

e-ラーニング講座カリキュラム C-Group(この3年間の進展!)  
C-06

# WBG応用・ビジネス展開の進展

—EV化への大きなギアチェンジ、T型フォード以来の  
自動車産業の大変貌—

よこはま高度実装技術コンソーシアム(YJC)

顧問 宮代 文夫

# ここ数年間で起った自動車業界への激震

**1. 電気自動車化(EV化)への急展開**：この項では、特にこの3年間で起った乗用車のEV化にまつわる諸変化について、主として日刊紙(日経と朝日)の記事から選択をし、WBGパワーデバイス・モジュール開発者の眼から見た形の出来事を述べる。以下の2.CASE, 3.MaaSは目次としては挙げたが、今回は詳述は行わない。

**2. “CASE”構想の急浮上**：

(1) **C**(Connected)

(2) **A**(Autonomous)

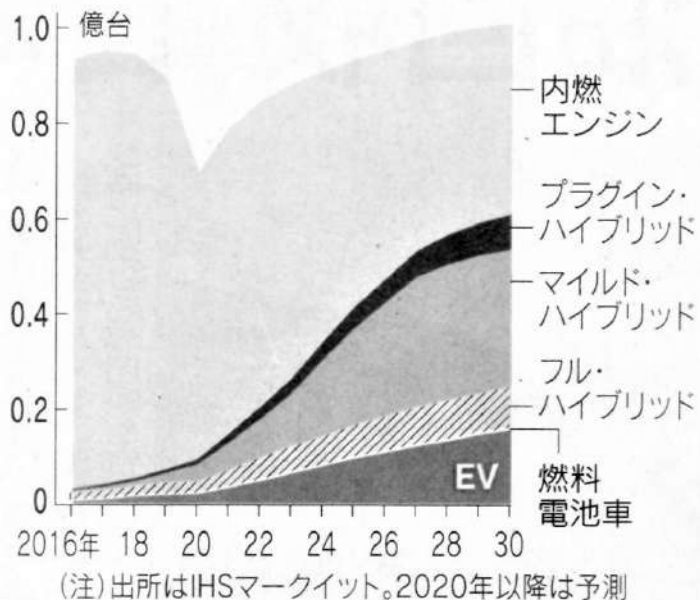
(3) **S**(Shared & Services)

(4) **E**(Electric)

**3. そして将来はMaaS(Mobility as a Service)へ**：

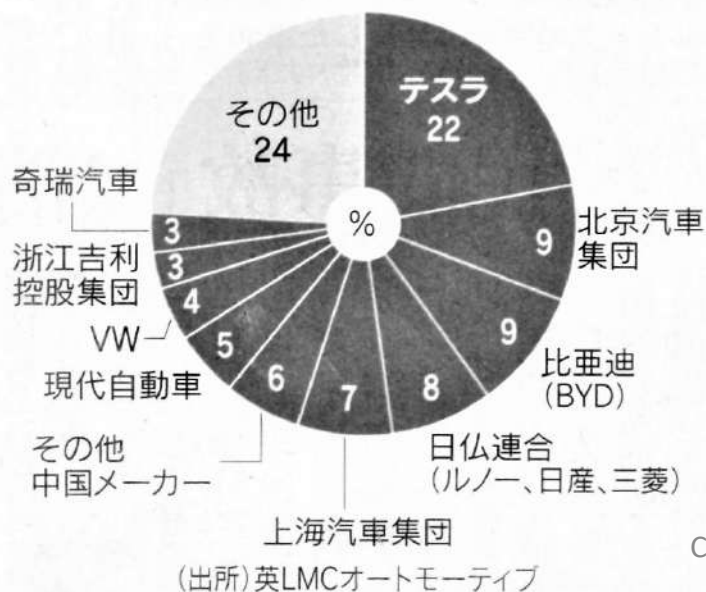
これはダイムラーが2016に提唱したことで、個人一人ひとりの移動ニーズに対応して、各種交通手段を最適に組み合わせて検索・予約・サービス・決済を一括で行うシステム。これは各国のシステムがきちんと整備されれば、そう難しいことではなさそう。

