

## 電動自動車の基礎技術と将来動向

2022年4月20日  
DIRECTFORCE 山崎 雅史

1. 振返り
2. ハイブリッド車
3. 電気自動車
4. 燃料電池車
5. 電動車のゆくえ



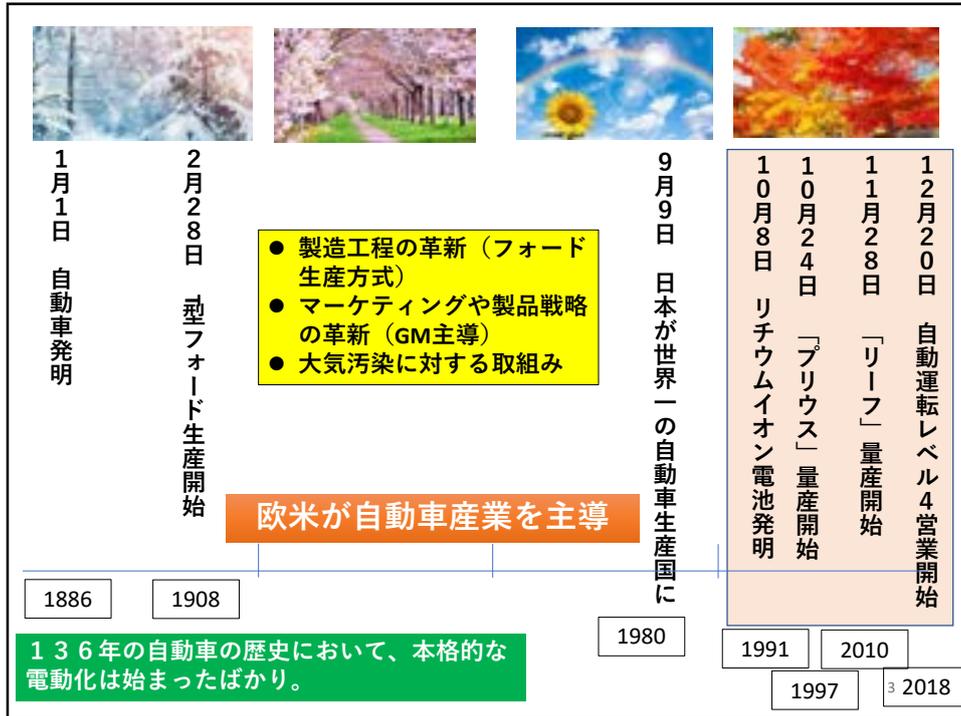
1

1

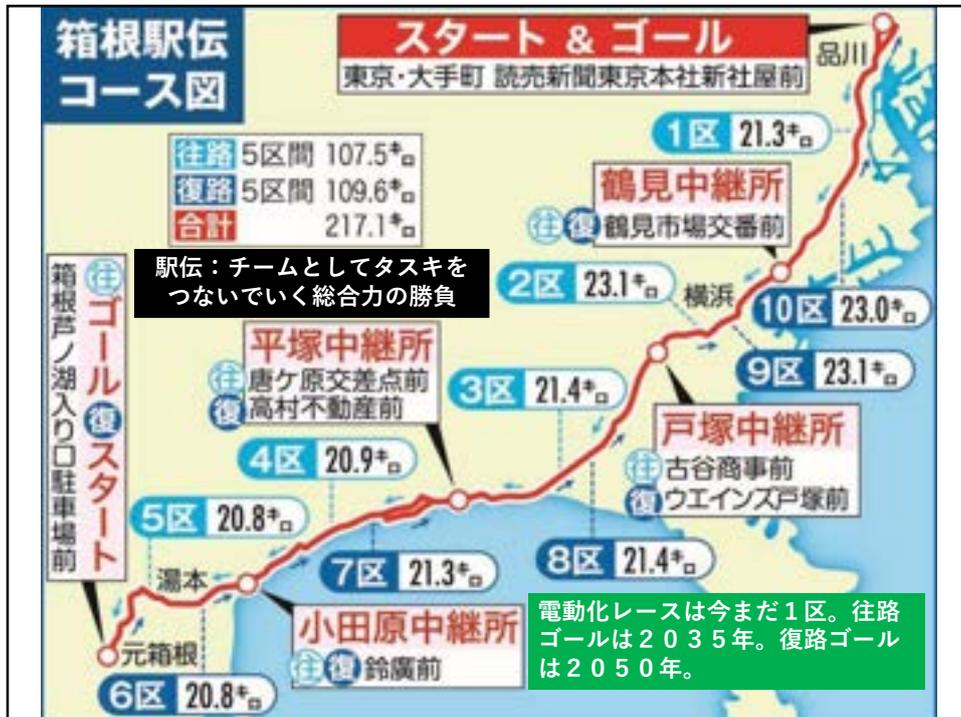
1. 振返り
2. ハイブリッド車
3. 電気自動車
4. 燃料電池車
5. 電動車のゆくえ

2

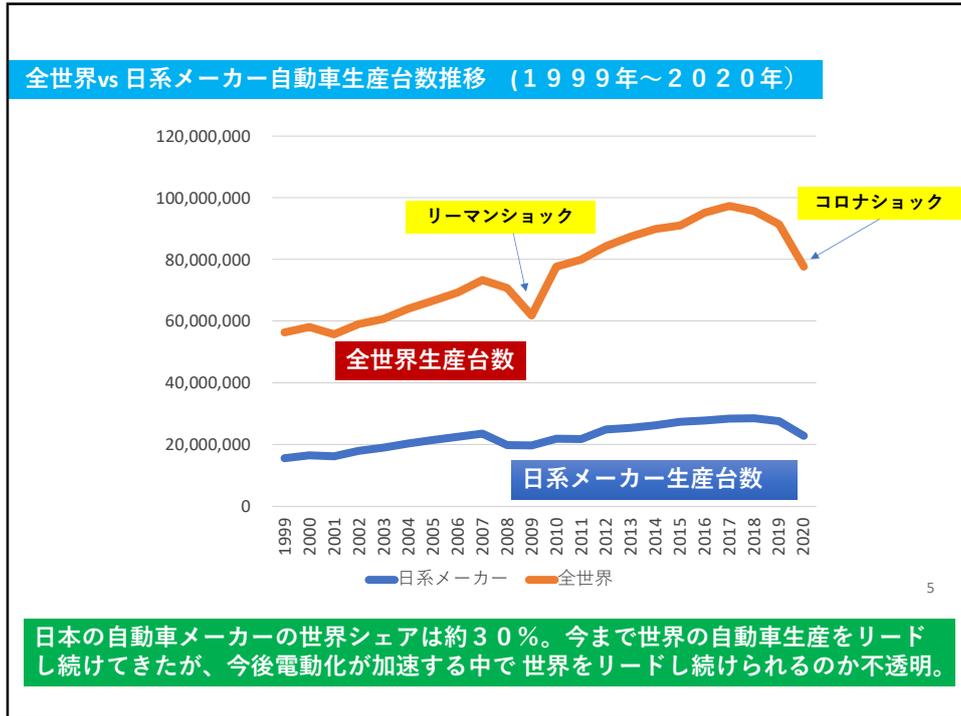
2



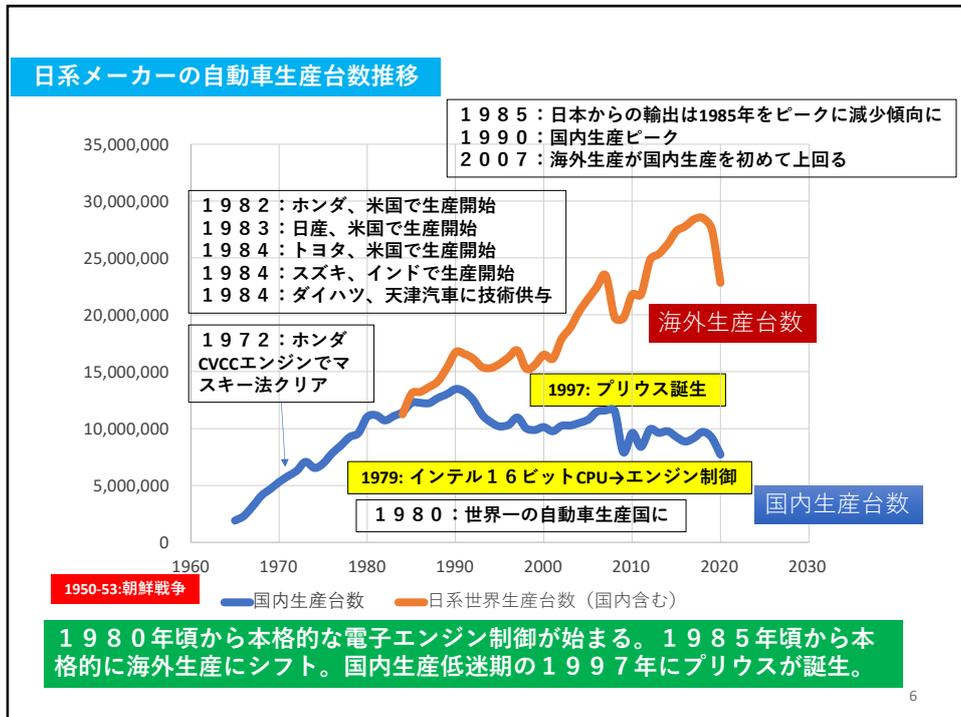
3



4



5



6

電動車ラインナップによるCO<sub>2</sub>削減効果・日本市場

<過去20年の自動車CO<sub>2</sub>削減実績>

・過去20年、日本の自動車産業は世界に先んじた電動車ラインナップ拡大・普及努力により、CO<sub>2</sub>を5000万トン以上、▲23%と大幅に削減してきた



(出所) 日本自動車工業会

HVを軸に着実に進んできた日本でのCO<sub>2</sub>削減。世界に類のない実績。

7

7

電動車ラインナップによるCO<sub>2</sub>削減効果・国際比較

<自動車CO<sub>2</sub>排出量 国際比較>

CO<sub>2</sub>削減▲23%は、国際的にみても、極めて高いレベルで、世界に先行。アドバンテージを築いてきた



「HVの締め出し」はHVの実績を無視し欧州の産業育成を狙うEU（欧州連合）の野望。

(出所) 日本自動車工業会

8

8

### 自動車電動化への主な流れ

- 1828:初めての電動車（模型）
- 1886:自動車の発明
- 1899:時速100kmを突破（EVジャメコンタント号）
- 1900頃：米国で電気自動車ブーム
- 1910:エジソン電池（ニッケル・鉄系）による1600km走破



### 内燃機関の時代

- 1982: ネオジム磁石の発明
- 1990: ニッケル水素電池の発明
- 1991: リチウムイオン電池の発明
- 1996-1999: GMはZEVとして電気自動車EV1をリース販売（650台）
- 1997: 量産型HVトヨタ「プリウス」の発売
- 2010: EV専用車体の日産「リーフ」発売
- 2012: テスラが高級EVを発売
- 2014: トヨタが量産FCV「ミライ」を発売
- 2015: VWディーゼルゲート事件
- 2017: 中国、「自動車強国」宣言



1982年以降の数々の出来事が電動化を加速した。

9

9

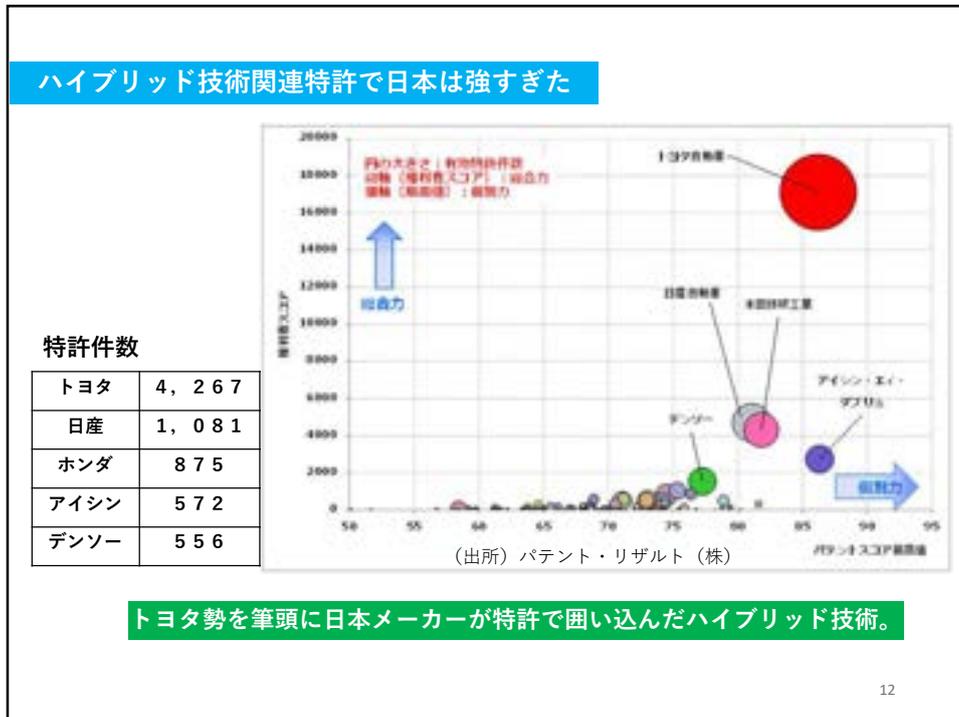
- 1.振返り
- 2.ハイブリッド車
- 3.電気自動車
- 4.燃料電池車
- 5.電動車のゆくえ

