

電動化の動向とパワーユニット関連部品の解説



期日: 2026年7月7日

場所: テクノプラザおかや(大研修室兼展示場)

主催: 公益財団法人長野県産業振興機構

後援: 岡谷市

協力: 株式会社三幸コーポレーション次世代自動車戦略研究所

目次

- § 1 次世代自動車の世界的な潮流と国内事情
- § 2 BEV特有の機能構造の解説
- § 3 今回部品展示車の特徴
- § 4 BEVの特徴・・・トヨタbZ4Xを例に
- § 5 パワーユニット
- § 6 モータ(電動機)
- § 7 bZ4Xのモータ
- § 8 bZ3Xのモータ
- § 9 減速機
- § 10 bZ4Xの減速機
- § 11 bZ3Xの減速機
- § 12 BEVモータ用インバータ
- § 13 BEVの電力制御機能
- § 14 BEVの課題

§ 1 次世代自動車の世界的な潮流と国内事情

1. 2050年カーボンニュートラルへ【2015年パリ協定以後】

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/carbon_neutral_01.html

目標	・平均気温上昇を産業革命以前に比べ「2℃より十分低く保つ」(2℃目標)「1.5℃に抑える努力を追求」(努力目標)
	・このため「早期に温室効果ガス排出量をピークアウト」+「 今世紀後半のカーボンニュートラルの実現 」

2. 各国の自動車電動化の目標(2026年2月時点)

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/automobile_industry_policy_01.html

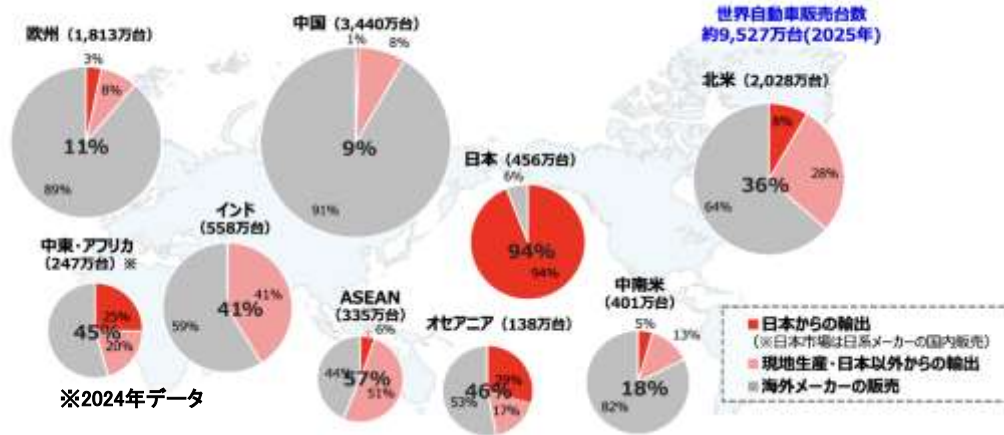
	市場規模 (2025年)	電動化等の目標
 英国	236万台	2035年販売目標 EV・FCV : 100% ※2030年ガソリン車及びディーゼル車の新車販売禁止。ただしHEV・PHEVは2035年まで販売可
 EU	1,243万台	2035年以降、テールパイプベースでCO2排出100%減(2021年比) (≒ EV・FCV : 100%) (※) (※) 2025年12月、欧州委員会は自動車CO2規制の改定案を公表。改定案では、2021年比で90%削減に緩和。残りの10%は欧州製の低炭素鋼の使用や、合成燃料・バイオ燃料・バイオガスの使用で補うことでハイブリッド車などの販売が可能とされている。
 米国	1,677万台	2030年販売目標 EV・PHEV・FCV : 50% (※) → 大統領令廃止 (※) カリフォルニア州等 : 2035年EV・PHEV・FCV100% → 規制許容の不承認
 カナダ	195万台	2035年販売目標 EV・PHEV・FCV : 100% → 義務化を撤廃※ (※) 2026年2月、カナダは自動車産業戦略で、電気自動車の義務化を撤廃すると発表。他方、2035年までにEV販売比率75%、2040年までに90%という目標達成に向け、より厳格な温室効果ガス排出基準を導入予定。
 日本	456万台	2035年販売目標 電動車 (EV・PHEV・FCV・HEV) : 100%
 中国	3,440万台 うち国内2,730万台 輸出710万台	2027年販売目標 新エネ車 (EV・PHEV・FCV) : 45% 2035年販売目標 新エネ車50%以上、それ以外の新エネ車でないガソリン車は全てHEVとしガソリン車は製造・販売禁止
 タイ	63万台	2030年生産目標 ZEV : 30%

アメリカは2026年1月27日に、地球温暖化対策の国際枠組み「パリ協定」から正式に再離脱。EUはCO2排出100%減を90%、残り10%は低炭素燃料の活用などを可能(HEVも可)としてBEV100%から後退したが、世界的にはパリ協定に沿ってカーボンニュートラルを目指す動きに変わりなく、我が国も同様である。

§ 1 次世代自動車の世界的な潮流と国内事情

3. 世界の電動化の状況 <https://www.enecho.meti.go.jp/>

1) 自動車産業のマーケット構造・・・台数とシェア



世界の自動車販売台数は、2025年で約9,500万台。そのうち日系企業の自動車は約2,300万台と、シェアの約24%を占めている。

3) 米国における電動化の動向

(EV : 130万台、PHEV : 33万台、HEV221万台)



米国では、トランプ政権の政策変化により、税制優遇措置が終了する9月末までにEVのかけこみ需要が発生。反動で10月以降のEV販売台数の大幅減となった。一方で、ハイブリッド車(HEV)の販売比率は増加傾向が続いている。

2) 世界全体の電動化の動向

<BEV販売比率の推移>



世界的にBEV化への移行が進み18%のシェアを持つに至った。特に中国、タイに欧州が続いている。日本は2%と少ないが、今後は拡大していくと思われる。

4) 欧州における電動化の動向

(EV : 280万台、PHEV : 125万台、HEV : 403万台)



欧州ではBEVの増加傾向が鈍化。2025年12月には、「CO2排出規制」の見直し案が公表され、2035年以降も、BEV、FCVに加えて、PHEV、HEVなどの販売が可能となる見込み。自動車メーカーの中には「EV一辺倒」から路線を変える企業もあらわれた。 **次世代自動車戦略研究所®**

§ 1 次世代自動車の世界的な潮流と国内事情

4. 日本国内の状況

1) 2030年次世代車政府目標

https://www.jama.or.jp/operation/ecology/carbon_neutral/index.htm

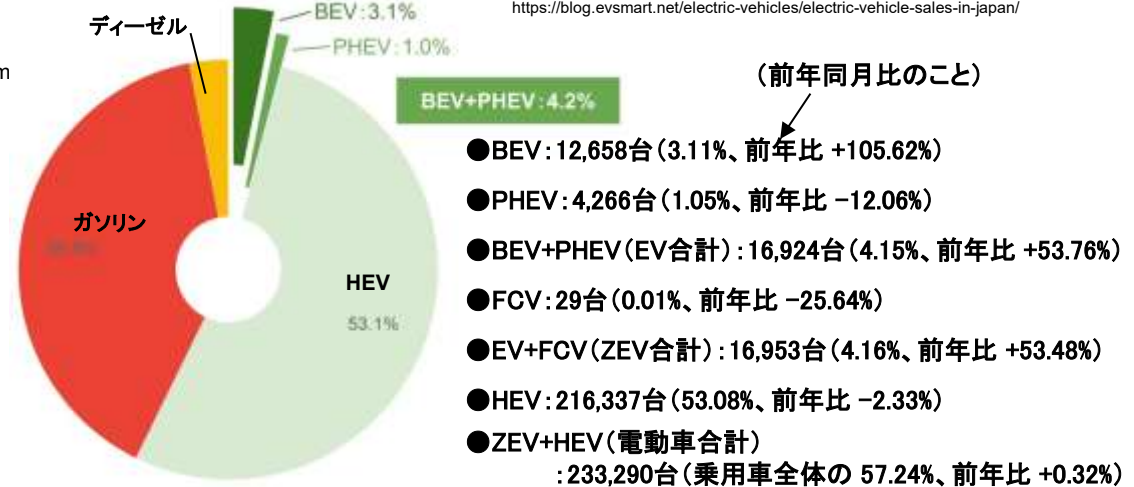
	2020年実績 (新車販売台数)	2030年 (政府目標)
従来車	60.58%(231万台)	30～50%
次世代車	39.42%(150万台)	50～70%
HEV車	34.77%(132万台)	30～40%
PHEV車	0.39%(1.5万台)	20～30%
BEV	0.38%(1.5万台)	
FCEV	0.02%(0.08万台)	～3%
CD車	3.86%(14.7万台)	5～10%

再生可能エネルギーの供給が少ない日本では、ライフサイクル全体でみると、現時点ではハイブリッド車(HV)、電気自動車(EV)、燃料電池自動車(FCV)のCO2排出量はほぼ同じである。

カーボンニュートラル実現のためには、多様な電動車を最適なバランスで普及させていくことが重要である。多様な選択肢のある日本ではエネルギー事情や用途に合わせて最適な電動車を選ぶことが可能(マルチパスウェイ)である。

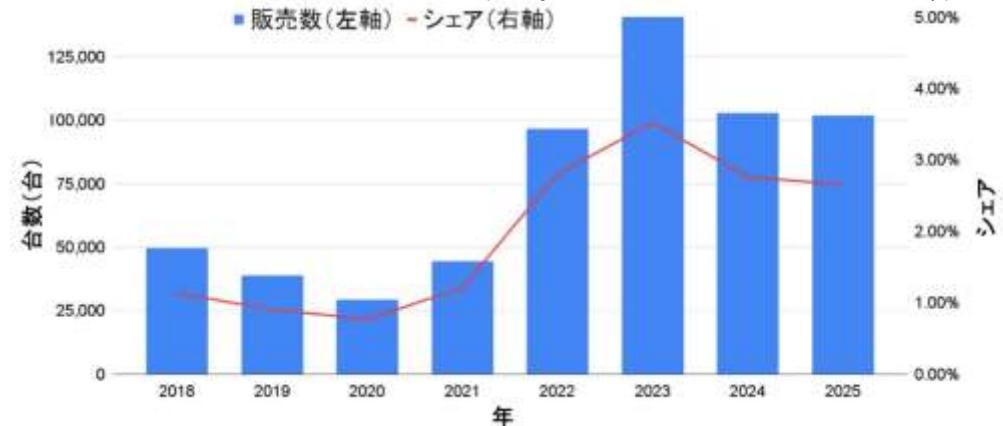
2) 燃料別販売台数とシェア一覧(2026年3月)

