトで協力していく¹¹⁶。

¹¹¹ <https://www.reuters.com/article/batteries-graphite-idUSL4N28J18R>

¹¹² <https://themarketherald.com.au/u-s-department-of-energy-grants-novonix-asxnvx-a7-1m-for-tech-development-2021-01-21/>

¹¹³ <https://themarketherald.com.au/u-s-department-of-energy-grants-novonix-asxnvx-a7-1m-for-tech-development-2021-01-21/>

¹¹⁴ <https://www.reuters.com/article/batteries-graphite-idUSL4N28J18R>

¹¹⁵ <https://www.bloomberg.com/press-releases/2020-01-27/novonix-ltd-nvx-au-sanyo-electric-agreement-for-lithium-ion>

¹¹⁶ <https://themarketherald.com.au/u-s-department-of-energy-grants-novonix-asxnvx-a7-1m-for-tech-development-2021-01-21/>

III 車載用電池の研究開発の動向

1. 概要

電気自動車を普及させるためには、ガソリン車に対抗できるコストと性能が必要となる。現時点では、他の充電用電池と比較して、エネルギー密度¹¹⁷が高いことから、リチウムイオン電池が主に使用されている。しかし、リチウムイオン電池のコストはいまだ高く、耐久性や安全性の課題もあることから、改良のための研究開発が進められている¹¹⁸。最近では、リチウムイオン電池の中でも、従来型に代わる電池として、全固体電池が注目されている¹¹⁹。全固体電池は、電解質を固体材料に置き換えたもので、液体電解質を用いる従来型よりもエネルギー密度が高いほか、固体材料を使用しているため高温に強く、漏洩や発火などのリスクもないことから耐久性・安全性にも優れた電池として期待されている。このほか、近年希少価値が高まるコバルトを使用しないコバルトフリー電池や急速充電を可能とする電池の研究も進められている。また、実用化には遠いものの、リチウム硫黄電池やリチウム金属電池など、革新型電池の開発も行われている。

既述の通り、研究開発は主に民間セクター主導で進められているが、米国エネルギー省 (Department of Energy : DOE) を中心に、民間企業の研究開発を支援するためのさまざまな取り組みが行われている。

以下では、DOE における研究開発支援の取り組みをまとめた上で、近年注目される EV 用電池の研究開発の最新動向として、①全固体電池の研究開発、②コバルトフリー電池、③シリコン素材を活用した高密度・急速電池、④リチウム硫黄電池などのポスト・リチウムイオン電池となる革新型電池の研究開発動向をまとめた。

2. 米国エネルギー省の研究開発の動向

米国政府では、DOE を中心に、電池の研究開発支援が行われている。電池はさまざまなエネルギー分野への汎用性が高く、その研究開発支援は DOE 傘下にある複数の部局で行われているが、そのうち EV 用電池については DOE のエネルギー効率・再生可能エネルギー局 (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy : EERE) に属する、自動車技術局 (Vehicle Technology Office : VTO) が研究開発支援を主導している。VTO は、EV 普及のための先端自動車技術の研究開発支援の一環として、電池の技術開発支援を行っている。

¹¹⁷ エネルギー密度とは、電池の単位質量や単位堆積あたりのエネルギー量を指す。

¹¹⁸ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_research.html#battery

¹¹⁹ <https://innovationorigins.com/four-issues-that-need-to-be-resolved-before-solid-state-batteries-break-through/>

VTO は、米国の大手自動車メーカーなどと連携し、多岐にわたる電池の研究開発を支援している。主な連携先やプログラムには、米系メーカー3社（GM、フォード、ステランティス〈旧フィアット・クライスラー〉）などが参画し、先進的電池技術の開発や実証、並びに新技術のベンチマークテストを行う「米国先進バッテリーコンソーシアム（U.S. Advanced Battery Consortium : USABC）」¹²⁰や、自動車、電力、エネルギー業界との協働によりエネルギーインフラ技術の研究開発に取り組む「米国ドライブパートナーシップ（U.S. Drive Partnership）」¹²¹、中型・大型トラックのエネルギー効率や安全性の向上や排出ガス削減に向けた共同研究開発を推進する「21世紀トラックパートナーシップ（21st Century Truck Partnership）」などがある。

VTO は 2028 年までの EV 用電池の研究開発目標として以下を掲げている¹²²。

- EV 用電池コスト：100 ドル/kWh 以下。最終的には 80 ドル/kWh とする。
- EV の航続距離：300 マイル以上
- 充電時間：15 分以下

VTO はこれらの目標を達成するために、産学との連携を通して研究開発の初期段階を主に支援している。支援分野は大きく①先進電池用材料の研究、②先進リチウムイオン電池や次世代電池の研究開発、の2つに分かれる。

<先進電池材料の研究>

先進電池材料の研究では、EV のコスト低下を目指し、電池コストの 50～70% を占める正極材、負極材、電解質の研究を支援している。また希少価値の高いコバルトを使用しない電池を開発するための正極材の研究や、次世代電池の開発に向けた全固体電池やリチウム硫黄電池、リチウム空気電池、リチウム金属電池、ナトリウムイオン電池などの材料研究も行われている¹²³。

例として DOE は、GM が 2016～2019 年にかけて行った、全固体電池に用いる固体電解質の研究やリチウム硫黄電池の設計、自動車へのインテグレーションに関する研究を支援している。また、2018 年にはオハイオ州ルイス・センターに拠点を置くエネルギー関連企業のネクセリス（Nexceris）が行ったコバルトを使用しない正極材の研究に約 246 万ドルの助成金を与えたほか、2019 年にはコロラド州の電池メーカーのソリッド・パワー（Solid Power）がフォードや BMW と提携して行った全固体電池開発のための電解質の研究に対し、約 100 万ドルの助成金を提供した。

¹²⁰ <http://www.uscar.org/guest/teams/12/U-S-Advanced-Battery-Consortium-LLC>

¹²¹ <https://www.energy.gov/eere/vehicles/us-drive-partnership-plan-roadmaps-and-accomplishments>

¹²² https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/06/f75/VTO_2019_APR_Batteries-FINAL2-compressed_0.pdf

¹²³ 同上

<先進リチウムイオン電池や次世代電池の研究>

電池の研究開発においては、新たな材料を活用した、より低コストで軽量、高容量、高寿命で安全性が高く、高速充電が可能な電池の開発が行われている¹²⁴。中でも、近年の焦点は、リチウムイオン電池の低コスト化と高性能化に関する研究開発である。

例えば 2019 年には、高密度のリチウムイオン電池を開発するカリフォルニア州フリーモントのスタートアップ企業ゼンラブズ (ZenLabs) による、低コストかつ急速充電が可能なリチウムイオン電池の開発に対し、86 万ドルの助成金を提供した。なお同社は同年、USABC と低コスト急速充電電池技術開発のために 480 万ドルの技術開発契約を締結し、高性能酸化ケイ素負極材を使用したリチウムイオン電池の開発手法と電池設計の最適化に向けた研究を行っている¹²⁵。

このほか、DOE は近年リサイクルを念頭に置いた電池の開発、またリサイクル技術の開発に注目しており、省の所管する国立研究所の一つであるアルゴンヌ国立研究所 (Argonne National Laboratory : ANL) には、リチウムイオン電池のリサイクル技術の研究開発拠点となるリセル・センター (ReCell Center) を設置している (詳細は本報告書 IV 章を参照)。

