

MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

Vol.

57

2024.01

EVと自動運転 変革期のクルマの現在地

News&Trends

EU「AI法」5つの重要ポイント
米国初のCRISPR療法、特許訴訟を回避

Interview

遠藤 傑 (NTTコンピュータ&データサイエンス研究所)

003

特集

EVと自動運転 変革期のクルマの現在地

004

テスラ初代CTOが仕掛ける
電池リサイクル・ビジネス

010

需要急増のバッテリー
原材料で今何が起きているか

013

中国企業が続々採用、
ナトリウムイオンはEVの主流になるか

016

トヨタの賭け、EV一辺倒ではなく
ハイブリッド車を売り続ける理由

020

サンフランシスコのロボタクシー、
見えてきた政策的課題

023

自動運転業界に世代交代、
AIで走る「AV2.0」は3Dマップ不要

026

自動運転機能で競争激化、
中国では「市街地」が主戦場に

031

U35 イノベーターの軌跡 #09

遠藤 傑 (NTTコンピュータ&データサイエンス研究所)
量子コンピューターの実用化を「誤り抑制」で早める理論家

034

News&Trends

欧州以外も無関係ではないEU「AI法」5つの重要ポイント
グーグルがGPT-4対抗「Gemini」投入、実力は未知数
脳オルガノイドをコンピューターに接続、日本語の音声認識に成功
もう注射は怖くない？ 現実の痛みを和らげるVRデバイス
米国初のCRISPR療法、ライセンス契約で特許訴訟を回避

●本PDFに収録した記事の情報は原則として、初出時の情報です。記事中の初出日をご確認ください。

●WebサイトのURLやソフトウェアのバージョン等は予告なく変更されている場合があります。

●本PDFは情報の提供のみを目的としています。本PDFを運用した結果について、著者およびMIT Technology Review Japan/株式会社角川アスキー総合研究所は一切の責任を負いません。

●本PDFに登場する会社名、商品名は該当する各社の商標または登録商標です。本PDFでは®マークおよびTMマークの表示を省略しています。

EVと自動運転 変革期のクルマの現在地

電気自動車（EV）への急速なシフト、それに伴うテスラやBYDなどの新興メーカーの台頭、さらには北米や中国での自動運転タクシーの商用化など、大変革期にある自動車産業。本特集では変革の中核を担うテクノロジーであるEVバッテリーと自動運転技術のスナップショットをお届けする。EVバッテリーでは原材料をめぐる最近の問題や、注目を浴びるリサイクル・ビジネスを紹介。自動運転では旧世代のロボット工学的なアプローチに代わる新世代のAI自動運転の動き、商用化で生じる政策的課題を追った。

Redwood Materials



Story

1

EVと自動運転 変革期のクルマの現在地

テスラ初代CTOが仕掛ける 電池リサイクル・ビジネス

今後予測される電気自動車への急速なシフトによって、電池材料の不足が懸念されている。テスラ元CTOが創業したスタートアップ企業は、大規模なバッテリー・リサイクル工場を建設中だ。

by Casey Crownhart (米国版気候変動担当記者)

米国のスタートアップ企業であるレッドウッド・マテリアルズ(Redwood Materials)にとって、砂利敷きの駐車場に並んだ段ボール箱は、電気自動車の過去と未来の両方を象徴するものだ。この一時的な資材置き場は、ネバダ州リノにほど近い、レッドウッド・マテリアルズの新しい電池リサイクル施設にある。広さは10エーカー(およそ4万468平方メートル)ほど。ほとんどの段ボールは洗濯機ほどの大きさで、白いプラスチック・フィルムに包まれている。封が開いて中が見えているものもあり、ワイヤレス・キーボードや廃棄されたおもちゃ、ホンダ・シビックの使用済みバッテリーなどが見える。

決してゴミなどではない。これらの廃棄製品が内蔵しているバッテリーの材料こそ、宝の山だ。各種金属は、電気自動車(EV)の爆発的な需要増大に対応するために必要不可欠な価値ある材料になる。