<https://blog.evsmart.net/electric-vehicles/electric-vehicle-sales-in-japan/>



3) EV (BEV + PHEV) 販売台数とシェアの年推移

<https://blog.evsmart.net/electric-vehicles/electric-vehicle-sales-in-japan/>



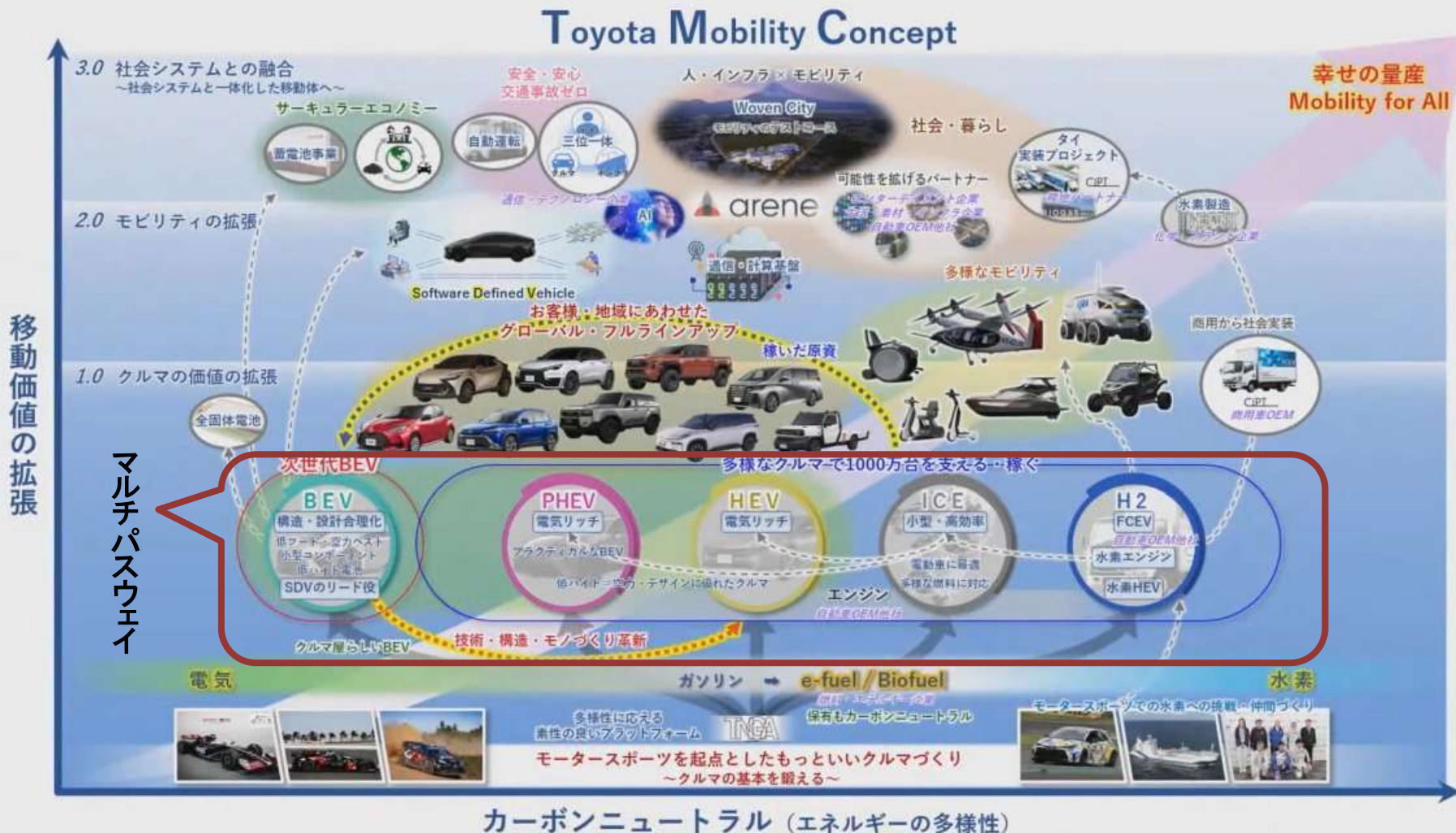
日本の電動車は3月の販売実績で57%程度で大半はHEVである。シェアで見てもBEV+PHEV合計でも5%に届かず。ただし、最近ではトヨタZ4Xの好調な売れ行き、中国車本格進出や軽EVでシェア拡大が期待される。

次世代自動車戦略研究所®

§ 1 次世代自動車の世界的な潮流と国内事情

5. トヨタ・・・日本の自動車の近未来

https://image.itmedia.co.jp/itmn/articles/2505/09/it_sp_250509toyota_14.jpg



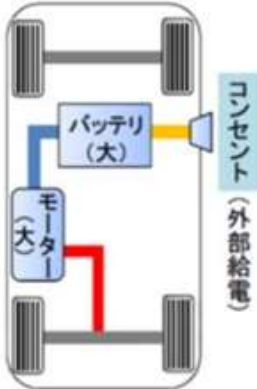
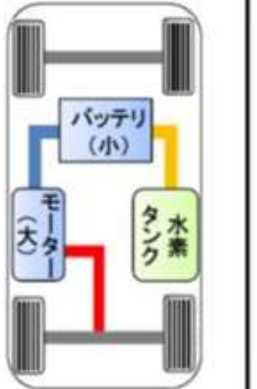
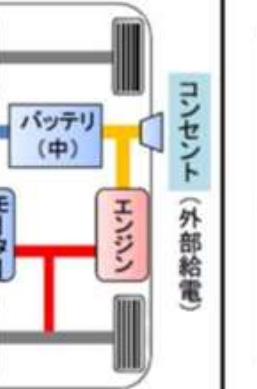
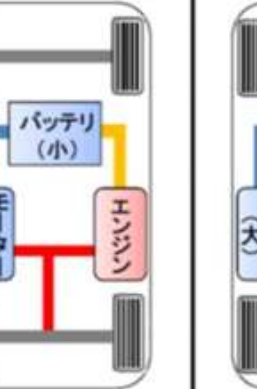
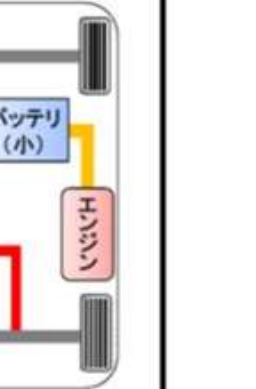
いろいろな移動の形と手段、そしてそのためのエネルギーとしてのマルチパスウェイによって目指すカーボンニュートラル。上図はトヨタのコンセプトモデルだが、方向としては自動車業界全体の姿であろう。当面の主流はHEVであり、BEVは今後はさらに拡大していくであろう。

§ 2 BEV特有の機能構造の解説

1. 主な電動車の種類と構造

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/shared/img/7dswu-2tkrak4u.jpg>

— 動力 — バッテリーへの給電(充電) — モーターへの給電

	①電気自動車 (BEV)	②燃料電池自動車 (FCEV)	③プラグイン・ハイブリッド自動車 (PHEV)	ハイブリッド自動車 (HEV)	
				④トヨタ型(プリウス等)	⑤日産型(e-Power)
構造					
長所	走行時にCO2が排出されない	- 走行時にCO2が排出されない - 航続距離が長い - 充電時間が短い	- 電動モード時は走行時にCO2が排出されない - 電欠してもエンジンで走行が可能	従来のガソリン車に比べて燃費が優れている	
短所	- コストが高い - 航続距離が短い - 充電時間が長い - 電池製造時にCO2が排出される	- EV以上にコストが高い - 充電インフラコストが高い	- エンジンモード時は走行時にCO2が排出される - コストがまだ高い	従来のガソリン車ほどではないが、走行時にCO2が排出される	

BEVが構造的にはシンプルで最もCO2の排出が少ないが、バッテリーが大きく重く高価で、普及が遅れている。HEVは構造は複雑だが、登場以来四半世紀を過ぎコスト的にもこなれてきている。PHEVはHEVを外部給電可能にしたもので、その分CO2排出は減るが複雑でコスト高である。FCEVはシステムが新規でコストが高く、水素補給のインフラが少なく、普及していない。