3. 車載用電池研究開発の最新動向

(1) 次世代電池として期待される全固体電池

全固体電池は、電池容量、充電時間、安全性などの点で従来のリチウムイオン電池よりも優れている可能性があることから、次世代の車載用電池として期待されている。特に、電解質に液体を使用する従来のリチウムイオン電池には火災リスクがあることから、より高い安全性が求められている。2020 年 11 月、GM が同社の電気自動車、シボレー「ボルト」を対象に 6 万 8,000 台のリコールを決定した。同モデルには、LG 化学製従来のリチウムイオン電池が使用されており、火災リスクが指摘されているためである。一方で全固体電池は、電解質が固体でできているため、耐熱性が高く、漏洩や火災などのリスクが低く、安全面での改善が期待されている。

全固体電池の実用化は間近といわれている。全固体電池に関する特許を 1,000 件以上保有し、実用化を牽引するトヨタ自動車は、2020 年代前半に発売する車両に全固体電池を搭載することを明らかにしている¹²⁶。同社は 2020 年 4 月に、車載用高容量・高出力角形リチウムイオン電池をはじめとした、車載用全固体電池の開発、製造、販売を行う、パナソニックとの合弁会社であ

¹²⁴ <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/11/f80/FINAL%20Chapter%202%20-%20Batteries.pdf>

¹²⁵ <https://www.prnewswire.com/news-releases/zenlabs-receives-4-8-million-low-cost-fast-charge-battery-technology-development-contract-from-usabc-300830874.html>

¹²⁶ <https://www.nikkei.com/article/DGXZQODZ216NR0R21C20A2000000/>

るプライムプラネットエナジー&ソリューションズの操業を開始した¹²⁷。また現代自動車は2027年¹²⁸、日産は2028年までに全固体電池を搭載した自動車の量産化を目指すとしている¹²⁹。このほか、フォルクスワーゲン、フォード、BMWなどの欧米自動車メーカーでも、電池メーカーと提携して全固体電池の研究開発を進めている。以下に、最近の主要な関連動向をまとめた。

<自動車メーカー現代、全固体電池の開発においてLG化学、サムスンSDIと提携>

韓国の大手自動車メーカー、現代は2020年12月、同じく韓国の電池メーカー、LG化学、サムスンSDIと提携し、2027年に全固体電池の量産化を開始することを発表した。

サムスングループの研究開発センター、サムスン電子総合技術院（Samsung Advanced Institute of Technology : SAIT）とサムスン日本研究所（Samsung R&D Institute Japan）の研究チームは2020年3月、科学雑誌「Nature Energy」で高性能・長寿命の全固体電池に関する研究結果を発表した。研究チームは全固体電池の負極に厚さ5 μ mの銀・炭素ナノ粒子複合層を設けることで、充電と放電の繰返しにより負極表面にリチウムが析出するという技術的な課題を解決した。これにより、EVに搭載した場合、将来的に1回の充電で最大800キロメートルの航続が可能で、1000回以上の充電が可能な全個体電池の開発が可能となり、EVの普及に貢献することが期待されている¹³⁰。

<フォルクスワーゲン、全固体電池のベンチャー企業、クアンタムスケープ（QuantumScape）と共同で全固体電池を開発>

フォルクスワーゲンは2025年の全固体電池実用化を目指し、2012年からスタンフォード大学のスピンオフ企業であるクアンタムスケープと共同研究を進めている¹³¹。2018年9月には、全固体電池の量産化に向けて、同社に1億ドルを投資し合弁会社を設立した¹³²。また2020年6月には、開発をさらに加速させるために2億ドルの追加投資を行った¹³³。クアンタムスケープは2020年11月、特別買収目的会社を通じてニューヨーク証券取引所（NYSE）に上場するなど、全固体電池事業の拡大に向けた資金調達に動いている¹³⁴。

クアンタムスケープは、全固体電池に同社のセルを活用することで、15分で容量の80%を充

¹²⁷ <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/31477926.html>

¹²⁸ <https://asia.nikkei.com/Business/Automobiles/Hyundai-boosts-investment-in-next-gen-vehicles-by-40>

¹²⁹ <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Most-read-in-2020/Toyota-s-game-changing-solid-state-battery-en-route-for-2021-debut>

¹³⁰ https://news.samsung.com/global/samsung-presents-groundbreaking-all-solid-state-battery-technology-to-nature-energy?utm_source=nr_twitter&utm_medium=social

¹³¹ <https://www.reuters.com/article/quantumscape-m-a-kensington-idUSKBN25U2PE>

¹³² <https://www.electrive.com/2018/09/13/volkswagen-boosts-stake-in-quantumscape/>

¹³³ <https://techcrunch.com/2020/06/16/volkswagen-sinks-another-200-million-into-solid-state-battery-company-quantumscape/>

<https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-increases-stake-in-quantumscape-6136>

¹³⁴ <https://www.reuters.com/article/quantumscape-m-a-kensington-idUSKBN25U2PE>

電することが可能になるとともに、航続距離では従来のリチウムイオン電池と比較して最大で88%改善する。同社はフォルクスワーゲンとの試作段階では1GWhの生産を目標とし、2025年までに20GWhまで拡大することを目指している¹³⁵。

図表 4 クアンタムスケープ製高級車向け全固体電池の性能

	現行 リチウムイオン電池	クアンタムスケープ 全固体電池	性能向上 (%)
体積 (体積エネルギー密度)	350L (260Wh/L)	350L (470Wh/L)	81% (エネルギー密度)
電池容量	90kWh	164kWh	82%
航続距離	400km (250マイル)	730km (450マイル)	82%
充電時間	22.5分 (急速充電) (5% → 80%)	15分 (急速充電) (0% → 80%)	33%
出力	420kW	650kW	55%
安全性	有機電解質	固体、 非酸化性電解質	—

出所：QuantumScape¹³⁶

図表 5 クアンタムスケープ製一般車向け全固体電池の性能

	現行 リチウムイオン電池	クアンタムスケープ 全固体電池	性能向上 (%)
体積 (体積エネルギー密度)	160L (220Wh/L)	160L (414Wh/L)	88% (エネルギー密度)
電池容量	35kWh	66kWh	88%
航続距離	200km (123マイル)	375km (233マイル)	88%
充電時間	60分 (急速充電) (10% → 80%)	15分 (急速充電) (0% → 80%)	75%
出力	100kW	150kW	50%
安全性	有機電解質	固体、 非酸化性電解質	—

出所：QuantumScape¹³⁷

<BMW、フォードがソリッド・パワーと全固体電池の開発で提携¹³⁸>

BMWは2017年12月、フォードは2019年4月に、コロラド州立大学のスピンオフ企業で同州に本社を置く全固体電池メーカーのソリッド・パワーとの技術開発における提携を行うことを発表した¹³⁹。

¹³⁵ <https://www.eenews.net/stories/1063720247/print>

¹³⁶ <https://www.autocarpro.in/news-international/vw-and-bill-gatesbacked-quantumscape-claims-80-charge-in-under-15-minutes-for-solidstate-battery-tech-77930>

¹³⁷ <https://www.autocarpro.in/news-international/vw-and-bill-gatesbacked-quantumscape-claims-80-charge-in-under-15-minutes-for-solidstate-battery-tech-77930>

¹³⁸ <https://eepower.com/news/ford-invests-in-solid-power-to-develop-solid-state-batteries-for-evs/>

¹³⁹ 同上

ソリッド・パワーは2019年に、全固体電池開発のための電解質の研究に対して約100万ドルの助成金をDOEから得たほか、2020年10月にはフォードや、現代自動車グループの投資会社のヒュンダイ・クレイドル (Hyundai CRADLE)、サムスン・ベンチャー投資 (Samsung Venture Investment Corporation)、米エネルギー関連投資・アドバイザリーサービスのボルタ・エナジー・テクノロジーズ (Volta Energy Technologies)、日本の自動車部品メーカー三菱工業などから、シリーズAの投資ラウンドにおいて、計2,800万ドルの資金を調達した¹⁴⁰。