### EVやハイブリッド車が伸びる見通し



**3年前の統計だと、まだこんな調子の統計がまかり通っている。一体、何種類のHybrid車があり、内燃エンジン車が減るところか伸びている風にさえ見える。**

### EVのメーカー別世界販売シェア (2019年)

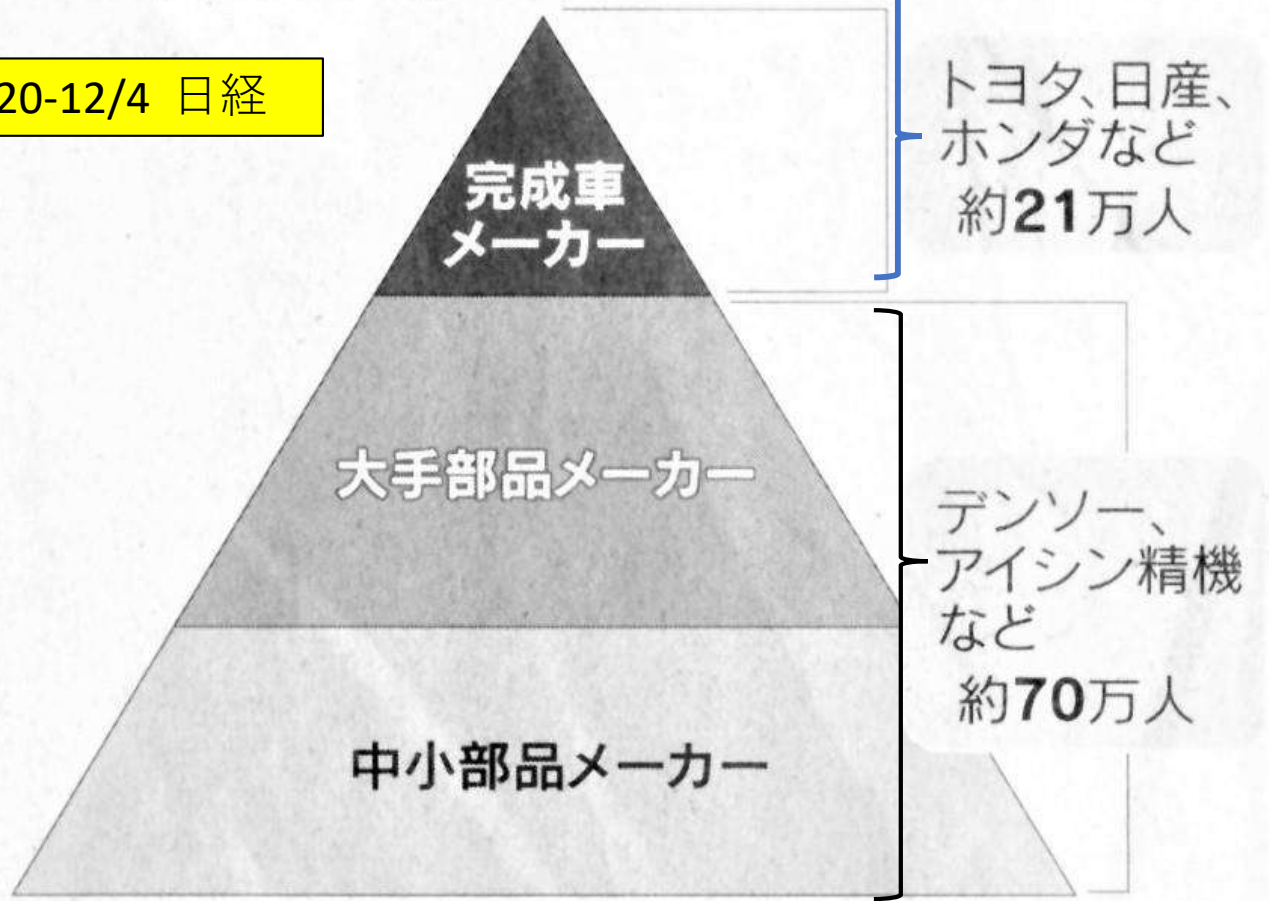


**2019年の統計ではテスラをのぞけば皆10%以下のシェアである。中国メーカーの台頭は感じられる。**

# 電動化は自動車産業のピラミッドを揺るがす

関連就業人口は約**542**万人 (日本全体の約**8%**) → うち製造業は約**91**万人

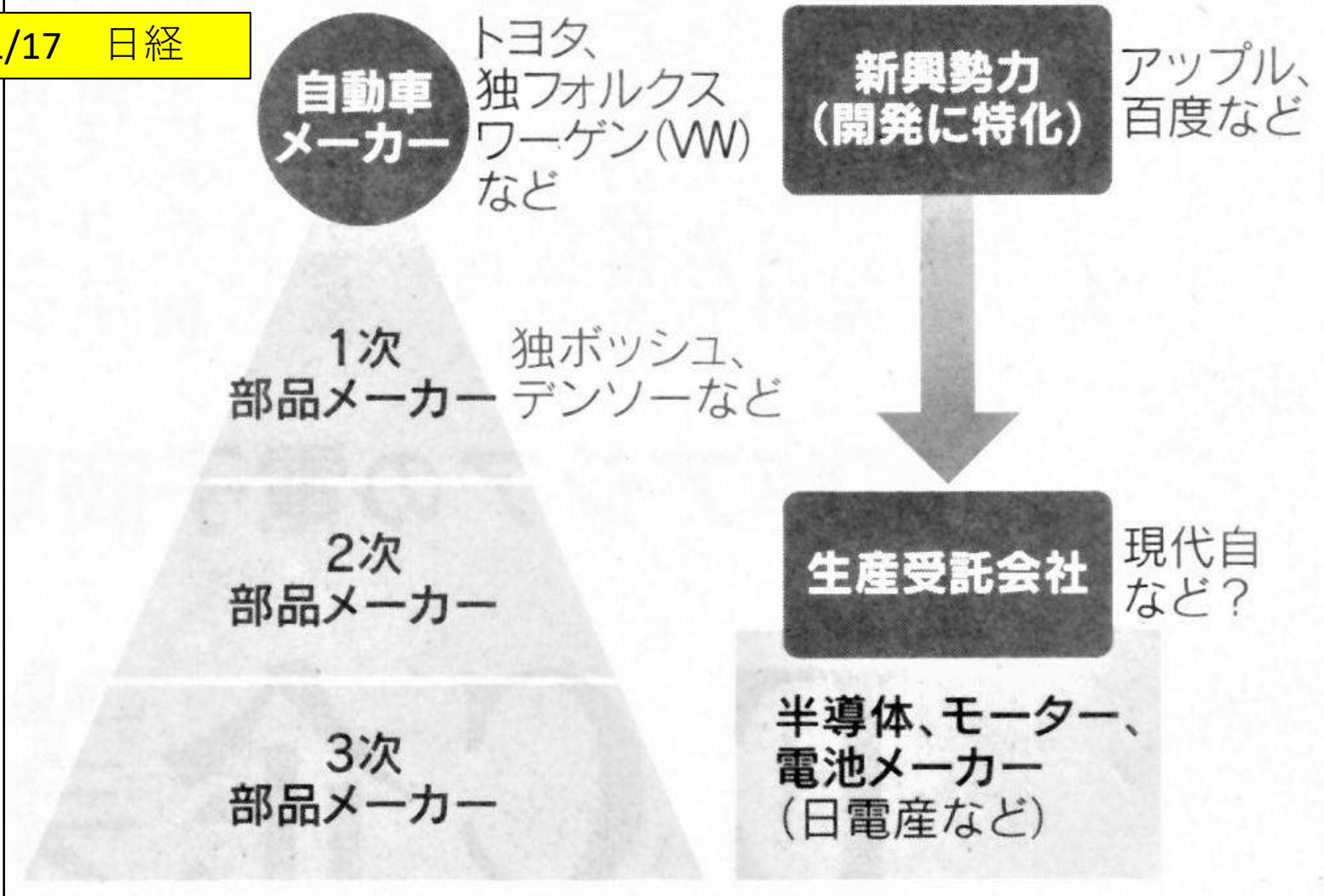
20-12/4 日経



(注) 日本自動車工業会の資料などを基に作成

# テック企業の参入はクルマの作り方を 変える可能性がある

21-1/17 日経





# 自動車産業がEV化で激変する

部品点数は減少

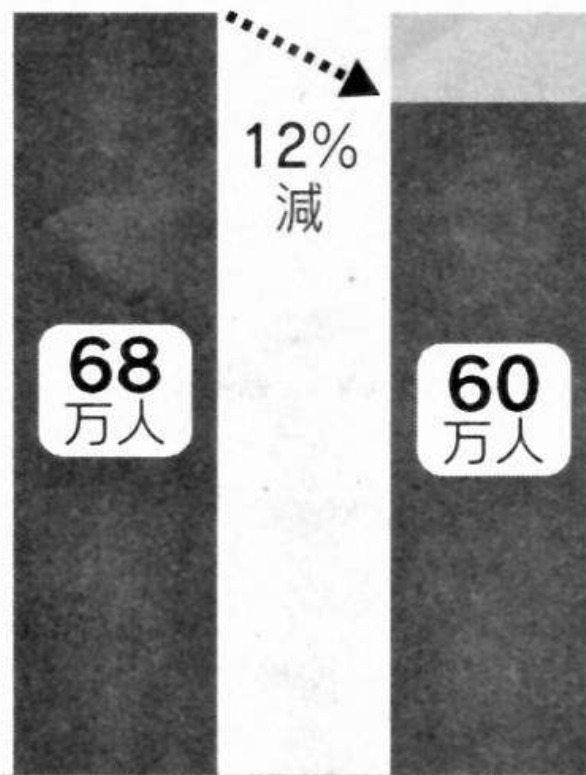
雇用(部品メーカー)にも影響

ガソリン車  3万  EV最少で  1.5万



トヨタのエンジン工場

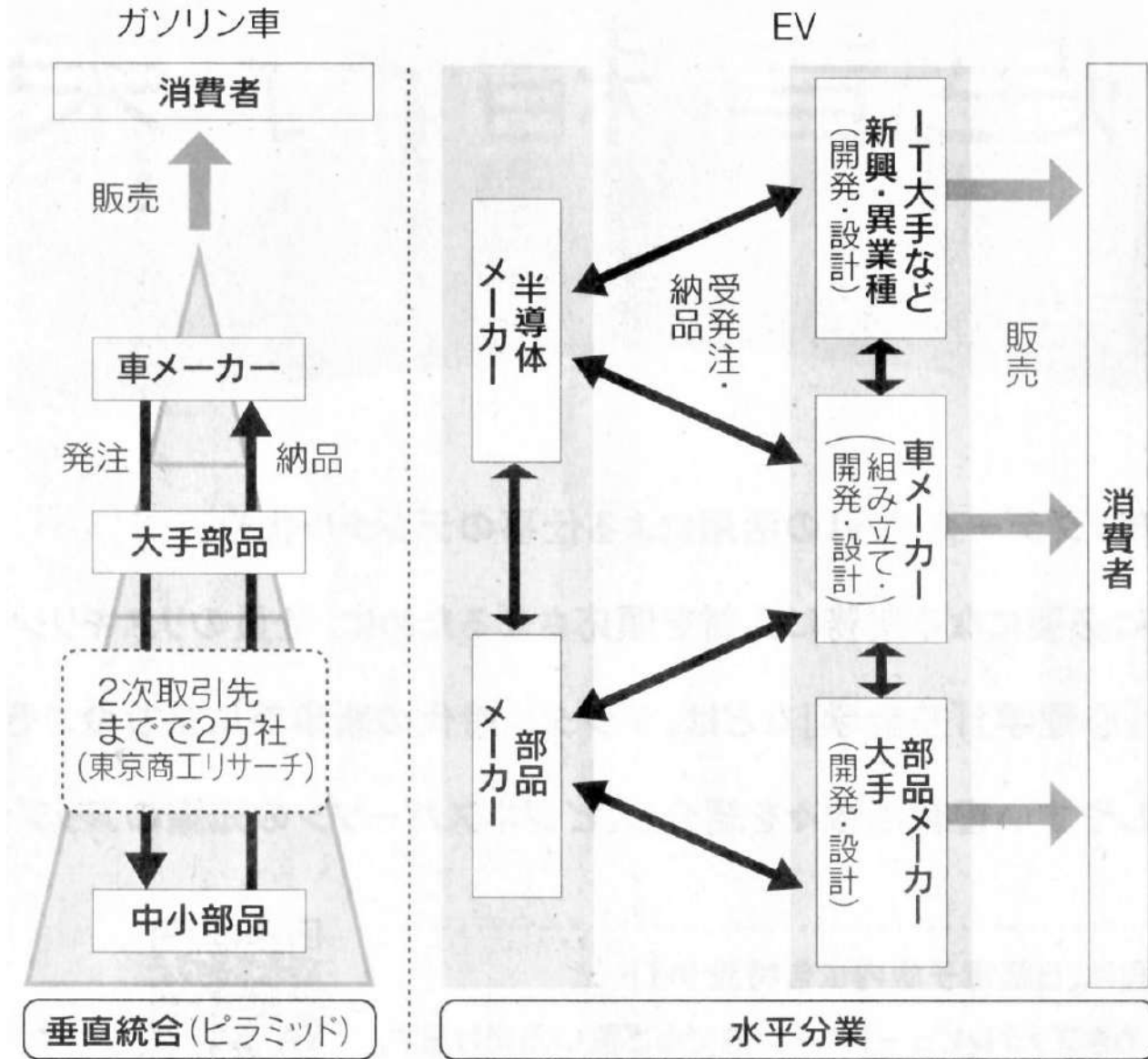
広州汽車集団のEV工場



ガソリン車

EV

(注)アーサー・デイ・リトル・ジャパン試算



# EVに異業種からの参入が相次ぐ

22-1/6 日経

クルマのスマホ化に邁進?

電子機器メーカー的手法?

クルマは造らず、モータ、インバータ、などを機電一体化したe-Axleなどを売り込む作戦

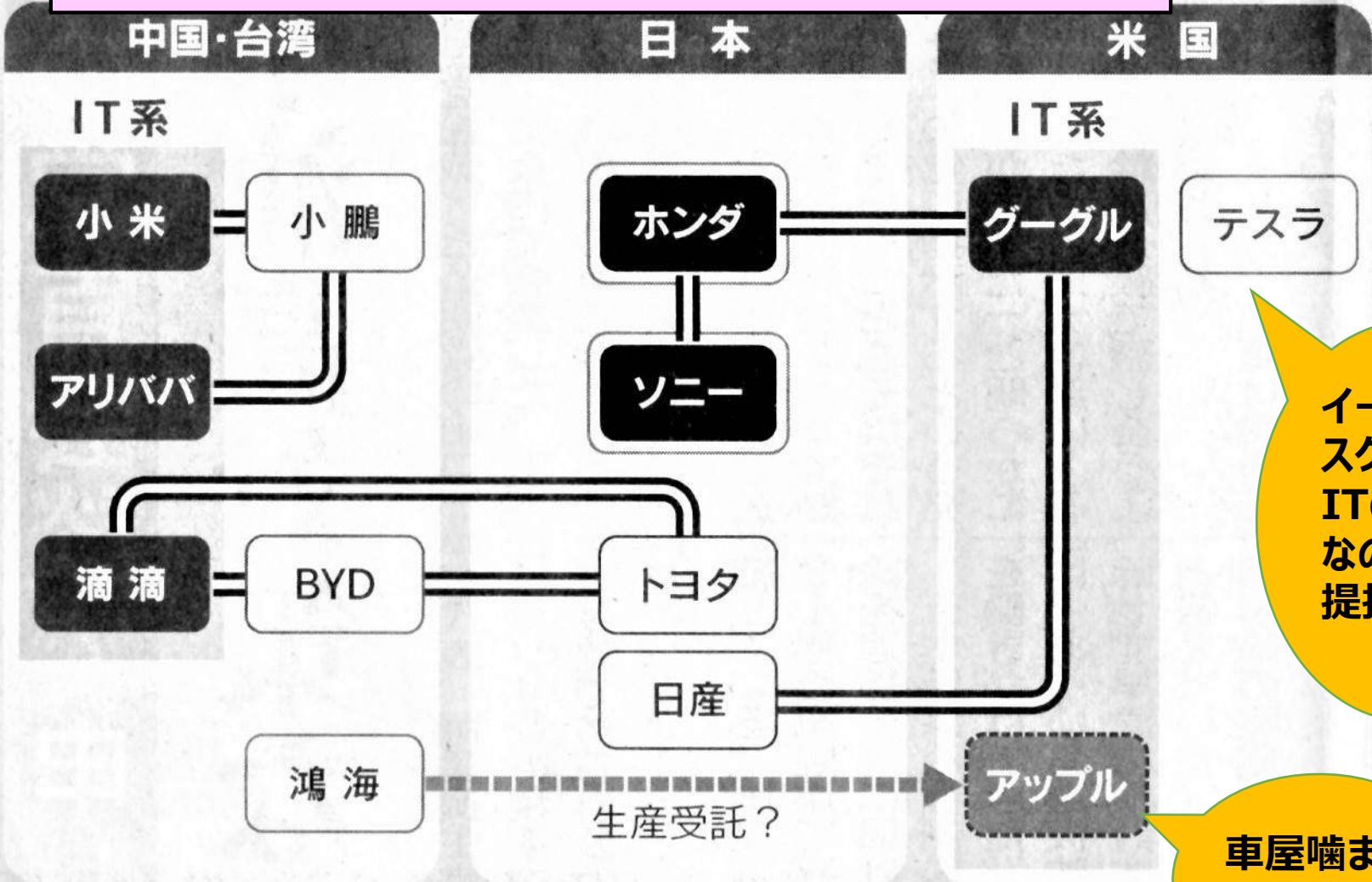
車体開発

部品

ソニーG (電機)	20年に試作車を披露。22年春に新会社、事業化を本格検討
アップル (米・IT)	EV参入観測が度々浮上。車メーカーと提携交渉も
鴻海精密工業 (台湾・EMS)	EVの開発基盤を20年に立ち上げ。21年に試作車を披露
百度 (中国・ネット)	浙江吉利控股集团とEV製造の共同出資会社を設立
ダイソン (英・家電)	17年にEV開発に参入も19年に断念
ファーウェイ (中国・通信)	OSや基幹部品を車メーカーに提供。自社店舗で採用車種の販売も
日本電産 (電機)	欧州ステランティスとモーターで合併会社、鴻海の基盤に参加



# CASE対応を考えるとIT企業との連携は不可避



(注) 〰️ は提携関係

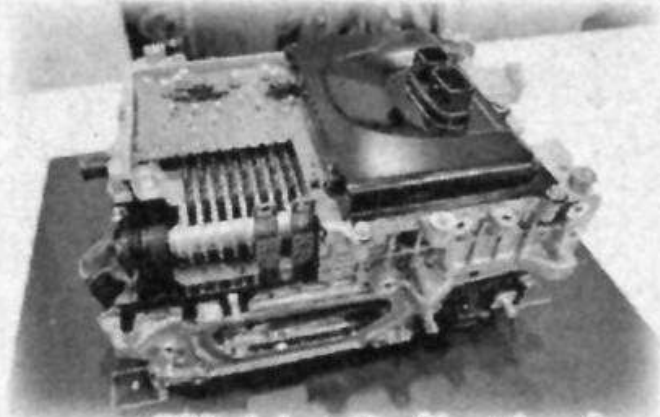
イーロンマスク氏はITの達人なので提携不要

車屋噛まなくて大丈夫?

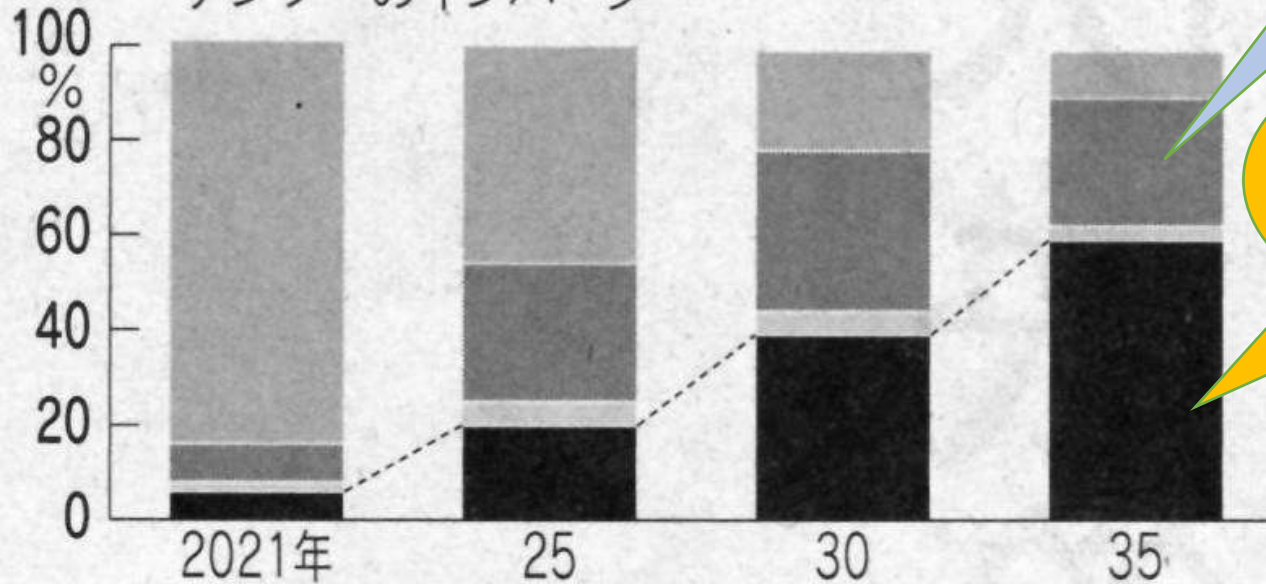
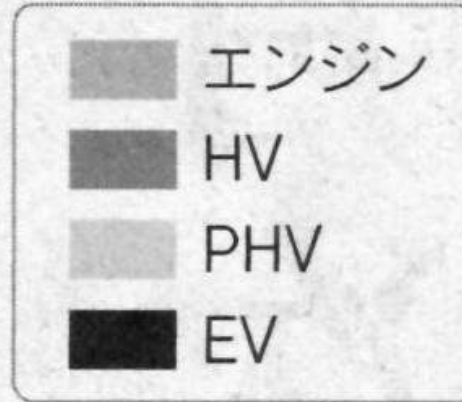
# 世界のEV市場は急拡大

日経 22-11/18

(新車販売台数に占める割合、大型商用車は除く)



デンソーのインバーター



(出所) ポストン・コンサルティング・グループ

それどころかガソリン車、HV車も残っている!!