次世代自動車戦略研究所®

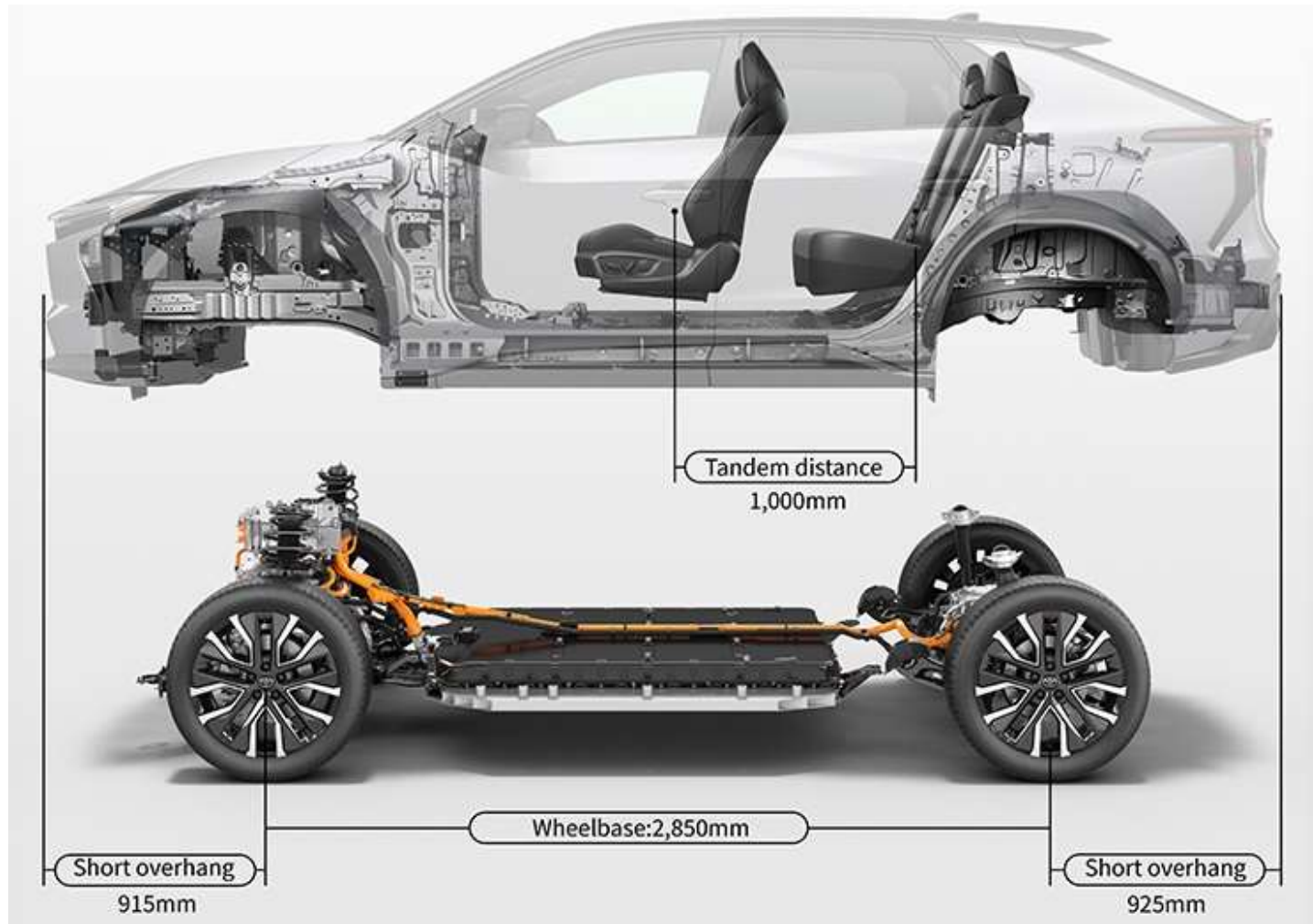
§ 3 今回部品展示車の特徴



ブランド名	bZ4X(Z,FWD)	bZ3X	ORA	GOLF
車両型式(モデル)	ZAA-XEAM11-MWDHN	GAC 3X/Bozhi 3X	Good Cat / Haomao	e-Golf
車両重量(車両総重量)kg	1880kg	1690	1510	1590
一充電走行距離	746km	430	401	301(JC08)
全長×全幅×全高mm	4690mm/1860mm/1650mm	4600×1850×1660	4235×1825×1596mm	4265・1800・1480
ホイールベース mm	2850	2765	2650	2635
乗車定員 名	5名	5	4ドアハッチバック/5人	5
フロントモーター種類	交流同期電動機	交流同期電動機	交流同期電動機	交流同期電動機
最高出力 kW(PS)	165kW(224ps)	150	105kW	100/3300～11750
最大トルク N・m(kgf・m)	268Nm[437Nm]	200	210Nm	290/0～3300
動力用主電池 種類	リチウムイオン電池	リン酸鉄リチウム電池	リン酸鉄リチウム電池	リチウムイオン電池
総電力 量kWh	74.69kWh	50.03	47.8kWh	35.8
ブレーキ フロント/リヤ	ベンチレーテッドディスク /ベンチレーテッドディスク	ベンチレーテッドディスク /ディスク	ベンチレーテッドディスク /ディスク	ベンチレーテッドディスク /ディスク
ブレーキ作動方式	油圧・回生ブレーキ協調式	油圧・回生ブレーキ協調式	油圧・回生ブレーキ協調式	油圧・回生ブレーキ協調式
駆動方式	FWD	FWD	FWD	FF
トランスミッション	eAxe	eAxe	eAxe	
タイヤ	235/60R18タイヤ & 18×8½Jアルミホイール	215/55R18	205 / 55R17	205/55 R16
メーカー希望小売価格 (税含む)	5,500,000円	約220万円(99,799元)	約7.98万元(約175万円)	4,990,000
国籍・発売年	日本 '22年発売、'25年m/C	中国 '25年発売	中国 '20年発売	ドイツ '17年発売
寸評	発売当初は足踏み状態だったが、マイナーチェンジによる性能向上と価格引き下げで売れ行きは好調。	発売当初は“1時間で一万台のオーダー”ということで、以後も販売好調。豊富な装備と低価格が要因。	手ごろな価格と“可愛い”外観で浸透。タイ国初の国産EVとして、欧州にも進出した。	本格BEVの先駆け。ICEゴルフと共通するプラットフォームにバッテリーやモーターその他を搭載。2020年生産終了。

§ 4 BEVの特徴・・・トヨタbZ4Xを例に

1. プラットフォーム <https://toyota.jp/bz4x/performance/>



旧クラウンクラス並みの長いホイールベースのフロア中央に動力用電池を吊り下げ、前後のオーバーハングを短くしてコンパクトさを維持している。床下にバッテリーがある分、地上高が上がって全高も高くなり、SUVスタイルとしている。

次世代自動車戦略研究所®

§ 4 BEVの特徴・・・トヨタbZ4Xを例に

2. アンダーボデー(パワートレーン)

1) 主要部品配置(図はbZ4X Touring用)

<https://toyota.jp/bz4xtouring/performance/>



§ 5 パワーユニット

1. ユニット機能比較

車両	コンポーネント	モータ	減速機	インバータ	DC-DCコンバータ	ジャンクションボックス	OBC(外部充電)
	機能	出力源	モータートルク拡大	直交変換 (DC⇄AC)	直流電圧変換(高→低)	入出力配電	普通・急速充電
e-GOLF 発売: 2017年	各個独立						
ORA 発売: 2020年	3in1 +個別						
bZ3X 発売: 2025年	「7in1」(Nidec)						
bZ4X 発売: 2022年	3in1 +ESU						

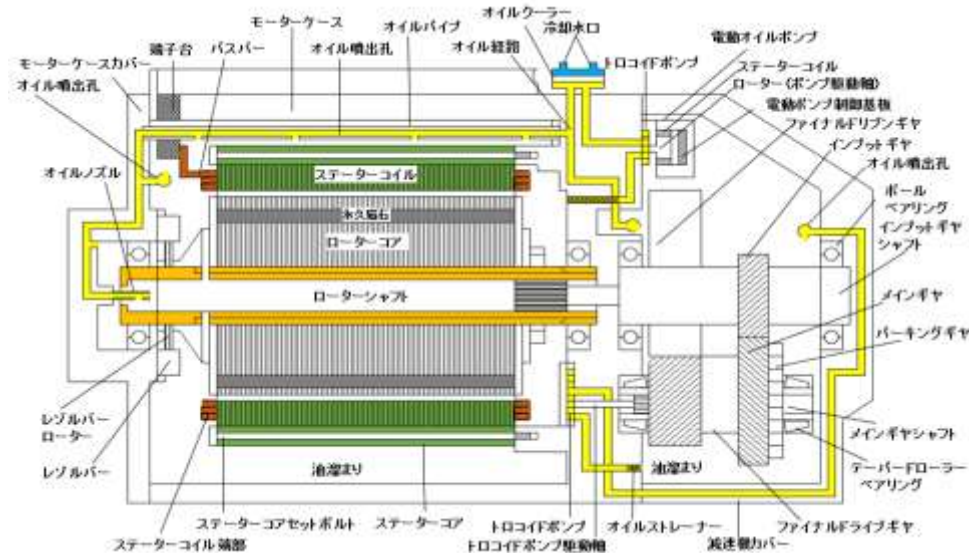
コンポーネントの品質・性能が安定向上すると、次はユニット化して軽量化し、小型化してBEV自体の性能向上や使用性向上を目指すことになる。BYDでは<7in1 パワーアッセンブリー>として駆動モーター/ モーターコントローラー/ トランスミッション / 車両コントローラー/ バッテリーマネージメントシステム / DC コンバーター オンボード充電器 / 高電圧配電モジュールを一体化している。

次世代自動車戦略研究所®

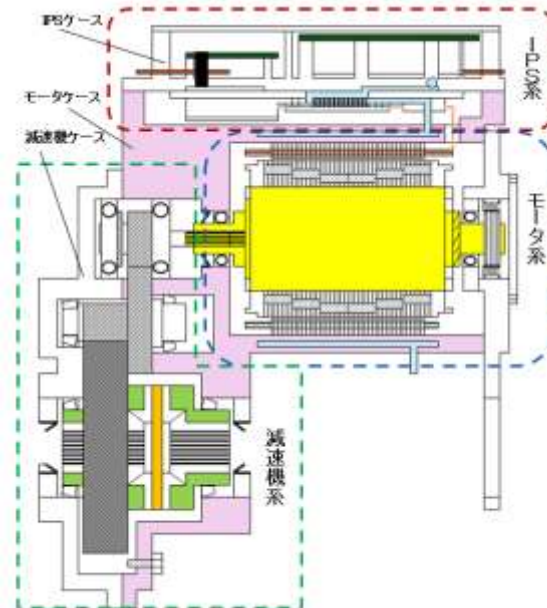
§5 パワーユニット

2. ユニット断面図比較

1) トヨタbZ4X



2) トヨタbZ3X



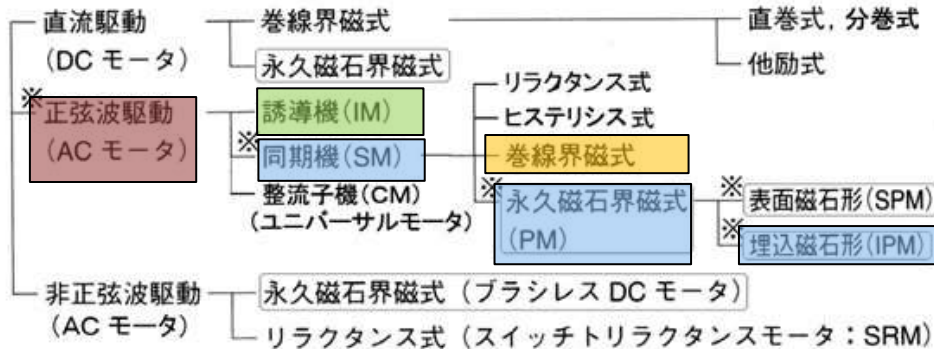
どちらもモータ／減速機の上にインバータなどの制御BOXを一体化した統合ユニットである。上図はBluE Nexus製(AISIN/DENSO)のbZ4Xユニットで、オイルポンプで吸い上げた潤滑油はオイルクーラで冷却された後、黄色で示すオイルパイプで必要部に圧送され、モータと減速機の潤滑と冷却を行う。冷却水はインバータと共用し車両のサーマルマネジメントに組み込まれる。下図はNidec(旧国産電機)製のbZ3Xユニット。モータは冷却液による冷却で、冷却水はインバータと共用し車両のサーマルマネジメントに組み込まれる点は、bZ4Xと同様である。モータケースが減速機ケース、IPSケースと一体のアルミ casting となっており、全体の剛性と軽量化を果たすとともに生産性を向上させている。

§ 6 モータ(電動機)

1. モータの種類

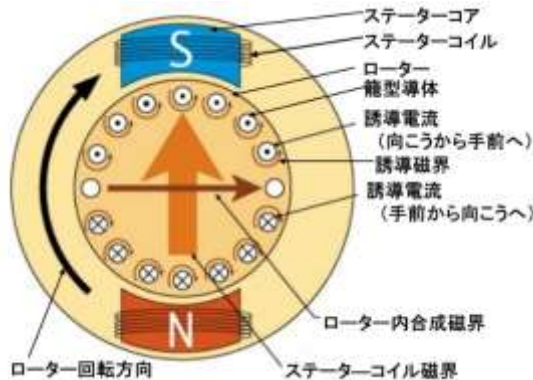
1) 分類

<https://www.neomag.jp/mailmagazines/topics/letter201008.html>



2) 誘導モータ(かご型)

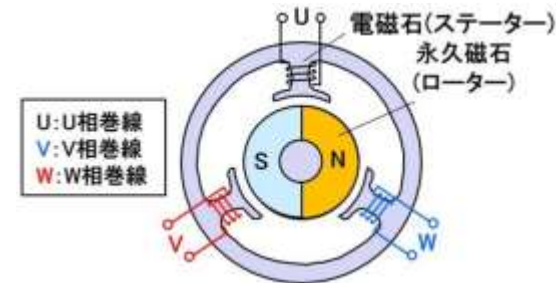
<https://sakamoto-seisaku.com/motor-mechanism/>



ステータコイルに電流を通すと電磁石となる。ステータコイルに交流電流を流し、この位相を回転させると、かご型導体に誘導電流が発生する。この誘導電流による磁界とステータコイルの磁界との相互作用で、かご型導体(ロータ)はステータコイルの位相の回転に遅れながら回転する。