10

10

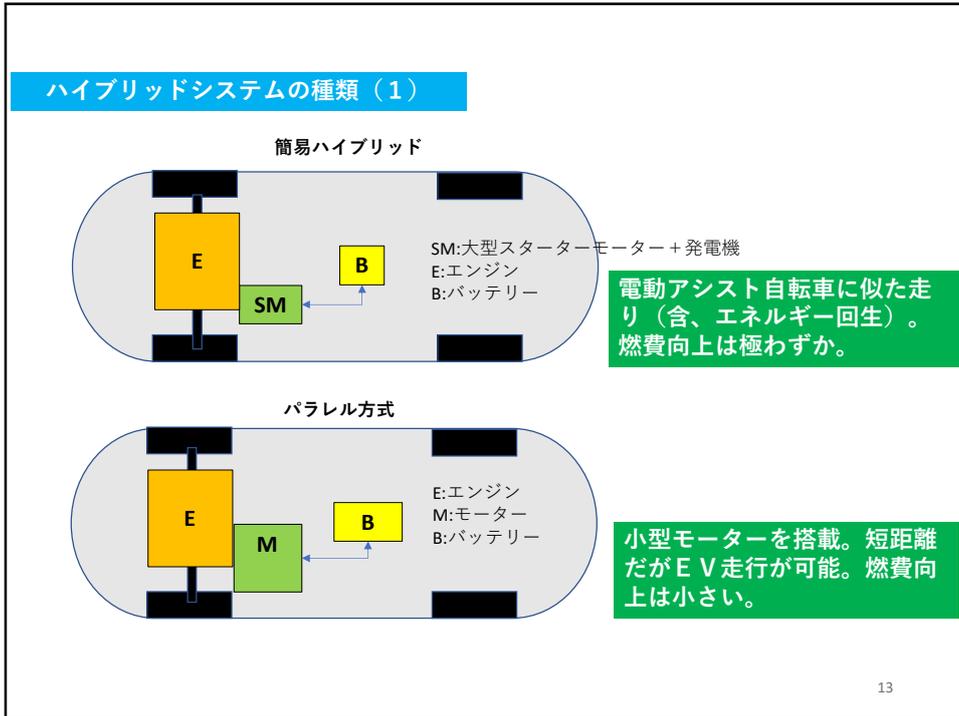


11

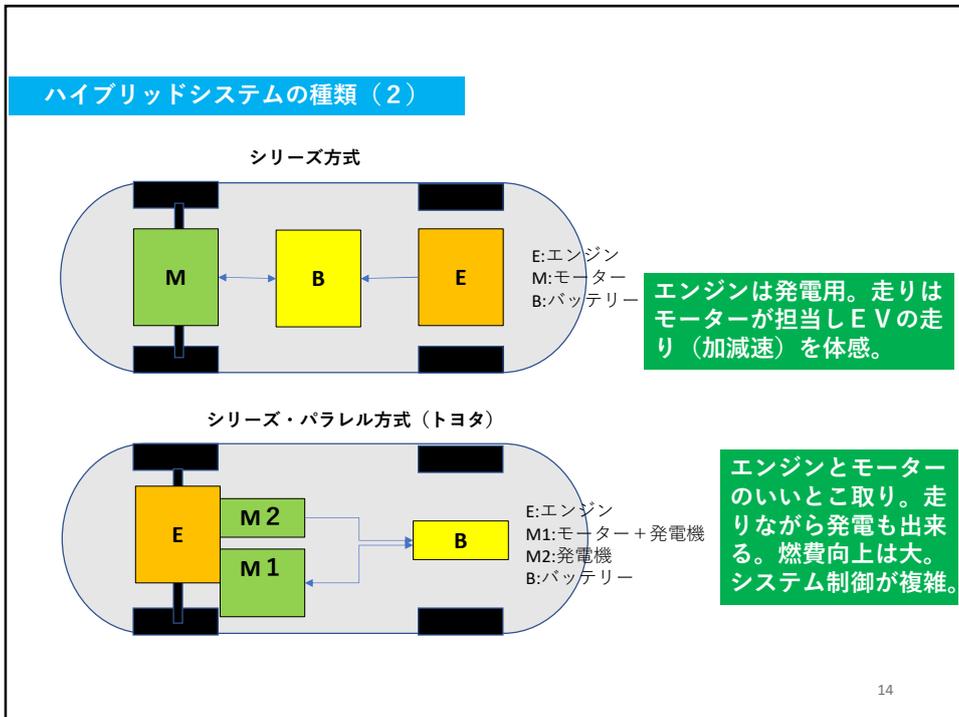


12

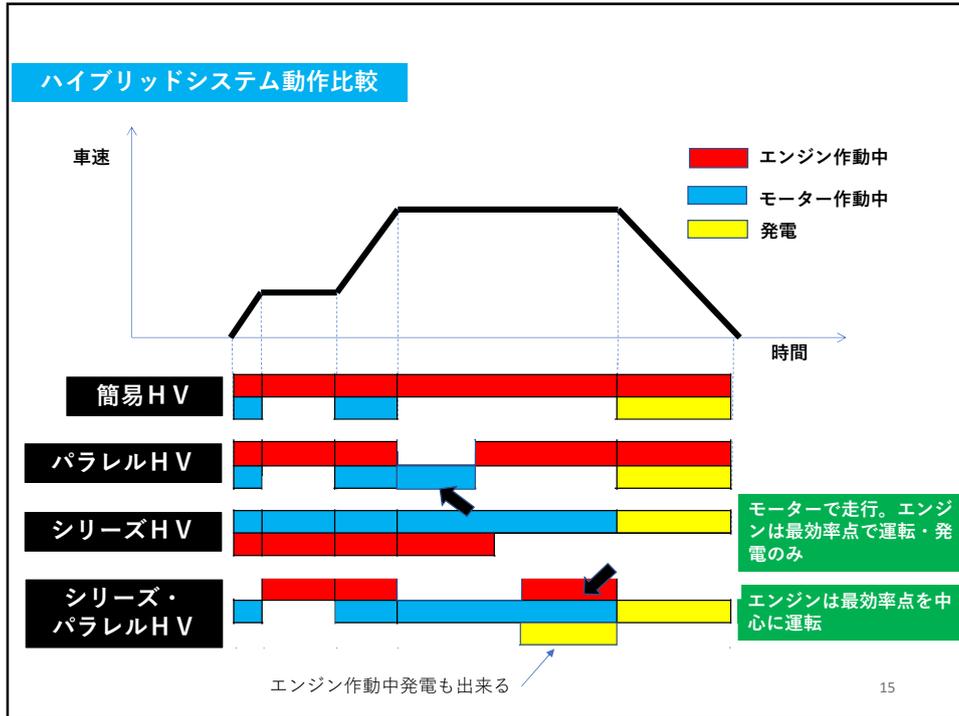
12



13



14



15

### 2020年に国内に導入されたHV, PHVの分類

	パラレル	シリーズ	シリーズ・パラレル	プラグイン・ハイブリッド	備考
トヨタ			4	1	シリーズ・パラレルベースのPHV
ホンダ			4		
日産		2			EVの実績を活かす戦略
マツダ	4				
スバル	2				
三菱	2			1	
スズキ	1				
AUDI	6				
Mercedes Benz	5			1	パラレルベースのPHV
BMW				2	パラレルベースのPHV
VOLVO	6			1	パラレルベースのPHV
Jeep				1	パラレルベースのPHV

HV技術の積み重ねがない状態でPHVを導入した欧州勢は、EV走行終了後はエンジン走行が主体。CO2低減効果は少ない。

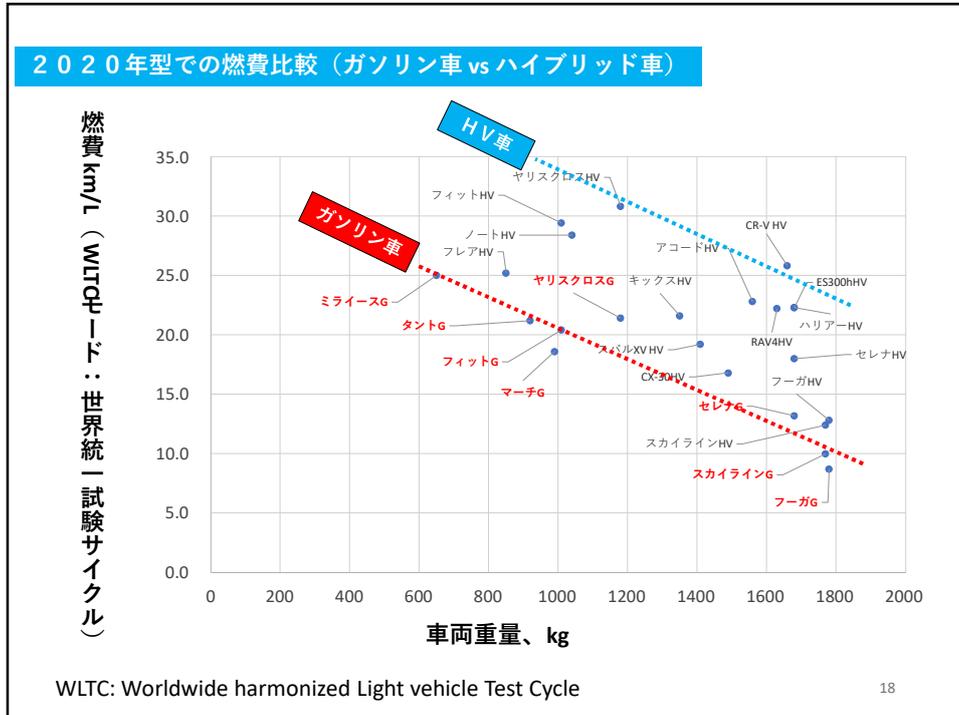
16

16

ハイブリッドの比較・まとめ					
	マイルドHV	ストロングHV			
	簡易HV	パラレルHV	シリーズHV	シリーズ・パラレルHV (トヨタ)	シリーズ・パラレルHV (ホンダ)
モーター機能付き発電機搭載	○	×	×	×	×
モーター搭載数	0	1	1	2 (駆動+発電)	1 (駆動)
加速の補助	○	○	○	○	○
減速での発電	○	○	○	○	○
エンジン走行	○	○	×	○	高速走行時のみ
モーター走行	×	一部のみ	○	○	高速走行時以外
エンジン出力を分割	×	×	×	○	×
エンジンで発電	×	×	○	○	○
特徴	低コストで済む	エンジンをモーターがアシスト	エンジンは発電専用。すべてEV走行	エンジンとモーターの長所をフル活用。燃費向上大	シリーズHV + エンジンの高速走行性能
適用	欧州HVに多い。軽自動車も	欧州HVに多い。軽自動車も	日産e-power	トヨタのHV	ホンダe-HEV

17

17



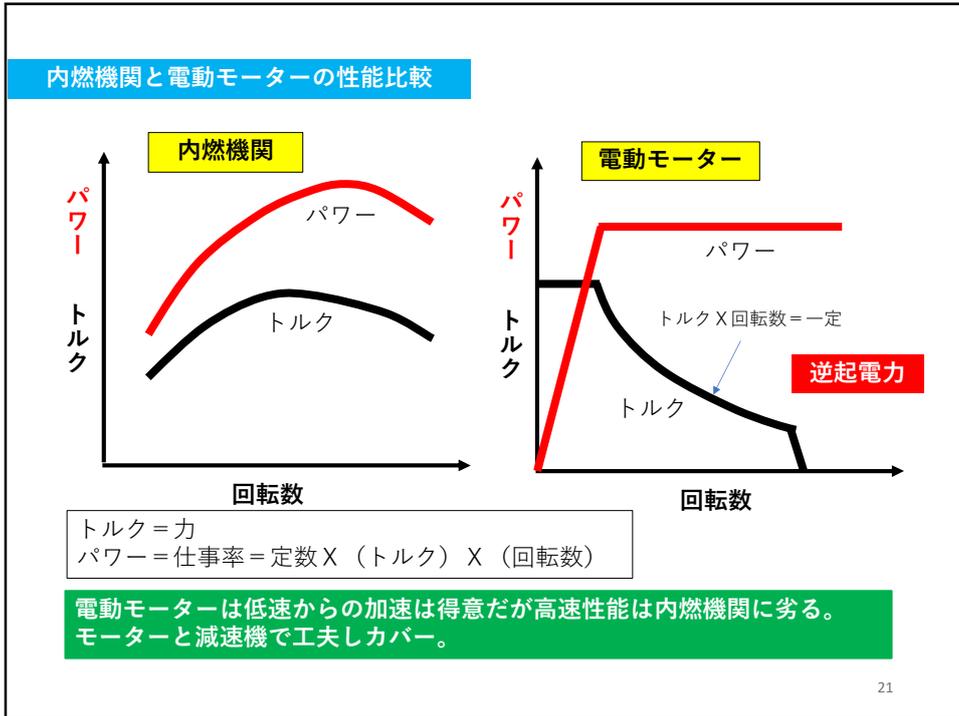
18

18

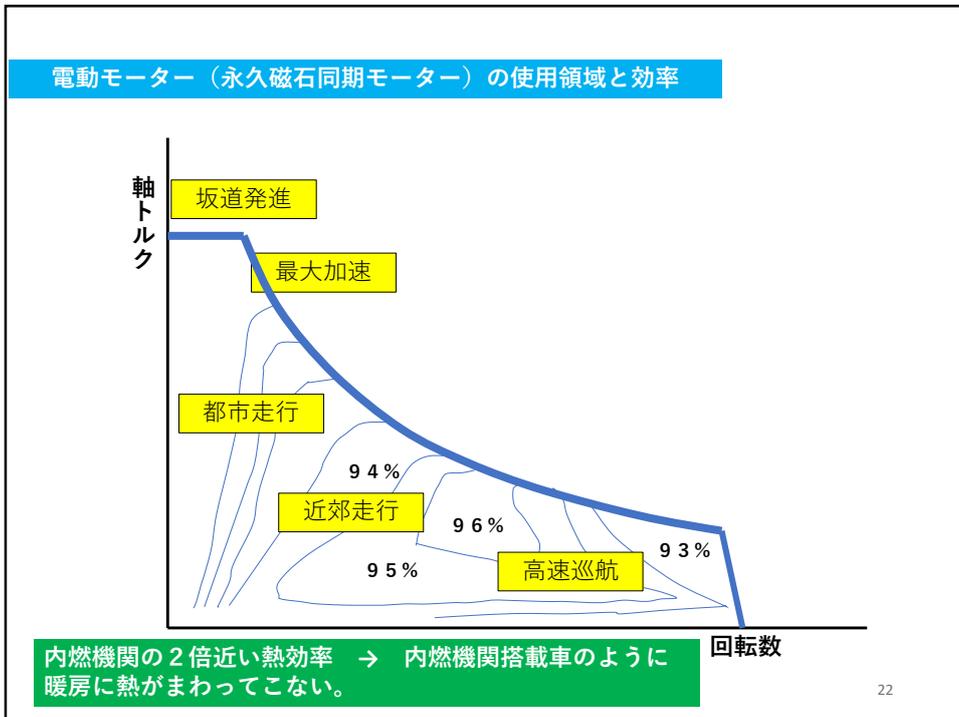
1.振返り  
2.ハイブリッド車  
**3.電気自動車**  
4.燃料電池車  
5.電動車のゆくえ

19

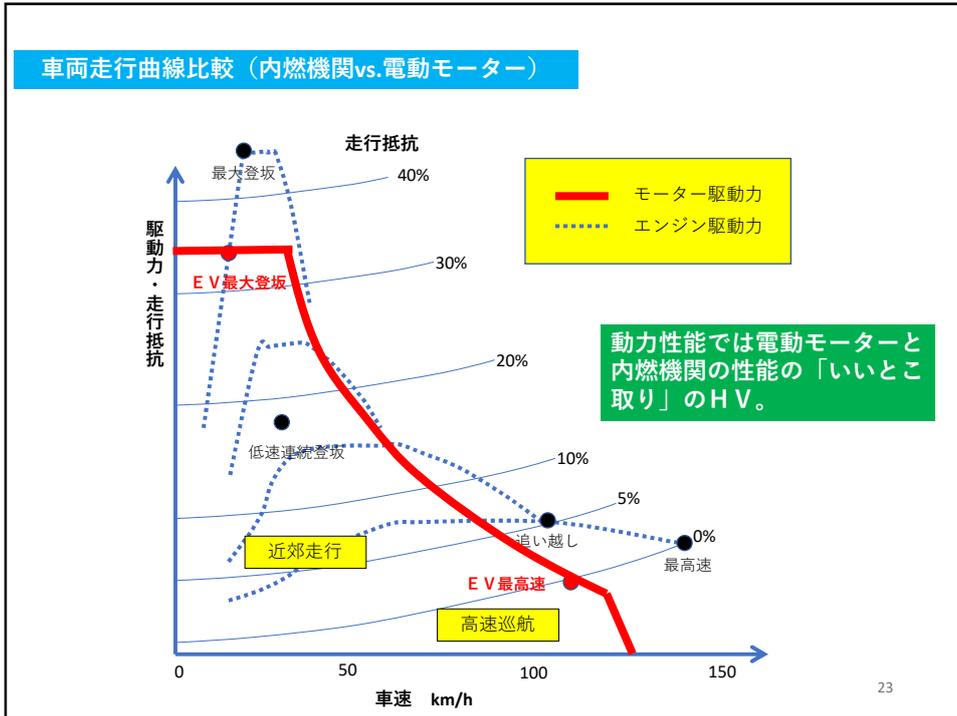




21



22



23

### 電動モーター関連の歴史

1833	イギリス	Riche	電磁石モーターを発明
1834	ロシア	Jacobi	整流子モーターを発明
1836	アメリカ	Davenport	直流モーターを発明
1838	アメリカ	Davidson	直流モーターを発明
1867	ベルギー	Gramme	交流発電機を発明
1879	アメリカ	Edison	高効率直流発電機を開発
1882	ユーゴスラビア	Tesla	二相交流モーターを発明
1888	アメリカ	Tesla	単相交流モーターを発明
1889	ドイツ	Dobrowolski	三相かご形誘導モーター発明
1965	ドイツ		ブラシレスモーターが登場
1982	日本	佐川真人	ネオジム磁石発明

自動車の登場（1886年）以前から直流モーター、交流モーターが既に存在し使われていた。

24

24

トーマス・エジソンとニコラ・テスラの電流戦争

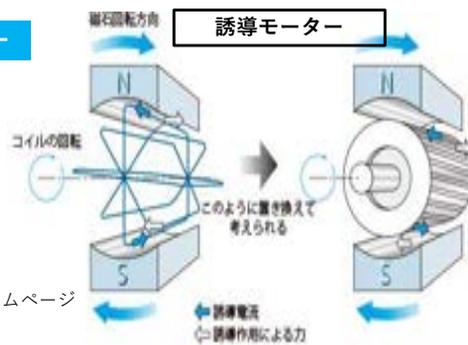
ニコラ・テスラの歴史

- 1882:誘導モーター（二相交流モーター）の開発に成功
- 1884:エジソンの会社、エジソン電灯会社に就職
- 1885:エジソンとの対立から会社を退職
- 1887: Tesla Electric Light Companyを設立。直流派エジソンと交流派テスラとの技術対立が「電流戦争」に発展
- 1893:シカゴ万博で交流電流が採用される。ナイアガラの滝の発電事業で、テスラの二相交流モーターが採用される



内燃機関自動車が発明された頃にはすでに直流と交流の技術対立が起きていた。

車載用電動モーター



(出所) 日本電産ホームページ

交流で回転磁界をつくりコイルに誘導電流が生じてローターが回転（フレミングの左手の法則）。構造が簡単。電車、家電等に幅広く使われている。

強力な磁石の誕生によって誘導モーターのローターを磁石に置き換え。ローターでの熱の発生がないのでエネルギー効率がいい。回転磁界に同期してローターは回る。磁石にレアアースが必要。