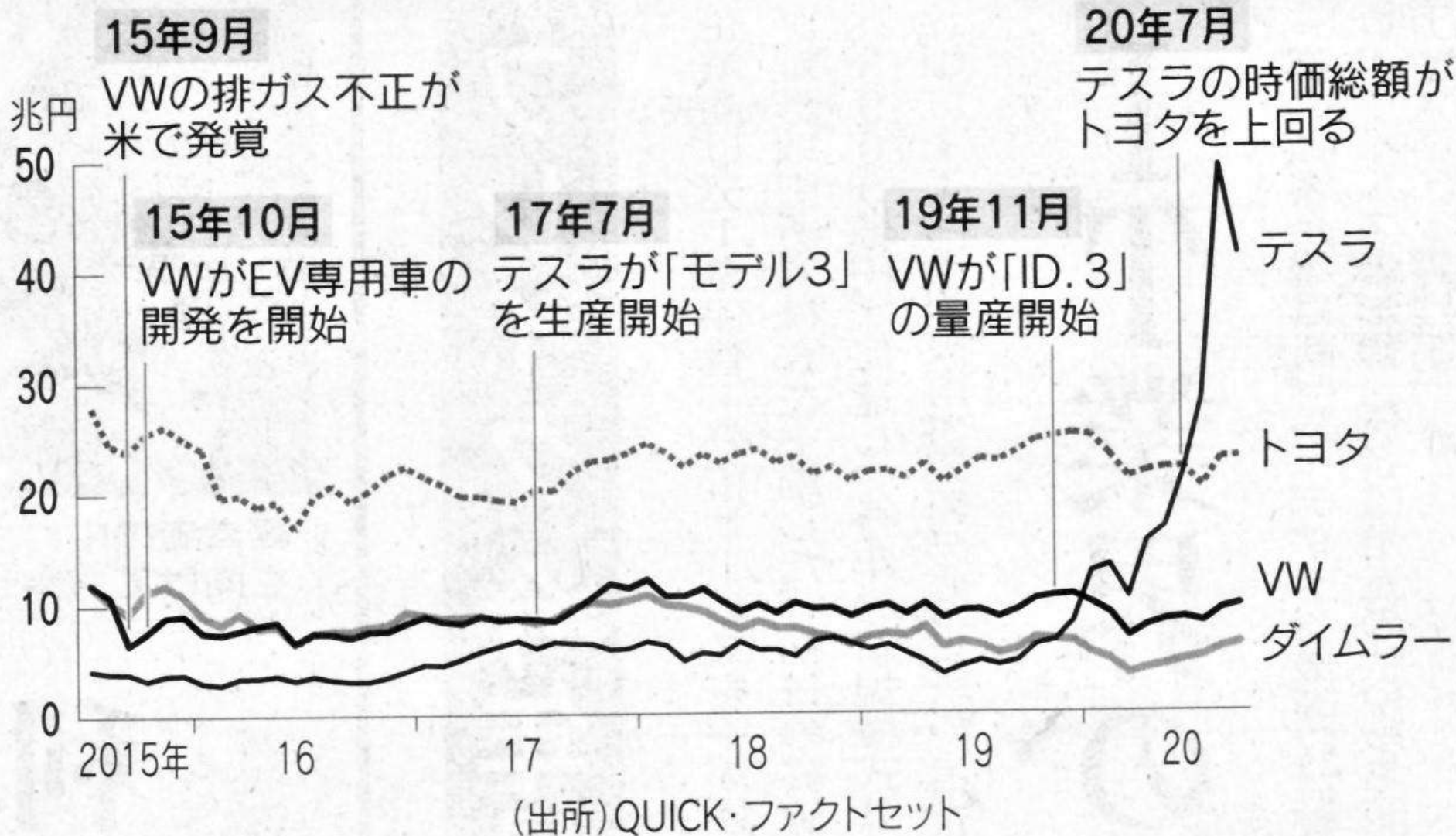
2025年で25%EV化も難しいのに、2035年に60%超えなるか?

# (蛇足)<テスラ社/イーロン・マスク氏の半生>

- ①1971:南アのプレトリア生まれ。51歳。
- ②両親離婚。18歳で母の出生地カナダに移住。親戚の家を転々としながらチェーンソーを使った木の伐採やボイラー室の清掃といった過酷労働に従事。しかし幼いときから読書に親しみSFやソフト開発に興味。
- ③1989:19歳でカナダのクイーンズ大学に入学。2年後に奨学金を得て米国ペンシルベニア大・ウオートン校に進学。ここで物理学と経済学の学士号を取得。
- ④ 大学時代に将来の人類にとっての重要事項を考え、(1)インターネット、(2)持続可能なエネルギー、(3)複数の惑星での生活、の3つを挙げた。**1995 Stanford**。
- ⑤マスク氏は「ビデオゲーム」開発の才能もあったが、「一生を賭ける仕事ではない」と判断し、上記④(1)~(3)を追求と決めた。
- ⑥資金がなく、安いオフィスを借りて寝泊りもし、シャワーは近くのYMCAを借りて、たまに行くファーストフードが唯一の御馳走。この時設立したZip2が当たり1999に売却。
- ⑦この2200万ドルを元手にオンライン金融サービスと電子メール支払いサービスを行う会社「Xドットコム」を立ちあげた。
- ⑧その後同業の会社を合併し、「ペイパル」と名づけCEOとなった。
- ⑨2002年にペイパルを売却し、「スペースX」を設立。
- ⑩2004年に「テスラ」に投資。
- ⑪2006年太陽光発電の「ソーラシティ」設立
- ⑫2008年テスラが「ロードスター」を発売。スペースXがロケットの打ち上げに成功。
- ⑬2010年テスラが株式公開
- ⑭2012年スペースXの「ドラゴン」がISSとドッキング成功。
- ⑮2016年7月。大衆向けEV「モデル3」を発売。
- ⑯2018年テスラの時価総額が自動車業界トップに。スペースXの「クルードラゴン」が野口聡一氏を乗せてISSに到着。
- ⑰2021年「**世界一の富豪**」に。
- ⑱2022年「ツイッター社」を買収。



# 自動車大手の時価総額

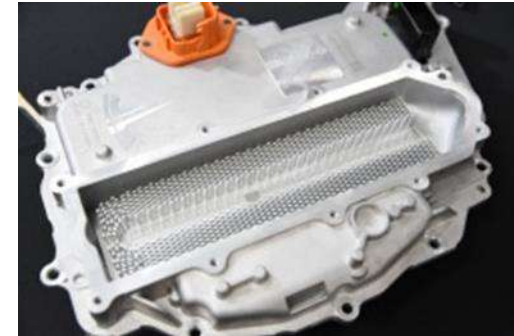


# 米国Tesla社「モデル3」にSiCインバータ搭載

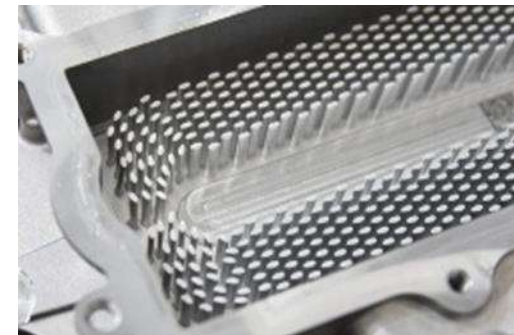


2019秋に発売したテスラ社の電気自動車「モデル3」の主インバータにSiCパワーデバイスが搭載された。

700万円ほどの価格であり、普及車とは言い難いが、量産型電気自動車への最初のSiC搭載車といえるであろう。



インバータの冷却機構



同上 独特の冷却フィン形状



# テスラの「モデル3」の価格推移

22-10/4 日経

万ドル



(注) 最廉価グレードの場合。中国は補助金支給後の実質価格  
1ドル=7.15円で換算

(出所) テスラのウェブサイトや各メディア報道

マスク氏は米国では値下げしていない。  
売れるとなるとちびちび値上げしている。

# 蓄電池工場(上海・Giga factory内)

23/夏着工、24/夏完成予定。年1万個生産。  
自社「モデル3」(小型車)、「モデルY」(多目的スポーツ車)用。

## 23-4/10 テスラ、上海に蓄電池工場 大容量品を生産、来年稼働

【上海】若杉朋子、二に匹敵する規模になるとニューヨーク州「堀田隆文」しており、米中対立の中心でも、中国市場を重視する姿勢を鮮明にする。米電気自動車(EV)大手のテスラは中国・上海市に大型蓄電池の工場を新設する。9日に上海で開いた調印式典で、テスラの幹部と地元政府の幹部が契約書に署名した。米国内の大型蓄電池工場

メガパックは太陽光発電所などで採用が進んでおり、蓄電性能の高さが売り物。テスラはEVのほか蓄電システムを主要事業と位置づけており、その主力だ。新工場は2023年7〜9月期に着工し、24年4〜6月期に生産を始め

る。中国国内だけでなく、海外への輸出拠点としても活用する。生産目標は年1万個としており、これは約40台(約10億)の電力を蓄電できる計算。米カリフォルニア州に持つメガパックの工場と同じ規模になる。テスラがメガパックの

大規模工場を米国外にくるのは初めてとみられる。米中対立の影響で、米国内の一部が中国への投資を再考するなかでも、テスラは中国市場を重視する姿勢を崩していない。主力のEVでは、19年に上海に完成車の組み立て工場「ギガファクトリー」を稼働させ、米国外の主要生産拠点と位置づけている。同工場は売れ筋の小型車「モデル3」や多目的スポーツ車「SUV」、「モデルY」を生産している。

中国政府は脱炭素政策を進めている。30年までに二酸化炭素(CO2)の排出量をピークアウトさせ、60年より前に実質ゼロにする目標を掲げており、脱炭素化につながる蓄電池工場の決定に今回つながったもようだ。ロイター通信によると、テスラのイーロン・マスク最高経営責任者(CEO)は中国を訪れ、李強(リー・チャン)首相との会談を検討しているという。中国政府との関係を強化する狙いがあるとの見方がある。

# テスラの値下げ

売れ筋の「モデル3」の価格を6%, \$5000 (77万円)ほど値下げした。常に販売シェアを意識して行うので当然利益は出ないが、出荷量は落ちないという戦法。勿論、誰にも相談せず、マスク氏の一存による。



モデル3  
547万円(日本)

## 23-4/8 テスラ、再び一斉値下げ

### 米で最大6% EV販売底上げ

【ニューヨーク＝堀田 隆文】米電気自動車(EV)大手のテスラが、米国内で再び一斉値下げを実施したことが7日までに分かった。上級2車種に



「ニューヨーク」堀田 隆文】米電気自動車(EV)大手のテスラが、米国内で再び一斉値下げを実施したことが7日までに分かった。上級2車種に

幅値下げし、販売シェアを確保していく姿勢を鮮明にした。23年1-3月のEV販売台数(速報値)は前年同期比36%増となり、増加ペースの鈍化に歯止めをかけた。ただし、調査会社エクスペリアンによると、23年1月の米市場でのテスラ車のシェアは6割弱で、1年前の7割超から低下している。さらなる値下げで販売台数の確保を目指す。4月中旬には、米政府が新たにEV販売補助金の対象になる車種を公表し、これに沿った補助金支出が始まる予定だ。最大7500ドルの税額控除という満額の支援を得るEVは減る見通しで、メーカーによる価格調整が起きると予想されている。テスラは主力のモデル3について、すでに後