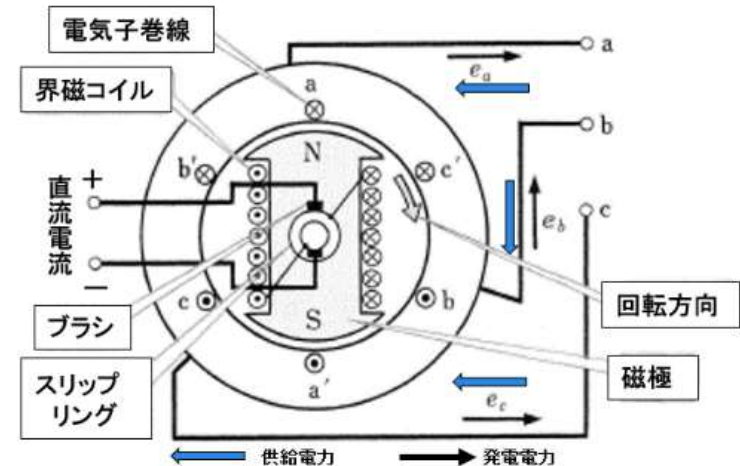
3) 永久磁石同期モータ

https://clccar.com/2019/12/24/934424/glossary_electricparts_drivemotor_04/



巻線に交流電流を流すと、ステータは極性が変化する電磁石となり、この電磁力とロータ内の永久磁石の電磁力の吸引・反発でロータが回転を続ける。

4) 巻線界磁型モータ(三相同期)



<https://e-sysnet.com/三相同期発電機の原理と構造>

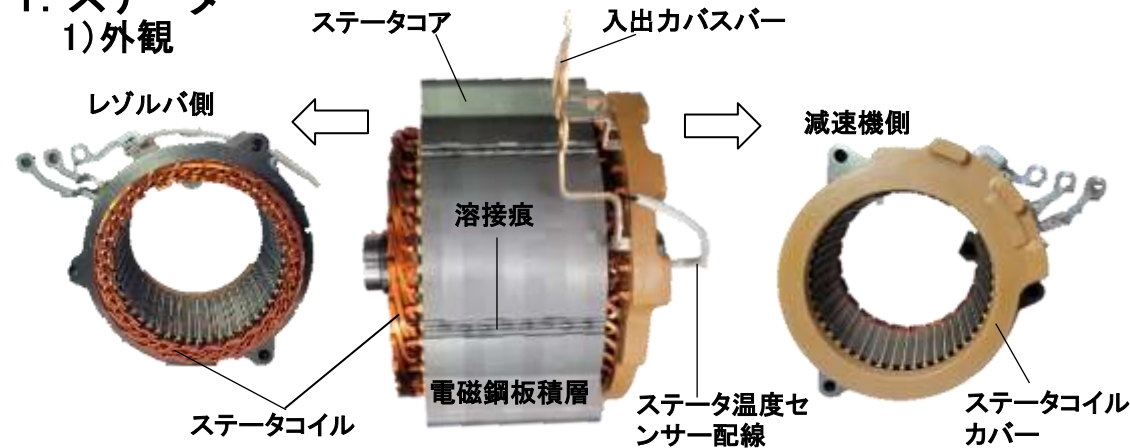
a, b, cに交流電流を流し、ロータの界磁コイルにブラシ、スリップリングを通して直流電流を流せば、磁極(ロータ)が回転する。ロータを回転させると、a, b, cに交流電流が発生する。

次世代自動車戦略研究所®

§ 7 bZ4Xのモータ

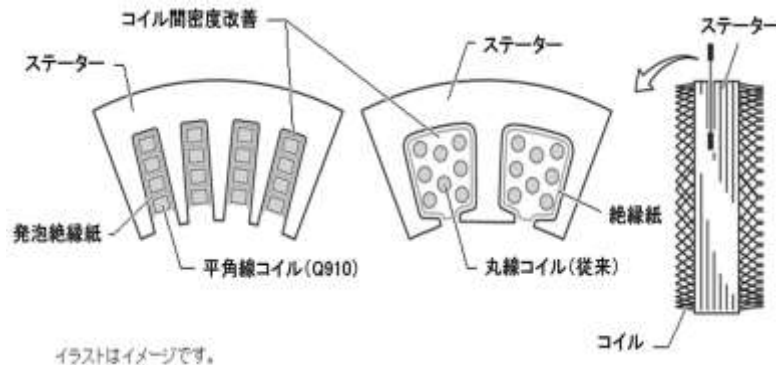
1. ステータ

1) 外観



ステータはモータケースから独立しボルト止めされる。ステータコイルのエンド側をレーザー溶接に変更して、コイルエンド高さを縮小し、コンパクト化に寄与。樹脂でコイルエンドをカバーし、潤滑油による冷却性を向上した。

2) 平角線の採用 出典:トヨタサービスマニュアル

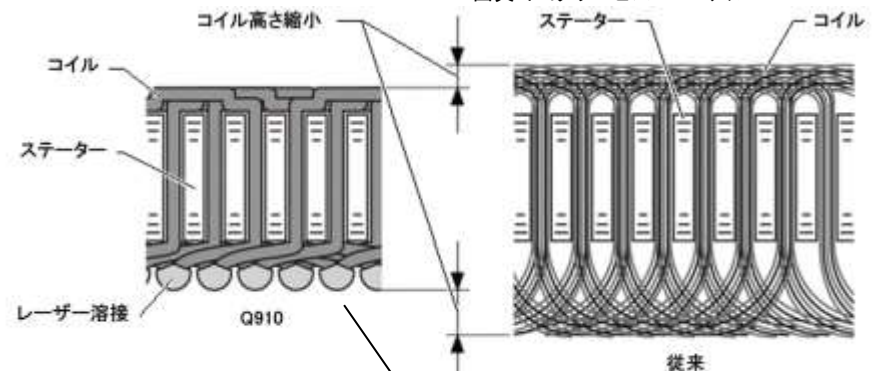


イラストはイメージです。

従来の丸線ではなく平角線を採用することでステータの小型化、軽量化に寄与。スロット絶縁に発泡絶縁紙を採用して占積率向上と絶縁性の確保を図った。これらにより、電費向上を実現した。

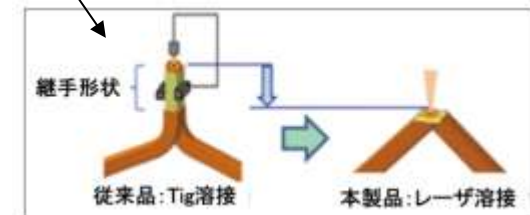
3) 平角線コイルエンドの溶接改善

出典:トヨタサービスマニュアル



イラストはイメージです。

コイルエンド接合はTIG溶接をレーザー溶接に変更して、継手形状を廃止。軸方向コイルエンド高さ低減による搭載性の向上,またコイル長さ短縮による銅損低減,コスト低減を実現した。



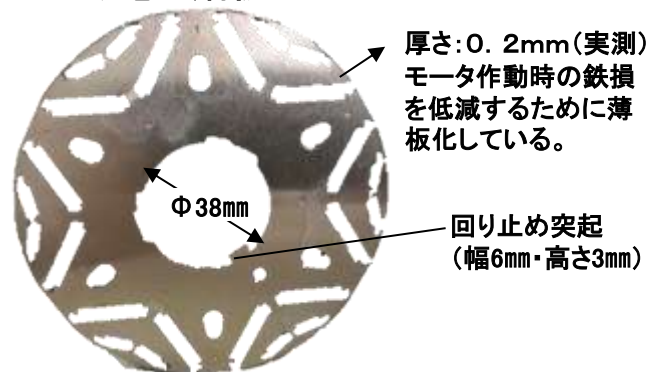
§ 7 bZ4Xのモータ

4) 永久磁石配置(ロータ側面)



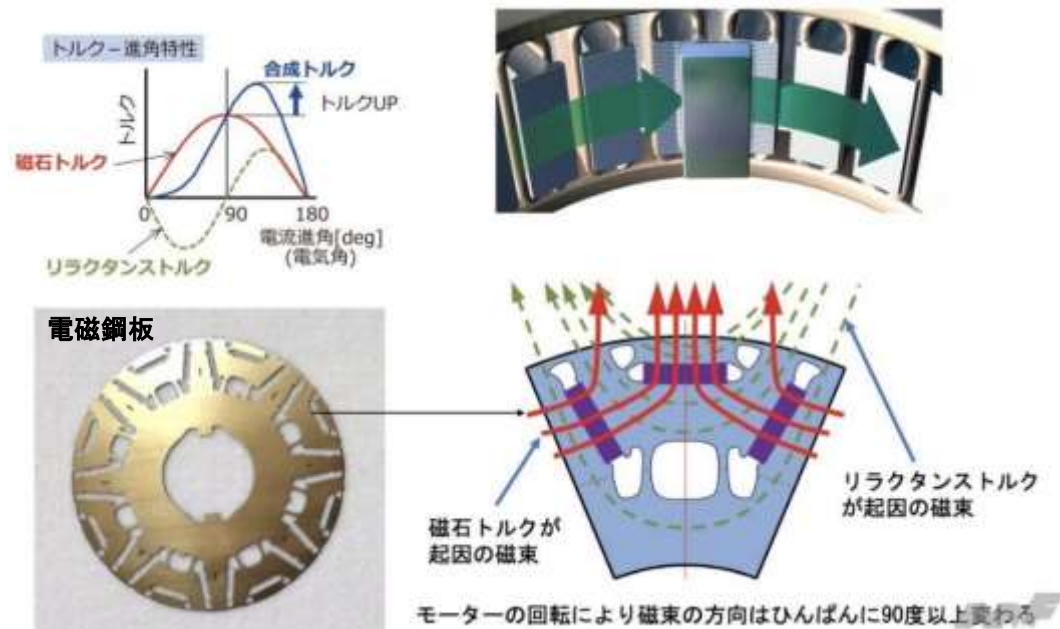
4個の永久磁石を一組として6極で構成される。極数が多いほど、低速でのトルクが大きくなり、極数が少ないほど、高速回転に適するといわれる。

5) 電磁鋼板



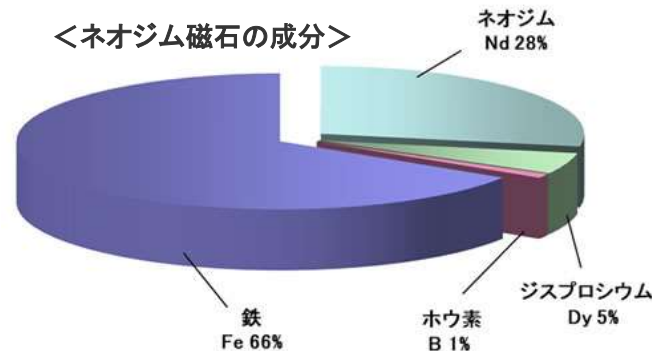
電磁鋼板は鉄と微量の合金元素(シリコン/ケイ素(Silicon)、アルミニウム(Aluminum)、マンガ(Managane)など)が結合し形成される。シリコン/ケイ素は、電磁鋼板に添加される最も一般的な合金元素の一つで、磁気特性を向上させ、様々な損失を低減する役割を果たす。