ネオジム磁石

(出所) 自動車用語辞典

### 永久磁石同期モーターと誘導モーターの比較

	永久磁石同期モーター	誘導モーター
最大効率、%	95-97	94-95
効率（10%負荷）、%	90-92	79-85
最大回転数、rpm	4,000-10,000	9,000-15,000
費用/軸出力(\$/kW)	10-15	8-12
制御装置コスト	1	1.4
堅牢性	○	◎
信頼性	○	◎
構造	○かなり簡単	◎非常に簡単
寸法・重量	◎小	○中～小
高速回転	△やや劣る	○可能
寿命	◎	◎

EVやHVには小さく高トルクにしやすい永久磁石同期モーターを使うのが一般的。EVで高速走行を狙う場合は誘導モーターが使われている。

27

27

### 新幹線と電動モーター

直流

- 1964: 0系新幹線
- 1985: 100系新幹線

直流モーター



交流

- 1992: 300系新幹線
- 1997: 500系新幹線
- 1999: 700系新幹線
- 2005: E954形新幹線用高速試験車  
FASTECH 360S

永久磁石同期モーター



- 2012: N700系新幹線

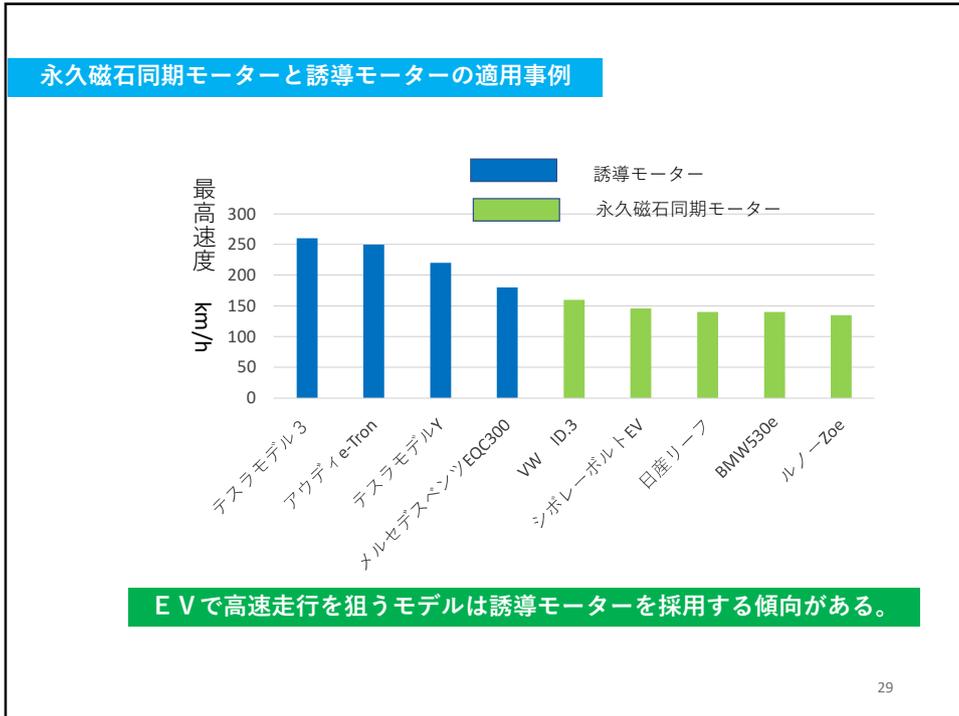
誘導モーター



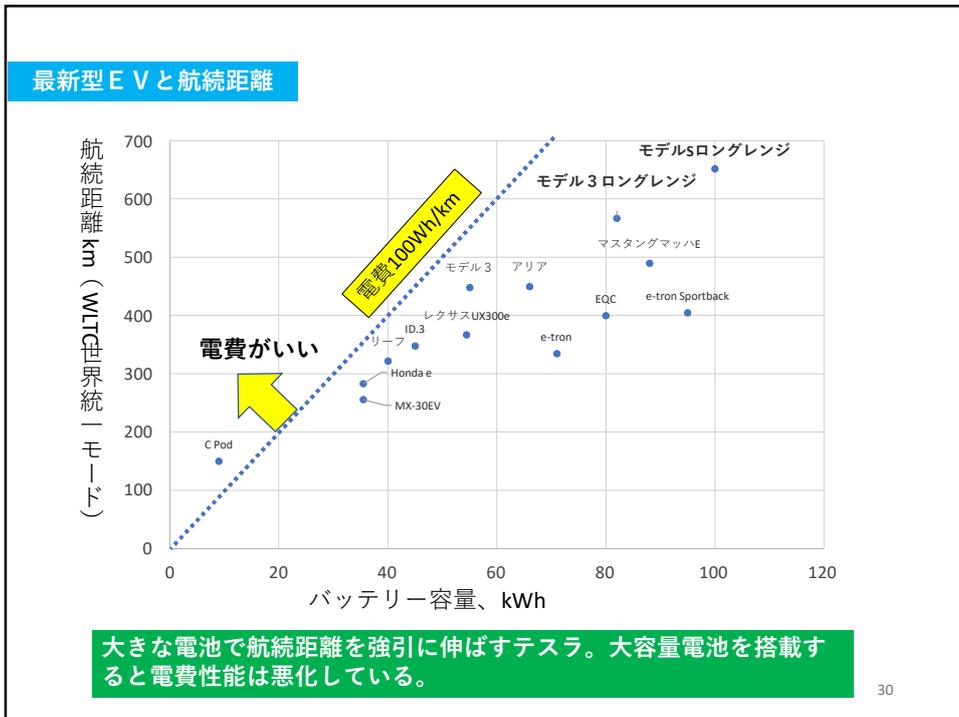
高速鉄道用としては誘導モーターに落ち着いた。  
尚、在来線は永久磁石同期モーターに。

28

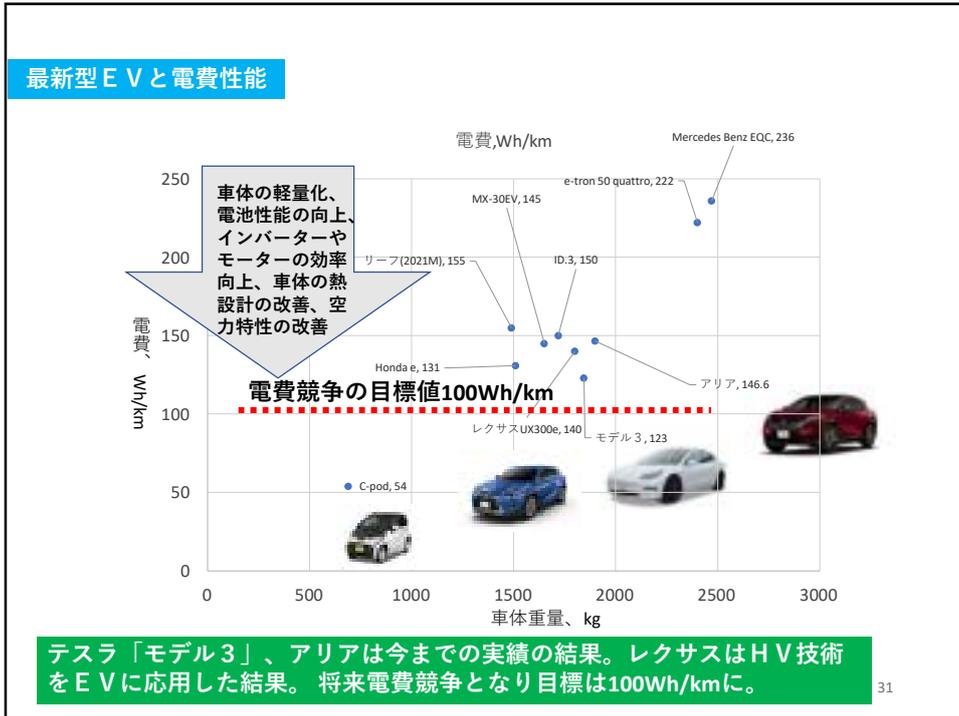
28



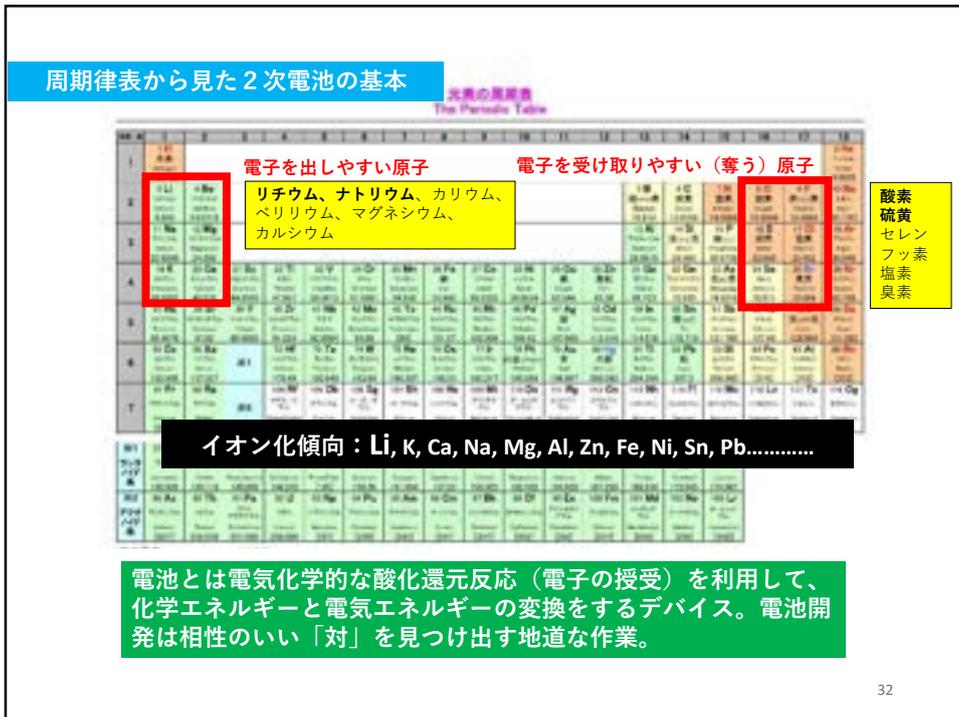
29



30



31

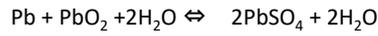


32

## 2次電池の種類

### リザーブ型2次電池

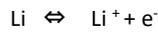
放電によって電極や電解液の化学構造が変わり、反応生成物ができる電池（例：鉛蓄電池）



放電 →  
← 充電

### ロッキングチェア型2次電池

電子を授受した時に、等量の正電荷のイオンが入り出りするだけで、電極や電解質の化学結合構造が変わらない2次電池（例：ニッケル水素電池、リチウムイオン電池）



放電 →  
← 充電

リチウム乾電池が負極にリチウムを使っているように、金属リチウムを負極にする2次電池の開発が開発者達の夢だった。しかし、リチウムの化学的反応性が高く火を噴く事象が開発を断念させた歴史がある。

33

33

## 難航した負極材の選択

（正極）コバルト酸リチウム。しかし「負極がない」（1980年Goodenough氏の論文）

（負極）ポリアセチレン。しかし「正極がない」 → カーボン ← 吉野彰さん

- 黒鉛（グラファイト）：容量を狙う
- ハードカーボン：サイクル特性を狙う
- ソフトカーボン：両者の中間を狙う



John Goodenough



リチウムイオンが挿入されたグラファイトの模式図

(出所) 富士フィルム

将来電池としてはカーボンの代わりにシリコンが注目されており、今後徐々に黒鉛系材料から置き換わっていくと予想されている。シリコンは黒鉛より多くの電気をためることが出来るが、充放電時の体積変化が3倍以上になる課題がある。

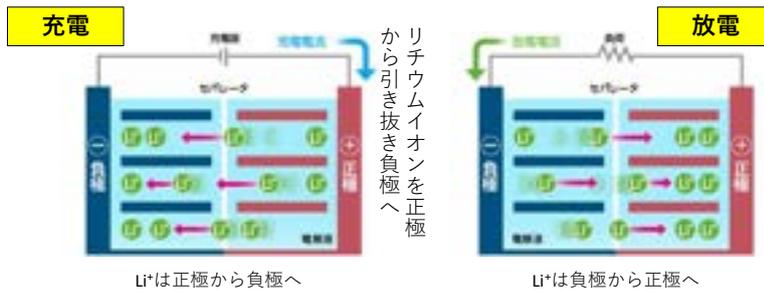
34

34

正極材にリチウムを選択

リチウムイオン電池 4V以上の高い起電力 → モバイル機器

リチウムイオン電池とは充電・放電にあわせてリチウムイオンが正極と負極の間を行ったり来たりすることで繰り返し使える電池。  
 リチウムイオン電池とは**充放電にリチウムイオンが関与する2次電池の総称** → 多種多様な構成が考えられる



リチウムを負極ではなくリチウムの化合物を正極にもってきた高性能2次電池。

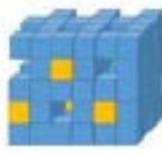
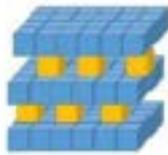
35

35

安定した正極材（リチウムイオン含有金属酸化物）の模索

コバルト酸リチウム  
 $\text{LiCoO}_2$

マンガン酸リチウム  
 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$



層状岩塩型

スピネル型

(出所) 日本カーリット (株)

充電時にリチウムイオンを引き抜き過ぎると結晶構造が崩壊

層状岩塩型に比べるとエネルギー密度は低いが過充電に対する耐性がある

コバルト酸リチウムはグッドイナフ氏によって正極材の可能性として提唱、負極の選択に行き詰っていた。元祖のリチウムイオン正極材。

36

36

**正極材：コストの低減とコバルトフリーの流れ**

- **コスト低減の流れ** → リン酸鉄リチウム  $\text{LiFePO}_4$  を正極材に  
エネルギー密度は落ちるが安全性が高くなる



リンと酸素の結びつきが非常に強いため異常発熱や発火に対する安全性が高い

(出所) 日本カーリット (株)

**オリビン型**

- **正極材の高ニッケル化**

**高ニッケル化：**  
ニッケル90%,  
コバルト5%, マンガン5%

**コバルトフリー：**  
マンガン75%, ニッケル25%  
安価なマンガンを増やす

リチウムイオン電池の需給の増加に伴って様々な改良型が登場するようになってきている。

37

37

**リチウムイオン電池の製品化と改良**

**正極材**  
コバルト酸リチウム

- ニッケル酸リチウム
- マンガン酸リチウム
- リン酸鉄リチウム
- 三元系  
(コバルト、ニッケル、マンガン)

**負極材**  
カーボン

- グラファイト
- グラフェン  
(シート状炭素分子)
- チタン酸リチウム

**電解質**  
非水系有機電解液

安価で耐久性に優れた電池を車載する動きが活発になっている。一方、全固体電池は量産化の壁に直面している。

東芝SCiB

次世代電池

電解質  
固体

38

38

### 正極（負極）材によるリチウムイオン電池の分類

コバルト系	LiCoO <sub>2</sub> 元祖	スマホ等	1991年に商品化の原型モデル。熱暴走のリスク
ニッケル系	LiNiO <sub>2</sub>		コバルト系よりも高エネルギー。安全性に懸念
マンガン系	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	初代「リーフ」	マンガンは強固な結晶構造→熱安定性が高い
三元系	Li(Ni-Mn-Co)	現行「リーフ」	コバルト系よりも安全性が高い
三元系 <small>NMC系</small>	Li(Ni-Mn-Co)	高ニッケル化	Ni90-Mn5-Co5
NCA系	Li(Ni-Co-Al)	トヨタ、テスラ	ニッケル系の課題の安全性を克服。NMC系より質量エネルギー密度が高い
チタン酸系	Li <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> (負極)	東芝SCiB	負極にチタン酸リチウムを使用。正極はマンガン系
リン酸鉄系	LiFePO <sub>4</sub>	テスラ、BYD等	劣化しにくく安価。電圧が三元系に比べて1割強低く、質量エネルギー密度も6~7割