図表 6 ソリッド・パワー製全固体電池の性能

パラメーター	リチウムイオン電池	ソリッドパワー全固体電池
重量エネルギー密度	150-270Wh/kg	320-700Wh/kg
体積エネルギー密度	400-700Wh/L	700-1100Wh/L
出力	100-2000W/kg	1000W/kg以上 (温度に依存)
充放電サイクル	1000回以上	1000回以上
安全性	許容範囲 (条件付き)	非常に高い
寿命	2年～8年	10年以上
使用温度	-20℃～60℃	0℃～150℃

出所：ソリッド・パワー¹⁴¹

¹⁴⁰ https://www.crunchbase.com/organization/solid-power/company_financials

¹⁴¹ <https://www.greencarcongress.com/2019/04/20190411-solidpower.html>

(2) 希少価値の高いコバルトを使用しないコバルトフリー電池

リチウムイオン電池の材料の中でも、コバルトは希少であり、コストが最も高い材料の一つである。このため、コバルトの使用率を下げた電池、あるいはコバルトを使用しないコバルトフリー電池が実現すると、EVをより手頃な価格で提供することが可能となる¹⁴²。

<テスラ、コバルトフリーのEV生産に向けてCATLと提携>

テスラのイーロン・マスク CEO は2020年9月、EV用電池の開発状況および将来の見通しについて発表するイベント「バッテリー・デー」にて、次世代の電池にはコバルトを使用しないことが目標であると述べた¹⁴³。2020年5月には、テスラがCATLと提携し100万マイル（約160万キロメートル）の走行に耐える長寿命となるコバルトフリー電池を開発していることが明らかとなっている。テスラはCATLと連携し、CATLのコバルトフリー電池、リン酸鉄リチウム(LFP)電池を搭載したEV「モデル3」を製造する計画である¹⁴⁴。テスラはコバルトフリー電池搭載のEVを中国で発売した後、さらにエネルギー密度と電池容量の性能が高く、低コストのコバルトフリー電池を北米市場に投入するものとみられている¹⁴⁵。

<LG エナジーソリューション (LG 化学)、コバルトの使用率を抑えた新型NCMA電池をGM、テスラに供給>

LG エナジーソリューション (LG 化学) は、コバルトの使用率を抑えた新型電池、NCMA電池の生産計画を発表している。同社の新型電池には、NCMA (ニッケル、コバルト、マンガン、アルミニウム) 正極が用いられており、ニッケルの使用率が90%と多い分、コバルトの使用率は5%以下となっている。ニッケルの比率を高くすることで、エネルギー密度が高まり、1回の充電で約373マイル（約600キロメートル）の走行が可能となるほか、コバルトの比率を下げたことで、コスト低減を狙った¹⁴⁶。LG エナジーソリューションは2019年12月に設立したGMとの合弁会社、アルティウム・セルズを通して、GMにNCMA電池を供給する予定である。アルティウム・セルズのNCMA電池は、テスラの「モデルY」にも採用される予定である¹⁴⁷。

<エネルギー省によるコバルトフリー電池の開発>

DOE 国立研究所もコバルトフリー電池の開発に取り組んでいる。オークリッジ国立研究所 (Oak Ridge National Laboratory : ORNL) は2020年12月、コバルトフリーの新規正極材を開発し

¹⁴² <https://www.theverge.com/2020/9/22/21451670/tesla-cobalt-free-cathodes-mining-battery-nickel-ev-cost>

¹⁴³ <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/blogs/metals/111120-ev-batteries-cobalt-demand-tesla-volkswagen-byd-bmw>

¹⁴⁴ <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/power/tesla-in-talks-to-use-catl-s-cobalt-free-batteries-in-china-made-cars/74189302>

¹⁴⁵ <https://www.reuters.com/article/us-autos-tesla-batteries-exclusive/exclusive-teslas-secret-batteries-aim-to-rework-the-math-for-electric-cars-and-the-grid-idUSKBN22Q1WC>

¹⁴⁶ https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2020/12/133_301037.html

¹⁴⁷ 同上

たことを発表した。この新規正極材は、ニッケル、鉄、アルミニウムをベースとする NFA と呼ばれるもので、予備実験ではコバルト系の正極材と同様以上の電気化学的性質を示す可能性が示された¹⁴⁸。また、この新規正極材は、現行のコバルト系の正極材料と材料特性や電気化学特性が似ているため、製造工程を大きく変える必要がなく、安価に大量供給することが可能とされている¹⁴⁹。

(3) シリコン素材を活用した高密度・急速充電電池

充電時間の短縮は、今後 10 年以内に EV を普及させるための必須要件となっている。充電時間の短縮においては、シリコン素材を活用したリチウムイオン電池の開発が注目されている。

DOE もシリコン素材に注目しており、2020 年 7 月には、シリコン系負極材を用いたリチウムイオン電池の研究 7 件に対し研究支援を提供している。これは、VTO による、革新的な自動車技術を促進するファンディングプログラムの一環として行われたものであり、VTO は、55 件のプロジェクトに総額 1 億 3,900 万ドルの資金提供を行っている¹⁵⁰。同プログラムの資金提供対象は電池のほか、先進的な燃焼エンジンと燃料、材料技術、高エネルギー効率の交通システムといった分野での研究、技術の融合、交通とエネルギー分析なども含まれる¹⁵¹。

図表 7 VTO からの資金調達に成功した 7 件のシリコン素材研究プロジェクト

研究プロジェクト	実施組織	ファンディング額
高エネルギー密度シリコン負極材に使用可能な完全フッ素化局所高濃度電解質	ニューヨーク州立大学 ストーニーブルック校	100万ドル
長サイクルのシリコン系負極材で用いるシリコンにおける機械的・化学的に安定な合成固体電解質インターフェースの開発	デラウェア大学	100万ドル
超小型シリコン系負極材を用いたリチウムイオン電池のための電解質設計	メリーランド大学	100万ドル
構造的・電気化学的に安定したEV向けシリコンリッチ負極材の開発	エノビックス (カリフォルニア州フリーモント)	320万ドル
内燃機関の代替として合理的に設計されたリチウムイオン電池の開発	グループ14テクノロジーズ (ワシントン州ウッディンビル)	396万1,695ドル
超低体積型シリコン主体 ナノコンポジット負極材の長寿命化	シラ・ナノテクノロジーズ (カリフォルニア州アラメダ)	400万ドル
シリコン複合負極材を用いた 全固体リチウムイオン電池	ソリッド・パワー (コロラド州ルイビル)	399万9,989ドル

出所：DOE¹⁵²

¹⁴⁸ <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/12/201218165108.htm>

¹⁴⁹ <https://www.rdworldonline.com/rd-winner-of-the-day-a-new-cobalt-free-li-ion-battery-cathode-material/>

¹⁵⁰ <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-139-million-funding-55-projects-advance-innovative-vehicle-technologies>

¹⁵¹ <https://www.energy.gov/eere/vehicles/downloads/fiscal-year-2020-advanced-vehicle-technologies-research-selections>

¹⁵² https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/FY20_VTO_2197_selections_table-for_release.pdf

カリフォルニア州フリーモントに本社を置く、エノビックス（Enovix）は、シリコン系負極材料を用いたリチウムイオン電池の開発を行っている。同社は 2020 年 8 月、同電池の開発を進めるため、DOE から 320 万ドルの助成金を得ている。エノビックスのプロジェクトは、三菱化学と、DOE 国立研究所である米国再生可能エネルギー研究所（National Renewable Energy Laboratory : NREL）の支援の下行われている¹⁵³。また既述のシラ・ナノテクノロジーズは 2020 年、DOE から 400 万ドルの助成金を受け、リチウムイオン電池の高寿命化のためのシリコン素材の研究を行っている。