日経電子版 <https://www.nikkei.com/>

写真やグラフィックにARアプリアをかざそう。

AR

アプリはQRコードからダウンロード

AR

お問い合わせ(7:00~21:00) ☎ 0120-21-4946

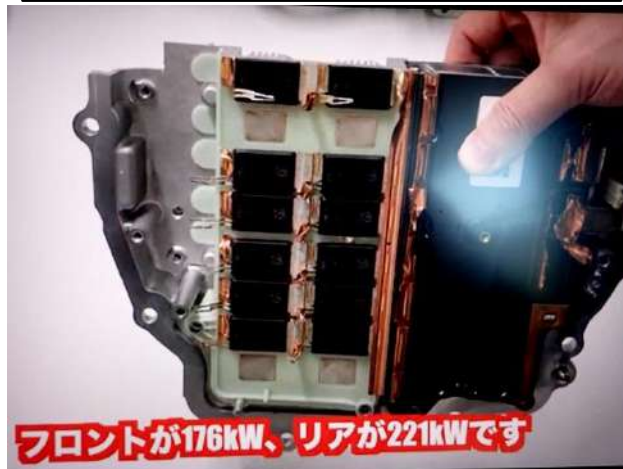


# 名大・山本教授のYou Tube動画:テスラmodel 3・SiCインバータ



フィルムキャパシタを使っている

インバータの消費電力



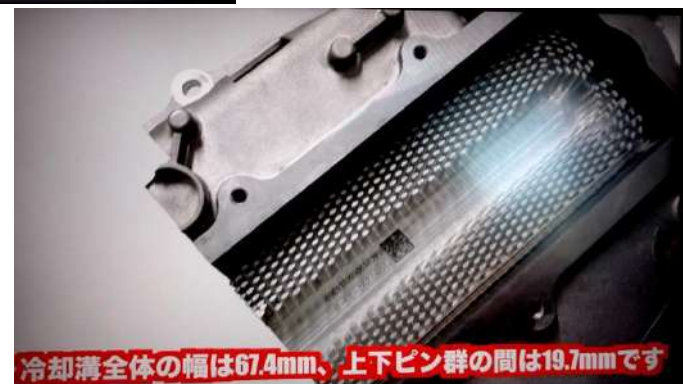
You Tubeで公開



放熱ピン構造



冷却構造



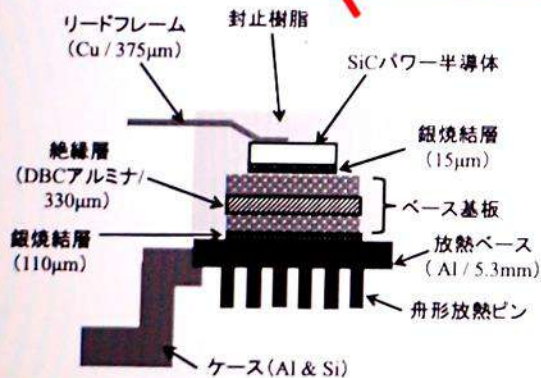
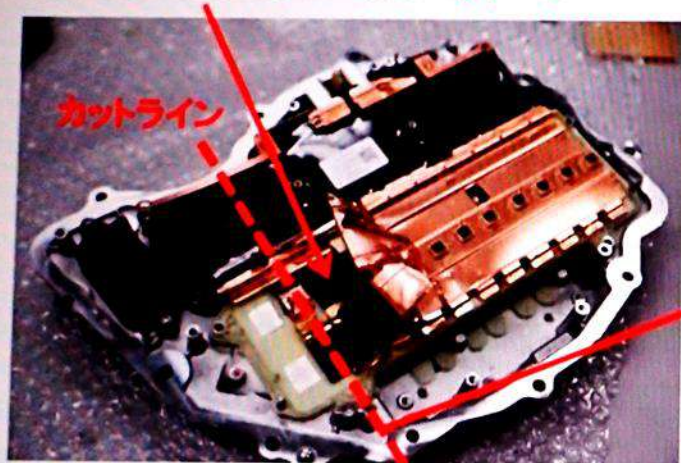
# テスラ モデル3用インバータの実装技術

-高級量産車にSiCが本格的に搭載され、世界を驚かせた-  
 実装技術上もAg焼結接合の採用と鉛はんだの併用という使い分けもしている

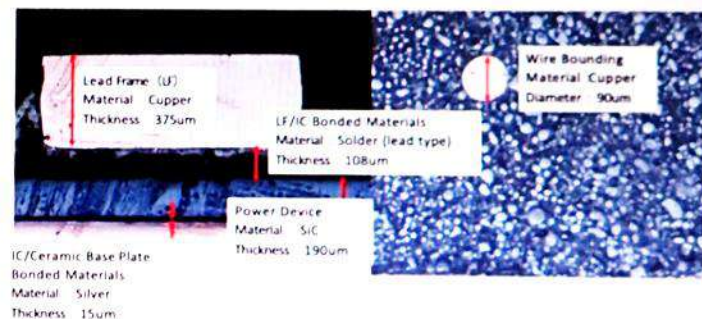


## モデル3用三相インバータの実装状況 (Si v.s. SiC)

### SiC MOS-FETモジュールパッケージ



### SiCパワーモジュールの断面拡大図



### SiCパワー半導体実装の特徴

- 銀焼結接合  
 パワー半導体とベース基板、ベース基板と冷却ダイキャストの間は銀焼結接合化
- 鉛入ハンダの仕様  
 リードフレームとSiCパワー半導体の接合は鉛入ハンダが使用されている  
 (高温実装時の温度マージン確保)
- 銀焼結層の薄膜化  
 高圧実装手法にて15 $\mu$ m以下の薄膜化を実現

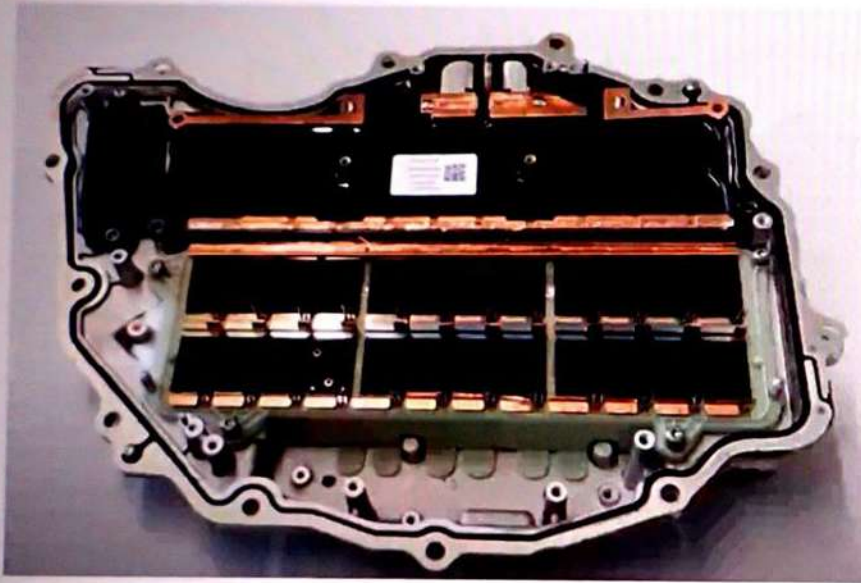
Siパワー半導体とSiCパワー半導体の実装の違い(赤字がSi)



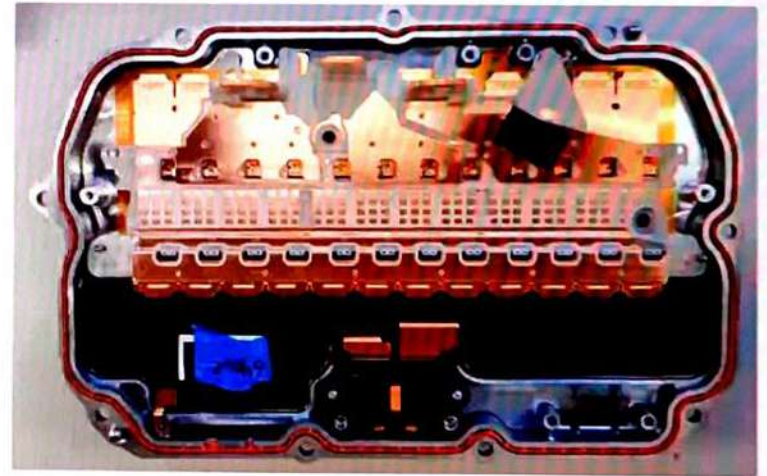
# テスラ/モデル3(2018) → モデルY(2022)のインバータ構成の変化

モデル3では、世界初のSiC使用インバータで、輪郭を米国地図を思わせるなどエスプリの効いた？構成で驚かせたが、新型のモデルYでは、半導体構成はそのまま踏襲し、最新の実装技術や冷却技術を駆使して大幅な小型軽量化を達成した。やはり、e-Axle時代になるとそれに即した実装技術が必須であることがうかがわれる。

モデル3用(2018年モデル)



モデルY用(2022年モデル)



同じSiCパワー半導体モジュール(24個)を使用しながら、  
実装や冷却の進化により大幅な小型軽量化に成功

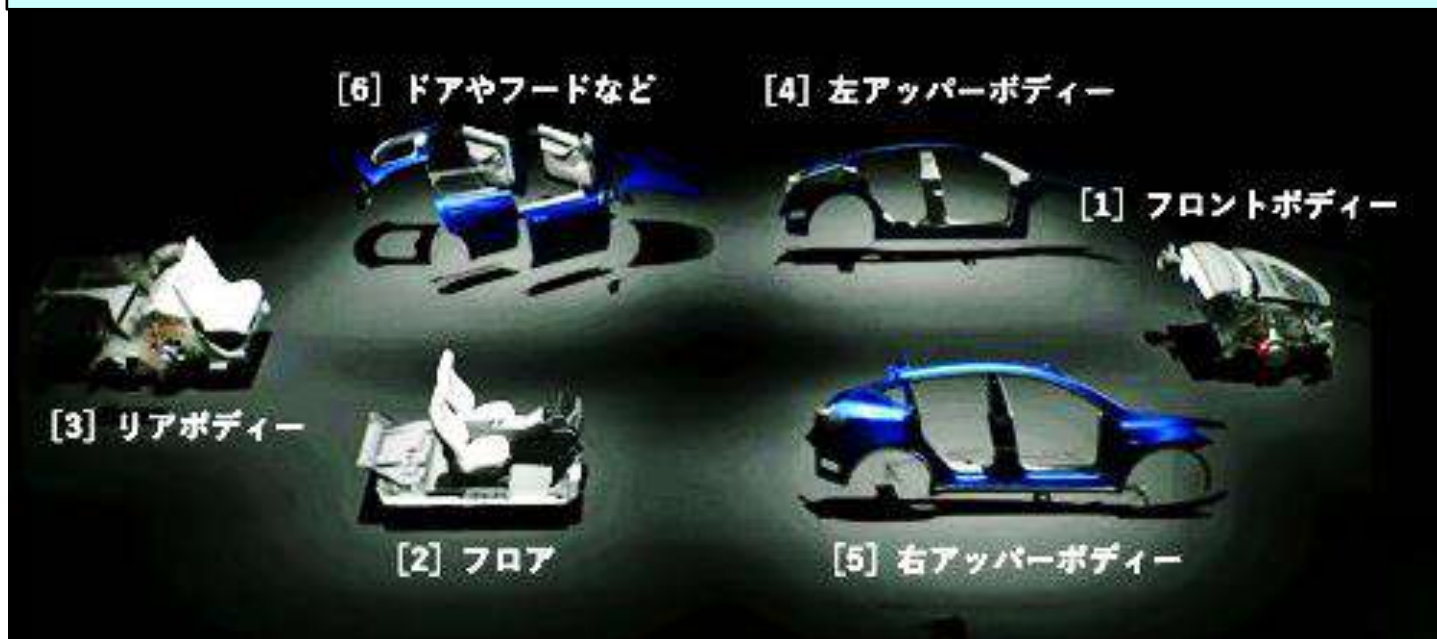
# 自動車(EV)をパソコン並みに組み立てる

—Teslaのイーロン・マスクCEOのアンボックス(箱なし)プロセス提案—



- ♣ 2023-3/1 マスク氏は投資家向けの説明会で、披露した。
- ♣ 車両をモジュール分割し、それらを別々に造った後、最後に一体化して車両を完成させる。EVをPC並みの電気機器と見做しているのだ。

＜構造部品+内蔵部品まで搭載したモジュールを一気に組み上げる＞





# テスラ、数年で低価格EV

## 生産に新方式 コスト半減めざす

日経

23/3/3

テスラは1日、低価格の小型電気自動車（EV）を数年内に投入する計画を発表した。新たな車両組み立て方式の工場をメキシコ北部に建設し、生産コストの半減を目指す。ガソリンエンジン車並みの価格の車種を品ぞろえし、EV市場で追い上げるライバルを突き放す。