レッドウッド・マテリアルズは、電気製品やEVで使用済みとなったリチウムイオン電池の、埋め立てに代わる処理手段の提供に取り組む企業だ。電池リサイクル企業は近年、増えつつある。同社は2022年、35億ドルの費用をかけてリノに工場を建設する計画を発表した。この施設

は2025年までにEV100万台分に相当するリチウムイオン電池の材料を生産し、2030年までには生産量を最大5倍にまで増やす予定だ。2023年には米国東部にもう1カ所、施設の着工を計画している。

一方、カナダ企業のライ・サイクル(Li-Cycle)は4カ所の商業施設をすでに稼働しており、合計で年間3万トンの電池をリサイクルする能力を持つ。同社はさらに3カ所の施設を増設する計画だ。米国の他のスタートアップ企業、例えば、アメリカン・バッテリー・テクノロジー・カンパニー(American Battery Technology Company)も、中国

と欧州の既存のリサイクル市場に参入し、大規模な商用化試験を実施すると発表している。

こうした新しいリサイクル・ビジネスは、金属を埋め立てるよりも環境に良いというだけでなく、急成長を遂げるEV市場の影響を強く受けている。EVの導入は世界中で爆発的に進んでおり、電池に使用する金属、特にリチウム、ニッケル、コバルトの新しい需要を生んでいる。EVは2022年の新車売上の13%を占めると予測され、2030年までに30%に増えるとの見立てもある。これらの自動車すべてにバッテリーを供給するには、現在利用可能な量



レッドウッド・マテリアルズは古い携帯電話、タブレット、その他リチウムイオン電池を使用した機器の回収プログラムを実施している。

REDWOOD MATERIALS

よりもはるかに多くの金属が必要なのだ。

コバルト、リチウム、ニッケルだけでも、EV用電池に必要な分をまかなうには、2035年までに新しい鉱山が200カ所以上必要になるとの試算がある。特にリチウムに限って言えば、EV関連の需要を満たすためには生産量を2050年までに現在の20倍規模にまで高める必要があるという。

したがって、リサイクルは原材料の新たな調達元になり得る。2021年には、世界全体で60万トンを超えるリサイクル可能なりチウムイオン電池と、関連する製造廃棄物が排出された。コンサルティング会社のサーキュラー・エナジー・ストレージ (Circular Energy Storage) によると、こうした廃棄物の量は2030年までに最大160万トンにまで増えると見られている。その後、第一世代のEVが廃車になれば、廃棄物量はさらに飛躍的に増大するだろう。

リチウムイオン電池のリサイクル工程の新たな発展は、業界を大きく変えつつある。リサイクル業者は、処理にかかるコストをまかなうのに

十分な量の価値ある金属を取り出し再生できるようになっている。もちろん、リサイクルだけで原材料不足を解消することはできない。金属の需要が、現在使われている電池に含まれる量を超えているからだ。とはいえ、リサイクル技術の発展のおかげで、今後数十年にわたって原材料供給のかなりの割合をリサイクルでまかなえる可能性がある。

2022年9月にレッドウッド・マテリアルズを訪問したとき、同社は最初の製品の出荷を準備しているところだった。アノード（負極）に使う銅箔の少量のサンプルだ。この銅箔はパナソニックに送られ、レッドウッド・マテリアルズの施設にも程近い「ギガファクトリー」で使われるという。ギガファクトリーはテスラ車用の電池セルの生産拠点となっている工場だ。

レッドウッド・マテリアルズの施設に向かう途中、私はハイウェイを横切るタンブルウィードを見かけた。丘陵地帯のあちこちに野生の馬もたむろしていた。後でココータが駐車場を横切るのも目にした。