カリフォルニア州アーバインに拠点を置くリチウムイオン電池の開発企業エネバイト（Enevate）は、長年グラファイトを使用しないリチウムイオン電池の開発に取り組んできた。同社は 2020 年、負極に純シリコンを用いた超高速充電（XFC）リチウムイオン電池の第四世代技術「XFC エナジー」が完成したことを発表した。従来のリチウムイオン電池の体積エネルギー密度は 500～600Wh/L で、充電には通常 1 時間以上かかるところ、XFC エナジーの体積エネルギー密度が 800Wh/L で、5 分間で容量 74%まで充電が可能となる。同技術は、ギガファクトリー規模での大量生産に対応しており、2024～2025 年モデルの EV 向けに商品化が進んでいる¹⁵⁴。エネバイトは、テクノロジー系のベンチャー企業に投資を行うルノー・日産自動車・三菱自動車のベンチャーキャピタルファンドのアライアンス・ベンチャーズ（Alliance Ventures）、LG 化学、サムスン・ベンチャー投資のほか、住友商事グループが 1998 年にシリコンバレーに設立したベンチャー投資会社プレシディオ・ベンチャーズ（Presidio Ventures）など多数の投資家から 1 億 1,000 万ドルの資金を調達している¹⁵⁵。

また韓国の国立大学でこれまでに数々のイノベーションを創出してきた韓国科学技術研究所（Korea Institute of Science and Technology : KIST）は 2020 年、電池容量が従来の 4 倍で、5 分で 80%以上の充電が可能なシリコン系負極材料を開発したと発表。EV の航続距離が現行の 2 倍以上となる可能性を示している¹⁵⁶。

(4) ポスト・リチウムイオン電池となる革新型電池の研究開発

実用化には遠いが、ポスト・リチウムイオン電池として、リチウム硫黄電池やリチウム空気電池などの革新型電池の開発も進められている。

¹⁵³ <https://www.prnewswire.com/news-releases/enovix-selected-by-us-department-of-energy-for-fiscal-year-2020-advanced-vehicle-technologies-research-funding-301118333.html>

¹⁵⁴ <https://www.enevate.com/enevate-announces-new-technology-for-extreme-fast-charging/>

¹⁵⁵ <https://www.enevate.com/enevate-the-extreme-fast-charging-battery-start-up-with-a-nobel-laureate-on-board/>

https://www.nikkei.com/article/DGXLRS439725_W7A310C1000000/

<https://www.businesswire.com/news/home/20191210005007/en/Company-Profile-for-Enevate-Corporation>

¹⁵⁶ <https://www.theengineer.co.uk/silicon-anode/>

米国内での革新型電池の開発は主に DOE を中心として行われている。DOE は、リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上には限界があることから、2017 年より、パシフィックノースウェスト国立研究所 (Pacific Northwest National Laboratory : PNNL) が率いるコンソーシアム型プロジェクト「Battery500」を通して、最大 500Wh / kg の重量エネルギー密度を備えた次世代リチウム金属負極材の開発を目指し、従来のリチウムイオン電池に代わる革新的な電池の開発を進めている。同コンソーシアムには、同研究所のほか、ブルックヘイブン国立研究所 (Brookhaven National Laboratory: BNL)、アイダホ国立研究所 (Idaho National Laboratory : INL) のほか、テキサス大学オースティン校、スタンフォード大学、ワシントン大学、カリフォルニア大学サンディエゴ校、ニューヨーク州立大学ビンガムトン校などが参画している¹⁵⁷。

DOE は 2020 年 12 月、新しく革新的な先進自動車技術の研究に最大 6,000 万ドルの資金を提供すると発表した。安価で効率的かつ安全な交通手段を開発するための基礎研究を幅広く支援することを目的としている。対象となるテーマには、電池と電動化の研究のほか、先進的な燃焼エンジンと燃料の研究、自動車の軽量材料などの材料技術の研究、新交通システムやエネルギー分析などが含まれる。電池と電化の研究には、最高 3,500 万ドルの予算が充てられており、電池においては、リチウム硫黄電池の安定性と性能を向上させる新規液体電解質の研究、リチウム硫黄電池とリチウム空気電池のセルの開発などが研究テーマとして挙げられている¹⁵⁸。

IV 米国における車載用電池のリサイクル動向

米国では、EV の普及が始まったところで、EV 用電池のリサイクルに向けたサプライチェーンは発展途上にあることから、リサイクルコストはいまだ高い。また、EV 用電池のリサイクルの義務化が進む欧州とは異なり、米国では EV 用電池のリサイクルに関する規制インセンティブがないことも、その進展が遅れている一因とみられる。

米国では現在、電池の材料として用いられるコバルトとリチウムを海外からの輸入に依存しており、今後 EV やクリーンエネルギーの普及に伴って、サプライチェーンリスクが懸念されることから、電池のリサイクル、リユースが注目されつつある。

トランプ前大統領が 2017 年 12 月に発行した大統領令 13817 号においても、コバルトとリチウムが重要鉱物 (クリティカル・ミネラル) リストに含まれており、これらの鉱物への依存の軽減と新たなサプライチェーンの開拓、そしてリサイクルの推進が重要課題として挙げられている

¹⁵⁷ <https://www.energy.gov/eere/articles/battery500-progress-update>

¹⁵⁸ <https://www.energy.gov/eere/articles/doi-announces-60-million-accelerate-advanced-vehicle-technologies-research>

159。DOE は特にコバルトの枯渇を懸念しており、コバルトを使用しないコバルトフリー電池の研究開発の支援を進めているほか、リチウムイオン電池リサイクルセンターとしてリセル・センター (ReCell Center) を設置し、電池リサイクル技術開発を推進している。今後 EV の普及に伴い、使用済み電池のリサイクルはさらに重要性になると予想されていることから、近年欧米やアジアの電池メーカーやリサイクル業者は、電池のリサイクルに向けた取り組みを開始している¹⁶⁰。

本章では、米国における EV 用電池のリサイクル、リユース (再利用) の現状をまとめた上で、リサイクルの取り組みに関して政府、民間セクターにおける最新動向をまとめた。

1. 米国の車載用電池リサイクルの現状

EV 用電池の寿命は、一般的に 8 年あるいは走行距離 10 万マイルとされている。2019 年における米国の使用済み EV 用電池は 28 万台以上であった¹⁶¹。2025 年には、約 53 万台、2030 年には 100 万台以上の EV 用電池が使用済みになると見込まれている。

EV 用電池の再活用の方法には、リサイクルとリユース (再利用) がある。リサイクルでは、EV 用電池を解体して、亜鉛、リチウム、マンガン、銅、アルミニウム、鉄、コバルトなどの金属、ポリプロピレンや PET などのプラスチック、グラファイトカーボン、硫酸などの電解液、ガラス繊維、冷却材/電池管理システムを回収する。

<使用済み EV 用電池のリサイクルにおける課題と今後の見通し>

米国では、EV の普及が始まったばかりであるため、電池リサイクルのサプライチェーンは発展途上にある。また米国は欧米と異なり、電池リサイクルの規制インセンティブがないため、リサイクル業者はスケールメリットを生かすのに十分な量の使用済み電池を集積することが出来ない。これによりリサイクルコストは高止まりしており、収益化も困難となっている。また、EV に使用されている電池には多数の種類があり、サイズ、電極、構造などが異なっている。今後、EV の市場が拡大するに伴い、電池の種類と数量が増え、使用済み電池の回収がより困難になることが予想される。このため、リサイクルを容易にするために、EV 用電池の仕様を標準化することが必要となる。さらに、リサイクルされた電池の品質や性能を保証する規格が少なく、用途に合わせた製品仕様や電池管理システムに関する規格もほとんどないことも課題となっている。