## 大衆車市場に新局面

「これまでも数多くの細かな改良を重ねてきたが、もっとも重大な構造的な変化は未来の車種で実現するだろう」。1日（CEO）はクルマブク（CEO）はクルマブク（CEO）はクルマブク

場は、主要部品ごとに塗装や内装を施してから完成車に組み立てる新方式を採用する。作業効率が高まる見込みだ。新方式に最適化したプラットフォーム（車台）の開発も進めている。新工場だけでなく、既存工場も数年かけて次世代車台に対応するという。バイデン米政権が20

## 前スライドの関連記事

2/28メキシコ大統領と合意したばかり。

翌3/1に本社での「投資家説明会」で、もう工場建設を発表した。

トヨタでは絶対通らない。

## テスラ、メキシコに新工場発表

## 「EV生産全拠点で拡大」

【シリコンバレー＝白石武志】米テスラは1日、同社として5つ目となる電気自動車（EV）の新工場をメキシコ北部に建設すると正式発表した。EVの生産コスト半減に向けて開発中の次世代プラットフォーム（車台）に対応し、米国などへの輸出拠点とする。

## 新型車台でコスト半減へ

テスラの正式発表に先立ち、新工場の立地先となるメキシコのロペスオブラドール大統領は2月28日、マスク氏と同国への投資で合意したと明らかにした。新工場の立地先となる北部ヌエボレオ

メキシコ北部の新EV工場のイメージ（テスラの中継映像から）



新工場で生産する車種

## 北米では巨大電池工場の計画が相次ぐ

社名	工場の所在地、稼働時期、投資額
テスラ	①米ネバダ州、2017年、推定約50億ドル
GM	①オハイオ州、22年、約23億ドル ②テネシー州、23年、約23億ドル ③ミシガン州、25年前半、約26億ドル
フォード	①テネシー州、25年、約56億ドル ②ケンタッキー州、25年、③と合わせて58億ドル ③ケンタッキー州、26年、-
ステランティス	①未定、25年、未定 ②カナダ・オンタリオ州、24年、41億ドル以上

22-4/7 日経



## 中国の主な新興自動車メーカー

企業名	本拠地	設立年	企業の規模など	最近の動向
上海蔚来 汽車(NIO)	上海市	2014	18年に米NY上場、19年12月期の最終損益は約1700億円の赤字。 Tencentが投資	販売低迷、米上場からわずか1年で1000人規模のリストラ実施
小鹏汽車	広東省	2014	企業価値は300億元、アリババグループが投資	19年の販売台数は1万7000台。目標の4万台の半分以下に
威馬汽車	上海市	2015	企業価値は300億元、百度(バイドゥ)が投資	19年末のボーナス支給取りやめ、社員も削減か
拜騰 (バイトン)	江蘇省	2016	企業価値は150億元、中国第一汽車グループが投資	20年半ばに初のEV投入を計画するが、資金繰りで難航との見方

(注) 1元=約15円

何れも2014～16にかけて設立され、大手金融集団が出資している。もう設立7-10年が経過しようとしているがどうもあまりパツとしない。

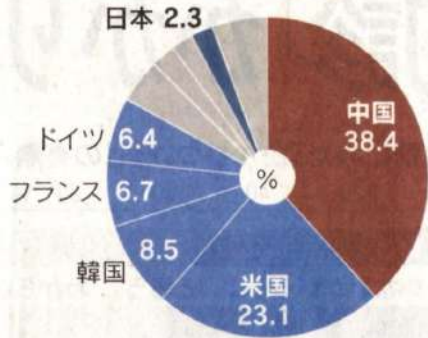
中国は太陽光発電でもそうであったが有望と見るとメーカーが林立し、過剰生産に陥りがちだ。クルマでも例外ではなさそうである。



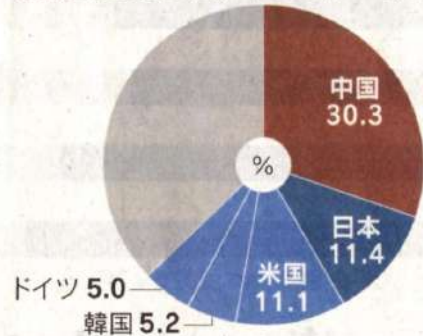
# 中国産EV、輸出始動

**EV:**世界の2020年(上半期)のEV生産台数66万台のうち①中国・約4割の25万台、②米国23.1%、③韓国8.5%、④フランス6.7%、⑤ドイツ6.4%、・・・⑨日本2.3%

EV生産世界シェア(2020年1~6月)



乗用車生産シェア(2020年1~6月)



(出所)英LMCオートモーティブ  
(注)車両は車両総重量(GVW)6トン未満を対象

**乗用車:** 同上。①中国30.3%、②日本11.4%、③米国11.1%、④韓国5.2%、⑤ドイツ5%

## 主要メーカーの中国生産EVの輸出

- \* テスラ：モデル3を2020/10～欧州へ
- \* BMW：iXを2021から欧州へ
- \* ルノー：欧州最安値ダチア・スプリングを日産と組んで東風汽車の合併工場から輸出
- \* 重慶長安汽車：2010～南米へ輸出
- \* 浙江吉利控股集团：傘下のポールスターがEVを北米・欧州に輸出

主な自動車メーカーの中国からのEV輸出

米テスラ	上海工場生産した「モデル3」を10月に欧州へ輸出開始
独BMW	遼寧省で新型EV「iX3」を生産し2021年はじめに欧州で納車
仏ルノー	欧州で最も安いとするEV「ダチア・スプリング」を連合を組む日産と東風汽車の合併工場生産
重慶長安汽車	20年10月下旬に南米向けEVの輸出を開始
浙江吉利控股集团	傘下のポールスターがEVを欧州や北米に輸出

中国政府は新エネ車に加えてHVも優遇、  
という策を取っており、日欧に加担の形

(新車販売台数ベース)		25年	30年	35年
ガソリン車	現状 (19年) <b>95%</b>	<b>40%</b>	<b>15%</b>	<b>0%</b>
HV		<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>
EVなど 新エネ車	<b>5%</b>	<b>20%</b>	<b>40%</b>	<b>50%</b>

20-10/28 朝日

(注)今回発表されたロードマップを基に作成



# この10年で中国製のハイテク商品は深く浸透した。 EVも“電気製品”なので違和感はない？

21-12/20 朝日

2010年	2020年
総額 13兆4130億円	17兆5077億円
1 衣類 位 1兆9131億円	携帯電話など通信機 1兆9504億円
2 <b>パソコンなど電算機</b> 位 1兆1010億円	<b>パソコンなど電算機</b> 1兆8898億円
3 AV機器 位 1兆496億円	(BYD, ATTO3) 繊維製品 1兆4746億円
4 <b>携帯電話など通信機</b> 位 7760億円	<b>繊維製品</b> 8498億円
5 金属製品 位 3833億円	AV機器 7558億円
6 <b>繊維製品</b> 位 3672億円	金属製品 6147億円

そして遂に、中国製・大型乗用車が日本で発売開始した(1/31)。テスラの対抗馬としての車種だけに高級感もあり、価格もリーズナブル(440万円、日本車より100万円安い)で昨年世界トップの180万台(テスラは127万台)売り上げた実績から、出足は好調である。BYDは元々バッテリーメーカーであり、その安心感もあり、昨年 EVで世界を制した。



中国のEV最大手「BYD」 きょうから日本での販売開始

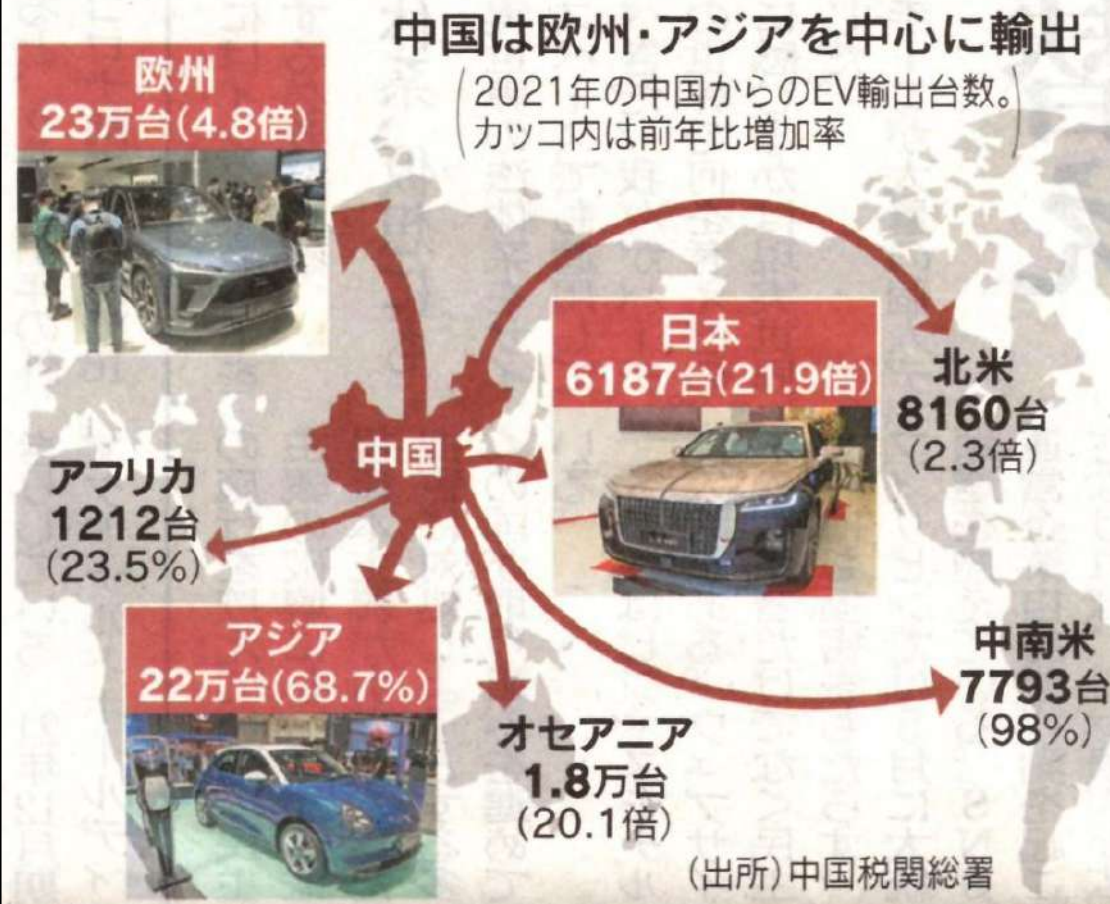
# 中国、米独超え「世界の工場」に。調達の効率化で生産コストは他地域の1/2。欧州・アジアに重点販売。米・日でも売上を伸ばしている

22-3/9 朝日

例えばバッテリー。ある車載 電池では、正極材などの原材料調達から組み立てまで現地で一貫生産する。これで生産コストは約半分になる。





輸出も、足掛かりのある欧州、アジアを中心に伸ばし、自動車王国の米国や国産志向が強い日本でも昨年“テスラ”を抜いて世界一になった“BYD”などを中心にじわじわと浸透しつつある。

日本では、前年までVW車の販売をしていた東福寺氏をBYDが引き抜いて、売り上げを伸ばしている。





## 中国EVが販売上位を席巻する

順位	社名・グループ名	EV販売台数 (万台)	前年比 伸び率(倍)	EV比率 (%)	株価騰 落率(%)
1	 テスラ	93.6	1.9	100	816
2	 上海汽車集団	59.6	2.4	21	▲25
3	 フォルクスワーゲン	45.2	2.0	5	▲15
4	 比亞迪 (BYD)	32.0	2.4	43	359
5	 日仏連合 (日産自動車、ルノー、三菱自動車)	24.8	1.3	3	▲27
6	 現代自動車グループ	22.3	1.8	3	37
7	 ステランティス	18.2	2.5	3	29
8	 長城汽車	13.5	2.4	11	221
9	 広州汽車集団	12.0	2.0	29	▲36
10	 浙江吉利控股集团	11.0	2.8	8	▲31
10	 BMW	11.0	2.9	4	2
12	 メルセデス・ベンツグループ	9.9	1.9	4	47
13	 奇瑞汽車	9.8	2.2	10	—
13	 小鵬汽車	9.8	3.6	100	—
15	 中国長安汽車集団	9.6	3.3	4	58
16	 上海蔚来汽車 (NIO)	9.1	2.1	100	251
17	 東風汽車集団	7.1	3.8	6	▲19
18	 合衆新能源汽车	6.9	4.6	100	—
19	 フォード・モーター	5.5	112.5	1	69
20	 威馬汽車	4.4	2.0	100	—
∴	∴	∴	∴	∴	∴
27	 ホンダ	1.5	1.1	0.3	2
29	 トヨタ自動車	1.4	4.3	0.1	24