39

39

### テスラとVWの電池戦略



鉄ベース（リン酸鉄系）	大衆車向け
ニッケルマンガン系	上位クラスの車両
高ニッケル	高価な大型車両

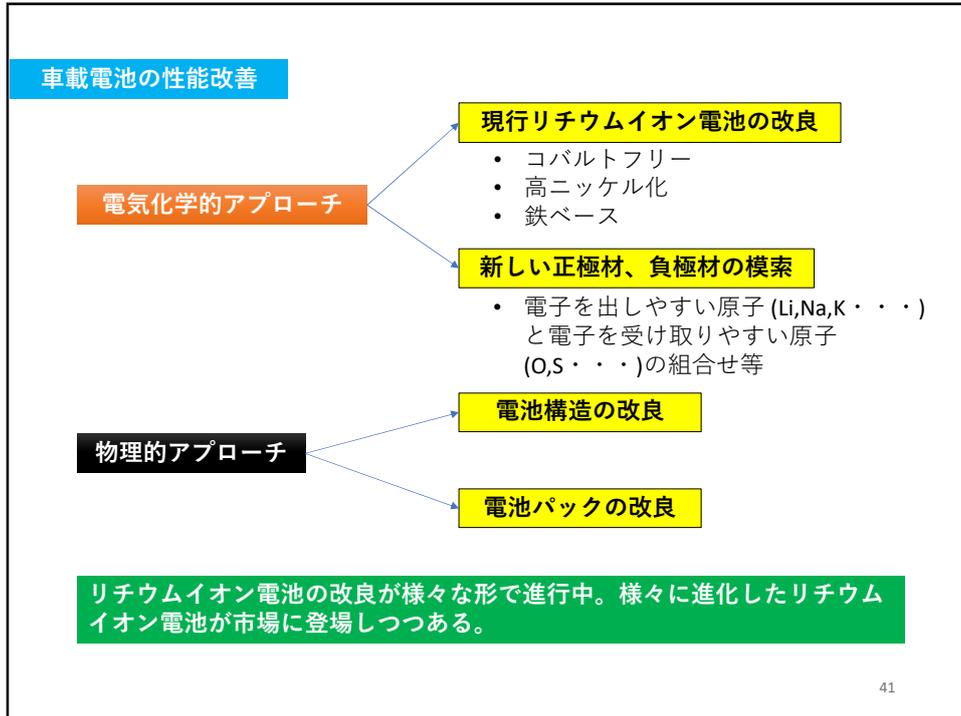


鉄ベース（リン酸鉄系）	エントリーモデル
マンガン系	大衆車
三元系（Ni, Co, Mn）	高グレード車
全固体電池（Li負極）	次世代車両

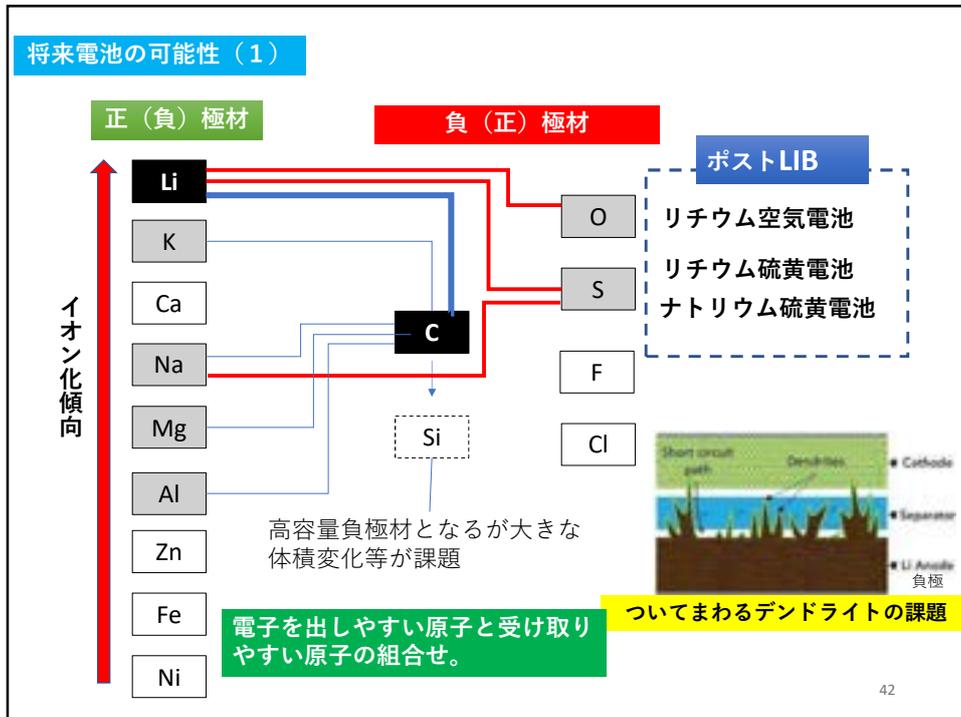
EVでの市場実績を踏まえてきめ細かな電池戦略を着々と構築している。

40

40



41



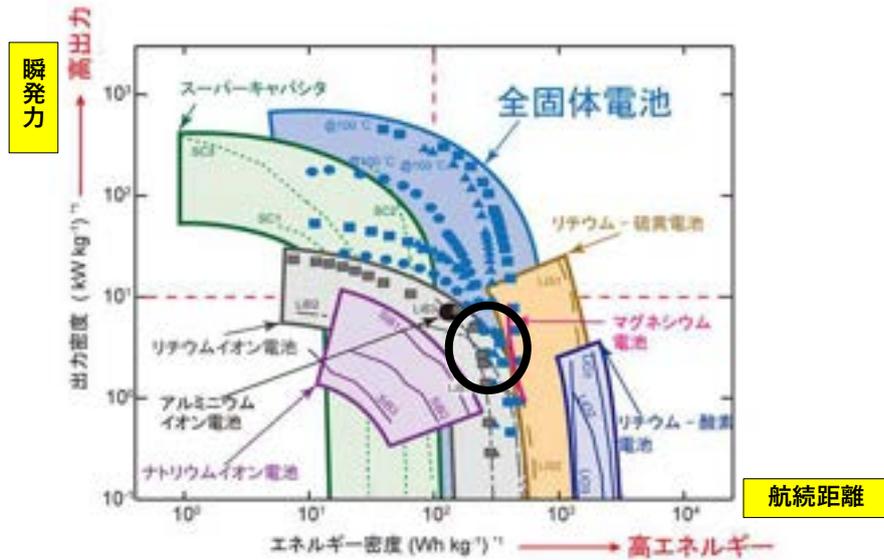
42

将来電池の可能性 (2) 多価イオン電池



43

将来電池の可能性 (3)

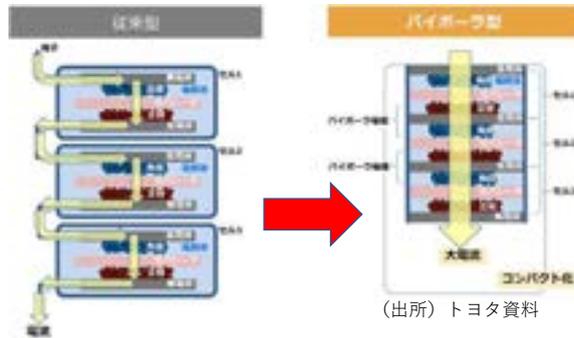


(出所) 東京工業大学菅野研究室

44

44

## 電池構造の改良



- 集電体の片面に正極を、もう一方の面に負極を塗って双極（バイポーラ）とし、これを複数枚重ねる構造
- 通電面積が広くなり大電流を流しやすい
- セル当たりの出力は1.5倍に

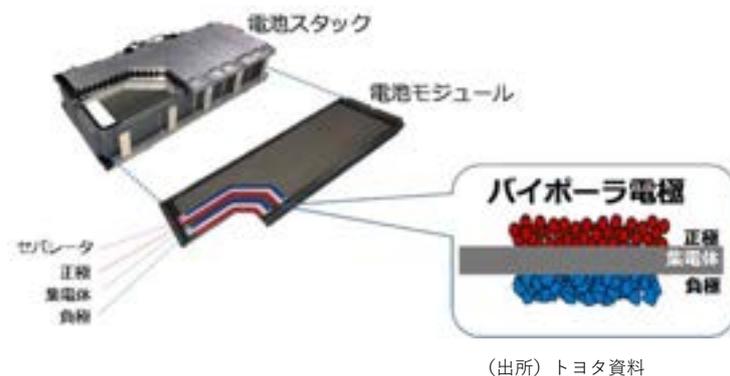
以前からアイデアはあったもののこれまで量産化できなかったのは、セルごとに電解液を密封することが難しかったから。今回、豊田自動織機が密封技術を開発。

セル当たりの出力を1.5倍に、モジュールの小型化により同じスペースに1.4倍のセルを搭載可能に。1.5×1.4=2.1倍の電池出力に。

45

45

## 電池構造の改良



集電体（電気の通り道）を挟んで正極と負極が存在。集電体を共有することで集電体の数は半減。バイポーラ化は電池開発者の夢だった。トヨタグループの電池に対する技術の高さを証明する出来事。

46

46

**電池パックの改良**

Cell to Pack

(出所) BYD資料

モジュールを使わないで直接セルを搭載してパック。搭載セル数は1.5倍に。BYDは安全性の高いリン酸鉄リチウムイオン電池で長さ2m、厚み13.5mmの「ブレードバッテリー」（刀片電池）として商品化。

47

47

**車載電池の予想タイムライン**

ナトリウムイオン電池  
カリウムイオン電池  
マグネシウムイオン電池  
アルミニウムイオン電池

リチウム硫黄電池  
リチウム空気（酸素）電池

(出所) NEDO

市場シェア (%)

100 80 60 40 20 0

2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040

100 200 300 400 500

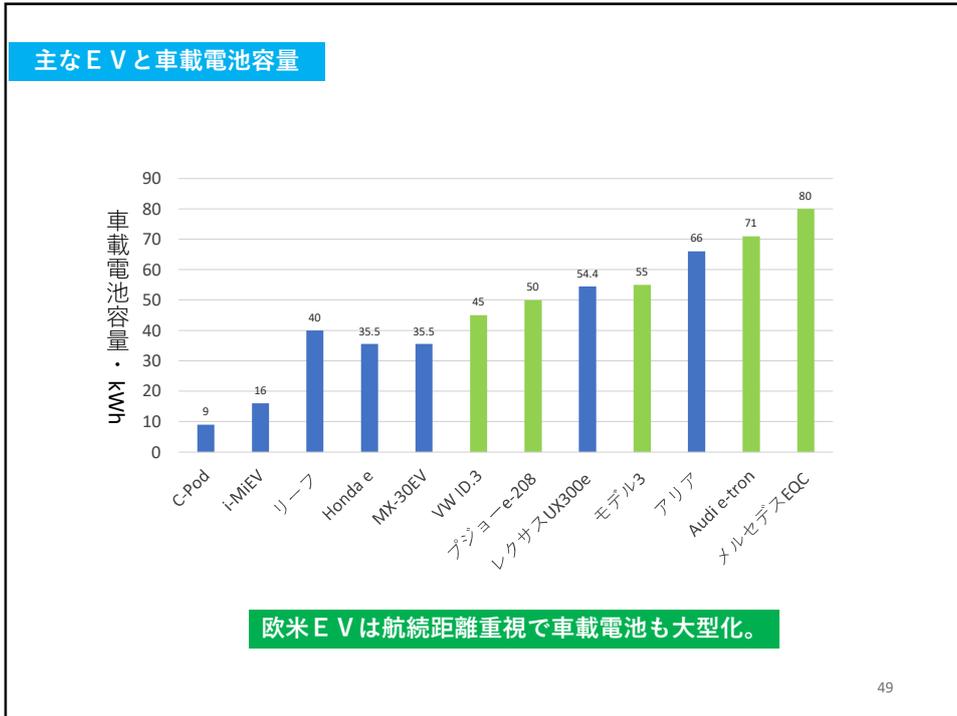
バッテリーパックのエネルギー密度 (Wh/kg)

現行LIB (液系) 先進LIB (液系) 第1世代 (酸化物系) 全固体LIB 次世代 (先進酸化物系又は硫化物系) 革新型蓄電池 (ポストLIB)

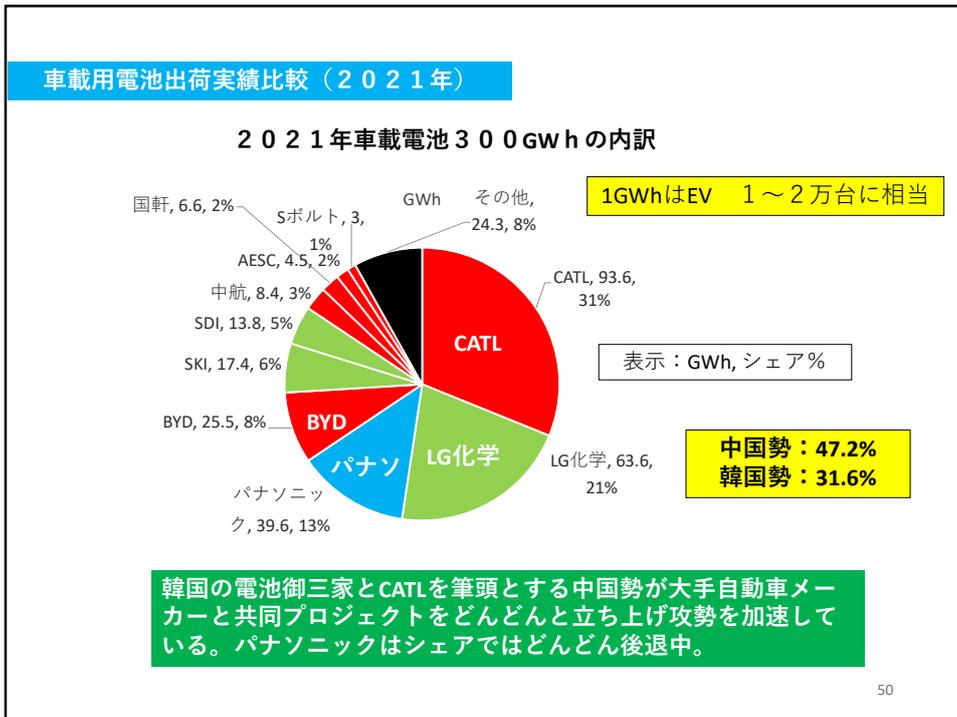
2021年6月、NEDO主導の国家プロジェクト「電気自動車用革新型蓄電池開発」がスタート（2021～2025年、予算は120億円）。開発対象はフッ化物電池と亜鉛負極電池。

48

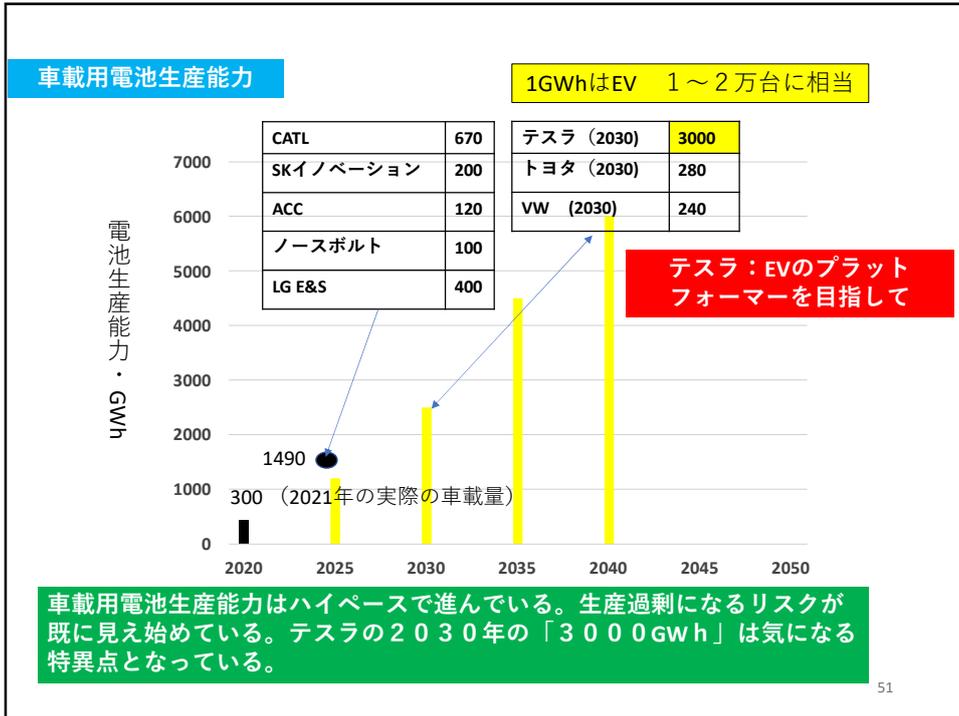
48



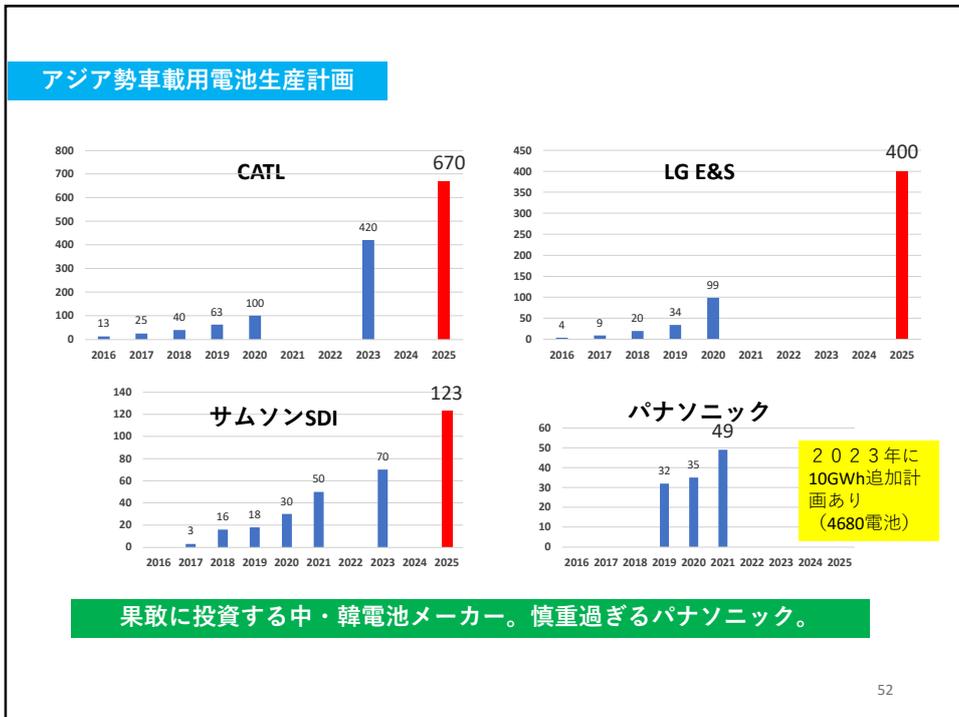
49



50



51



52

1.振返り  
 2.ハイブリッド車  
 3.電気自動車  
**4.燃料電池車**  
 5.電動車のゆくえ

53

53

愚直に進化し続けるFCV「ミライ」



現代「ネクソ」  
132km/kg

FCシステムのコストは初代ミライから1/3に。

	初代	2代目
乗員	4人	5人
水素搭載量	4.6kg	5.6kg
航続距離	650km	850km
FCスタック出力/セル数	113kW/370	128kW/330
FCスタック体積	33L	24L
FCスタック体積当たり出力	3.45kW/L	5.33kW/L