¹⁵⁹ <https://www.federalregister.gov/documents/2017/12/26/2017-27899/a-federal-strategy-to-ensure-secure-and-reliable-supplies-of-critical-minerals>
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/07/f64/112306-battery-recycling-brochure-June-2019%20-web150.pdf>

¹⁶⁰ https://www.nature.com/articles/s41586-019-1682-5?utm_source=share&utm_medium=ios_app&utm_name=iossmf

¹⁶¹ <https://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Fuels/Kelleher%20Final%20EV%20Battery%20Reuse%20and%20Recycling%20Report%20to%20API%2018Sept2019%20edits%2018Dec2019.pdf>

使用済み電池のリサイクルの数量が増える中で、安全や品質に関する規格を確立する必要がある¹⁶²。

このように、電池のリサイクルには課題が多いものの、希少価値の高いリチウムやコバルトは今後枯渇することが予想されている。米国の場合、これらの鉱物は中国、コンゴ民主共和国など海外からの輸入に依存しているため、国内での電池のリサイクル需要は今後高まるとみられる。リサイクルの普及には、コストの低下が不可欠であるため、DOE を中心に、リサイクルを効率的に行うための手法や技術の開発が進められている。

<自動車メーカーによる、使用済み EV 用電池のリユースの取り組み>

こうした中、現段階ではリサイクルに代わり、リユースが注目されている。EV 用電池は、使用済みとなっても、充電の容量は 70~80%程度残っていることが多く、解体をせずに電池としてリユースすることが可能である。またリサイクルと比較して低コストであるほか、リサイクル時と比べた CO2 排出量が少ないという利点もある。リユース品の用途には以下が挙げられる。

- EV への再利用
- EV 以外の製品（ドローンや車椅子など）への再利用
- 住宅用エネルギー貯蔵（太陽光発電システムとの組み合わせなど）
- 商業用あるいは工業用エネルギー貯蔵
- 電力網用エネルギー貯蔵
- バックアップ電源
- EV の充電（固定式または移動式）

米国ホンダ（以下ホンダ）は 2019 年 5 月、オハイオ州の電力会社のアメリカン・エレクトリック・パワー（American Electric Power : AEP）と共同で、使用済み EV 用電池を AEP の電力システムに統合可能なネットワークを構築するプロジェクトを発表した。ホンダは、EV「フィット」の使用済み電池を AEP に提供し、AEP は電池を電力網に統合するための検証を行う。「フィット」は 2012 年に発売され、その内蔵電池は蓄電容量 20kWh のリチウムイオン電池であり、米国環境保護庁（EPA）が定めた電費性能は 118MPGe、1 回の充電での航続距離は最大 82 マイル（132 キロメートル）である¹⁶³。なお同社は 2050 年までに電池のリサイクルを含め、CO2 排出量を 2000 年度比で 50%削減することを自主目標としている。

このほか、BMW、GM もリユースを進めている。BMW は、大手電力会社パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック・カンパニー（Pacific Gas and Electric : PG&E）と連携し、カリ

¹⁶² <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage>

¹⁶³ <https://global.honda/newsroom/worldnews/2012/4120606Fit-EV-EPA-118-MPGe.html>

フォルニア州マウンテンビューにある BMW テクノロジーオフィスに設置された太陽光発電の蓄電システムとして、同社 EV 「MINI E」 の使用済み電池のリユースを検証するためのパイロットプログラム、「BMW i Charge Forward Program」を進めている¹⁶⁴。また、BMW は、フロリダ州の電力会社、フロリダ・パワー・アンド・ライト (Florida Power & Light Company : FPL) と連携し、マイアミ市の住宅地の蓄電システムを介して、BMW の電気自動車に搭載されていた使用済み電池 200 台以上を再利用し、電力需要の高い期間における送電網の電力供給を改善するためのテストを行っている¹⁶⁵。また GM は、使用済み EV 用電池をミシガン州ミルフォードにある GM のデータセンター、General Motors Enterprise Data Center に導入し、太陽光発電と風力発電による電力の蓄電池として活用する取り組みを行っている¹⁶⁶。

中国では、EV 大手の BYD が、蓄電池再利用スタートアップの深圳バンドパワーを通じ、伊藤忠と提携し、使用済み EV 用電池のリユースに向けた取り組みを開始した。BYD が回収した使用済み EV 用電池を、伊藤忠が大型の蓄電池としてリユースする。中国では近年、EV 市場の成長に伴い、使用済み電池の増加が見込まれている。リユースされた電池は、欧米、アジアの市場で販売される予定である¹⁶⁷。

また、韓国の自動車メーカー現代と SK イノベーションは 2020 年 9 月、EV 用電池の持続可能なエコシステムを共同開発することを発表。電池販売ソリューション、電池管理サービスに加え、電池のリサイクル、リユースを含む各種事業分野で協力する。両社は協力関係により、バッテリーをサービスに利用する、いわゆる BaaS (Battery as a Service) のコンセプトのもとで、リースやレンタルを含めた EV 用電池の好循環を目指す。また両社はこの提携により、EV 用電池のサプライチェーンの安定性強化、リサイクルから生産までの資源の好循環の創出、二酸化炭素排出量の削減、EV と電池のリユースを可能にする最適設計の促進、電池の最適設計による付加価値の最大化による相乗効果を狙う¹⁶⁸。

2. DOE によるリチウムイオン電池のリサイクルに向けた取り組み

(1) R&D 拠点 リセル・センター (ReCell Center)

¹⁶⁴ https://www.press.bmwgroup.com/usa/article/detail/T0199502EN_US/the-bmw-group-together-with-pacific-gas-electric-company-announces-the-bmw-i-chargeforward-program

¹⁶⁵ <https://cleantechnica.com/2016/06/23/fpl-announces-new-innovative-energy-storage-pilot-project/>

¹⁶⁶ <https://plants.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2015/jun/0616-volt-battery.html>

¹⁶⁷ <https://www.itochu.co.jp/en/news/press/2019/191028.html>

<https://asia.nikkei.com/Business/Technology/BYD-s-EV-battery-recycling-goes-global-with-Itochu#:~:text=BYD%20will%20collect%20spent%20EV.in%20large%20power%20storage%20units.>

¹⁶⁸ <https://www.hyundai.com/worldwide/en/company/newsroom/hyundai-motor-group%2C-sk-innovation-to-collaborate-on-development-of-ev-battery-industry-ecosystem-0000016517>

DOE は 2019 年 2 月、同省が所有する国立研究所の一つ、アルゴンヌ国立研究所 (ANL) にリチウムイオン電池リサイクル技術の研究開発拠点、リセル・センター (ReCell Center) を設置することを発表した。リセル・センターは、コスト効率の良いリサイクル技術の開発を支援することで、重要鉱物の海外依存を軽減することを目標としている。具体的には、使用済み電池を構成する原材料をリサイクルし、リチウムイオン電池の製造に活用する「クローズド・ループ・リサイクル」¹⁶⁹の研究を行う。DOE は、リサイクル材料を使用することでリチウムイオン電池の生産コストを 10~30%低減することが可能と推測している。リセル・センターの研究分野は以下の通りである。

