

急激に進む米国のEV化とテスラの動向(後編)

「パラダイムシフト」を起こそうともがくテスラ

<2024年は勝負年>

Clean Energy Research Lab.

代表

阪口 幸雄

(シリコンバレー在住)

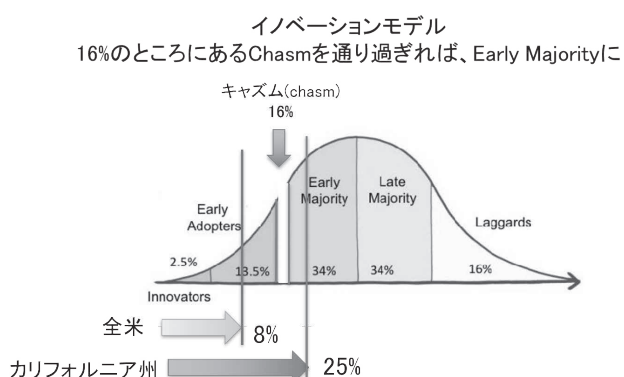


(本編は、11月号「急激に進む米国運輸部門のEV化」の続編となります。)

1. はじめに

本誌11月号で、米国のEV化^{注1}の動向を報告したが、カリフォルニア州では、新車販売台数に占めるEV比率が、キャズム(16%)を大きく超え25%に達した。ほかの州でも、ガソリン代高騰やEV車種の増加の影響もあり、伸び続けている(図表1)。

図表1 イノベーションモデルとEVの新車販売台数に占める割合(全米とカリフォルニア州)



出典：各種資料を参考にクリーンエネルギー研究所が作成

日本では「EV化が減速」との記事をみかけるが、確かにデータだけみると、ここ数カ月は伸び悩んでいるように見える。しかし、ガソリン価格、金利、色々な要因が複雑に絡んでおり、マクロでの消費者マインドを把握するのは難しく、本当に減速したのか、それとも一時的なものなのかは専門家でも見極めづらい。

ただ、ガソリン価格の高止まりは続くであろうし、幅広い消費者に訴えるEV車種や、最大で7500ドルの連邦税額控除対象車種の増加等もあり、乗用車の大きなトレンドは、山・谷はあるものの間違いなくEV化に進んでいると筆者はみている。

「鶏が先か卵が先か問題」は徐々に克服しつつあり、

「T型フォード(116年前の1908年に発売された)」以来の大きな変革に対する「パラダイムシフト」を先導したものが勝者になるであろう。

前編では米国運輸部門全体をみてきたが、ここでは、風雲児テスラの動向をみて行きたい。

2. テスラの動向

テスラは、相変わらず自分で立てた無茶苦茶な目標を、時間軸的には遅れながらも、ほぼすべて実現してきている。しかし、競合や環境の大きな変化の中で、「自分で時流を作るリーディングポジション」を維持できるであろうか。

2023年第3四半期のテスラの全世界での「生産能力」は、株主向け資料によると年間約210万台であり、そのうち上海工場が95万台(45%)と同社内で最大の生産能力である^{注2}。ちなみにテスラの全世界における2023年第3四半期の販売台数は43.5万台で、単純に4倍すると年間170万台程度となるので、生産能力の80%程度生産していることになる。

「Cybertruck」の製造能力が年間12万台となっているが、報道のとおり、紆余曲折のうえに、昨年11月にやっと十数台納車されたばかりであり、今年の生産能力は千台もいかないのではないかと筆者は考えている。ちなみに、2019年11月に発表されたときは、25万台の予約が入ったとのことである(100米ドルの返金可能なデポジットを払う必要があった)。