しかし、施設に向かう未舗装の道を進んでいくと、西部劇のような雰

囲気は一変し、その場にいるほとんど全員から切迫した空気が伝わってくるようになった。いくつもの巨大な建造物の建設が進められており、安全ベストとヘルメットを身につけたエンジニアたちと現場作業員が、仮設オフィスとして使われているトレーラー・ハウス、研究室、会議室の間をせわしなく行き交っていた。

建設が終われば、レッドウッド・マテリアルズのこの施設では2種類の主要製品を製造することになる。アノード用の銅箔と、カソード（正極）活物質と呼ばれるリチウム、ニッケル、コバルトの混合物だ。これらの部品のコストは電池セルの価格の半分以上を占める。レッドウッド・マテリアルズは、2025年までに自社施設で十分な量の電池材料を生産できるようになると見込んでいる。生産能力は、EV用バッテリーに換算して年間100万台分以上になるという。

トレーラー・ハウスから坂を下っていくと、銅箔を生産する建物の屋根と壁がいちばん遠くに見える。銅箔を作る機械は角に隠れている。しかし、あと2つの大型の建物はまだ完成からは程遠いように見えた。1つは壁がなく、もう1つはまだ基礎しかなかった。

レッドウッド・マテリアルズには壮大な計画と多くの施設の建設計画が控えている。

「一種のパラノイア」

レッドウッド・マテリアルズは、2010年代初頭にテスラの最高技術責任者 (CTO) を務め、充電ステーション・ネットワークの整備など、同社の電池分野でのいくつものブレークスルーを主導したJ.B.ストラウ



レッドウッド・マテリアルズは、回収した電池からコバルト、リチウム、ニッケルといった価値ある材料を再生するために湿式精錬という手法を使う。

REDWOOD MATERIALS



レッドウッド・マテリアルズの製品の1つは、リチウム電池のアノードに使用される銅箔だ。写真は、技術者が製造ラインから運び出される製品を検査しているところ。

REDWOOD MATERIALS

ベルが創業した。だが、テスラがEVの製造と販売のあり方を大きく変えていく中で、ストラウベルは電池材料の需要がどれほど圧倒的なものになりうるかを懸念していた。そして電池の価格を下げ、製造時の二酸化炭素排出量を削減する方法を考え始めたのだ。

ストラウベルはテスラ在職中にレッドウッド・マテリアルズを立ち上げた(2019年にはテスラを去っている)。本人が語るように、ストラウベルは環境負荷が低い電池材料メーカーを作ろうとしていた。最近のストラウベルは自分のミッションについて、息もつかぬほどの勢いとエンジニアとしての正確さで語り、時には無言になって考え込みながら、改めて電池製造の未来に向けた自身の考えを説明する。

「原材料調達のクローズド・ループを確立しない限り、単純にうまくいきません。『作っては捨て』を続けられるほど新しい原材料は残っていないのです」。

使用済み電池を新しい電池製造に回し、原材料調達のクローズド・ループを作るというのは当然の考えに聞こえるが、その実現は簡単ではない。「仕分けやゴミの管理だけの問題ではないのです」とストラウベルは語る。

電池に含まれる重要な金属を化学的に分離するのは、複雑で繊細な作業だ。研究機関からスタートアップ、大企業まで、あらゆる組織が価値ある金属を可能な限り多く、可能な限り純粋な形で再生するのに理想的なプロセスを模索している。

レッドウッド・マテリアルズがこの問題をどのように解決しているのか、詳細は明らかにされていない。しかし、プロセスは未完成であり、完成を急がなければならないことは明らかだ。

「一種のパラノイアと切迫感、そして(やや不正確な表現ですが)パニックに近い感覚は確かにあります。良くないことです。それは気候変動がどれほど恐ろしいものにな

るのかを、人類がきちんと理解していないのではないかと、その深い思いから来ています」とストラウベルは話す。

「全体として、私たちが十分な速さで行動しているとは思っていません。誰もが同じ気持ちでしょう」。

リサイクルの役割

リチウムイオン電池のリサイクル施設のほとんどは、「湿式精錬」という化学プロセスを利用している。さまざまな酸と溶剤で電池内の材料を溶かし、分離するのだ。ニッケルやコバルト、黒鉛、銅などの素材に加え、近年の改良によってリチウムも高効率で回収できるようになった。