<磁石配置とモータトルク(トヨタプリウスの例)>



永久磁石(ネオジム磁石)

<ネオジム磁石の成分>



https://www.neomag.jp/mag_navi/column/world010.html



<https://www.alibaba.com/>

ネオジム磁石は希土類磁石の仲間で磁力が強く硬度に優れている一方で、腐食には弱く、温度上昇による磁力の低下が大きい。ジスプロシウムは耐熱性改善に用いられるが、資源的には中国に偏在する。

§ 7 bZ4Xのモータ

2. ロータ構成部品



§ 7 bZ4Xのモータ

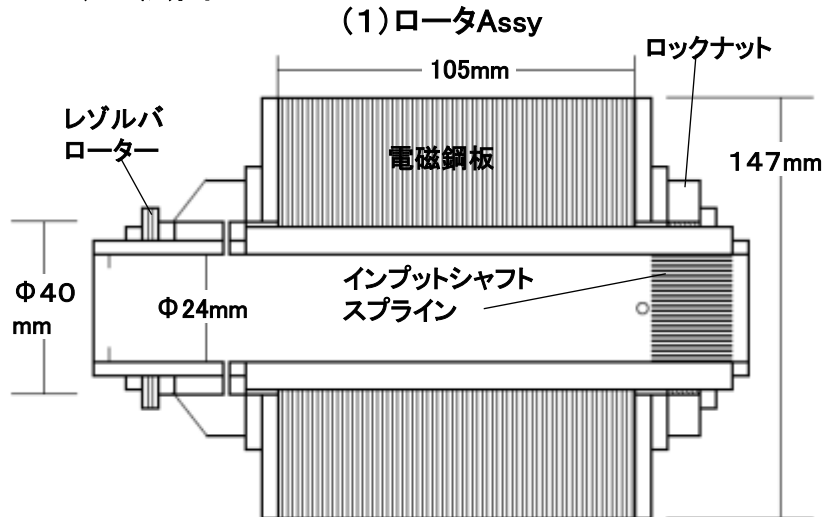
3. ロータシャフト

1) ロータAssy



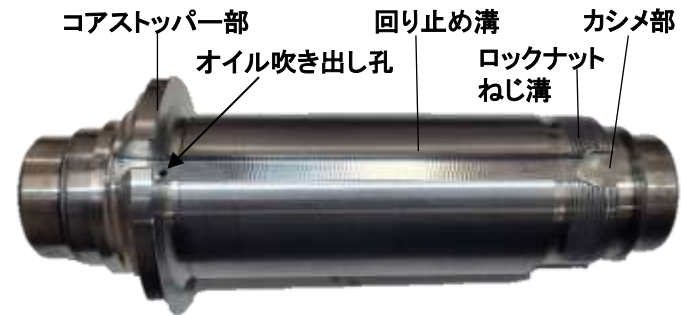
ロータコアとロータシャフトはロックナットで締結され、回り止め溝で回転を止めているので、その嵌合は比較的堅固ではない。

3) 寸法図



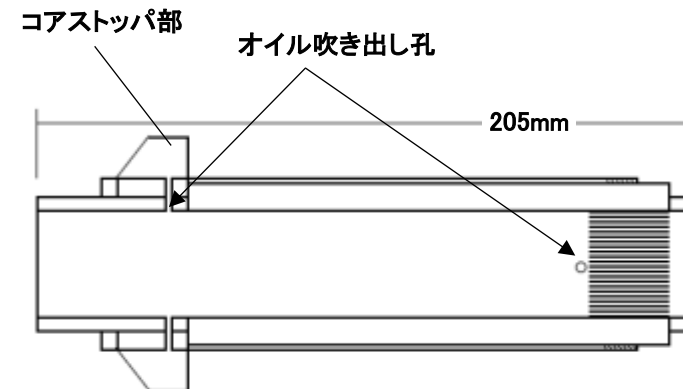
ロータ長さを短く、コンパクト化を意識した設計。ロックナットによる締結など生産性に配慮したことがうかがえる。

2) ロータシャフト



ロータシャフトは鍛造鋼で機械加工で削り出し。中空で、潤滑オイルがオイルノズルから注入され、オイル吹き出し孔から出てステータコイル端部を冷却する。

(2) シャフト単体

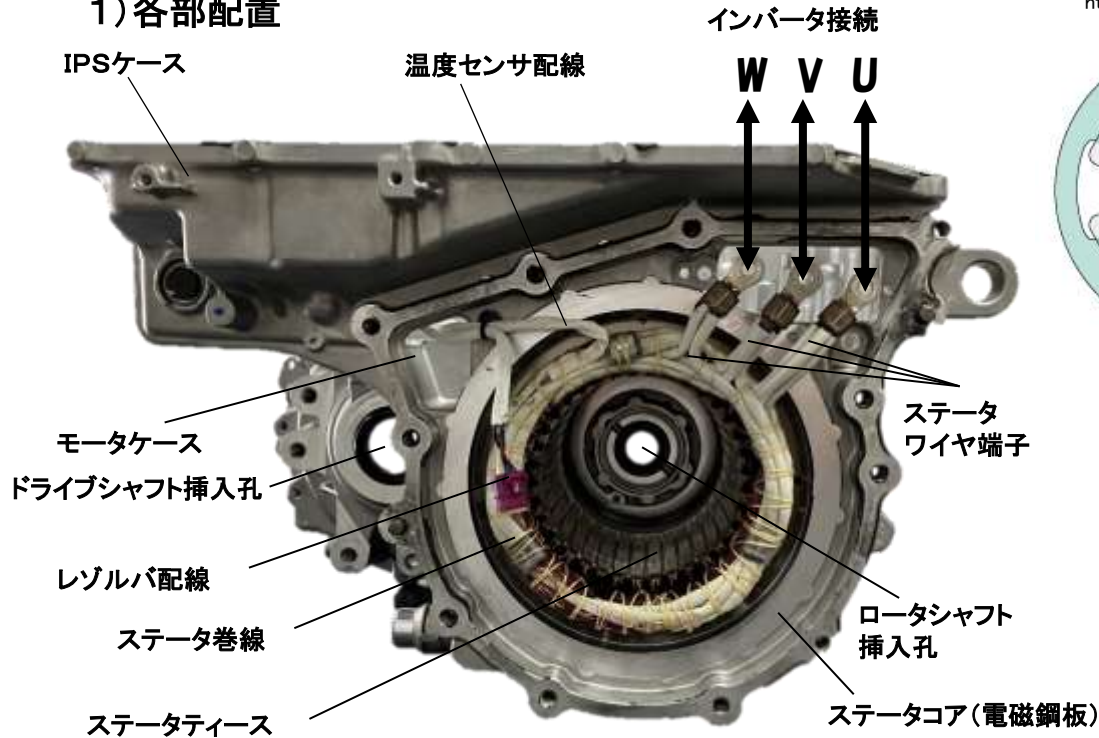


アリアでは300mmを超えるロータシャフト長さも205mmと短い。その分、剛性は高いと思われる。

§ 8 bZ3Xのモータ

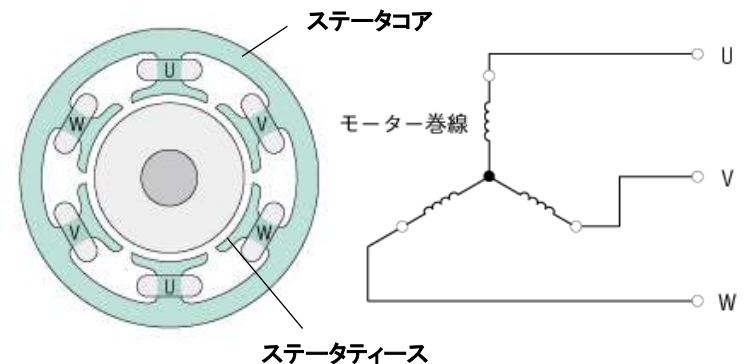
1. ステータ

1) 各部配置

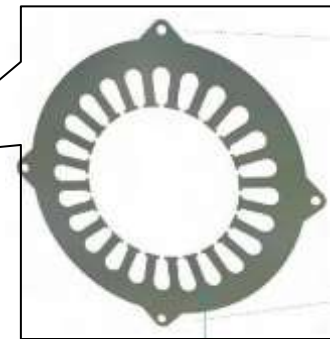


2) ステータの結線(イメージ)

<https://www.orientalmotor.co.jp/ja/tech/e-learning/ac-list/fundamental/1-4>



ステータの巻線はU相、W相、V相に分かれて、120度の位相差でステータティースに巻かれている。巻線はインバータにつながり、三相交流電流が供給されて各相が電磁石となりロータを回転させる。

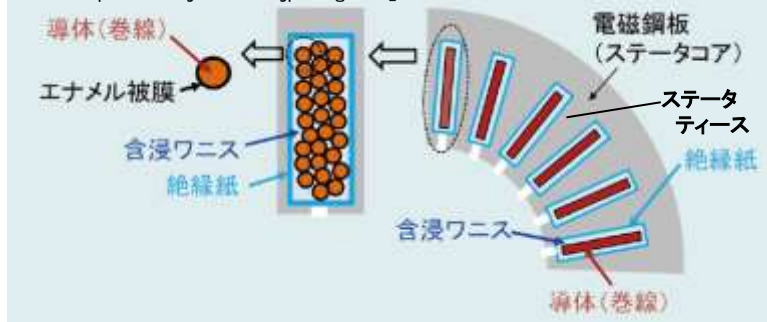


<https://car.motor-fan.jp/article/10015914?page=2/1000>

ステータコアは0.2~0.3mm程度の薄い板厚の無方向性電磁鋼板で、渦電流の低減効果を高め、エネルギー損失(鉄損)を抑制する重要な役割を果たす。

3) ステータの構造(モータに使用される絶縁材料)

https://www.jfe-tec.co.jp/magnetic_material/evaluation/motor-insulation-materials.html