144km/kg  
↓  
152km/kg

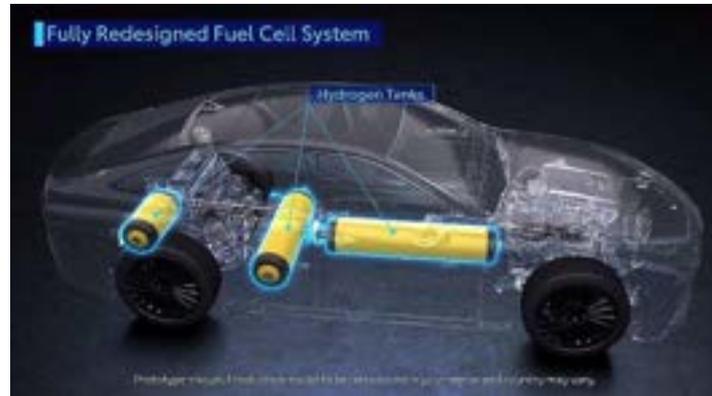
出力密度は過去24年間で約50倍に向上

着実に進化していく燃料電池車。2代目「ミライ」でFCスタック（燃料電池）の量産化とコスト低減、自動車以外への適用の基礎を確立。

54

54

## 進化し続ける「ミライ」



水素タンクは樹脂ライナーにCF（カーボンファイバー）を多層巻きにて製造。保安基準を満たし自社工場と豊田合成で製造中。

55

55

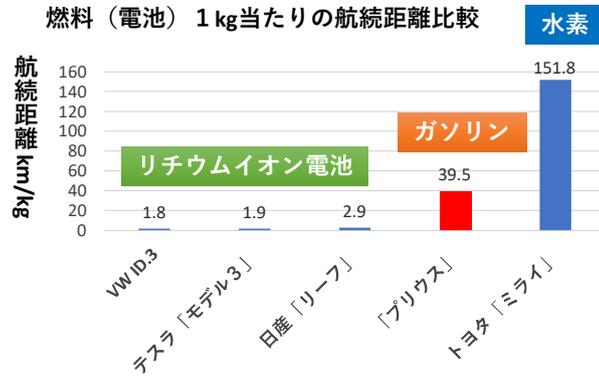
1. 振返り
2. ハイブリッド車
3. 電気自動車
4. 燃料電池車
5. 電動車のゆくえ

56

56

航続距離比較 (電池・燃料別)

よく耳にする声「今までのクルマは高速道路を走ると燃費がよくなったが、電気自動車では航続可能距離がどんどん短くなっていくので安心してスピードをあげられない」

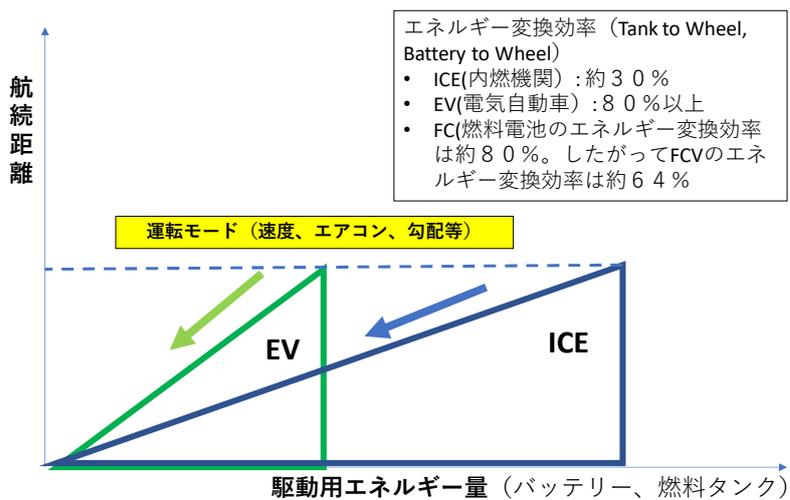


EVの持っているエネルギー量 (電池) が桁違いに小さいので、航続可能距離は車速に大きく影響される。これは現状のEVの宿命。航続距離を600 kmにするには少なくとも300 kgの電池の搭載が必要。

57

57

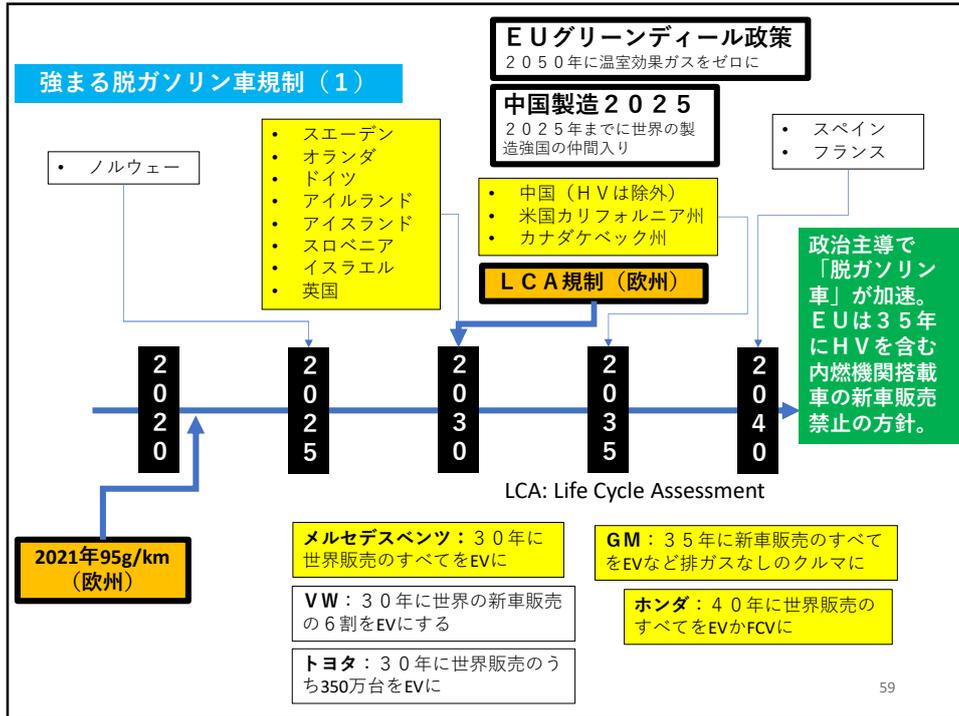
運転モードが航続距離に及ぼす影響についての一考



EVの運転モードが航続距離に及ぼす影響が大きいのはEVのエネルギー変換効率が良いため。電費が良くなるとこの傾向は更に大きくなる方向。

58

58



59

**強まる脱ガソリン車規制 (2)**

**COP26宣言：「パリ条約の目標達成のためにゼロエミッション車への移行を加速する」**

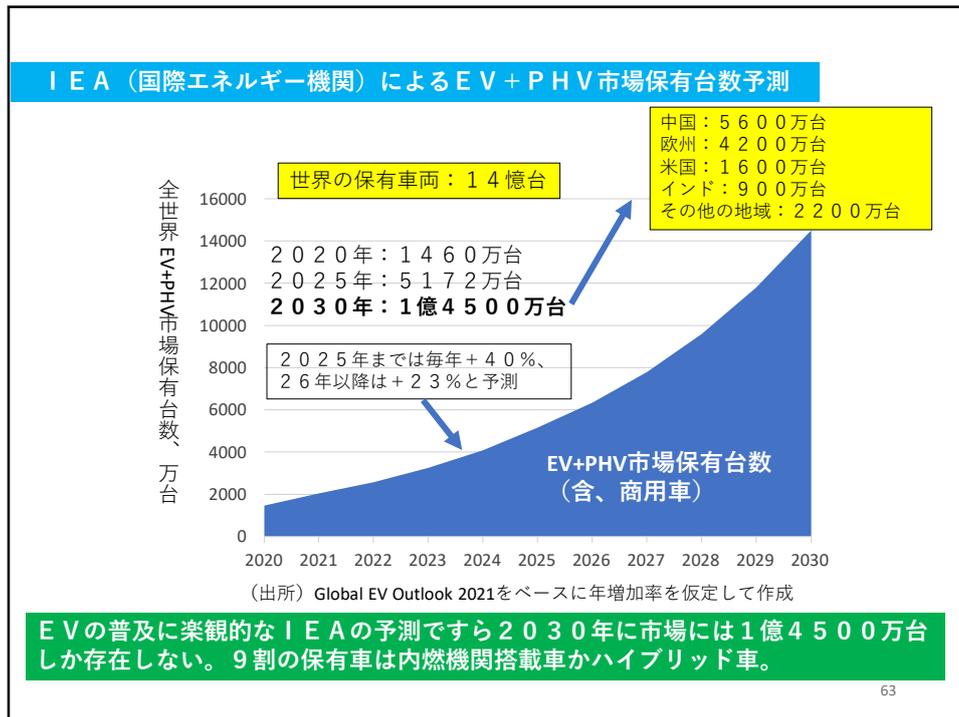
国名	2025～	2030～	2035～	2040～	備考	市場規模 (2020年)
ノルウェー	G,D,HV,PHV新車販売禁止				COP26宣言	14万台
ドイツ		G,D,HV,PHV新車販売禁止			脱原発	292万台
英国		30からG,D、35からHV,PHVも新車販売禁止			原発開発中	163万台
オランダ		G,D,HV,PHV新車販売禁止			COP26宣言、原発2基新設	36万台
スウェーデン		G,D,HV,PHV新車販売禁止			COP26宣言	29万台
スペイン				G,D,HV,PHV新車販売禁止		85万台
フランス				G,D,HV,PHV新車販売禁止	原発増設計画	165万台
中国			G,D新車販売禁止 (HVは可)			2343万台
米国		G,D,HV,PHV新車販売禁止 (Califを含む13州)			30年までに新車販売の50%以上をEV,FCV,PHVにする方針	1458万台
日本			HVを含む電動化比率を100%に			466万台

PHVは中国、日本、米国市場の一部で2040年時点でも販売可能。顧客ニーズに焦点を当てた柔軟な対応が必要。

60

60





63

**合成燃料**

呼称	関係団体	価格等	目標
e-fuel	アウディ	2017年から開発スタート 「フィッシャートロブシュ法 (FT)法」 → e-diesel	
「カーボンニュートラルな液体燃料」	欧州石油業界団体「Fuels Europe」	2020年6月開発に取組むことを発表	
e-fuel	トヨタ、日産、ホンダ	現行価格は約500円/L	
合成燃料	経産省「合成燃料研究会」	現在の製造コストは約300～700円/L	40年の商用を目指す。大型商用車や航空機用
「カーボンニュートラル燃料」	日本自動車工業会	「日本らしい方法としてカーボンニュートラル燃料の研究開発と利用促進を進めるべき」(2021.4.22 JAMA豊田会長)	
「水素ガソリン」	ポルシェ	現在の製造コストは約1,080円/L	26、27年には2ドル/Lに。ポルシェ「911」用

**色々なところで進み始めた合成燃料の開発。立ちはだかるコストの壁。**

64

64

## 合成燃料の価格

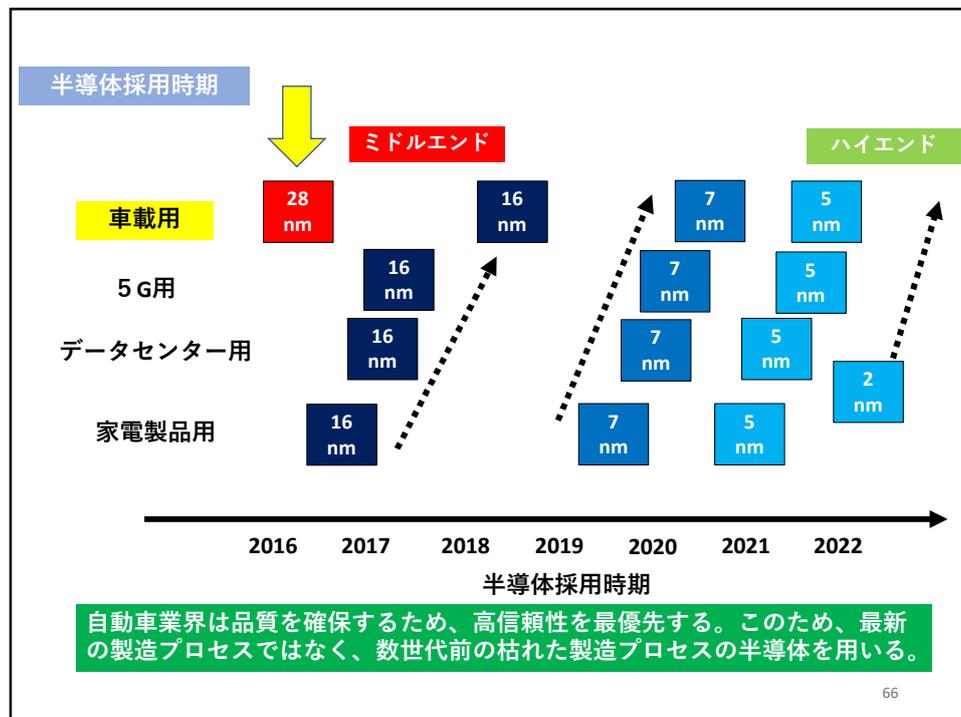
H2	CO2	製造コスト	製造原価
(A) 634円/L	+ 32円/L	+ 33円/L	= 約 700円/L
(B) 301	32	33	約 350
(C) 209	32	33	約 300
(D) 127	32	33	約 200

- (A) 国内の水素を活用し国内で合成燃料を製造  
 (B) 海外の水素を国内に輸送し国内で合成燃料を製造するケース  
 (C) 合成燃料を海外で製造するケース  
 (D) 将来水素価格が 20円/m<sup>3</sup>となった場合