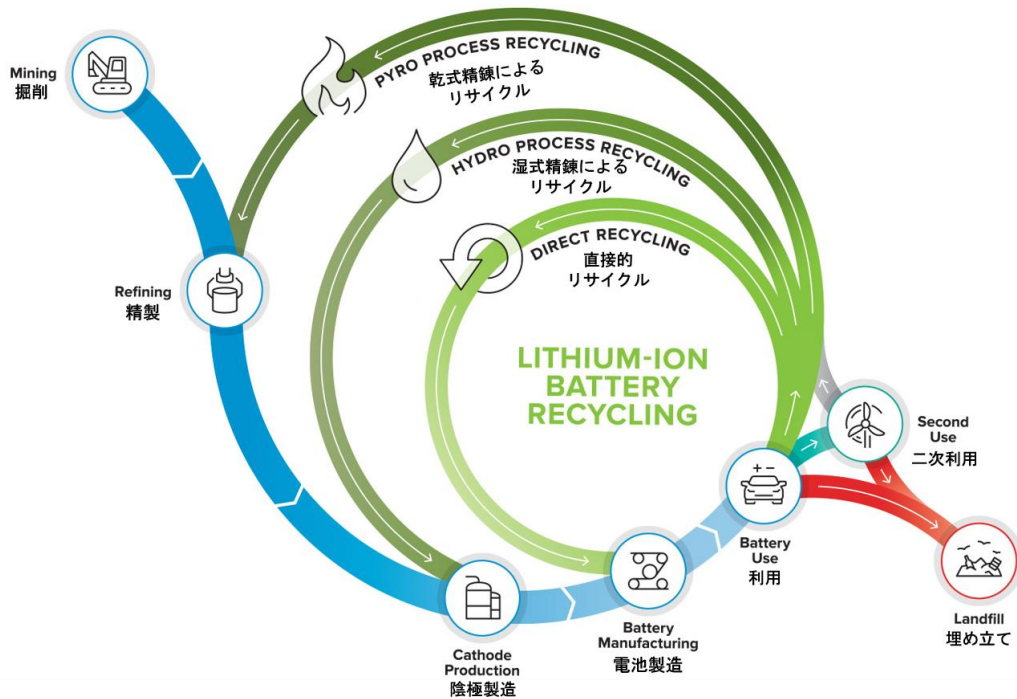
- コストのかかる再処理工程を必要としない、正電極のリサイクルプロセスを開発する。
- 利益を生み出すような費用対効果の高いリサイクル方法を開発する。
- リサイクルを容易にするための電池設計の最適化を行う。
- 効率的な研究開発、リセル・センターでの研究を検証する際に役立つモデリングと分析ツールの実用化を目指す。

NREL、ORNL のほか、ウースター工科大学、カリフォルニア大学サンディエゴ校、ミシガン工科大学がパートナー組織として、リセル・センターにおける活動に参画している。また、使用済み電池のリサイクルには自動車メーカーやリサイクル業者との連携が欠かせないため、それらの企業もリセル・センターの活動を支援している。リセル・センターは 3 年間、1,500 万ドルの補助金で運営される¹⁷⁰。

¹⁶⁹ 生産時に発生した廃棄物、スクラップ、回収した使用済み製品を同じ品質の部品の材料として再生し、再び同種製品に採用する手法。

¹⁷⁰ <https://reccellcenter.org/collaborations/>

図表 8 クローズド・ループ・リサイクルの概念図



出所：Argonne National Laboratory

(2) コンペ バッテリー・リサイクルング・プライズ (Battery Recycling Prize)

DOE は 2019 年 1 月、EV、家電製品、産業用蓄電池、定置用蓄電池など、使用済みあるいは廃棄されたリチウムイオン電池を回収、選別、保管、運搬し、リサイクルを行うための革新的な解決方法を競うコンペ「バッテリー・リサイクルング・プライズ (Battery Recycling Prize)」の立ち上げを発表した。DOE は同コンペの目的として以下の 4 つを挙げている。

- リサイクルの規模を拡大することで、米国のリサイクル業者がスケールメリットの恩恵を受けられるようにする。
- 使用済みあるいは廃棄されたリチウムイオン電池の回収、保管、運搬を普及させるために、民間企業、公的団体、州、地域による投資を誘致する。
- コンセプトレベルから新たなリサイクル方法を創造および開発することで、最終的には使用済みあるいは廃棄されたリチウムイオン電池の 90%以上をリサイクルする。
- 多様な技術や事業者、イノベーターを結集させ、それぞれが協力し合うことでリチウムイオン電池のリサイクルのサプライチェーンが直面する課題に対して、より包括的な解決方法を見出す。

バッテリー・リサイクルング・プライズは、フェーズ 1「コンセプト開発とインキュベーション」、フェーズ 2「プロトタイプとパートナーシップ」、フェーズ 3「パイロット検証」の 3 段階

で構成され、賞金は合計 550 万ドル。NREL と自動車技術局（VTO）がプログラムを運営する¹⁷¹。これまでにフェーズ 1 とフェーズ 2 が完了しており、2021 年 2 月の段階で最終フェーズにおいて、7 チームが競いあっている。

フェーズ 1 では、使用済みリチウムイオン電池の回収、選別、保管、運搬に関連する課題を効果的かつ効率的に解決し、電池原料のリサイクルと回収を実現するためのコンセプトが評価された。同フェーズを勝ち抜いた 15 チームには 6 万 7,000 ドルずつ、合計約 100 万ドルが授与された¹⁷²。フェーズ 2 では、フェーズ 1 を勝ち抜いた団体のうち 14 団体が参加し、フェーズ 1 のコンセプトを実証するための設計・シミュレーション、また産業界のパートナー構築などが評価された。この結果選ばれた 7 チームにはそれぞれ賞金 35 万 7,000 ドル、合計 250 万ドルの研究支援が提供された¹⁷³。フェーズ 3 では、電子機器、EV、定置型蓄電池、大規模産業で使用されるリチウムイオン電池を対象とした実現可能なリサイクル方法をパイロットスケールで実証し、フェーズ 2 を勝ち抜いた以下の 7 チームの内、最大 4 チームが DOE から最大 100 万ドル相当の研究支援を受けることになる。

図表 9 バッテリー・リサイクリング・プライズ、フェーズ 2 賞金獲得 7 チームの概要

企業名	拠点	概要
リー・インダストリーズ (Li Industries)	バージニア州 ブラックスバーグ	化学成分、サイズ、重量、形状などに応じて電池を正確かつ効率的に選別・分離できる 自動スマート電池選別システムを開発
オントゥー・テクノロジーズ (OnTo Technologies)	オレゴン州 バンド	電気化学を利用したリチウムイオン電池の選別により、安全かつ効率的に電池を不活性化、分別・細断
パワーリング・ザ・フューチャー (Powering the Future)	ウィスコンシン州 グレンデール	既存の鉛蓄電池の回収ネットワークを活用してリチウムイオン電池を回収し、革新的技術で使用済み電池を処理
レヌアンス (Renewance)	イリノイ州 シカゴ	回収、保管、仕分け、輸送、リサイクルのための既存インフラへのアクセスを改善することでリサイクルの流れを最適化
スマートビル (Smartville)	カリフォルニア州 サンディエゴ	リチウムイオン電池の二次利用やリサイクルにおけるサプライチェーンの改善によるリサイクルコスト削減
チーム・ポータブルズ (Team Portables)	ワシントン州 シアトル	消費者にリサイクルのインセンティブを与えるための参加者型アプリの開発
タイタン・アドバンスド・エナジー・ソリューションズ (Titan Advanced Energy Solutions)	マサチューセッツ州 サマービル	電池の状態に関するデータを活用・共有し、リサイクル市場の透明度を向上するための取り組みを実施