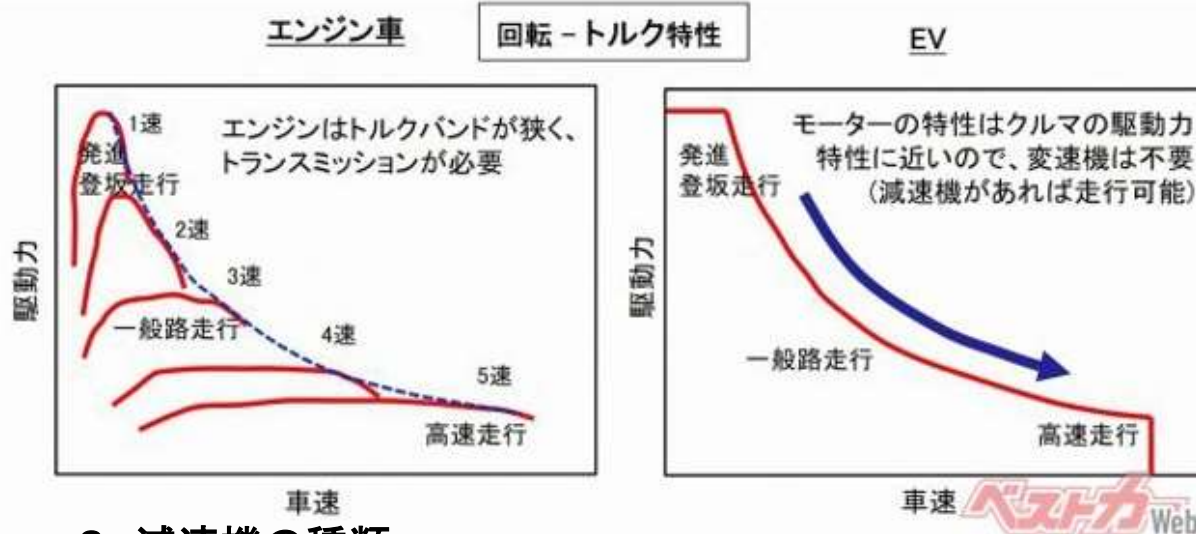


ステータティースの隙間に巻線(ステータワイヤ)が巻かれている。左図では丸線だが、最近では占積率を高める平角線が使われる例が増えてきた。

§ 9 減速機

1. 変速機と減速機

<https://bestcarweb.jp/images/355964/41>



2. 減速機役割

1) トルク(駆動力)の増幅:

EVのモータは高回転で効率よく動く一方、モータ単体のパワーでは発進時や坂道を上るためのパワーが不足する場合もあり、減速機で回転数を落とすことで、回転数の減少に反比例して大きなトルクを生み出し、重い車体を力強く動かす。

2) 最適な回転数への変換:

モータの回転数はガソリン車のエンジンよりもはるかに高く(毎分約1万~2万回転)、そのままではタイヤを回せないが、減速機はこれを適切な速度(車速)まで下げる役割を持つ。

3) モータの小型化への貢献:

モータを高速回転で使えるように設計し、それを後から減速機で減速してトルクを稼ぐことで、モータ自体を小型かつ軽量化できる。

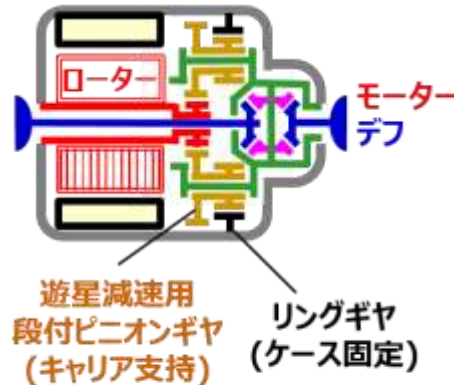
3. 減速機の種類

<https://www.jtekt.co.jp/news/2023/003109.html>



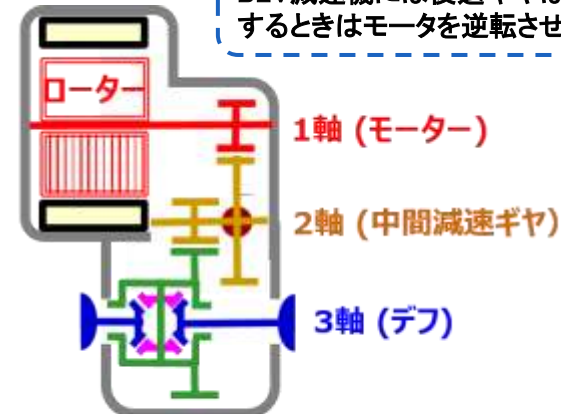
BEV

通常はe-Axleとしてモータに直結して配置される。



同軸遊星式eAxle

コンパクトだが、遊星歯車機構が複雑で回転抵抗が増える傾向がある。ジャガーやアウディが採用。



3軸式eAxle

BEV一般に用いられる。手堅く、信頼性が高い。

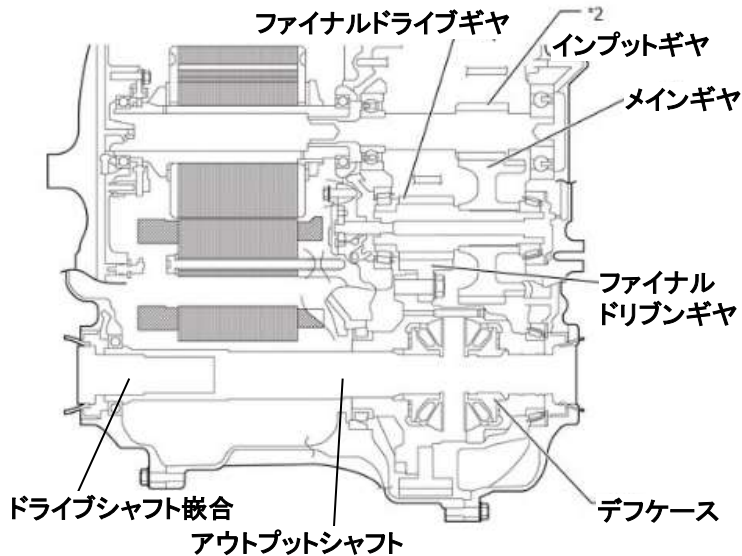
NOTICE

BEV減速機には後退ギヤはなく、バックするときはモータを逆転させる。

§ 10 bZ4Xの減速機

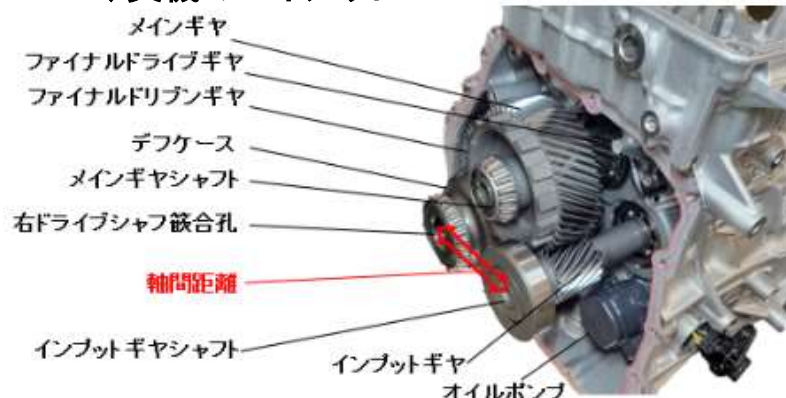
1. eAxe 出典:トヨタサービスマニュアルより筆者加筆

1) アウトプットシャフト採用による小型化



通常的设计ではドライブシャフトはデフと直接結合している為、ドライブシャフトの分だけモータ軸とデフ軸の軸間距離を伸ばす必要がある。このeAxeではデフとドライブシャフトの間にアウトプットシャフトを追加し、ドライブシャフトジョイントとの干渉を避けて、軸間距離短縮を図った。

2) 実機のレイアウト



メインシャフトのモータケース側には、オイルポンプがあり、走行時にメインギヤ前後軸受にオイルパイプからオイルを散布する。すべてのギヤに歯面研磨加工による高い歯面精度を確保し、低騒音・低損失を実現している。

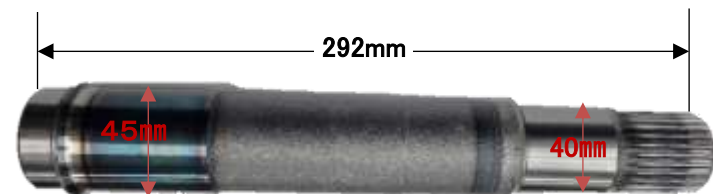
3) 減速機仕様

減速機	歯数
型式	オフセット型
インプット	15
メイン	47/15
ファイナル	66
総減速比	13.786

パワーユニットの小型・軽量化を図るため、モータを小型・高回転化し、総減速比を大きくすることで駆動トルクを確保している

bZ4Xのタイヤは235/60R18で、タイヤ外径は739mm。最高速は160km/h(英誌)で、計算では、この時モータのロータは約15800rpmすることになる。

4) アウトプットシャフト



アウトプットシャフトは鍛造鋼製で中実。デフケースのサイドギヤとは外側スプラインで嵌合。ドライブシャフトとは内側スプラインで嵌合している。重量は2.5kgと重い。

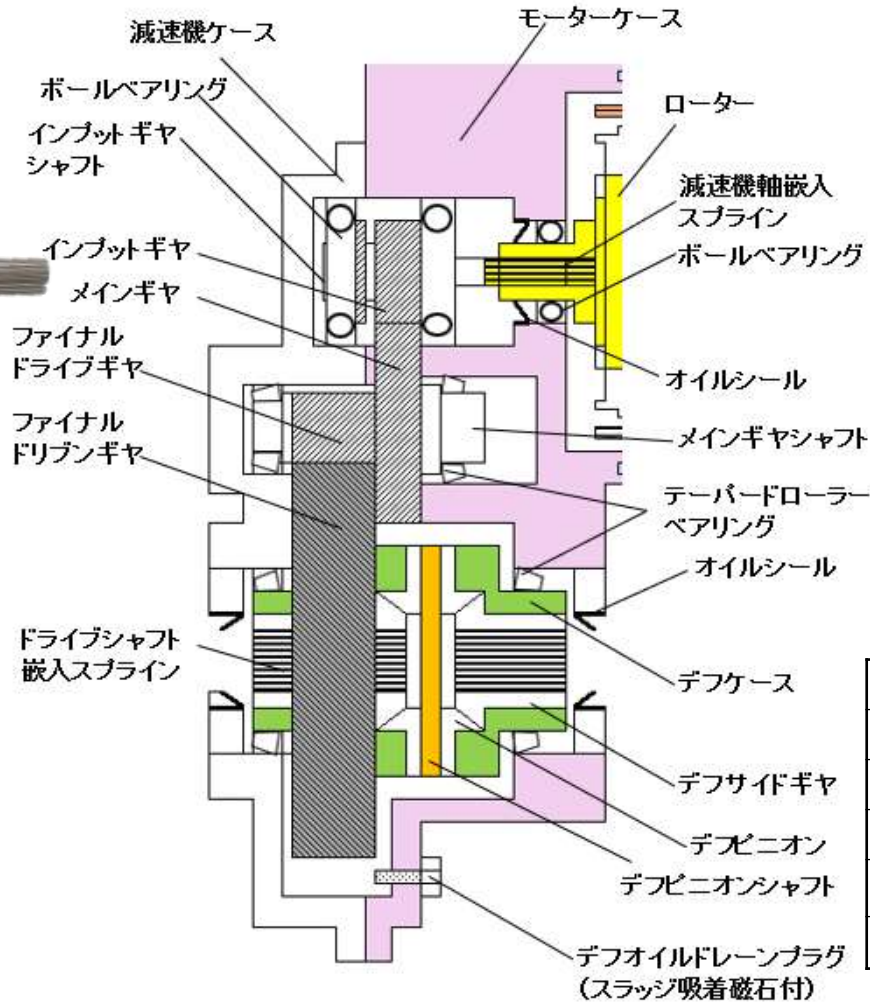
§ 11 bZ3Xの減速機

1. 減速機

1) 実機



2) 断面図(イメージ)