(注) 出所はマークラインズ、各社公表値。EV販売台数は100台単位を切り捨て。株価騰落率は22年3月14日の終値を19年末と比較した。日仏連合は日産の株価。「—」の奇瑞、合衆、威馬は未上場。小鵬は20年8月の上場。▲は減



22-5/11

# 世界一市場で各社が生産能力増強

# 稼働率50%割れ予測も

【北京＝多田俊輔】中国の電気自動車（E

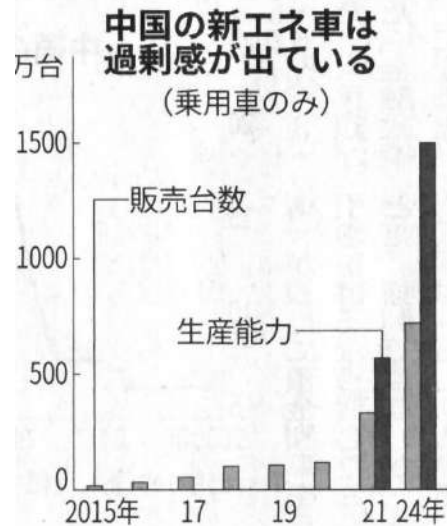
V）が供給過剰に陥る可能性が出ている。EVを含む新エネルギー車の年産能力は数年内に1500万台規模になる見通しで、年間販売台数予測を大きく超える。世界一の市場を取り込むと各メーカーが生産増強を競ったためだ。国内工場の稼働率が50%を割る恐れもあり、今後は淘汰・再編が必至となる。

## 中国のEV生産能力 数年内に1500万台/年に

これは年間販売台数を遥かに超え、供給過剰に

このままでは国内工場の稼働率が半減する恐れもある

**淘汰、再編は必至**



(注)生産能力は21年以降のみ  
24年は予想  
業界団体の予測などから作成

## EV関連の中国・世界シェア

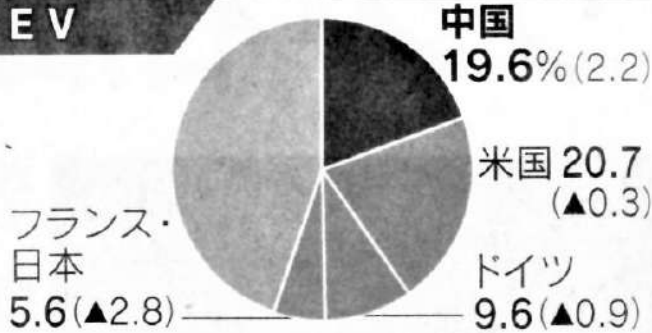
**EV:** ①米国20.7%、②中国19.6%、  
③ドイツ9.6%、④日本・フランス  
各5.6%

**車載電池:** ①中国46.3%、②韓国  
24.8%、③日本12%

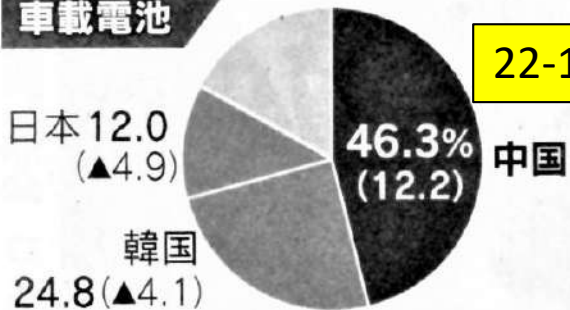
**リチウムイオン電池向け絶縁体:**  
①中国38.9%、②日本19%  
③韓国9.9%

EV関連で中国のシェア拡大が目立つ  
(上位5社の2021年のシェアを国別に集計)

EV

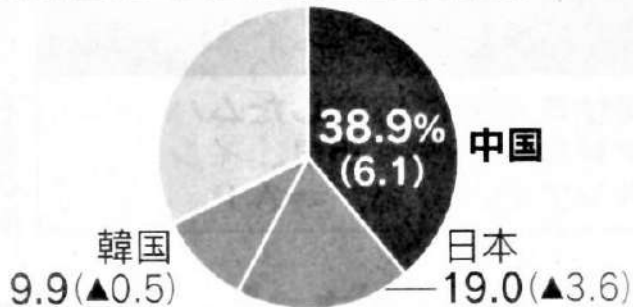


車載電池



22-11/23 日経

リチウムイオン電池向け絶縁体



(注)各調査機関の推計を基に作成。  
カッコ内は前年比、▲はマイナス

23-4/7 NK



BYDの高級車ブランド「仰望（ヤンワン）」のEVスーパーカー

BYDの主な生産エリアと能力



(注)数字は2022年末での生産能力(一部建設中含む)でカッコ内は23年の増強見込み  
(出所)浙商証券の資料などを基に作成

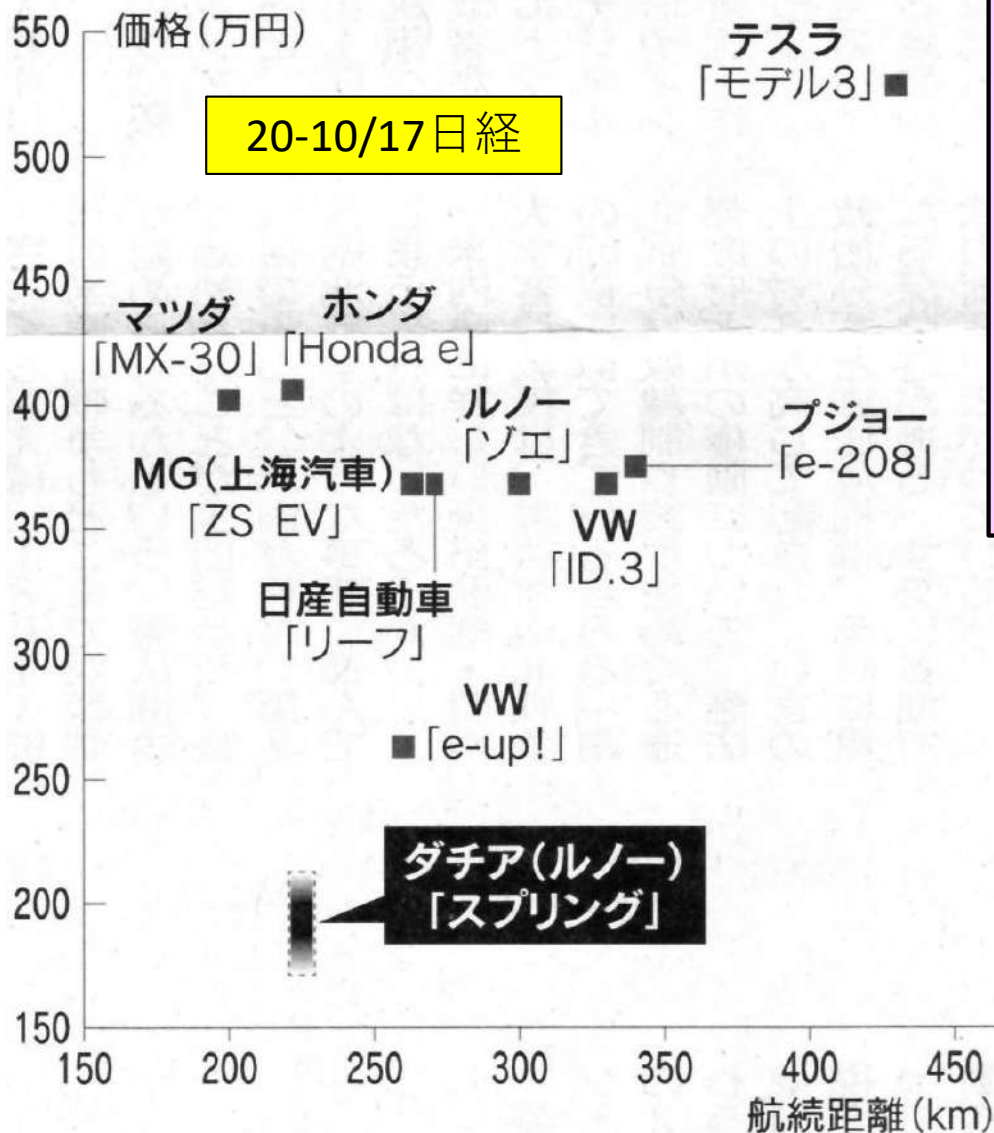
# 中国、BYD1社の生産能力

- 河南省鄭州 20万台
- 西安 90万台
- 湖南省長沙 55万台
- 深圳 35万台
- 山東省済南 15万台
- 江蘇州常州 40万台
- 安徽省合肥 15万台
- 江西省撫州 20万台

合計 290万台/年

23-4/7 日経

# 主なEVの価格と航続距離 (欧州市場)



20-10/17日経

**EVの価格 × 航続距離**

「テスラ・モデル3」が抜群の性能である。日本勢はなかなか良い価格で頑張っている。

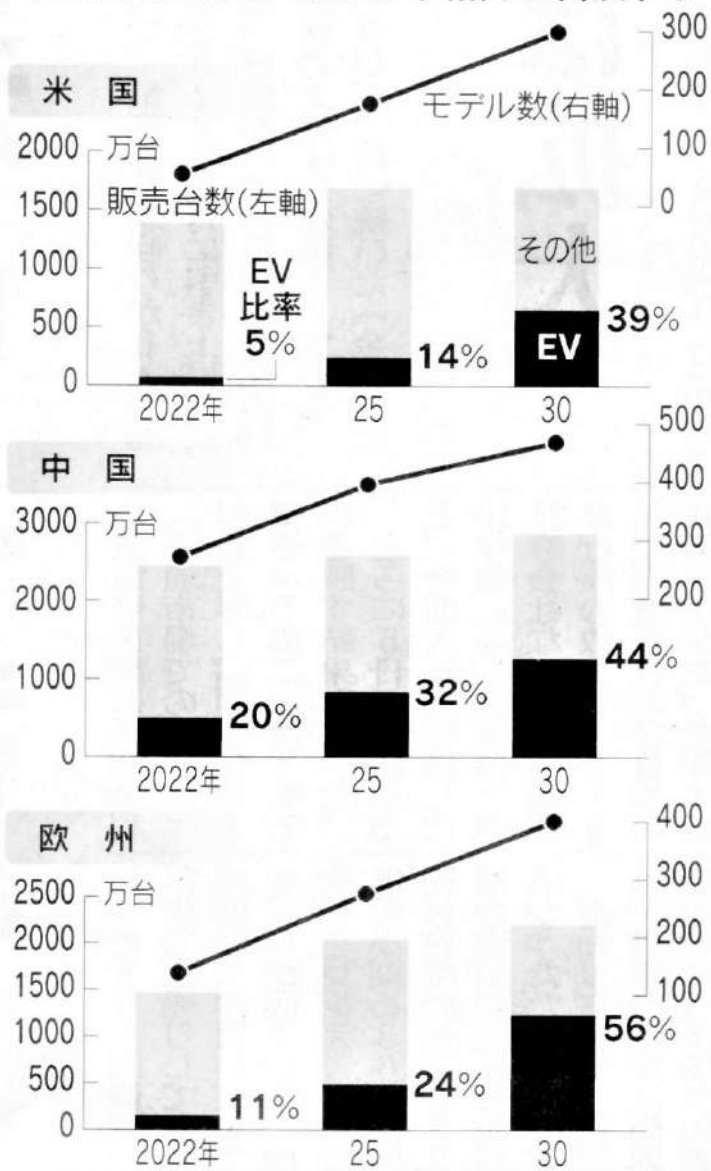
ルノーの「ダチア」は最初から廉価を狙った普及機種として異彩を放っている。200万円で220km走る。