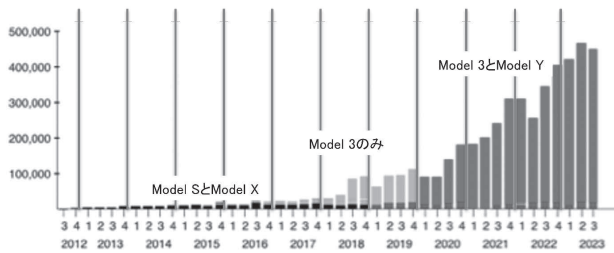
図表2のように、売れ筋は、現時点では圧倒的にModel 3/Yである。

マーケットシェア(図表3)は、北米(米国+カナダ)で4%程度、欧州で3%弱、中国で2.2%程度となっている。

テスラの発表では、2022年の全世界の生産台数は136万9611台、納車台数は131万3851台であり、販売は順調に増えているが、BEVに占める同車の割合は64%と下がっている。これは、中国におけるBYD等の競合の販売台数が急増しているために、相対的に下

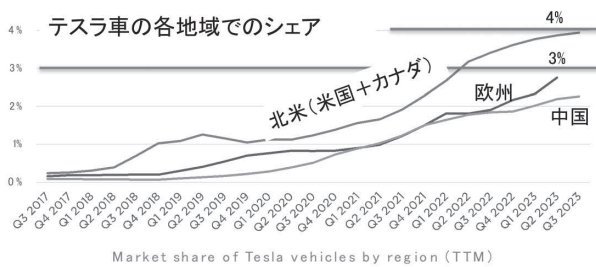
がったものである（図表4）。

図表2 テスラ車の過去10年間の販売実績



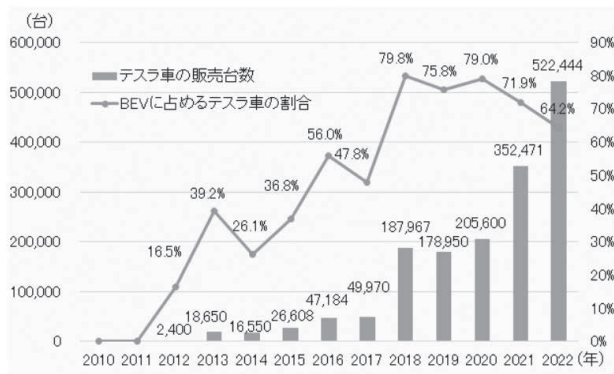
出典：テスラ資料に執筆者が加筆。

図表3 テスラの地域ごとのマーケットシェア



出典：テスラ資料に執筆者が加筆。

図表4 テスラのBEVの販売は伸びているがシェアは低下している



出典：JETRO
<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2023/42cf12078ee75093.html>

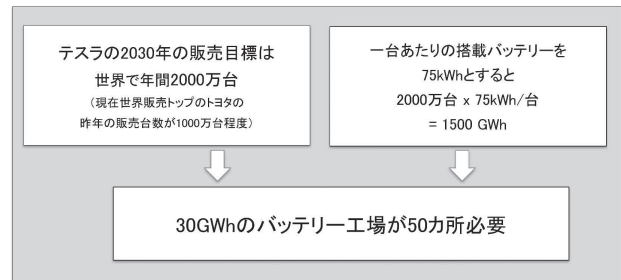
(1) 2030年の販売目標は世界で年間2000万台

テスラの2030年の販売目標は世界で年間2000万台であるが、現在世界販売トップのトヨタの2022年の販売台数が1050万台なので、2000万台はその2倍に相当し、きわめて挑戦的な販売目標であるといえる。

テスラは2022年の生産台数137万台から約15倍にする必要がある。一番の問題はバッテリーの調達であると筆者は考えるが、仮に、一台あたりの搭載バッテ

リーを75kWhとすると、2000万台×75kWh／台 = 1500 GWhとなり、30GWhのバッテリー工場が50カ所必要となる（図表5）。中国の上海工場での必要バッテリーはおそらく中国で調達するLFP（リン酸鉄リチウムイオン）になると考えられるが、前記の米国での税額控除（7500ドル）を考えると、米国販売のEVに必要なバッテリーは、米国での製造を目指さなければいけない。