減速機ケースは、減速ギヤ類を保持しつつモーターケースに結合している。
減速機ギヤは斜歯歯車で強度と静粛性を高めている。
インプットシャフトがボールベアリングであるのに対し、メインシャフトとデフケースはテーパードローラーベアリングを使って横力に対抗している。
潤滑はデフリングギヤによる掻き揚げ式で、ギヤの噛みあいによって発生する磨耗粉を潤滑油で流して、デフドレンプラグについている磁石で回収し、ギヤに再び噛み込むことの無いようにしている。
デフピニオン、サイドギヤの歯面は鍛造処理のままで切削が省かれているように見える。

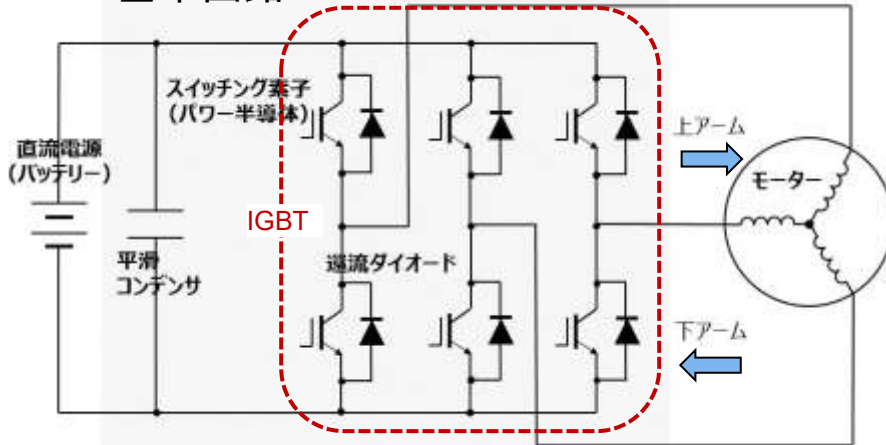
(減速機仕様)

ギヤ	歯数	減速比
インプットギヤ	21	3.619
メインドライブギヤ	76	
デフドライブギヤ	17	2.882
デフドリブンギヤ	66	
総減速比		14.049

§ 12 BEVモータ用インバータ

1. 基本回路

<https://denden-mushi.hatenablog.jp/entry/2022/02/02/200416>

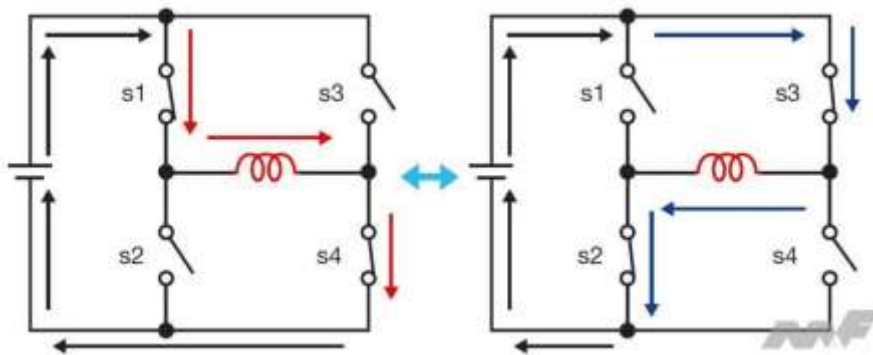


バッテリーからの直流電流をパワー半導体により交流に変換し、モータへ送る。上アームの電流が切れてロータが回転すると、モータが発電した交流が下アームに流れ、これをパワー半導体が直流にしてバッテリーに送る。この時の発電抵抗が「回生ブレーキ」となる。

3. インバータの基本動作

1) スwitchング

<https://motor-fan.jp/article/781172/>

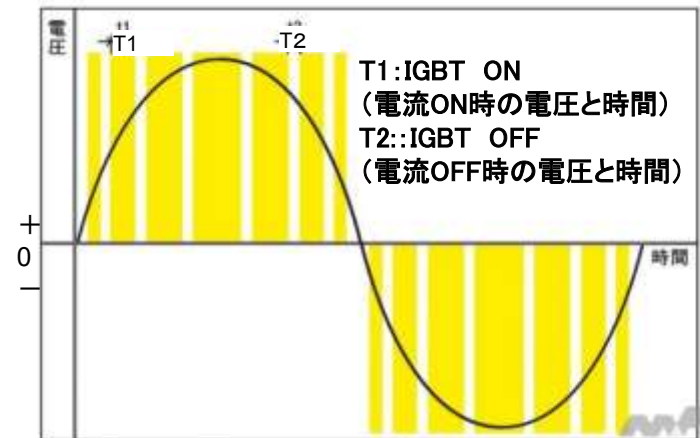


対角に配置するスイッチをONにする2通りのパターンにより、中央のコイルに流れる電流の向きが変わることがわかる。

2. 基本機能

電流の変換(DCからACへ)	バッテリーに蓄えられている直流(DC)を、電気モータを動かすために必要な三相交流(AC)へと変換し、モータへ送る。
モータの出力・回転数コントロール	ドライバーのアクセル踏み込み量や車速に応じて、送る交流の電圧や周波数をミリ秒単位で変化させる。これにより、スムーズで力強い加速や減速を実現する。
回生ブレーキの制御	モータ駆動に加え、インバータは回生ブレーキもサポート。このモードでは、モータは発電機として機能し、回収した運動エネルギーを直流電力としてバッテリーに送り返す。この双方向の電力フローはインバータによって精密に制御され、全体的なエネルギー効率の向上と航続距離の延長に貢献する。

2) 疑似交流波形 <https://motor-fan.jp/article/781172/>



PWM (Pulse Width Modulation) で交流の疑似波形を生成する。1秒間に数万回のスイッチングが可能なIGBTをコンピュータで制御することによって、印加される交流の周波数で回転数が決まる。

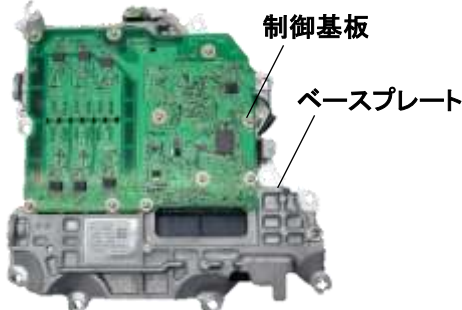
次世代自動車戦略研究所®

§ 12 BEVモータ用インバータ

1. bZ4Xのインバータ

1) 基板側

(1) ユニット状態

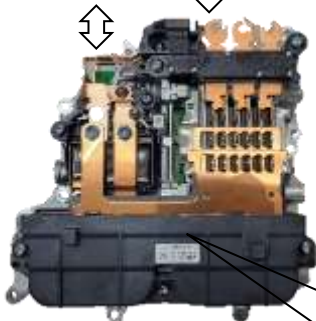


ベースプレートと基盤がユニット状態でインバータケースから取り出される。

2) パワーモジュール側

(1) ユニット状態

バッテリー接続 ⇄ モータ接続



前後輪共用のeAxle実現のため非常にコンパクト化されている。パワーカードの両面冷却は今後の主流。

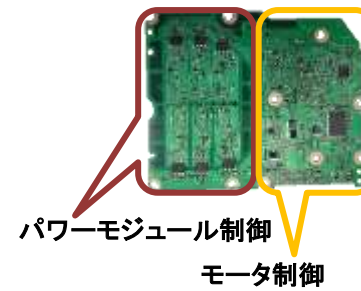
(2) 基板外し状態

パワーモジュール



(3) コントロール基板

(1) 表面



(2) 裏面



Infineon 32ビットTriCore
マイクロコントローラ

電流センサー



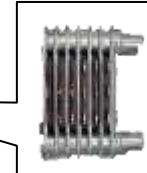
(2) 各部配置

コンデンサー

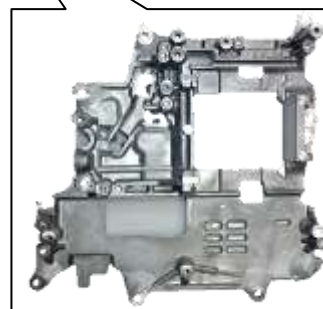


Panasonic SH
Film Capacitor

パワーモジュール



ベースプレート



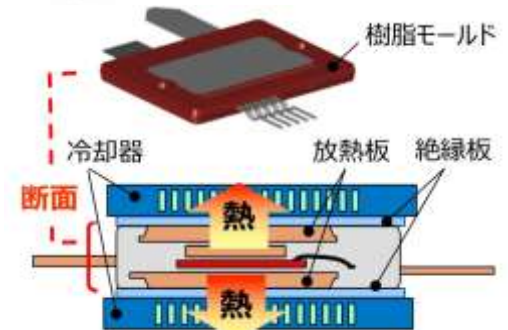
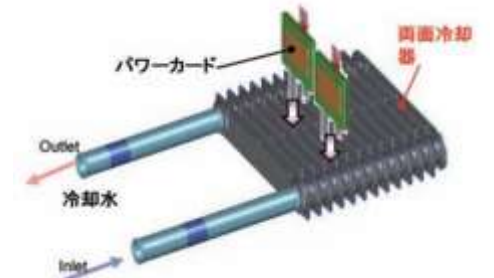
平滑コンデンサー



Panasonic SH Film Capacitor

両面冷却パワーカード

出典：デンソーテクニカルレビュー Vol. 16 2011



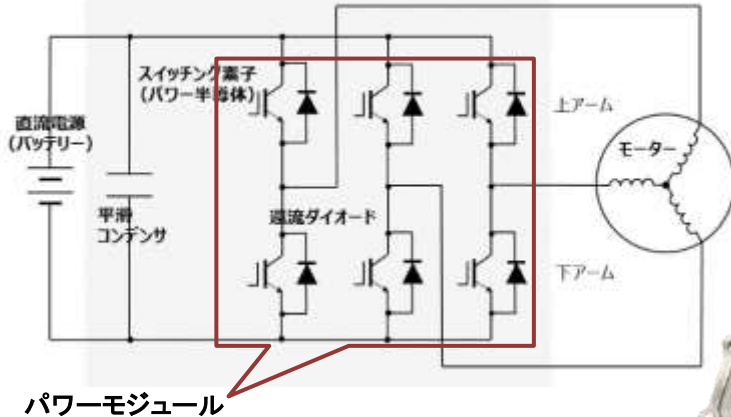
出典：https://www.denso.com/jp/ja/driven-base/

次世代自動車戦略研究所®

§ 12 BEVモータ用インバータ

2. bZ3Xのインバータ

1) インバータ基本回路



インバータは、高圧バッテリー電力(直流)を三相交流に変換しモータへ送電する(上図上アーム)。
また、モータからの回生電力(三相交流)を直流に変換し高圧バッテリーへ送電する(上図下アーム)。
インバータベースは水冷され、特にパワーモジュール下面には冷却水プールを設け、ここに冷却ピンを浸漬して冷却している。
パワーモジュールはGAC出資の広州青藍半導体有限公司の製品。平滑コンデンサはFARATRONIC製。