(注) ベースモデルのドイツでの価格 (補助金適用前) と航続距離。MGは仏での価格、スプリングは価格未公表。1ユーロ=123円で換算



**EV競争 ソフトが軸**  
**23-1/5 CES**  
今年の米国のCESでは、各社EVのソフト対応がいろいろ披露されたようだ。

世界の3大市場でEVが本格的に普及する



(注) 出所は英LMCオートモーティブ、25年以降は予測

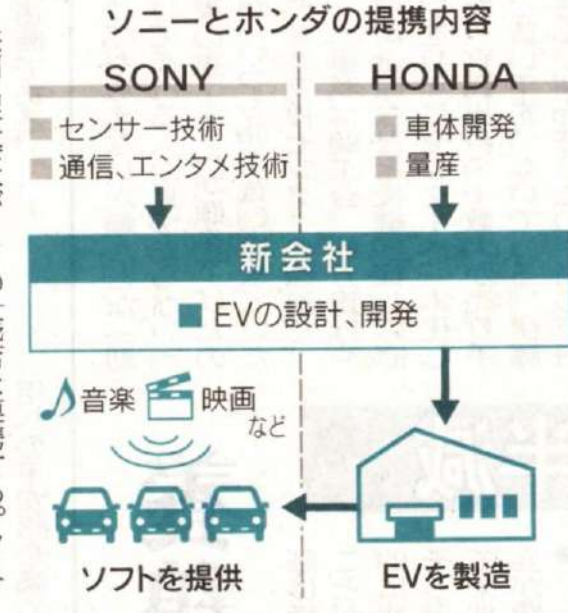
EV(電気自動車)へのシフトが世界的に強まるなか、ホンダが、純粋なガソリン車だけでなく、ハイブリッド車(HV)にも見切りをつける。ライバルのトヨタ自動車とは違う道を行く。

- 脱炭素に向けた主なメーカーの目標や計画
- ホンダ**  
40年に新車販売すべてをEVとFCVに
- トヨタ自動車**  
25年ごろにHV含む電動車の新車販売を年550万台以上に
- 日産自動車**  
30年代前半に日米欧中の新車販売すべてをHV含む電動車に
- ゼネラル・モーターズ**  
35年までにガソリン車全廃
- フォルクスワーゲン**  
30年に欧州販売の60%以上をEVに
- ボルボ・カーズ**  
新車販売を30年までにすべてEVに

21-4/24 日経

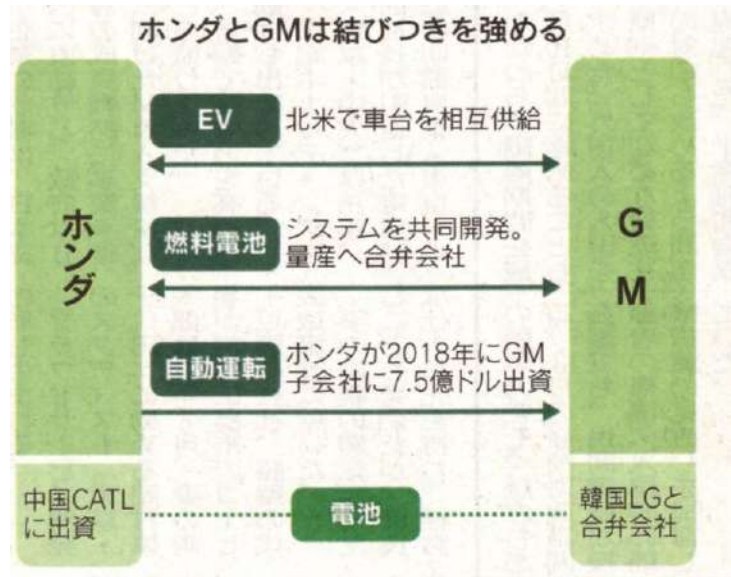


# ホンダ、トヨタと別の道 脱炭素 ハイブリッド車に見切り



← **ホンダ&ソニー**

↓ **ホンダ& GM**

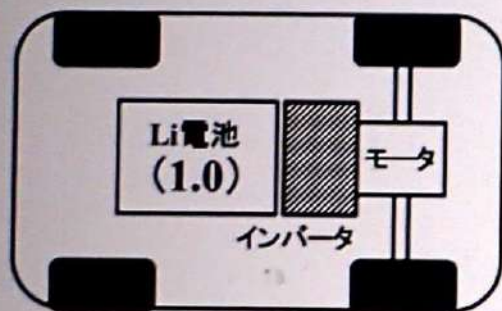


# インバータの進歩に関する技術予測

名大・山本真義教授による予測。2015年は電気自動車初期のもの、2020年はe-Axle時代のもの、2030年予測は何と“インホイール・モータ時代”を予見している。インホイール・モータ時代の到来は、諸インフラの整備は伴うが、必ず実現すると思われる。分離、統合、分割と実装技術の出番はまだまだ続く。

## 【2015年】

走行距離: 250 km  
車両重量: 1.4 ton



インバータサイズ: 30 L  
(出力密度: 8W/cc)

## 【2020年】

走行距離: 350 km  
車両重量: 1.6 ton



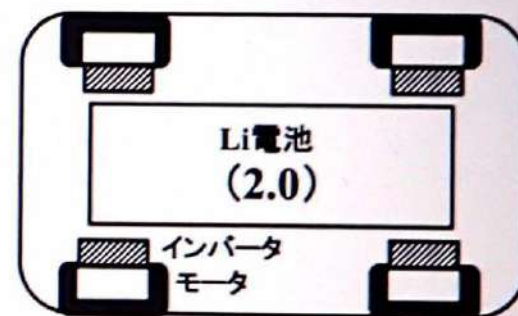
インバータサイズ: 10 L  
(出力密度: 22W/cc)



小型化  
軽量化  
高効率  
高信頼

## 【2030年】

走行距離: 500 km  
車両重量: 1.4 ton



インバータサイズ: 5 L  
(出力密度: 40W/cc)



# 電動車用インバータにおける技術将来動向



800V系



・インバータ価格  
=10万円以下

- SiC化(1200V耐圧適用技術)
- 耐高圧絶縁材料・技術適用
- 専用設計化
- 低ノイズ化技術(低インダクタンス化・ソフトスイッチング等)
- 昇圧コンバータ(400V-800V)小型化



400V系



・インバータ価格  
=6万円程度

- SiC化(650V耐圧適用技術)
- 高温対応材料・技術適用
- 汎用設計化
- インホイールモータ化技術  
(ハルパツハ配列型モータにより高周波パワー半導体の要求?)



200V系



・インバータ価格  
=2万円以下

- Siデバイス(200V以下耐圧適用技術)
- 高温対応材料・技術適用(空冷化)
- 汎用設計化
- 超低コスト化はシステム・工数ライン・政策を含めて対応する必要有り

# 2023/4時点のWBGパワーデバイス・ビジネス動向

1. Si系パワーデバイスは歴史が長く、技術的にもかなり確立しているし、用途も明らかである。
2. 一方、WBG系パワーデバイスは、歴史が短い上、欠点も多いとされてきたが、
  - ①SiC, GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ダイヤモンドと候補が多い中、ようやくSiCウエハの量産方法として“ガス法”での製法にメドが立ち、20cmウエハも見えてきた。
  - ②また、そのウエハの切断、加工にもかなりの進歩がある。
  - ③国産ウエハの供給にある程度のメドが立ってきたことから、トヨタは重い腰を上げて、代表的高級量産機種“REXUS RZ”への標準搭載を決意し、発表した。
3. 待ちに待った「**国産・量産型自動車にSiC・インバータが搭載される日**」がついにやって来た。
4. 今回、皆様にこのことをお伝えできるのは、大変うれしく思っている。また、最近、SiC開発の祖である、松波 弘之氏(京大名誉教授)にIEEEから“Edison Medal”が授与されたことも大変喜ばしい。
5. 次に述べるように、日本は学会発表も盛んで、どの学会でも論文採択数で常にトップを占めていた。遂に、実用化でも実績ができそうなのは喜ばしい。

# ICSCRM2019への聴講参加者

## Pre-registration status

実際は1000名を超える参加者となった。

	Regular	Student	Total
Until July 31	450	91	541
Aug.1 – Sept.8	189	18	207
<b>Total</b>	<b>639</b>	<b>109</b>	<b>748</b>



**Total number : 779**  
(Including Invited)



Asia: 489  
 Europa: 161  
 North America: 114  
 Russia: 5  
 Australia: 8  
 Africa: 2

(Including invited)



# パワー半導体向けSiCデバイス関連市場規模

	2022年見込み	2021年比	2030年予測	2021年比
シリコンパワー半導体	2兆2137億円	110.0%	4兆3118億円	2.1倍
次世代パワー半導体	1249億円	158.7%	1兆469億円	13.3倍
合計	2兆3386億円	111.8%	5兆3587億円	2.6倍

パワー半導体の世界市場予測 出所：富士経済

**SiCパワー半導体の伸びが著しい  
2030年にはSiの1/4を占める!!**

	2022年見込み	2021年比	2030年予測	2021年比
SiCパワー半導体	1206億円	159.5%	9694億円	12.8倍
GaNパワー半導体	39億円	121.9%	305億円	9.5倍
酸化ガリウムパワー半導体	3億円	—	470億円	—

次世代パワー半導体の世界市場予測 出所：富士経済

**2030年にはGaNをGa2O3が追い抜く?**

	2022年見込み	2021年比	2030年予測	2021年比
構成部材	2753億円	110.2%	4994億円	199.8%
製造装置	2085億円	120.0%	3736億円	2.1倍

パワー半導体向け構成部材と製造装置の世界市場予測 出所：富士経済

**構成部材の伸びは1年で約2倍!!**

※ 構成部材：絶縁放熱基板や封止材料などの後工程材料(シタリング接合材や窒化ケイ素回路基板)

順位	会社名 (国)	シェア
1	インフィニオンテクノロジーズ (独)	21.4%
2	オン・セミコンダクター (米)	10.1%
3	STマイクロエレクトロニクス(スイス)	8.5%
4	三菱電機 (日本)	5.2%
5	富士電機 (日本)	4.7%
6	ビシェイ・インターテクノロジ (米)	4.1%
7	東芝 (日本)	3.7%
8	ネクスペリア (オランダ)	3.2%
9	ローム (日本)	3.2%
10	アルファアンドオメガ・セミコンダクター (米)	2.6%
⋮		
13	ルネサスエレクトロニクス (日本)	2.2%

※2022年。英調査会社オムディアのデータをもとに作成

## EV向けパワー半導体 投資活発

23-4/20 読売新聞

1. **ルネサス**、2014に閉鎖した甲府工場での生産を2024に再開。900億円投資
2. **東芝**、姫路半導体工場に新棟を建て25春稼働を目指す。EV向け生産能力倍増
3. **三菱電機**、熊本県菊池市・合志市にSiC関連生産能力増強(従来計画の倍増)
4. **ローム**、福岡県筑後市で昨年末からSiC工場生産開始。

### ＜問題点＞

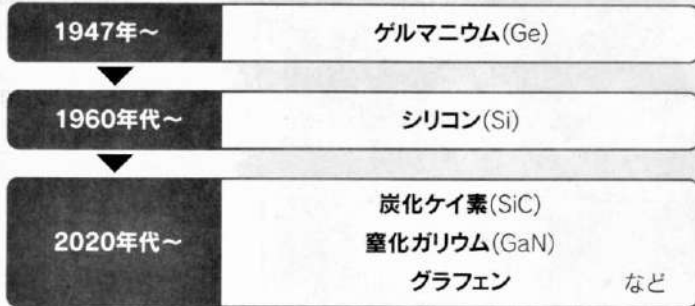
左記の枠で囲んだ5社を合計してもトップの独Infineon社には及ばない。

### ＜識者の意見＞

- \* 経産省有識者会議：国内での連携・再編を図り、競争力を向上する必要がある。
- \* 細川P(明星大)：経済安全保障の立場から(中国の存在感増に対し)大型投資や研究開発などの集約を危機感を持ち行うべき。



主な半導体新素材の歴史



期待される用途

EVの  
航続距離延長

サーバーの  
消費電力削減

センサーの  
高性能化



半導体新素材をめぐる主な企業などの動き

テスラ(米)	主力EVのインバーターにSiCを採用
トヨタ自動車	燃料電池車にセンサー製SiCを採用
インフィニオン(独)	インバーター向けSiCを現代自動車(韓国)などに供給
ローム	吉利汽車(中国)とSiCで提携
大阪大学など	GaN基板の安定量産技術を開発
アダマンド並木精密 宝石(東京・足立)など	ダイヤモンドを用いたパワー半導体を開発
フロスフィア(京都市)	酸化ガリウムを用いたパワー半導体を量産

このうち、長らくパワー半導体にSiが使われ、とくに主流のSi-IGBTには直径300mmのウエハも投入されつつある。新素材のうちSiCはその物理定数から、挿入損失の小ささ、チップの小型化、」などのメリットが評価され、コスト次第ではSiを上回る伸びも期待される。

<Si代替WBG材料、最近の動き>

- ▶テスラは世界初の量産EVにSiCを搭載し大評判。
- ▶トヨタはレクサスRZにSiCを搭載すると発表した(後出)
- ▶Infineonは世界一のパワー半導体メーカー。SiC採用
- ▶ロームはSiC専用工場を九州に立て稼働開始。
- ▶GaNはむしろ名大が天野教授の下大口径化に挑む
- ▶佐賀大・嘉数Pがダイヤモンド応用回路を発表。
- ▶FrosphiaはGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ダイオードの発売を開始。