図表5 2023年販売目標世界で年間2000万台を達成するには



出典：テスラ資料に執筆者が加筆。

テスラの2030年の販売目標である世界2000万台に関して、マスク氏は「需要の問題ではない」（これは過去に何度も使っている言葉）、「難しいのは、とんでもないものを作ってしまうことだ」と述べているが、まさしくその通りであろう。「とんでもないもの」を作り続けることが、革命児の宿命であり、製造方法や素材を含めて「パラダイムシフトを自分で作り出せるか」が鍵となる。

そして、2000万台を製造・販売するためには、今までとは全く異なるプラットフォーム設計、徹底した垂直統合、他社の都合に振り回されないための自社内への取りこみ（LSIチップの自社開発）、既存の工場の拡張、新しい工場の建設（メキシコ）、製造プロセスの効率化、いくつかのモデルの追加、等とやらなければいけないことは山積みである。コロナでのサプライチェーンの混乱の痛い経験を生かすためにはどうすればいいのであろうか。

また、車体プラットフォームやドライブユニットの設計・製造と、バッテリーの調達が鍵になると筆者は考える。

(2) 車体プラットフォームは如何にあるべきか

テスラは、今までと違う次世代車両群を構築することを示唆しており、3万ドル程度で販売できる小型車を含め、その設計・製造をより速くより安くスケールアップするために、自動化に依存した方法で製造ライ

ンを構築するとしている。

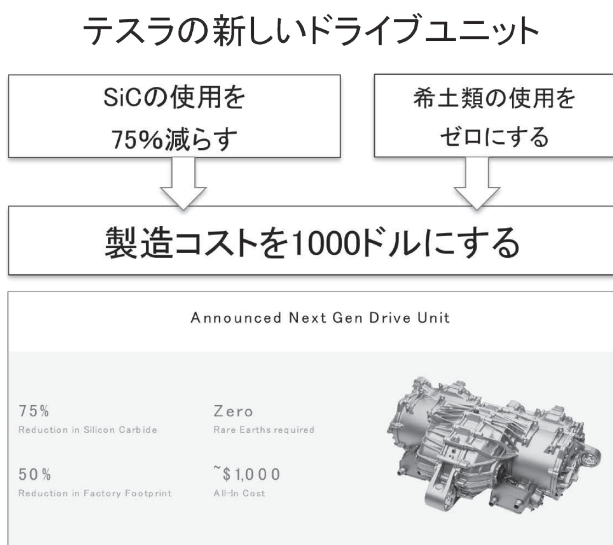
①車のそれぞれの車体はすべて独立して作り塗装は必要なものだけを行う、②車のパーツは一度だけ組み立てる、③パーツを必要な場所に配置する、④多くの人とロボットが中央の組み立て場所に重いものを運ぶのではなく、車の別々の部品を製造するためのスペースをそれぞれもつ、とイーロン・マスクは指摘している。

至極当たり前の発想ではあるが、実行には工場スペースの抜本的な変更が必要となる。現在テスラの量産が行われているカリフォルニア州、テキサス州、ドイツの工場では今更の変更は難しく、発表されたメキシコ工場が最初の実験場になるのではないだろうか。

(3) 抜本的なドライブユニットの再設計による劇的なコスト低下

テスラは、次世代のプラットフォーム設計・量産にあたって、ドライブユニットのコストを1000ドルにまで削減するとしている。ドライブユニットには、高性能のモーターとインバーターが含まれるが、その両方で根本的な改造を図っている（図表6）。

図表6 テスラの新しいドライブユニット



出典：テスラ資料に執筆者が加筆。

(4) シリコンカーバイド（SiC）の使用量を75%削減する

直流電源（バッテリー）からモーターを回す交流電源に変換するためには、インバーターが必要となり、テスラはこのインバーターに高性能のパワー半導体であるシリコンカーバイド（SiC）をふんだんに使ってきた。「SiCは素晴らしい半導体だが高価であり、車両の量産規模を拡大するのが難しくなる」とテスラはいう。