再生された材料はその後の追加処理を経て、新しい製品に使えるようになる。プラスチックなど素材によってはリサイクルを重ねるうちに劣化するものがあるが、電池から再生された金属は、充電と蓄電に関しては新たに採掘された金属と同等の働きをすることが研究で分かっている。

レッドウッド・マテリアルズに到着したバッテリーの多くは、処理の前に手作業で分解する必要がある。EV用のバッテリー・パックがまるごと運ばれてくる場合や(マットレスほどの大きさでレッドウッド・マテリアルズの設備には大きすぎる)、あるいはまだノートPCや電動工具などの製品にバッテリーが装着されている場合だ。これらはどれも一般にリチウム、ニッケル、コバルトを含有しているが、その相対的な含有量はさまざまだ。例えば、消費者向け電子機器のバッテリーは、EVのバッテリーよりもコバルトの含有量が多い。

レッドウッド・マテリアルズの製

造担当副社長であるアンディ・ハミルトンは、受け入れる資材の量が増えれば手作業による分解は最適な方法ではなくなるだろうと話す。レッドウッド・マテリアルズは、ゆくゆくはこの仕分けプロセスの多くの部分を自動化したい考えだが、同社が受け入れる多様な電池に対応した自動化システムの構築はおそらく難しい課題になるだろう。

仕分けと分解が済むと、まだ充電が残っている電池はベルト・コンベアーに載せられて4つある巨大なチャンパーのうちの1つに運び込まれ、電池を高温で加熱して放電し、溶媒を取り除く煅焼（かしょう）と呼ぶプロセスへと進む。

その後、これらを砕いて粉末にしてから湿式精錬処理を施し、個々の金属元素に分離する。

カリフォルニア大学デービス校でエネルギー・システムを研究しているアリッサ・ケンダル教授は、近年の技術の進歩にもかかわらず、電池材料の需要をリサイクルですぐにまかなうことはできないだろうと述べる。需要が指数関数的に増加し続けていることから、リサイクル電池は2050年までに最大でもニッケルとリチウムの供給の半分程度を占めるにとどまるだろう。

しかし、すでにコバルトで起こっているように、電池化学の技術が発展すれば、この割合は変わるかもしれない。現在、EV用電池のコバルト含有量は以前よりも減っており、電池セルのメーカーは、コストの高い金属の使用量を減らす方法の探求を続けている。その結果として、リサイクル由来のコバルトは2040年までに供給量の85%を占める可能性もあるとケンダル教授は述べる。