決め手は水素の価格。安価な水素が手に入るにかかっている。  
 EUは原子力発電の電気でも水を分解し水素を製造する選択肢も追求。

65

65



66

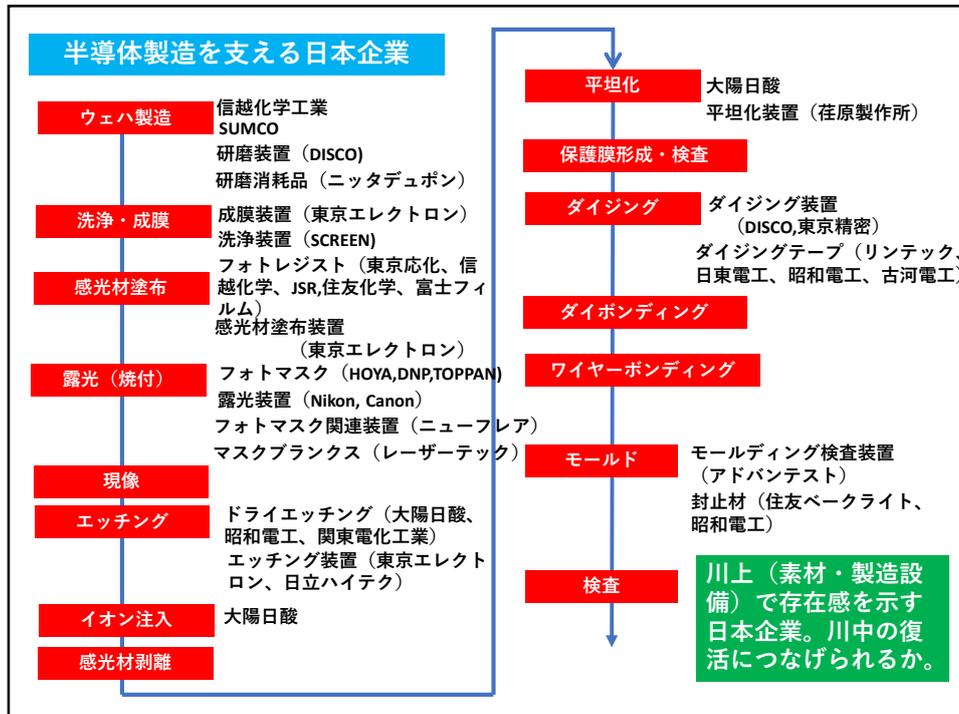
66

## 半導体業界概要

順位		開発	製造	
1	インテル (米)	○	○	ファウンドリー事業に本格参入を表明
2	サムソン電子 (韓) (シェア18%)	○	○	アップル向け半導体を製造
3	TSMC (台) (シェア56%)		○	ファウンドリー世界最大手
4	SKハイニックス (韓)	○	○	
5	マイクロン (米)	○	○	
6	クアルコム (米)	○		
7	ブロードコム (米)	○		
8	エヌビディア (米)	○		
9	TI(米)	○	○	
10	インフィニオン・テクノロジーズ (独)	○	○	

開発・ファウンドリー分離型に主流が移行しつつあった半導体業界は、半導体不足の事態から政府と組んでの生産の拡大と、インテルのようにファウンドリー事業を復活しようとする動きが起きている。

67



68

テスラ：中央集中型のEEアーキテクチャーの強みを活かして半導体不足に対処

(出所) NXP資料



ソフトとハードを切り離すことによって、ハードから独立してソフトを改良  
→ ソフトを改良することで半導体不足に対処。

69

69

上汽通用五菱汽車 (シャンチートンヨンウーリン)

これからのクルマのひとつの形・宏光MINI EV「ウーリンミニ」

約49万円

バッテリー  
13.9kWh  
航続距離  
170km

商品コンセプト「最安の4人乗りEV」



イメージ「小回りが利き生活の足として一般道を走行」

割り切った設計思想  
「壊れやすいが直しやすい」→ 低価格を実現

- ・ 回生ブレーキ機能なし
- ・ 冷却装置なし
- ・ 主要部品は中国製
- ・ 既存部品を徹底的に使い回わし



「EV＝クリーン」なイメージが奏功して地方都市の若い女性に人気。  
無駄を徹底的に省いたEVの一つの形として社会に認められた事例。  
今までのクルマ設計の延長線上にない設計。

70

70

**佐川急便配送用バン**

企画・開発	ASF株式会社 (東京都港区・2020年設立・ファブレス)
製造	中国・広西汽車集団・三菱汽車 (広西チワン族自治区柳州市)
リース先	佐川急便
台数	7,200台
リース開始	2022年9月



柳州（リウチョウ）市：「EVの都」

航続距離	200km	日本電産 E-Axle 150kW 永久磁石同期モーター
最高時速	100km	
最大積載量	350kg	
乗車定員	2名	



低価格EVを日本市場に持ってくる手法の一例：企画・開発と基幹部品を日本で、製造を中国で。

71

71

**日本電産 E-アクスル**



⑤ NI200Ex (200kW/4200Nm) 2022年量産開始 (予定)

① NI150Ex (150kW/3900Nm) 2019年量産開始 (予定)

② NI300Ex (100kW/2400Nm) 2020年7月量産開始 (予定)

③ NI70Ex (70kW/1600Nm) 2015年量産開始 (予定)

④ NI50Ex (50kW/1600Nm) 2012年量産開始 (予定)

※ 製造用にはこのほかにも、上記以外の出力・トルク・回転数等のバリエーションがあります。

電動モーター＋インバーター＋減速機 (出所) 日本電産ホームページ

日本電産はE-アクスルで150kWを皮切りに最終的には50～200kWまでをカバーする計画。200kWを前後に搭載すれば400kWまでカバー。

72

72

日本電産 E-アクスル採用状況

日本電産  
プレスリリース

(\*1) 2020年7月1日時点でのE-Axle採用車種（発売日順）

1. 広汽新能源汽车 (GAC New Energy Automobile) Aion S
2. 広汽豊田汽車 (GAC Toyota Motor) iA5
3. 広汽新能源汽车 (GAC New Energy Automobile) Aion LX
4. 広汽蔚来新能源汽车 (GAC NIO New Energy Automobile Technology) HYCAN 007
5. 吉利汽車 (Geely Automobile) Geometry C
6. 広汽新能源汽车 (GAC New Energy Automobile) Aion V

(\*2) E-Axleは前後に搭載可能であり、Ni200Exを前後2か所に搭載した場合、合計出力は400kWとなります。



Aion S



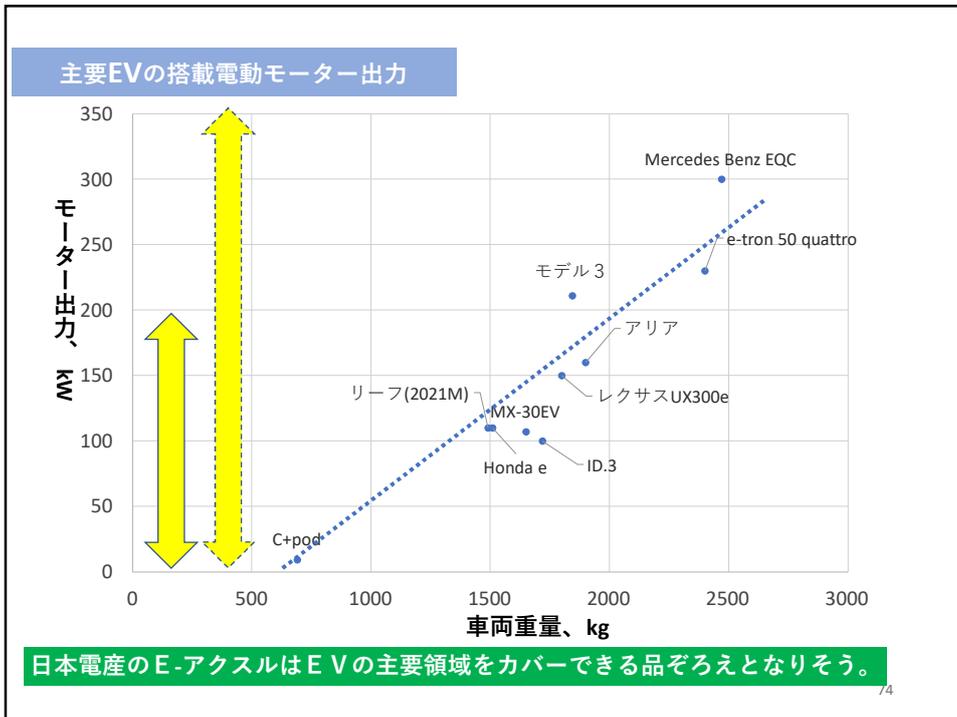
iA5



HYCAN 007

73

73



74

### 鴻海が進める水平分業体制

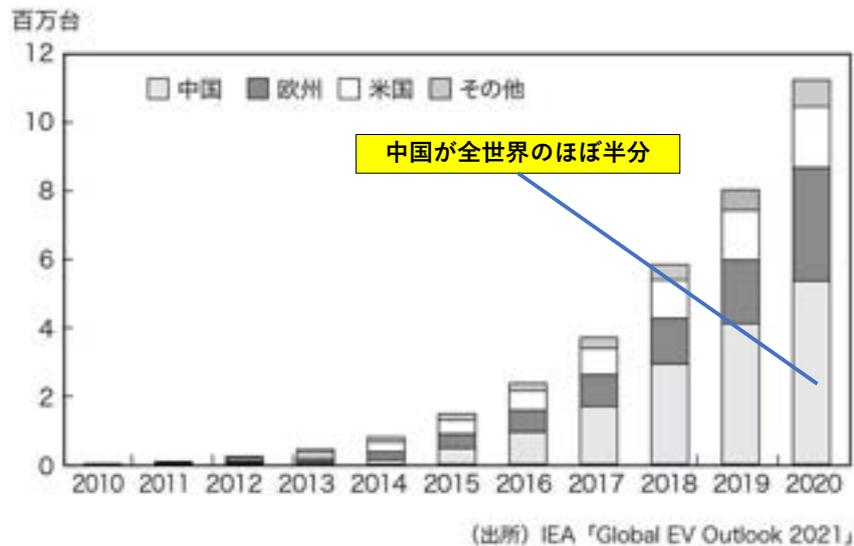
合併・提携	ステランティス	車載情報システムを開発生産する合併会社
	裕隆汽車製造	共同で設立した「鴻華先進科技」で試作車を開発
	浙江吉利汽車集団	運転システムやソフトにかかわる製造、コンサルティングサービスの提供
	日本電産	E V向け駆動モーターの開発・生産（検討中）
	タイ石油公社	E V生産計画
生産	フィスカー（米）	E Vを共同開発し2023年から量産を計画（年間25万台規模）
	ローズタウンMTS(米)	工場を買収しE Vの量産を計画中
	裕隆汽車製造	裕隆汽車製造向E Vを生産する計画
	バイトン	E Vベンチャーバイトン（BYTON）向E Vを生産する計画
	MIHコンソーシアム	MIH(Mobility in harmony)コンソーシアムには約2,200社が参加。日本からはデンソー、ブリジストン、三菱電機、ルネサスエレクトロニクス、日本電産、村田製作所等約100社が参加