出所：DOE¹⁷⁴

3. 主要なリサイクル業者の動向

EV 用電池のリサイクルは、欧州がリードしているが、米国でも将来の使用済み EV 用電池の増加を見据え、リサイクル業者を展開している企業がある。

¹⁷¹ <https://americanmadechallenges.org/batteryrecycling/>

¹⁷² <https://www.nrel.gov/news/program/2019/eere-assistant-secretary-announces-15-phase-i-winners-of-the-lithium-ion-battery-recycling-prize-at-nrel.html>

¹⁷³ <https://www.energy.gov/eere/articles/battery-recycling-prize-announces-phase-ii-prize-winners#:~:text=The%20%245.5%20million%20Lithium%2DIon,the%20administrator%20of%20the%20Prize>

¹⁷⁴ <https://www.heriox.com/BatteryRecyclingPrize/102-partners>

米国では、テスラが EV 用電池リサイクルの取り組みを牽引している。テスラは北米では電池リサイクル企業のキンズバースキー・ブラザーズ (Kinsbursky Brothers) と、欧州ではベルギーの金属加工大手ユミコア (Umicore) と提携し、リサイクルを行っている。2020 年 9 月には、今後の中国市場での EV 需要増を見据え、同国でのリチウムイオン電池のリサイクル事業を開始することを発表しており、世界各地において電池リサイクルのインフラ整備を進めている¹⁷⁵。また、テスラは、同社元 CTO の J.B.ストラウベル (JB Straubel) 氏が 2017 年に設立したレッドウッド・マテリアルズ (Redwood Materials) とも連携している。レッドウッド・マテリアルズはネバダ州カールソンシティを拠点とする電池リサイクル企業で、パナソニックとも提携している。また 2020 年 9 月には、アマゾンが同年に新設した気候変動対策ベンチャーキャピタルファンド、クライメイト・プレッジ・ファンド (Climate Pledge Fund) から 20 億ドルの資金を得ている¹⁷⁶。

このほか、韓国の大手電池リサイクル企業スーイー ル MCC アメリカズ (SungEel MCC Americas : SMCC) は 2018 年、年間 5,000 トンの処理能力を持つリチウムイオン電池のリサイクル工場をニューヨーク州エンディコットに建設することを発表した¹⁷⁷。同社はニューヨーク州政府から 175 万ドルの奨励金を獲得しており、リチウムイオン電池のリサイクルに関する研究や技術、生産に関わる部門で 100 人以上の雇用を創出する¹⁷⁸。また、マサチューセッツ州ウースターに拠点を置くバッテリー・リソーサーズ (Battery Resources) は 2017 年、大手自動車メーカーが加盟する米国先進バッテリーコンソーシアム (USABC) とリチウムイオン電池のリサイクルを目的とした 14 万ドルの技術開発契約を締結し¹⁷⁹、翌年には、リチウムイオン電池を 1 日あたり最高 0.5 トン処理するパイロットプラントを稼働している¹⁸⁰。

以下では、米国に拠点を置いて EV 用電池のリサイクル事業を展開する主な企業の最新動向をまとめた。

①Tesla, Inc.¹⁸¹

企業名	テスラ (Tesla, Inc.)
本社所在地	カリフォルニア州パロアルト

¹⁷⁵ <https://www.argusmedia.com/en/news/2139066-tesla-starts-battery-recycling-in-china>

¹⁷⁶ <https://techcrunch.com/2020/09/17/amazons-first-five-climate-fund-investments-include-redwood-materials-rivian/>

¹⁷⁷ <https://www.prnewswire.com/news-releases/sungeel-mcc-americas-announces-lithium-ion-battery-recycling-plant-location-in-new-york-state-300720245.html>

¹⁷⁸ <https://www.waste360.com/e-waste/sungeel-mcc-unveils-lithium-ion-battery-recycling-plant>

¹⁷⁹ <http://www.uscar.org/guest/news/895/Press-Release-USABC-AWARDS-140-000-Li-ION-BATTERY-RECYCLINGCONTRACT-TO-BATTERY-RESOURCES>

¹⁸⁰ <https://cen.acs.org/materials/energy-storage/time-serious-recycling-lithium/97/i28>

¹⁸¹ <https://www.tesla.com/>

設立年	2003年
事業概要	電気自動車、クリーンエネルギー発電、エネルギー貯蔵製品の販売など
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> ● 米国では、キンズバースキー・ブラザーズと協力してリチウムイオン電池の60%をリサイクルしている¹⁸²。キンズバースキー・ブラザーズは1990年代後半にGMのEV1用鉛蓄電池のリサイクルに着手した後、電池リサイクル業者リトリブ・テクノロジーズの筆頭株主となり、リチウムイオン電池のリサイクル事業を開始¹⁸³。 ● 2011年、ベルギーにあるユミコアのリサイクル工場で欧州全域のテスラの使用済み電池をリサイクルする戦略的プログラムを開始¹⁸⁴。 ● 2019年の環境影響評価書（Impact Report 2019）で自社のギガファクトリー内に電池リサイクル工場を設置することを発表¹⁸⁵。リチウムやコバルトなどの金属を最大限回収し、新しい電池の生産に最適な方法で利用していく予定¹⁸⁶。 ● 2020年、中国でリサイクル事業を開始¹⁸⁷。世界各地のサービスセンターで使用済み電池を回収し、それらは100%リサイクルすることが可能であると発表¹⁸⁸。

②Redwood Materials¹⁸⁹

企業名	レッドウッド・マテリアルズ（Redwood Materials）
本社所在地	ネバダ州カーソンシティ
設立年	2017年
事業概要	EV、家電製品などの使用済みリチウムイオン電池のリサイクル、リユース
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> ● 電池リサイクルに関してパナソニックと提携。パナソニックから使用済み電池を回収し、コバルトやリチウムなどの素材を取り出して提供¹⁹⁰。 ● 2020年9月には、アマゾンが同年に新設した気候変動対策ベンチャーキャピタルファンドのクライメイト・プレッジ・ファンドから20億ドルの資金を調達¹⁹¹。

¹⁸² https://www.greencarreports.com/news/1054459_life-after-the-road-teslas-european-electric-car-battery-recycling

¹⁸³ <https://bodoalbrecht.com/2018/09/09/progress-in-ev-battery-recycling-kinsbursky-brothers/>

¹⁸⁴ <https://www.tesla.com/blog/tesla-launches-battery-recycling-program-throughout-europe?redirect=no>

¹⁸⁵ https://www.greencarreports.com/news/1122631_tesla-launches-battery-recycling-at-nevada-gigafactory

¹⁸⁶ <https://electrek.co/2019/04/16/tesla-battery-recycling-system/>

¹⁸⁷ <https://www.argusmedia.com/en/news/2139066-tesla-starts-battery-recycling-in-china>

¹⁸⁸ <https://equalocean.com/briefing/20200908230003608>

¹⁸⁹ <https://www.redwoodmaterials.com/>

¹⁹⁰ <https://techcrunch.com/2021/01/11/recycling-startup-redwood-materials-is-now-accepting-your-old-smartphones/#:~:text=Redwood%20Material%20is%20aiming%20to,power%20tools%20from%20other%20corporations.>

¹⁹¹ <https://techcrunch.com/2020/09/17/amazons-first-five-climate-fund-investments-include-redwood-materials-rivian/>