次世代のドライブユニットでは、そのシリコンカーバイドの使用量を75%削減するという。75%の削減にあたって、パワー半導体を水冷する棒状のフィンの形状や配置を工夫し、冷却性能を高めたという。インバーター用のパワー半導体は大電流を流すため、放熱機構が欠かせないが、さらに、隣接するモーターや減速機の油冷機構も活用する“ダブル冷却”とし、こうした工夫によって、市販のインバーターに比べて2倍の放熱性能を実現するという。放熱性能を高められれば、SiCパワー半導体チップをより小さくできたというが、車内の熱管理（冷やす・温める）の抜本的な改革が必要となる。

(5) 希土類（レアアース）を使わない高性能モーター

テスラは、次世代のドライブユニットに搭載するモーターからレアアースをなくすと発表した。継続して永久磁石を使用するが（電磁石は使わない）、永久磁石にレアアースを使用しない設計とし、SiCの削減と合わせて、新しいドライブユニットのコストを1000ドルまで削減するとしている。

周知のように90年代に中国産の低価格のレアアースが市場を独占しており、米国などでの採掘・加工の終焉が加速され、現時点でのレアアースの採掘の3分の2近くと、磁石への加工の90%以上を中国が担っている。調査会社によると、現時点でレアアースの12%はEVに使用されている。

テスラがモーターの磁石での使用をゼロにするレアアースは、「ネオジウム」「ジスプロシウム（Dy）」「テルビウム（Tb）」と推定される。

磁力を高める「ネオジウム」などのレアアースは、ウランやトリウムといった放射性元素との結びつきが強いことから、採掘・加工の過程で有害物質が出ることが広く知られている。

テスラの決定はサプライチェーンの懸念と、生産時に有害物質が発生することを考慮した結果という。テスラはレアアースの使用をゼロにするとしたが、米国と欧州では、レアアースを含めて、サプライチェーンの多様化を進めようとしている。ただし、レアアースなしの永久磁石で、果たしてモーターの高性能が維持できるかどうかに関しては、色々な議論がある。

磁石メーカーの動きも激しく、レアアースを使わない磁石が色々なところで秘密裏に開発・試作・検査が進んでおり、イーロン・マスクはある程度の確信もっているものと思われる。

なお、2000年代初頭に閉鎖されたカリフォルニアの鉱山は最近になって再開され、現在では世界の15%の

レアアースを採掘している。ただ、これらの鉱石は加工（精製）のために中国に輸出されている状況であり、リチウムの精製が中国に握られているのと同じ構図となっている。

(6) 48ボルトへの移行→ごく少量生産の「サイバートラック」から（他の車種への展開は問題が多い）

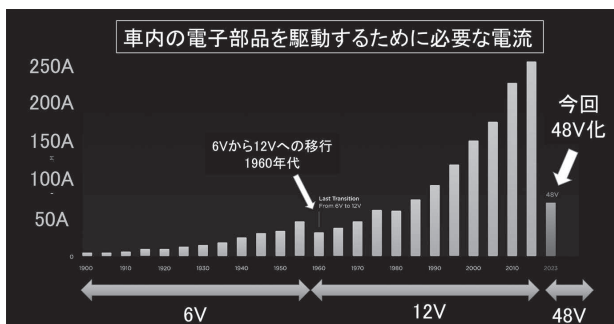
車両の低電圧配電網を12ボルト（V）から48Vへ移行することも発表された（図表7）。低電圧配電網（ハーネス）は、車内の各種のモーター、ライト、センサー、ICチップ等の数百個の電気部品の駆動に使われるが、高電圧にすることのメリットは、同じ電力をより小さい電流で供給できることである。これにより、電流損失を減らし、より細い電線を使用でき、細い電線が使えれば、軽量化とコスト削減が可能になる。

12Vから48Vへの切り替えに関する技術的な大きな問題はないが、48Vで動作できるようにするには各種のモーター、ライト、センサー、ICチップ等をすべて48V対応にしなければいけない。