# デジタル半導体とパワー半導体のビジネス特性比較

	デジタル半導体(ロジック&メモリ)	パワー半導体
量	多い	少ない
事業サイクル	短い	長い
用途	汎用性高い	技術的カスタム性高い
機能	スイッチング	制御・変換
技術	電流横 → ムーアの法則 TAT長い CZウエハ	電流縦 → 非ムーアの TAT短い FZウエハ(大口径難) 後工程材料+モジュール化
事業形態	ウエハ、ダイ、パッケージ	基板、チップ、モジュール
事業構造	水平分業+ファブレス/ファウンドリー	垂直統合多い
市場	スマホ、PC、家電	重電、EV、白物家電
国際競争	米国、台湾、韓国	米国、欧州、日本

# Infineon 社の最近のSiCパワエレ量産への投資状況



**マレーシア クリム工場(計画中)**

年間 20 億ユーロの売り上げ増見込む

Infineon Technologies は 2022 年 2 月 17 日 (ドイツ時間)、20 億ユーロ (約 2600 億円) 以上を投じてマレーシアのクリムにある拠点に SiC (炭化ケイ素)、GaN (窒化ガリウム) 半導体のフロントエンドの新工場を建設すると発表した。同社は、この新工場の稼働によって、「SiC、GaN ベースの製品で新たに年間 20 億ユーロの売り上げ増が可能になる」としている。



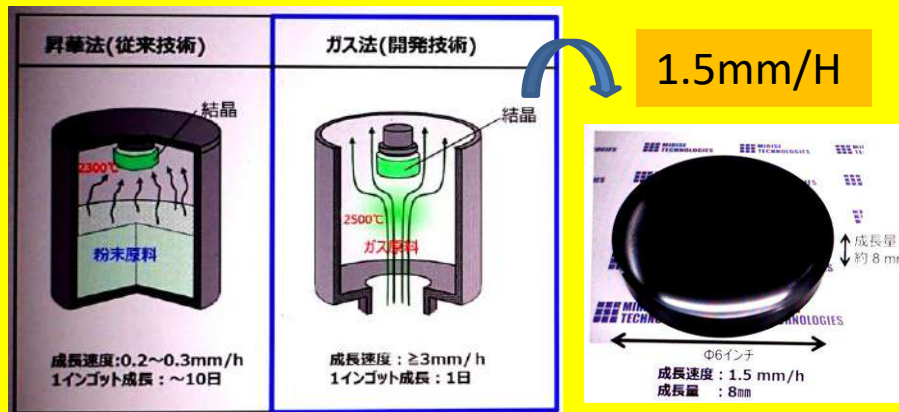
**オーストリア フィラッハ工場(稼働中)**

**同社はSiC製品の生産を、現在オーストリアのフィラッハ拠点で行っており、このクリムの新工場は2番目の拠点となる。WBG半導体の大規模生産を行うことでサプライチェーンを強靱化する方針。そして、SiCベースの売上高を2020年代半ばに10億米ドル(1200億円)を見込んでいる。GaNにも注力していく(カナダ企業を買収)。**

# SiCデバイスがなかなか車載用として採用されないのは SiCのウェハの価格が高価であるのが要因!!

## 1200V MOSFETの例でのSiCコスト試算（150mmウェハ）

- ① 生ウェハの価格：44%
- ② デバイス歩留まりロス：32%
- ③ ウェハ加工費：17%
- ④ エピプロセス費：7%



👉 **全体のコストの半分近くを占めるウェハのCDが先決!!**

ウェハ製造法には(1)昇華法(上図左)、(2)ガス法(右)がある。現在は(1)が使われているが、品質、成長速度、CO<sub>2</sub>排出、コスト、のどれを比較しても、(2)のガス法に軍配が上がる。現在の6"から8"以上(200mmφ)をめざすためにもガス法の実用化を急ぐべきである。  
(株)ミライズテクノロジー、金村 高司氏談



# EVにおけるパワーエレクトロニクスシステムに対するシステム要求

BLUENEXUS AISIN DENSO

## eAxleについて

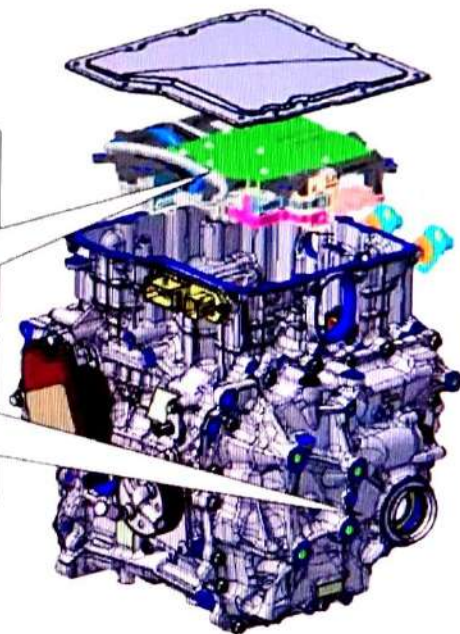
【織り込み技術】※リア向けも同様

### 小型化技術

・インバーター内蔵トランスアクスル  
インバーターをBuilt-in構造にすることでトランスアクスルに内蔵、取付部品を廃止し、eAxleを小型化。  
⇒車室空間の拡大

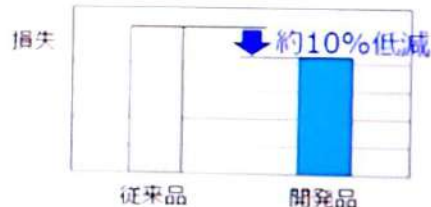
### デフ軸間短縮

アウトプットシャフト採用により、モーターとデフの軸間を短縮。eAxleを小型化。  
⇒車室空間の拡大



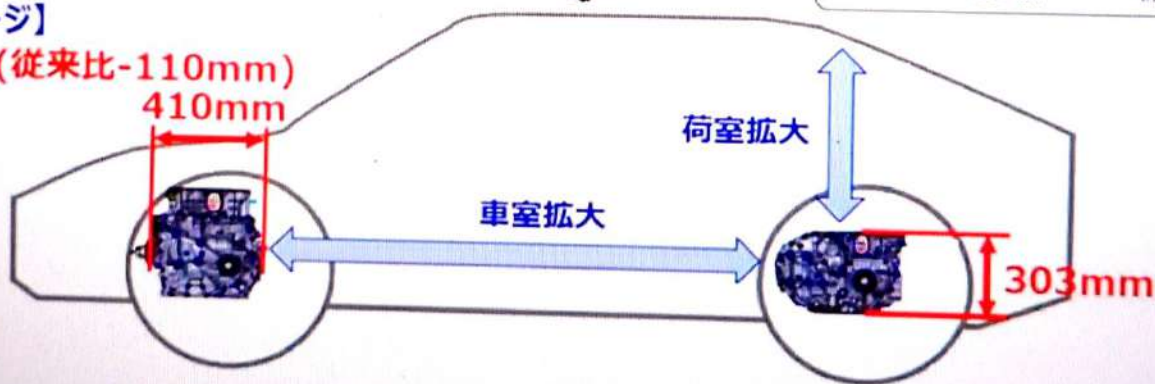
### 損失低減/動力性能向上技術

- ・モーター : 磁気回路最適設計  
コイルエンド短縮接合技術
  - ・トランスアクスル : 電動車向け低粘度オイル
  - ・インバーター : 新RC-IGBT
- ハイブリッド車の開発で培った技術をベースに、BEV向けに新開発。  
従来品に対し約10%損失を低減。(NEDCEモード)  
⇒EV走行距離の向上

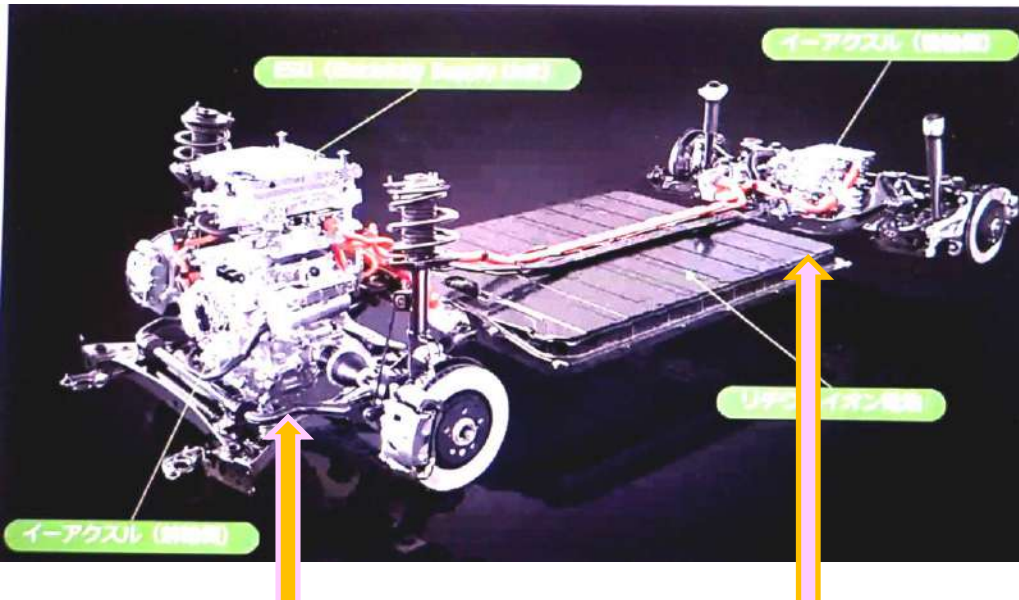


### 【搭載イメージ】

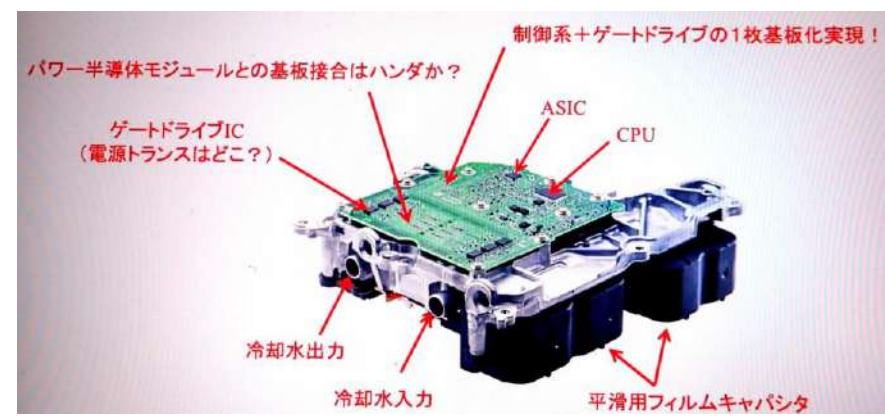
(従来比-110mm)  
410mm



# レクサスRZのパワートレインとインバータおよびe-Axle -日本初、代表的量産車へのSiCインバータ搭載-



## インバータはe-Axle内蔵対応の薄型設計





## 松波会長IEEEエジソンメダル受賞

6月29日16:00~19:30  
受賞記念講演 & パーティ

電気工学と電子工学で世界最大の学会「米国電気電子学会(Institute of Electrical and Electronics Engineers、IEEE)」は、最高位メダルの一つであるEdison Medal (エジソンメダル) を松波弘之京都大学名誉教授の「SiC半導体材料の開発とそのパワーデバイスへの応用における先駆的貢献」に対して授与すると発表。(2022.12.1)

エジソンメダル：発明家トーマス・エジソンの名にちなんで創設、1909年から毎年授与。電気電子工学において賞賛に値する業績をあげた研究者に贈呈、ノーベル賞に比類する名誉ある賞。

### 日本人歴代受賞者

- 2000年 西澤潤一氏 (静電誘導トランジスタ：東北大学)
- 2011年 赤崎勇氏 (青色LED：名城大学)
- 2021年 伊賀健一氏 (垂直共振器型面発光レーザー：東京工業大学)
- 2023年 松波弘之氏 (SiCデバイス：京都大学)

### 松波会長コメント

誰もやったことがない研磨材・耐火煉瓦用材料のSiCをエレクトロニクス世界に持ち込みたいとの思いで、1968年に半導体Si基板上に気相化学堆積法で開始した無謀な研究でした。1987年に発見・発明した「ステップ制御エピタキシー法」で高品質SiC単結晶を作り、高性能のダイオード・トランジスタを作製した後、日本のパワー半導体業界が参画、世界もこれに加わって、現在の状況となっています。研究室のスタッフ、学生達と楽しくやって来たことが日本発で社会に展開していることを嬉しく思っています。



IEEE Edison Medal  
(出典：IEEE Award Group)