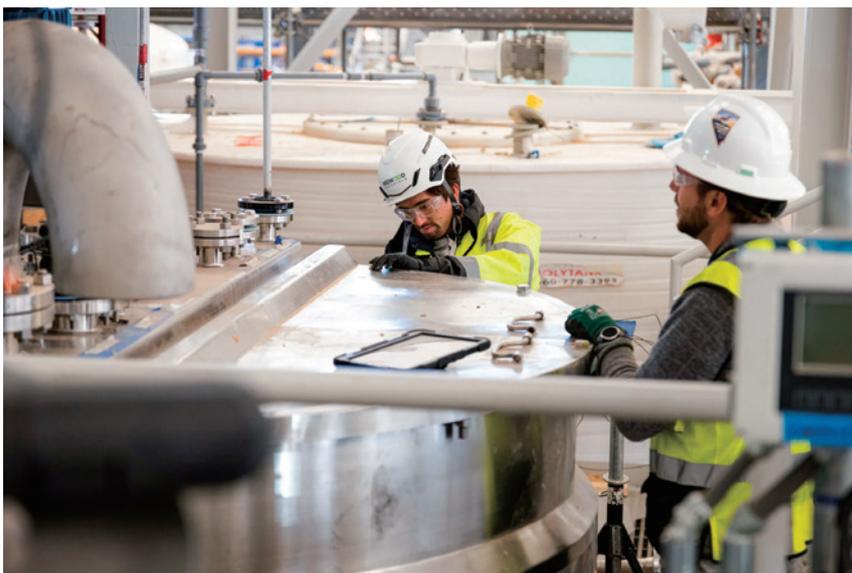
リサイクルが新規採掘に完全に取

って代わることはできないとしても、新たな鉱山を開発する必要性を下げること、新しい電池製造にかかわる社会と環境の負担を減らせるかもしれない。電池に使う金属の多くはアフリカ、アジア、中南米で採掘される。国際エネルギー機関（IEA：International Energy Agency）に

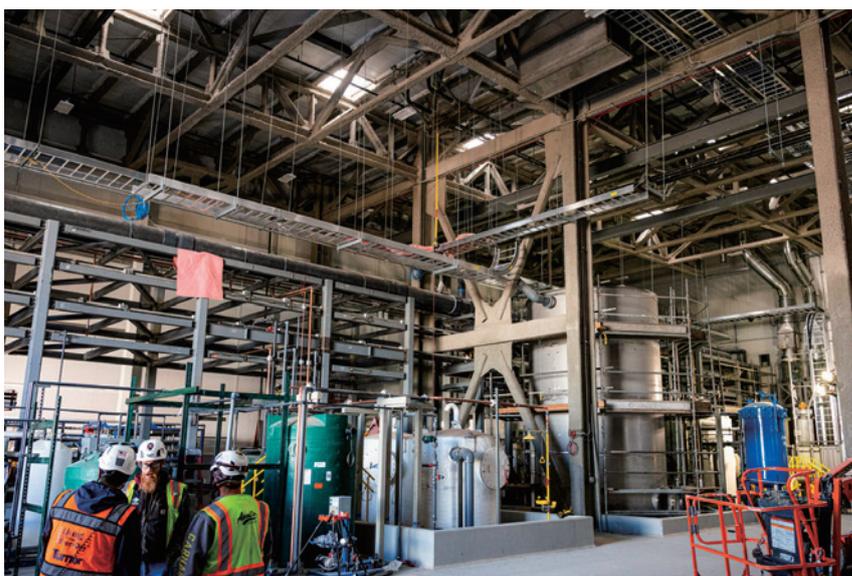
よると、この地域での採掘はしばしば、強制労働や児童労働などの基本的な人権の侵害や、空気と水の大規模な汚染につながっている。

電池の津波を待つ

電池リサイクル事業の関係者の中



レッドウッドはネバダ州リノ郊外の新しい電池リサイクル施設で銅箔を生産する計画だ。
REDWOOD MATERIALS



レッドウッド・マテリアルズは、2021年後半に電池リサイクル施設の建設を開始した。この施設は、2025年までに100万台のEVに十分なバッテリー材料を生産すると予想されている。
REDWOOD MATERIALS

Insider Online限定

eムックはMITテクノロジーレビュー[日本版]の
有料会員限定サービスです。
有料会員はすべてのページ、バックナンバーを
ダウンロードできます。

ご購入はこちら



<https://www.technologyreview.jp/insider/pricing/>

No part of this issue may be produced by any mechanical, photographic or electronic process, or in the form of a phonographic recording, nor may it be stored in a retrieval system, transmitted or otherwise copied for public or private use without written permission of KADOKAWA ASCII Research Laboratories, Inc.

本書のいかなる部分も、法令または利用規約に定めのある場合あるいは株式会社角川アスキー総合研究所の書面による許可がある場合を除いて、電子的、光学的、機械的処理によって、あるいは口述記録の形態によっても、製品にしたり、公衆向けか個人用かに関わらず送信したり複製したりすることはできません。