さらに大きな問題は、この変更に伴って、全米のサービスセンター（修理工場等）が新しい48V電圧システムに対応する機器を導入する必要があることであり、これはテスラ社内の問題よりもはるかに大きいと考える。そうでなくても、修理コストがガソリン車よりもはるかに高価であると批判されているテスラ車にとって、修理できるサービスセンターが限定されるというのは、拡販にあたっての痛手であろう。

同じ日に発表された、SiCの使用個数の低減や、レアアースなしのモーターの使用はどちらかという社内の問題で、全車種に適用できるが、この電圧の変更は、大方の予想通り、生産量がきわめて少ない「Cybertruck」にまずは適用された。熱狂的なテスラファンしか購入しないであろう「Cybertruck」でま

図表7 車内の電子部品を駆動するために必要な電流



出典：テスラ資料に執筆者が加筆。

ずは様子を見るという戦略であろう。

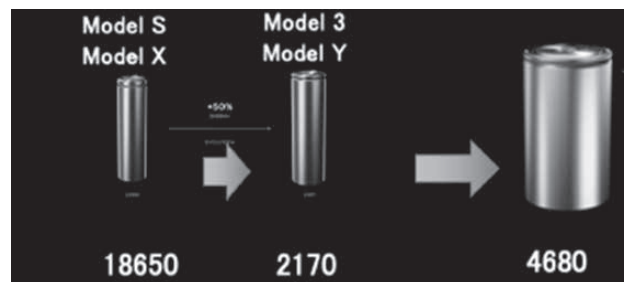
ただし、48V化のメリットが多いのも事実であり、今までの12Vを捨てる決断は、褒められてよいと筆者は思う。

3. バッテリーが鍵となる

テスラに限らず、EVメーカーは、それぞれのポリシーに基づいて、バッテリーのフォームファクター（形状）と、使用するケミカルを使い分けている。

フォームファクター（形状）に関しては、円筒型、ポーチ型、角型があるが、テスラは一貫して円筒型の小型セルを多数並べる方式をとっている。円筒形のサイズは、起業時に用いた18650(直径18mm、高さ65mm)から、パナソニックと共同で立ち上げたネバダ工場で採用した2170(直径21mm、高さ70mm)、そして2020年に発表し、カリフォルニア州の実験工場とテキサスのギガファクトリーで試作が始まった4680(直径46mm、高さ80mm)と、徐々に大型化を図っている（図表8）。

図表8 テスラが採用するバッテリーのフォームファクター（形状）
直径・高さともに徐々に大きくなっている



出典：テスラ

使用するケミカルに関しては、図表9のように、「長寿命志向」「長走行距離志向」「高エネルギー密度志向」の3種類を使い分けている。主流車種のModel 3/Yは、中国（上海）で製造されているLFP、米国や欧州で販売するModel 3/Yは今は三元系である。ただし、欧米でもLFPの採用が増えているという話である。

これらの「フォームファクター（形状）」×「ケミカル」の組み合わせは、EVの性能や価格がバッテリーに依存する部分が多いので、最適な組み合わせが重要となってくる。

なお、今までは、パナソニックのギガファクトリーからの供給と、中国の寧徳時代新能源科技（CATL）からのLFPがほとんどであるが、2030年の2000万台に必要な1500GWhの確保に向かって、なりふり構わ

図表9 テスラが用いる3種類のバッテリーケミカル組成

| | 長寿命志向 | 長走行距離志向 | 高エネルギー密度志向 |
|---------|--|--|--|
| 使用車種 | 充放電回数とコストを優先する車種に使用 熱的に安定している | 充放電回数とコストを優先する車種に使用 熱的に安定している | 高エネルギー密度を指向する車種に使用 |
| 欠点 | エネルギー密度が低く重量・容積共に大きい | エネルギー密度は中程度 | 量産には時間がかかる おそらくかなり高価 |
| 用いるケミカル | 「リン酸鉄リチウム」 | パナソニックと共同開発したニッケル多めの三元系「NCA」 | 2020年に発表の新材料を採用 「ハイニッケル」 |
| 具体的な車種 | Model 3（上海） Model Y（ベルリン） 定置型エネルギー貯蔵装置 | Model 3 Model Y Model S Model X | セミ（大型トレーラー） サイバートラック 大容量（たとえば700kWh）のバッテリーを搭載すると車体重量が重くなりすぎるトレーラーのような車種を想定している |