「スマホにタイヤをつければクルマ」となりえるのか。巨大な水平分業集団を鴻海がまとめ、動き始めた。参加企業は全世界から2,200社。日本からは100社。

75

75

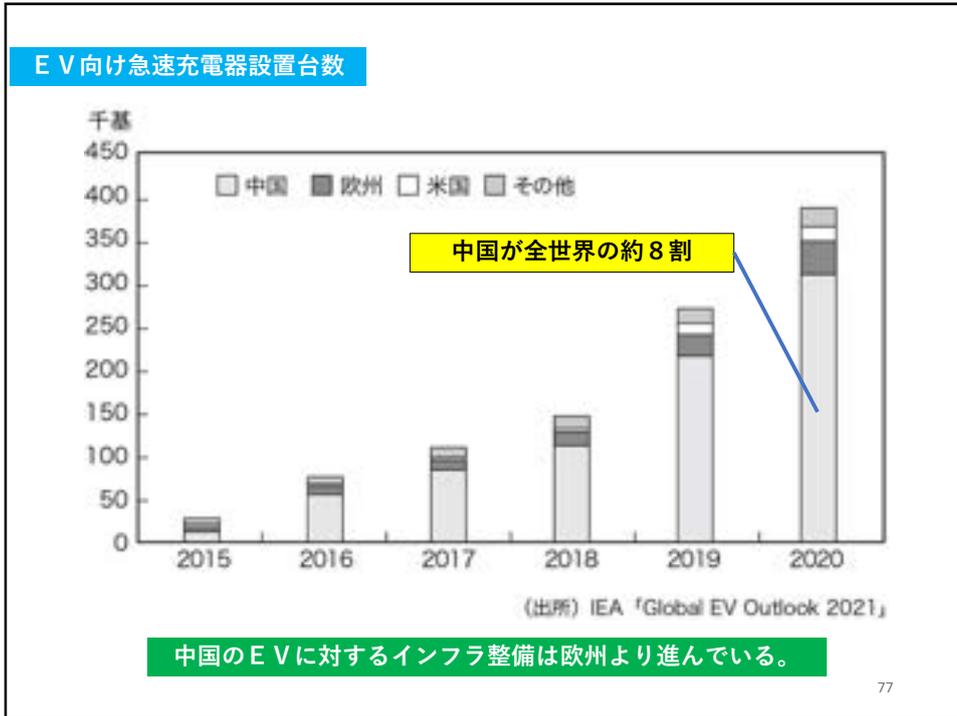
### E V保有台数



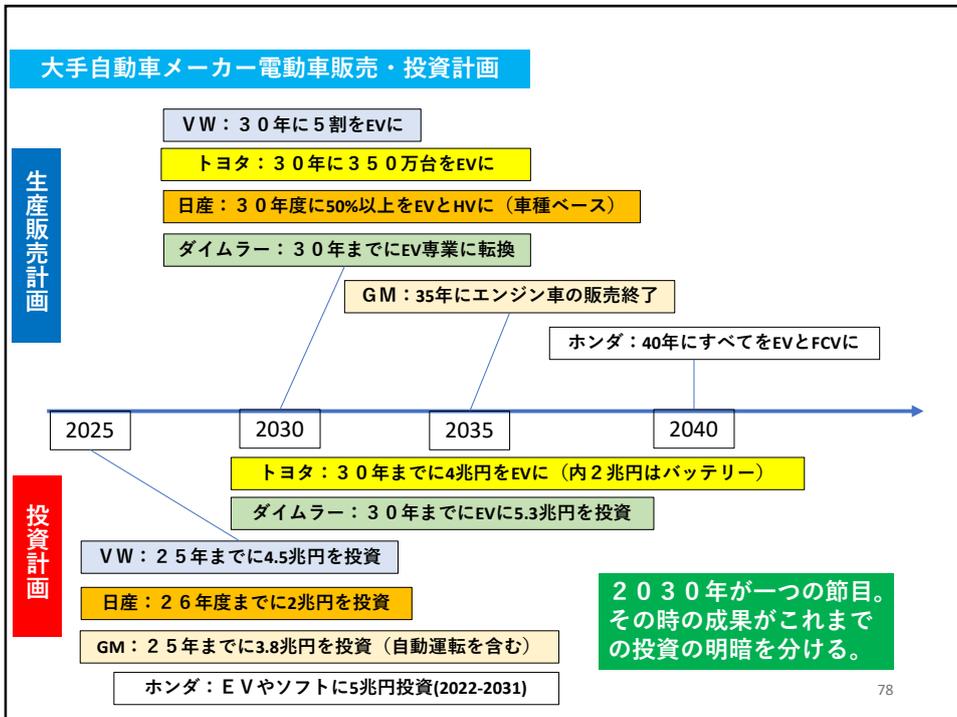
着実にE Vの実績を積み重ねている中国市場。

76

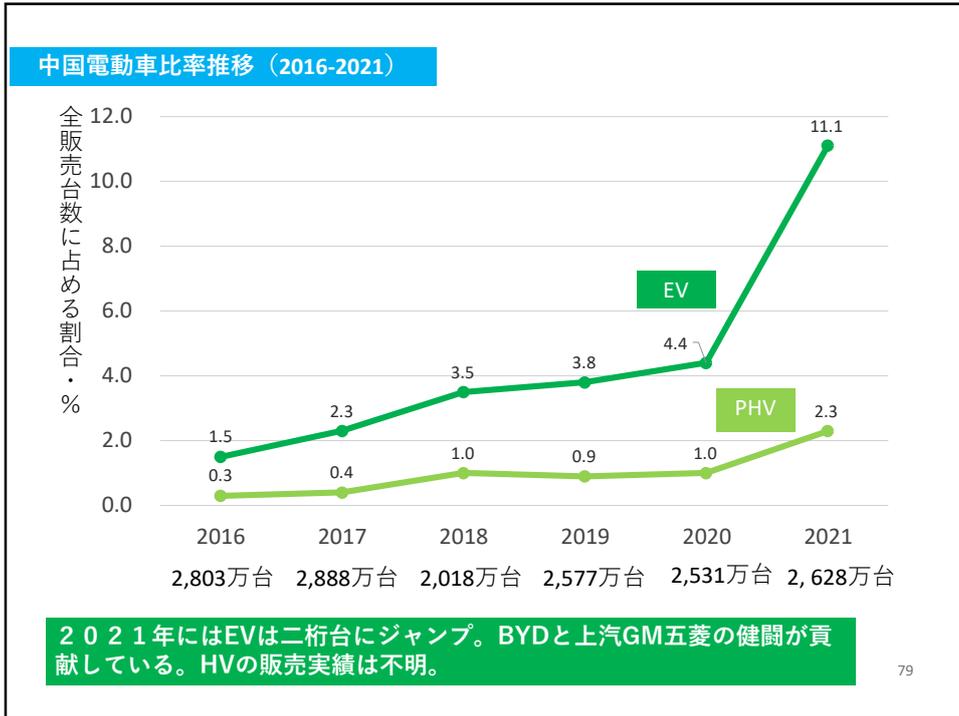
76



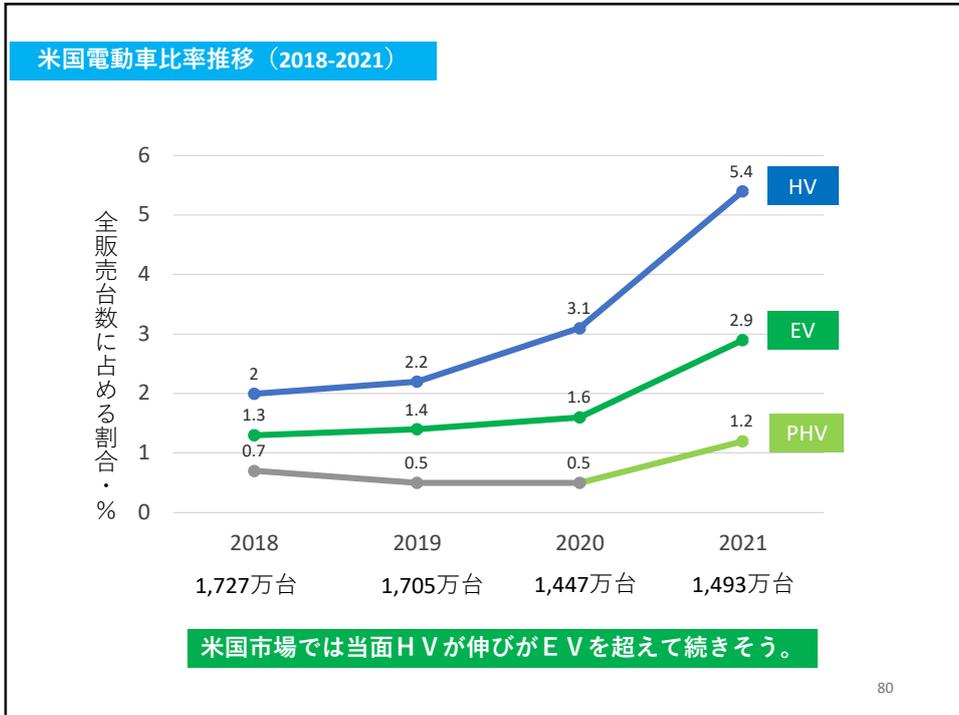
77



78

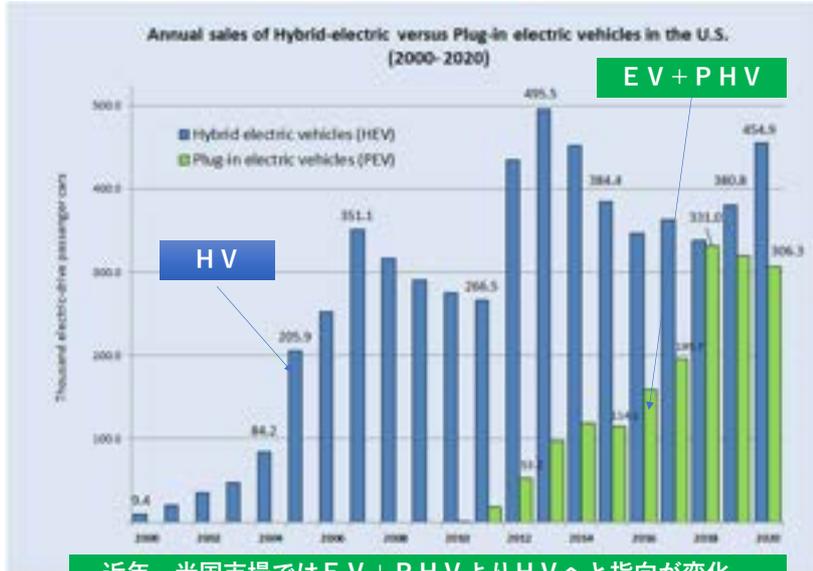


79



80

米国市場におけるHVとEV+PHVの販売比較（2000-2020）

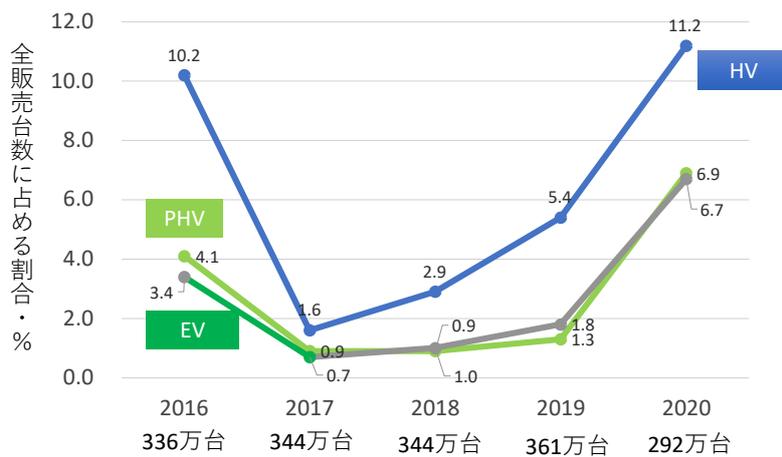


近年、米国市場ではEV+PHVよりHVへと指向が変化。

81

81

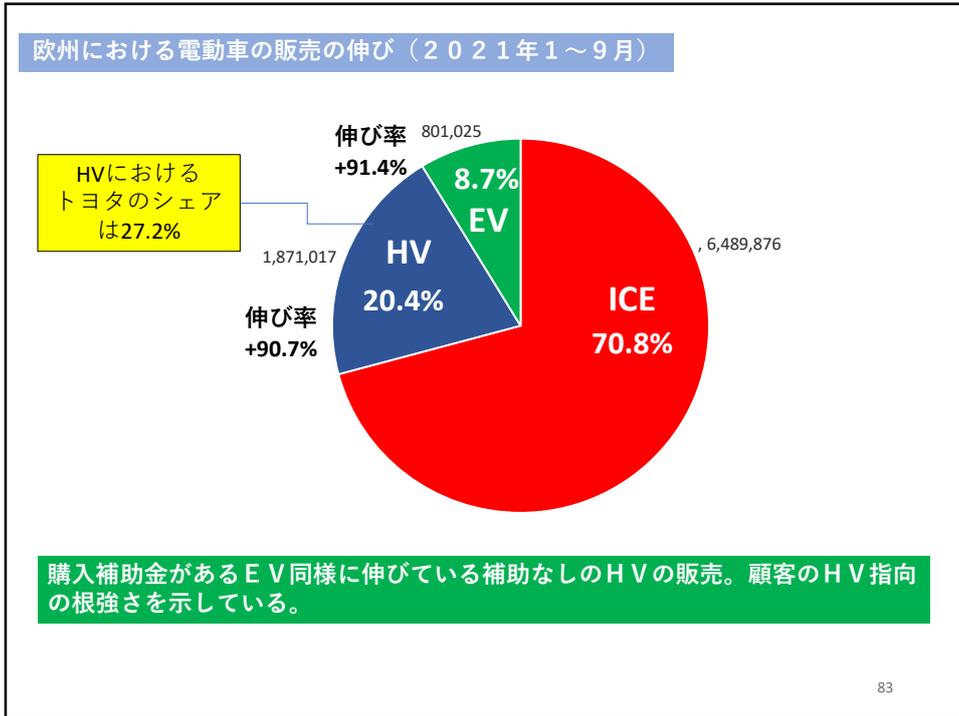
ドイツ電動車比率推移（2016-2020）



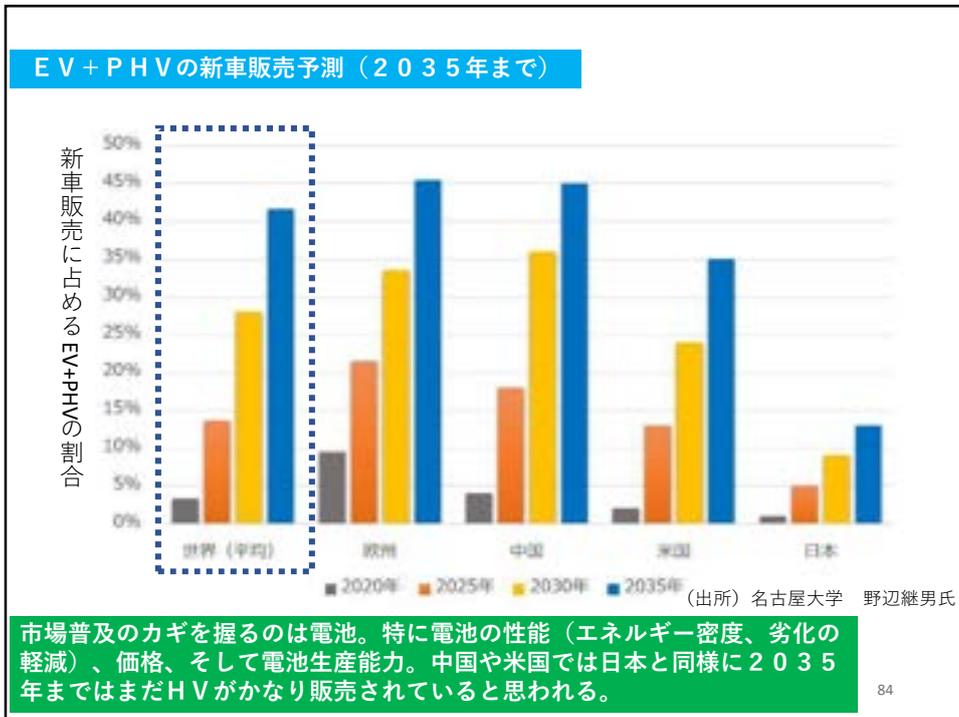
ドイツ市場ではHVがEVの倍近いレベルで伸び続けている。

82

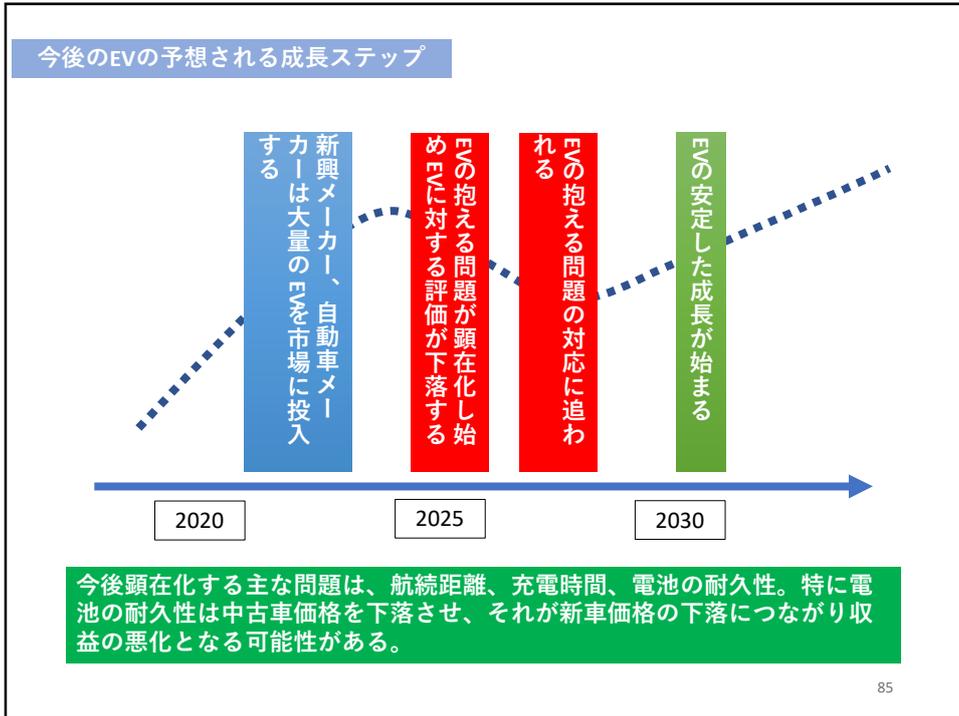
82



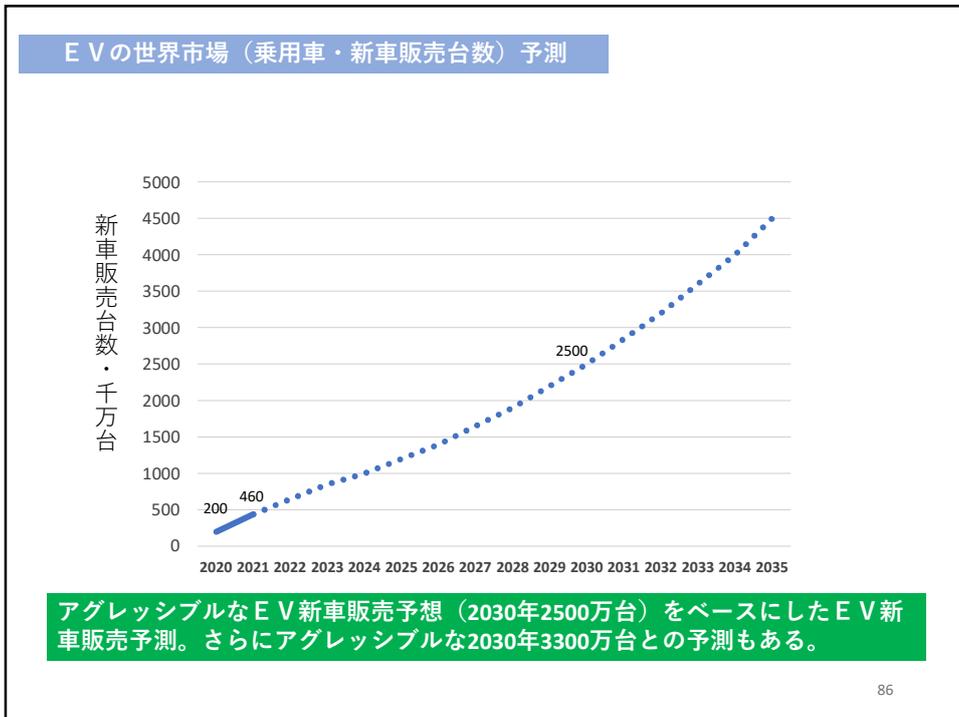
83



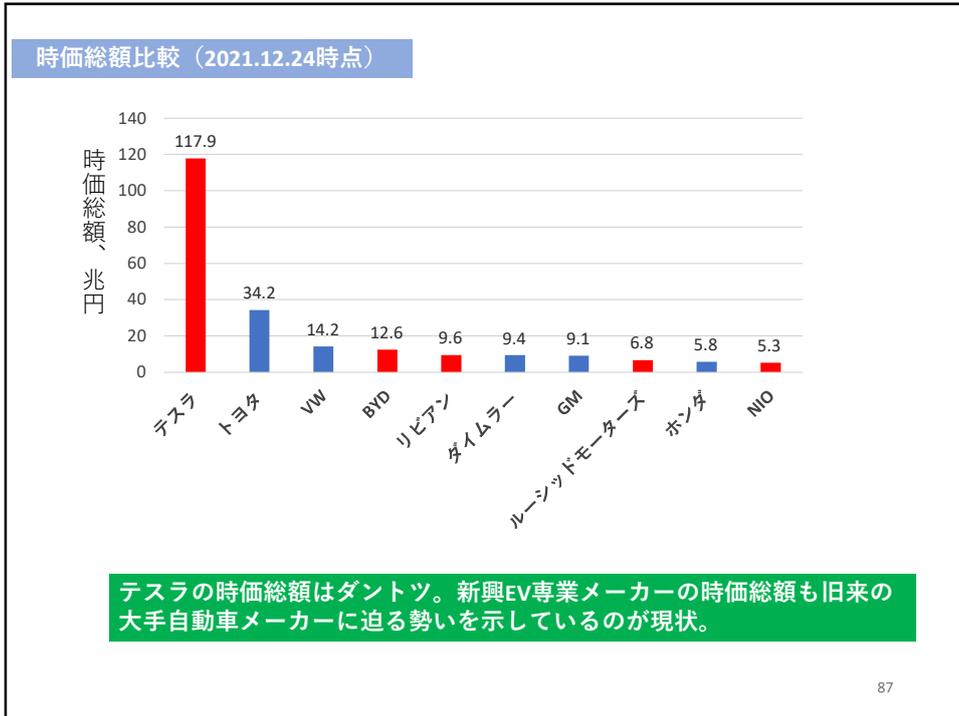
84



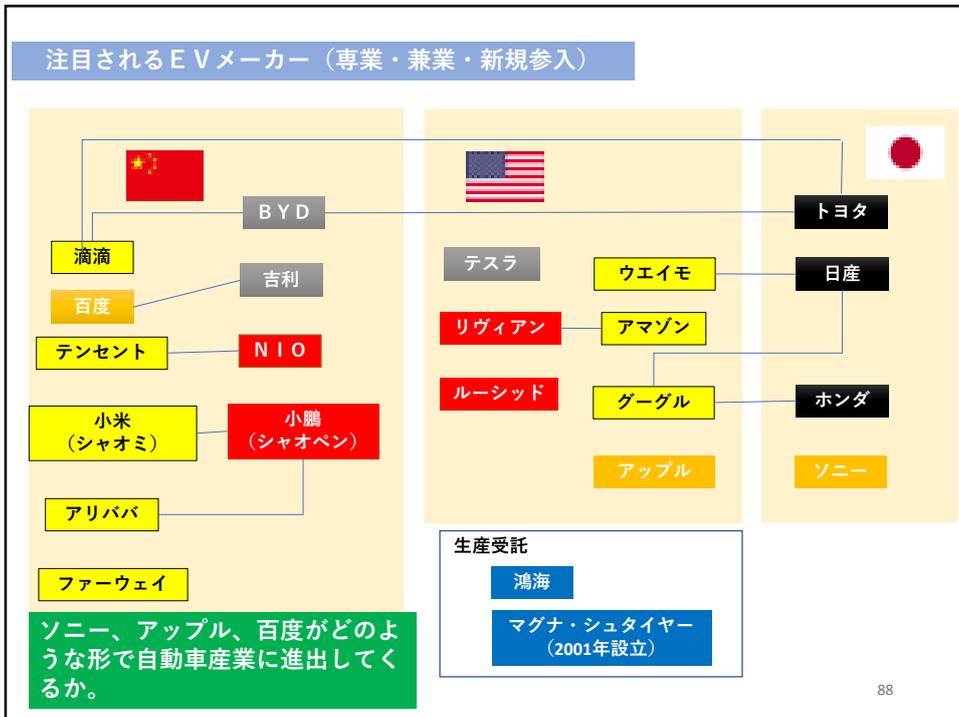
85



86



87



88

## 注目されるEVメーカー（1）

## NIO（上海蔚来（ウェイライ））汽車

- 2014年に設立。
- 自動車本体よりもウェブやブランディングに強みを有する経営陣。
- 「中国版テスラ」。中国ではハイエンドブランドとして認知されている。元BMWデザイナーによりデザイン。デザイン的美しさが特長。
- 「極上の顧客体験」を追求。車体製造・生産は外注。直販による販売。
- **電池交換が可能**なモデルもある。電池交換ステーションでは5分以内に電池交換が可能。2021年12月時点ですでに700ヶ所設置。



「et5」航続距離1,000km  
テスラ「モデル3」に対抗



世界最速のEV「EP9」

破壊的イノベーションで自動車産業に影響を与えている。

89

89

## 注目されるEVメーカー（2）

## BYD（Build Your Dreams）（比亞迪）

- 創業者は王伝福（ワン・チュアンフー）
- 1995年に携帯電話のバッテリー製造企業としてスタート
- 2003年に自動車産業に参入
- 2008年にはPHVを販売
- 商用車EV化の牽引役でもある。米国を含む世界各地にEVバス、EVトラックの生産工場を持つ
- 2020年4月、トヨタとEV共同開発を発表
- 近年、自前生産したリチウムイオン電池を外販するサプライヤー機能を強化しつつある。



約160万円のEV「Dorpin」



京都市内を走るBYDのEVバス

自前バッテリーを持つ強さ+ミドルクラスEVの品ぞろえ+商用車EVの雄。

90

90

## 注目されるEVメーカー（3）

## 吉利汽車 Geely

- 中国最大級の民営自動車メーカー
- 1986年に冷蔵庫の部品メーカーとしてスタート
- 1997年に自動車産業に参入
- 創業者は李書福氏（リー・シューファー）
- 2010年にボルボ・カーズを買収。欧州の先端技術やサプライヤーへのアクセスを獲得し技術力の向上を果たした。
- 2018年にはダイムラーの株式10%を取得。
- 買収攻勢でプロトン（マレーシア）、ロータス（英）、ロンドンの黒タクシーを製造するLEVC(London EV Company)を獲得し、フルラインナップを揃える。



海外メーカーとのM&Aを武器に世界を虎視眈々と狙う。

日本電産のE-Axle「Ni-150Ex」を採用した「Geometry」

91

91

## 注目されるEVメーカー（4）

## ソニー

- 2022年3月にホンダと組むことを表明。「ソフトx量産」で勝負に出る。ホンダとは切り離れた独立ブランドとなる。
- 既に「VISION-S01」,「VISION-S02」(SUV)の2台を公表。
- まずはEVで安全性の向上にソニーのセンシング技術(33のソニーセンサー)を活かす。
- ソニーEVの売りは移動空間におけるエンターテインメント（ゲームや映像コンテンツ）。
- ホンダとの化学反応が期待される。



VISION-S01



VISION-S02

センシング技術とエンタメが武器。安全+移動空間の楽しさの実現を目指す。

92

92

電池交換ステーション

- 10年以上前にイスラエルのスタートアップBetter Placeが提案したが、規模の拡大に失敗。
- 今、中国ではNIO、Aulton (奥動新能源)、Geely (吉利汽車) バッテリー交換ステーションの設置に動いている。
- 2025年までに19,000のバッテリー交換ステーションの設置を目指している。