③SungEel MCC Americas¹⁹²

企業名	スーイーール MCC アメリカズ (SungEel MCC Americas)
本社所在地	ニューヨーク州エンディコット
設立年	2018 年
事業概要	リチウムイオン電池のリサイクル
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> 2018 年、ニューヨーク州のエンディコットに EV 用電池を含むリチウムイオン電池をリサイクルする工場を建設することを発表¹⁹³。ニューヨーク州からの 175 万ドル以上の報奨金を活用し、研究、技術、生産に関わる部門で 100 人以上の雇用を創出¹⁹⁴。

④Battery Resourcers¹⁹⁵

企業名	バッテリー・リソーサーズ (Battery Resourcers)
本社所在地	米国・マサチューセッツ州・ウースター
設立年	2015 年
事業概要	リチウムイオン電池のリサイクル
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> マサチューセッツ州にあるウースター工科大学 (Worcester Polytechnic Institute : WPI) のスピンオフ企業として 2015 年に設立。 2017 年 8 月、米国先進バッテリーコンソーシアム (USABC) よりリチウムイオン電池のリサイクルを目的とした 14 万ドルの技術開発契約を受注¹⁹⁶。 2018 年よりリチウムイオン電池を 1 日あたり 0.5t までを処理するパイロットプラントを稼働。今後、処理能力を 10 倍に増やすことを目標とする¹⁹⁷。 共同創設者である Yan Wang 氏は、DOE のリチウムイオン電池のリサイクルを専門とする研究開発センターであるリセル・センターのプロジェクトを主導¹⁹⁸。

⑤Umicore¹⁹⁹

企業名	ユミコア (Umicore N. V.)
本社所在地	ベルギー、米国本社はノースカロライナ州・ローリー

¹⁹² <https://www.smccrecycling.com/>

¹⁹³ <https://www.prnewswire.com/news-releases/sungeel-mcc-americas-announces-lithium-ion-battery-recycling-plant-location-in-new-york-state-300720245.html>

¹⁹⁴ <https://www.waste360.com/e-waste/sungeel-mcc-unveils-lithium-ion-battery-recycling-plant>

¹⁹⁵ <https://www.batteryresourcers.com/>

¹⁹⁶ <http://www.uscar.org/guest/news/895/Press-Release-USABC-AWARDS-140-000-Li-ION-BATTERY-RECYCLINGCONTRACT-TO-BATTERY-RESOURCERS>

¹⁹⁷ <https://cen.acs.org/materials/energy-storage/time-serious-recycling-lithium/97/i28>

¹⁹⁸ <https://www.wpi.edu/news/wpi-collaborator-new-national-center-lithium-ion-battery-recycling>

¹⁹⁹ <https://www.umicore.com/en/>

設立年	1989年
事業概要	貴金属やレアメタルなど非鉄金属の精錬、加工、リサイクル
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> ● 2011年よりテスラと戦略的に提携し、ベルギーの施設で欧州全域におけるテスラのEV用電池のリサイクルを行っている²⁰⁰。 ● 2018年6月よりリサイクルした材料を新しい電池の生産に再利用するための開発をアウディと共同で実施²⁰¹。2019年にはアウディのEV「e-tron」の電池に含まれるコバルトとニッケルの90%以上をリサイクルすることが可能であることを発表²⁰²。 ● 2018年10月、BMW、スウェーデンのバッテリーメーカーのノースボルト（Northvolt）と3社で、欧州におけるEV用電池を持続可能なものにするための共同開発を行うコンソーシアムを結成²⁰³。 ● 2019年10月、韓国に燃料電池用触媒の生産工場を開設。現代などの大手自動車メーカーと協力契約を締結²⁰⁴。 ● 2020年よりLG化学向けにNMC（ニッケル、マンガン、コバルト）正極材を供給する契約を締結。合計12万5,000トンを供給する予定²⁰⁵。 ● 2020年2月にポーランドでEV用電池用正極材料の生産工場の建設を開始²⁰⁶。建設費用として欧州投資銀行より1億2,500万ユーロの融資を受けている²⁰⁷。

⑥Retriev Technologies²⁰⁸

企業名	リトリブ・テクノロジーズ (Retriev Technologies)
本社所在地	オハイオ州ランカスター
設立年	1984年
事業概要	NiCad電池、MiMH電池、リチウムイオン電池、リチウム電池、鉛蓄電池、水銀電池、アルカリ電池のリサイクル
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> ● 2009年DOEより、に北米初のリチウムイオン電池リサイクル工場の建設

²⁰⁰ <https://www.tesla.com/blog/tesla-launches-battery-recycling-program-throughout-europe?redirect=no>

²⁰¹ <https://www.recyclingtoday.com/article/audi-umicore-electric-vehicle-battery-recycling/>

²⁰² <https://cleantechnica.com/2020/02/20/audi-umicore-work-on-ev-battery-recycling/>

²⁰³ <https://www.umicore.com/en/media/press/bmw-group-northvolt-and-umicore-join-forces-to-develop-sustainable-life-cycle-loop-for-batteries>

²⁰⁴ <https://www.umicore.com/en/newsroom/news/umicore-opens-new-facility-for-the-production-of-fuel-cell-catalysts/>

²⁰⁵ <https://www.umicore.com/en/newsroom/newsroom/news/umicore-announces-partnership-with-lg-chem-for-the-supply-of-nmc-cathode-materials/>

²⁰⁶ <https://www.umicore.pl/en/news/umicores-new-plant-in-nysa-is-moving-forward-fast-despite-the-pandemic/>

²⁰⁷ <https://www.worldconstructionnetwork.com/news/umicore-gets-125m-eib-loan-to-build-cathode-material-facility-in-poland>

²⁰⁸ <https://www.retrievtech.com/>

	<p>資金として 950 万ドルを受領²⁰⁹。</p> <ul style="list-style-type: none"> 2020 年、アイダホ国立研究所 (INL) と共同で、常温かつ化学物質の使用を大幅に低減した手法を用いて、使用済みリチウムイオン電池から有価金属の回収する技術の研究論文を発表²¹⁰。
--	--

⑦INMETCO

企業名	インメトコ (INMETCO)
本社所在地	ペンシルバニア州エルウッド
設立年	1978 年
事業概要	産業廃棄物のリサイクル、アルカリ電池、ニッカド (ニッケル、カドミウム) 電池などの電池のリサイクル
近年の動向	<ul style="list-style-type: none"> 2015 年 3 月、インメトコの親会社であるホースヘッド (Horsehead) はペンシルベニア州エルウッドのリサイクル工場を拡張し、特殊鋼や電池のリサイクル処理能力を 15%増強する計画を発表²¹¹。 2016 年 2 月にホースヘッドとインメトコは米国連邦破産法 11 条の適用を申請。ホースヘッドは社名をアメリカン・ジンク・リサイクリング (American Zinc Recycling) に変更。エルウッドのリサイクル工場は現在も稼働中²¹²。

²⁰⁹ <https://www.osti.gov/biblio/1560039>

<https://naatbatt.org/lionworkshop-speakers/>

²¹⁰ <https://cleantechnica.com/2020/10/23/battery-recycling-researchers-develop-new-electrochemical-process/>

²¹¹ <https://www.recyclingtoday.com/article/horsehead-zinc-inmetco/>

²¹² <https://www.timesonline.com/2782ceee-2f6c-11e7-9a85-9b9032e9d5d7.html>

レポートをご覧いただいた後、アンケート（所要時間：約 1 分）にご協力ください。

<https://www.jetro.go.jp/form5/pub/ora2/20210036>



本レポートに関するお問い合わせ先：
日本貿易振興機構（ジェトロ）
海外調査部 米州課
〒107-6006 東京都港区赤坂 1-12-32
TEL：03-3582-5545
E-mail：ORB@jetro.go.jp