出典：各種資料より執筆者が作成

ず、バッテリーセルの調達先を増やしていくと同時に、自社生産を増やしていくものと思われる。

4. ギガファクトリーの増強

(1) ネバダギガファクトリーの増強

2014年以来、テスラとパナソニックはネバダ州に62億ドルを投資し、540万平方フィートのギガファクトリーを建設し、この建設工事だけで、地元では17000人の雇用が創出されたとしている。

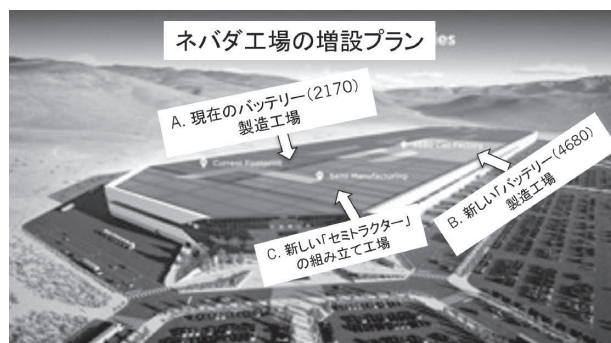
それ以来2023年までの9年間に、ギガファクトリー・ネバダのチームは、①73億個のバッテリーセル（年間37GWh以上）、②150万個のバッテリーパック、③360万個のドライブユニット、④100万台の定置型エネルギー・モジュール（合計14GWh以上）の生産に成功しているという。

この仕事を完成させるために、テスラは1万1000人以上のチームメンバーを直接雇用したが、ギガファクトリー・ネバダを成長させ続けるために、テスラはさらに36億ドル以上を投資し、新たに3000人のチームメンバーを加え、2つの新工場を建設するという。

図表10のA. の部分が現在の2170セルの製造工場であるが、B. が新しい100GWhの4680セル工場（年間150万台の小型車用バッテリーを生産可能）、C. が初の量産型セミ（大型トレーラー）工場とのことである。

前記の2030年の2000万台の製造・販売目標のうち、中国・欧州での需要が仮に1000万台で、そのバッテリーがそれぞれ、現地で製造または外部から調達する

図表10 増強後のネバダ工場の予想図（年間100GWhの4680セルの製造が可能になるという）



出典：テスラ資料に執筆者が加筆。

と考えると、米国内向けの1000万台分のバッテリーが米国内で製造されることになる。仮に一台あたり75kWhとすると、750GWhの量産能力が必要になるが、このネバダ工場は、4680セルの製造で先行するテキサス工場と一緒に立ち上げることとなる。

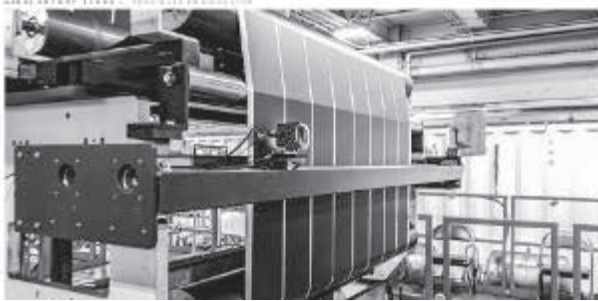
(2) テキサスギガファクトリーの増強

テスラは、ネバダ工場の増設以外にも、テキサス州に対し、同州オースティンにあるギガテキサスの拡張を申請している。ギガテキサスはテキサス州オースティンに建設した工場で、2022年4月に竣工した。今回の拡張計画では、7.7億ドルが投資され、新型バッテリーセル（4680）の組み立てならびにテスト施設、バッテリー正極ならびに駆動装置の組立施設などが建