- CATLも電池交換ビジネスに参入の意向。第一汽車集団の乗用車ブランド「奔騰」(ほんとう)でスタートする。

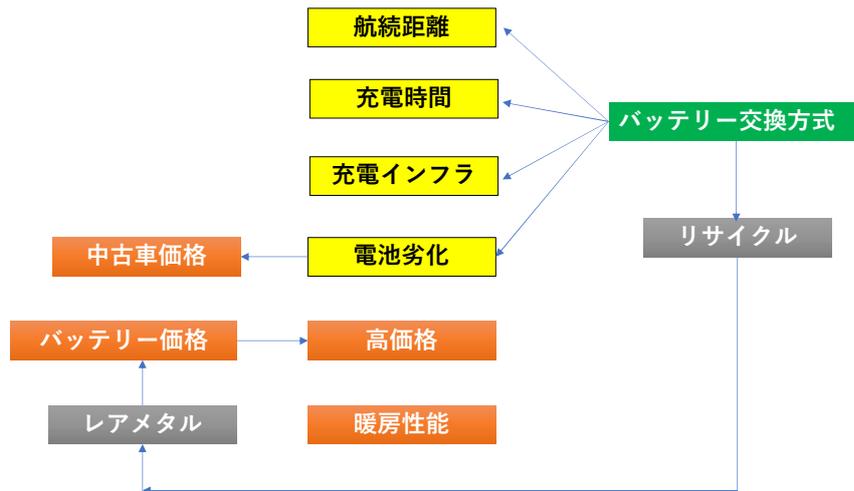


電池交換方式が成り立つのか注目を集めている。

93

93

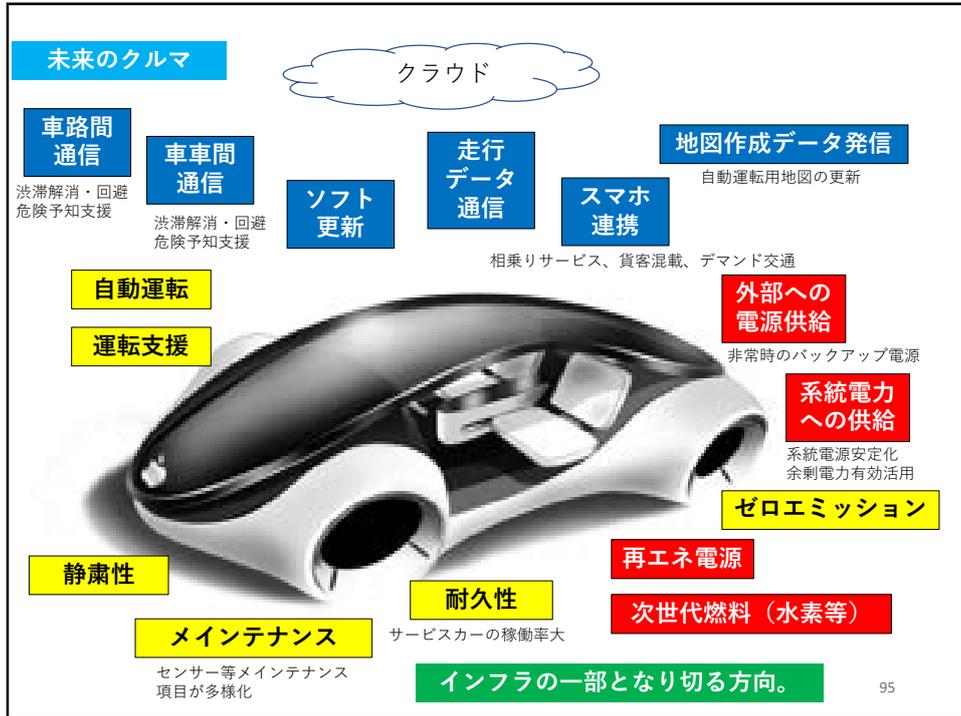
E Vの課題と電池交換ステーション



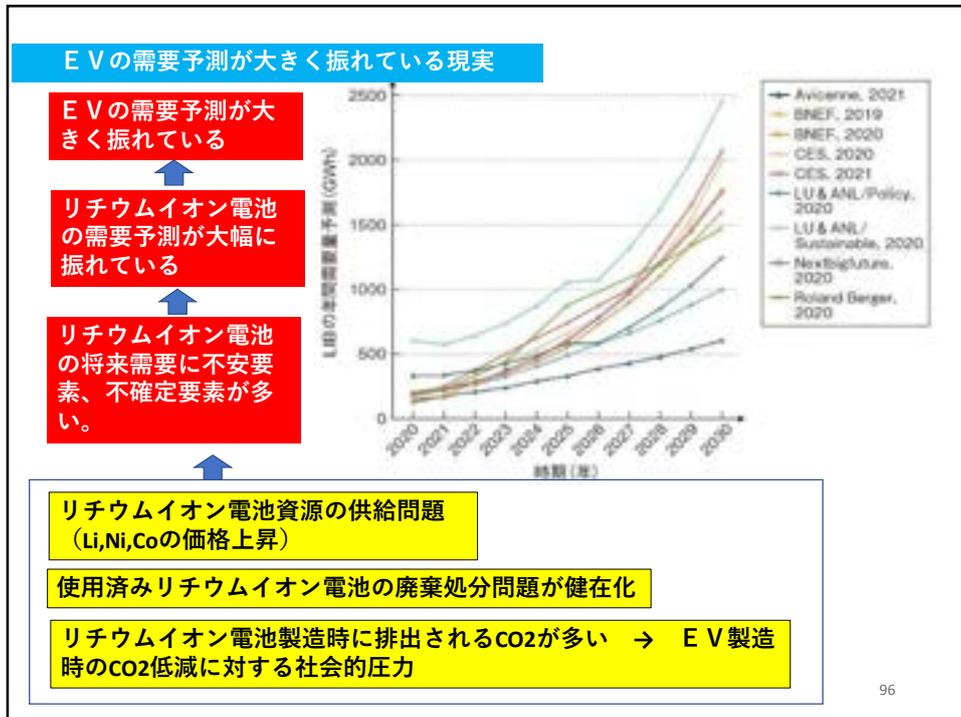
電池交換方式はE Vが抱えている利便性に関する課題を解決する可能性を持っている。

94

94



95



96

**クルマ 1 台を製造するに要する鉱物資源**

**金 (Au): 0.2~0.5g (電子基板)**  
**銀 (Ag): 2~5g (電子基板)**  
**銅 (Cu):**  
 内燃機関搭載車: **20~30kg**  
 H V: **~50kg**  
 E V: **~60kg**  
**白金 (Pt): 0.5~2.5g**  
**パラジウム (Pd): 1.4~5g**  
**ロジウム (Rh): 0.2~0.6g**

**銅の枯渇?**  
 銅の鉱石の品位は0.5%以下 → 200倍のごみ(含む、ヒ素、水銀等)が出る

(出所) 数値は東京大学生産技術研究所岡部徹教授

**リチウム (Li):**  
 H V: 0.23kg ← 炭酸リチウム1.2kg  
 E V: 4.5kg ← 炭酸リチウム24kg  
**E V 1台造るのに2トン以上のかん水 (0.2%Li)を掘り出す必要がある**

**高性能モーター 1 台には**  
 ネオジム(Nd): 約0.27kg ← **鉱石換算で約31kg**  
 ジスプロシウム(Dy): 約0.13kg ← **鉱石換算で1~4トン**

**脱炭素 ⇒ 電気エネルギー社会 ⇒ 多種類の金属を大量消費 ⇒ 環境汚染**  
**精錬で大量のエネルギーを使う。**

97

97

**クルマのライフサイクルを最上流まで遡って考える必要性**

マテリアル・フロー(物質の流れ)

**探掘・精錬**

廃棄物の発生

探掘や製錬によって深刻な環境破壊が起こっている場合があることは、あまり知らない。

**岡部 徹氏**  
 東京大学生産技術研究所  
 所長、教授

**クルマのライフサイクルを鉱石(特にレアアース)の採掘まで遡って考えると深刻な環境破壊や膨大なエネルギーの消費(CO<sub>2</sub>の排出実態)が浮き彫りになる。**

98

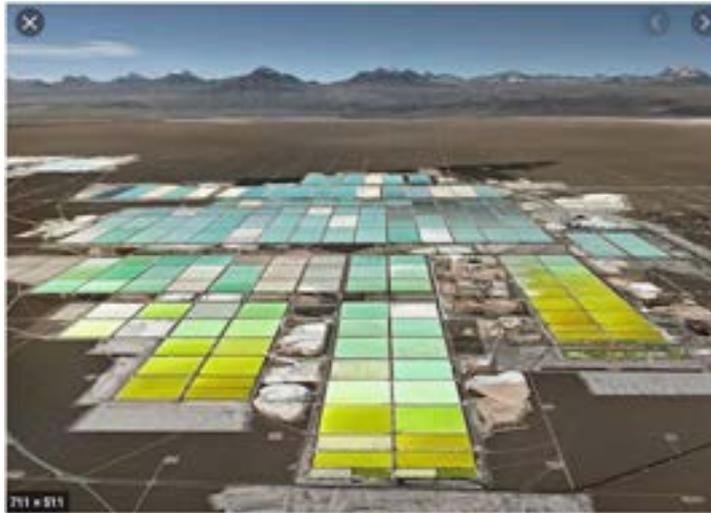
98



アタカマ砂漠、Atacama Desert ,Chile

99

99



アタカマ砂漠 塩田 (リチウム)

100

100



11 族	12 族
---------	---------

Cu 29
----------

Cd 48
----------

Hg 80
----------

チュキカマタ銅山、Chuquibambilla Copper Mine, Peru

銅と一緒にヒ素、カドミウム、水銀が出る。

101

101



バオトウ（包頭）レアアース鉱山、Baotou rare earths mine, Inner Mongolia, China

世界最大のレアアース鉱山

102

102



バオトウ（包頭）レアアース鉱山、Baotou rare earths mine, Inner Mongolia, China

103

103



バオトウ（包頭）レアアース鉱山、Baotou rare earths mine, Inner Mongolia, China

7族

Nd  
60

Th 90	Pa 91	U 92
----------	----------	---------

ネオジウムを採掘すると同時に放射性元素（ウラン、トリウム等）が付いてくるので、それらの放射性元素の廃棄が行われている。

104

104



レアアースで汚染された村、 Inner Mongolia, China

105

105

#### まとめ

- 今日指しているのはカーボンニュートラルの実現であり、EV化は手段の一つに過ぎない。保有車や燃料まで考えた多角的かつ科学的な手法こそが必要である。
- 現実には「EV一辺倒」が主流となっている。それは科学的思考よりも政治的な思惑による。その傾向は特に欧州の動きに顕著である。最終的に選択するのは顧客であるという基本を忘れていない。
- 電動化を巡る競争はまだ始まったばかり。2025年以降に淘汰が始まる。
- EVの課題の大部分は電池に関わるもので、電池の進化は今後少なくとも10年以上様々な形で続くと予想される。
- 内燃機関やハイブリッド技術に強い日本の自動車メーカーは、HVを含む「レガシー車」で利益を上げ、それをEV等次世代車の開発に投入するというビジネスモデルを強固にし、柔軟かつ大胆な戦略展開を行おうとしている。
- 日本の自動車メーカーはまずは中国市場で闘い、切磋琢磨してEV技術を磨く必要がある。
- レアメタルへの依存軽減を目指した技術、システム構築を急がなければならない。更に電池等のリサイクル技術の確立が急がれる。

106

106