設される予定となっている（図表11）。

これにより、現在雇用している1万1000人に加え、3000人の新規雇用が生まれ出される。

図表11 ギガテキサスでの新型電池(4680)の製造工程



出典：テスラ

(3) コーパスクリスティに建設中のリチウム精製工場

テスラは垂直統合の取り組みを、バッテリーセルに使用する材料に拡大しようとしている。前記（2023年11月号）のように、リチウムの精製の58%が中国で行われているが、外部依存を少しでも減らすために、ギガテキサスから南に225マイル（約360キロ）、メキシコ湾岸の中核都市コーパスクリスティ市近郊で3億7500万ドルを投じ、EV用バッテリーに使用する水酸化リチウムの精製工場の建設を、2023年5月に開始した^{注3}。

この工場では、年間50GWh（その後60GWhとアナウンス）のリチウムを精製することが可能ということなので、現在のネバダ工場の37GWh分は賄える計算となる（1台平均75kWhと仮定すると約80万台相当である）。

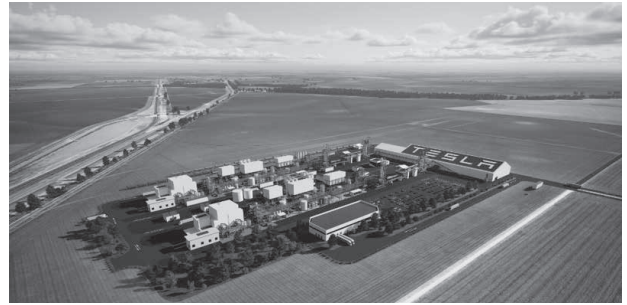
イーロン・マスク氏は、質疑応答で、「リチウム精製工場に隣接して陽極（カソード）製造施設も建設する予定である」「リチウムの精製は率先して自社で行うが、採掘は他社が行うことを望んでいる」「私たちは、やりたいからやるのではなく、やらなければならないからやっている」と述べている。

完成予想図を示すが（図表12）、当初2023年末までの稼働を目指していたが、かなり遅れている模様である^{注4}。EV車の組み立て工場の建設とはかなり様相が異なる模様であるが、早期に稼働を開始して、規模の拡大を行なってほしいと考える。

5. まとめ

テスラの動向をみてきたが、正直に言って、彼らがパラダイムシフトの先頭を走り続けられるかどうかは

図表12 テスラがテキサスで建設中のリチウム精製工場（年間60GWh分のリチウムを精製可能になるという）



出典：テスラ

わからない。

過去5年間に矢継ぎ早に起こったいろいろな問題は（コロナやイーロン本人問題など）、なんとか凌いできたが、ほかの大手の自動車会社が本気を出してきて、テスラのEV販売台数でのシェアが下がっている今、果たして今のポジションを維持して、2030年の2000万台を実現できるのであろうか。筆者は応援しながらも、かなりの危機感をもって眺めている。2030年の販売台数が800万台ぐらいにとどまって、普通の自動車会社の1社になっているかもしれない。

Model S/XからModel 3/Yへの切り替え（2018年～）は幸い順調に進んだが、世の中が、富裕層の購買層から、普通の所得の購買層（Early Majority）に移行するなかで、テスラが進めている戦略の見直しがうまく進むかどうかは、2024・2025年がきわめて大きな山になるであろう。

テスラ独自であった充電方式の公開・標準化も購買層拡大への対応の一環と筆者は考えているが、きわめて正しい経営判断であったと感じる。

2020年のバッテリーデーでの発表が具体的な形を現したのが昨年2023年なので、昨年の株主説明会でのプランが現実化するのには早くも2026年であろう。

とにかく

「これからが本当の勝負どき」

「やること満載で時間がない」

がイーロン・マスクの実感であろう。

注1：特に断らない限りはプラグインハイブリッド車を含む。

注2：<https://digitalassets.tesla.com/tesla-contents/image/upload/IR/TSLA-Q3-2023-Update-3.pdf>

注3：https://www.tesla.com/ja_jp/blog/tesla-lithium-refinery-groundbreaking

注4：<https://www.youtube.com/watch?v=taIFPr80fW4>