2) インバータ内部

32ビットマイコン
Infineon TriCoreSAK-TC3370QP-160
F300S AE



ワイヤハーネス
MILソケットケーブル

パワーモジュール
制御基板

電流センサ

バスバー

IPSケース
(裏面)

冷却水入口

平滑コンデンサ
(モータ制御基板下)

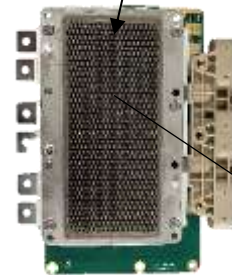


(裏面)

接続
高圧バッテリー



(パワーモジュール裏面)



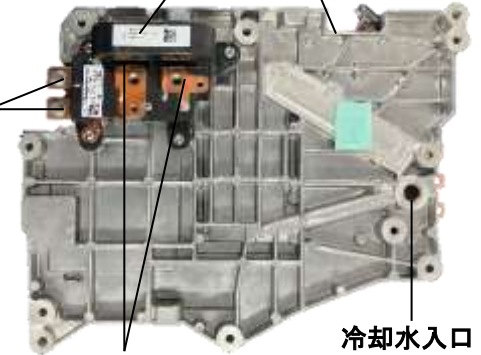
冷却水出口
(モータケースへ)

冷却ピン

インバータベース(OBC接合側)

フェライトコア

バッテリー
接続

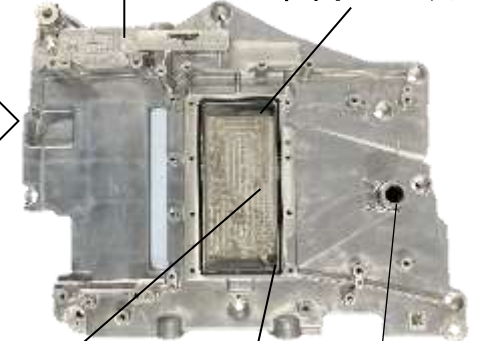


冷却水入口

平滑コンデンサ接続

インバータベース
(インバータ接合側)

冷却水プール入口



冷却水プール
(冷却ピン浸漬)

冷却水プール出口

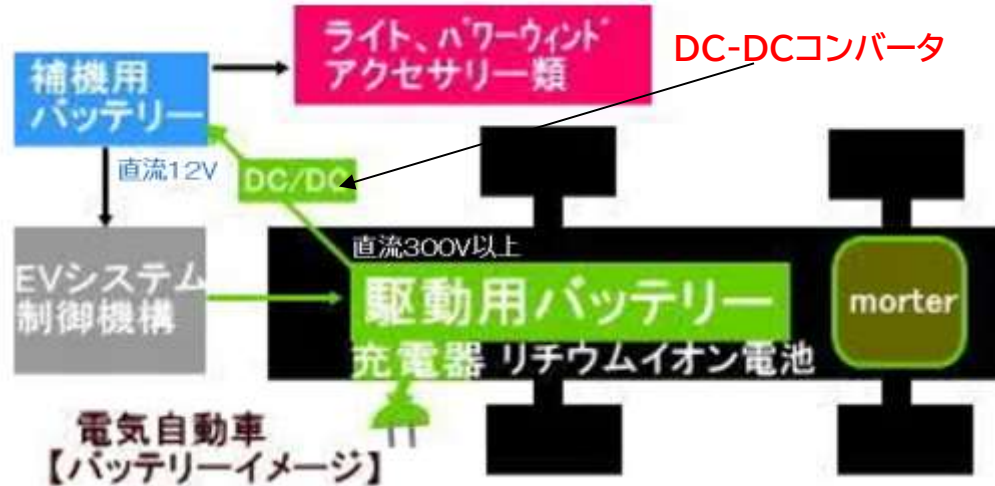
冷却水出口
(モータケースへ)

§ 13 BEVの電力制御機能

1. DC-DCコンバータ

1) 補機用バッテリーとは

<https://battery-flat.com/tip/electric.html>



BEVは高電圧の直流バッテリーを動力源としているが、BEVとしては知らせるには制御装置やライト、ワイパなどの補機類が不可欠である。

この補機類を動かすためには低圧のバッテリーを別置きするが、電力を放電して消費するため、高圧バッテリーの電流を降圧して低圧バッテリーに充電する必要がある。そのためのDC-DCコンバータである。

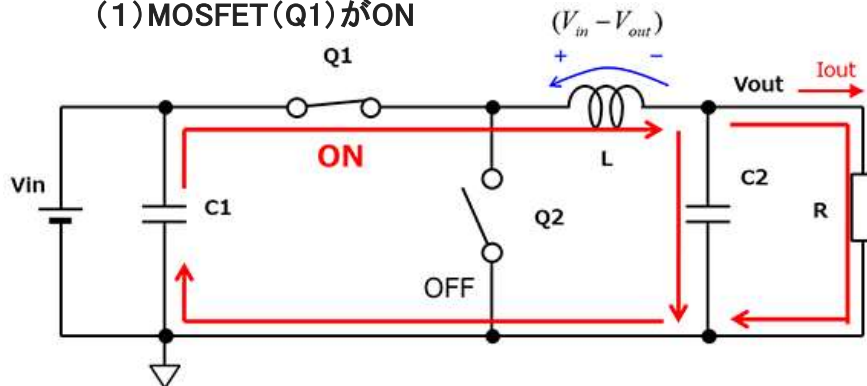
補機用バッテリーの電力は駆動用バッテリーと別になっていて、もし、駆動用バッテリーがダウンしても、EVシステム制御やライト、ブレーキ、ステアリングなどの補機システムは稼働できるようになっている。

補機用バッテリーは通常は鉛バッテリーであり、寿命は短いので、指示があればすぐに交換すべきである。

2) DC-DCコンバータの基本的作動

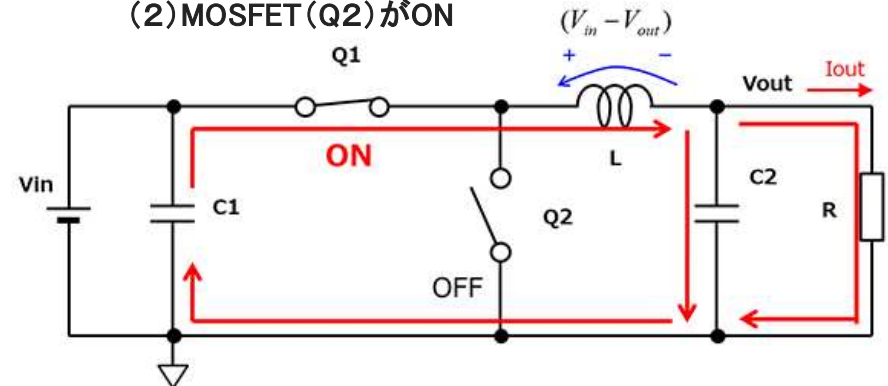
<https://www.murata.com/ja-jp/products/power/nonisolated-dc-dc-converter/overview/basic/operating-principle>

(1) MOSFET (Q1) がON



Q1がONしている時は、電流が入力 V_{in} からコイルLを通り、出力平滑コンデンサC2を充電し、出力電流 I_{out} が供給されます。このときコイルLに流れる電流が磁界を生み、電気エネルギーが磁気エネルギーへと変換され蓄積されます。

(2) MOSFET (Q2) がON



Q1がOFFするとQ2がONし、Lに蓄積されたエネルギーが出力側へ放出されます。(Q1がOFFになるtoff期間は、コイルLに流れていた電流を維持するためQ2を介して負荷へ電流を放出します。)

次世代自動車戦略研究所®

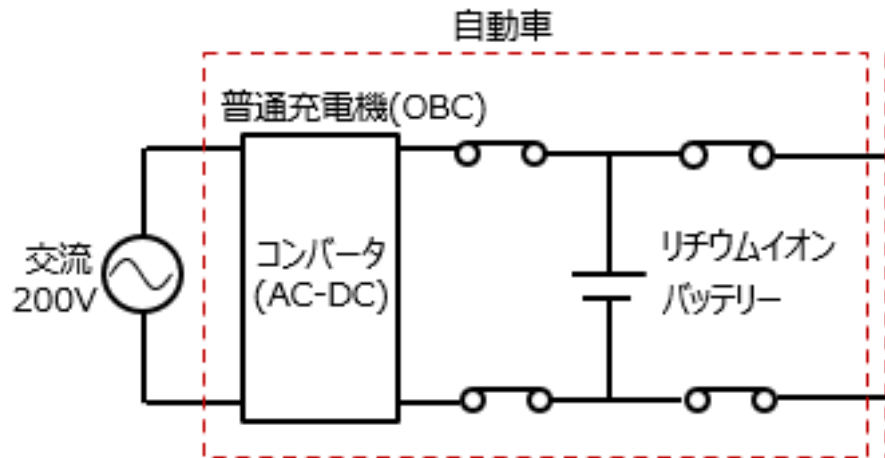
§ 13 BEVの電力制御機能

2. BEV用動力用バッテリー充電器

https://taketake2.com/S21.html#google_vignette

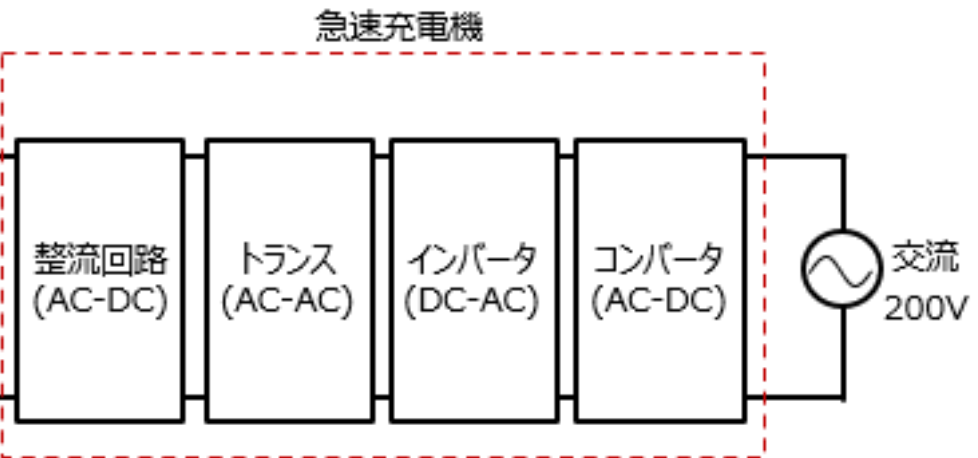
1) 普通充電と急速充電

<普通充電 (AC充電)>



普通充電の場合、電線から得る事ができる200V(100V)の交流電流を家庭用電源などを介して車両に繋がります。そのためAC充電ともいいます。出力は、3kWや6kWなどがあります。車両にはAC-DCコンバータを内蔵しており、ここでバッテリーの出力電圧レベルまで昇圧し直流電流に変換してリチウムイオンバッテリーに充電します。なおこの車両に内蔵しているAC-DCコンバータをOBC(On Board Charger:オンボードチャージャ)といいます。

<急速充電 (DC充電)>



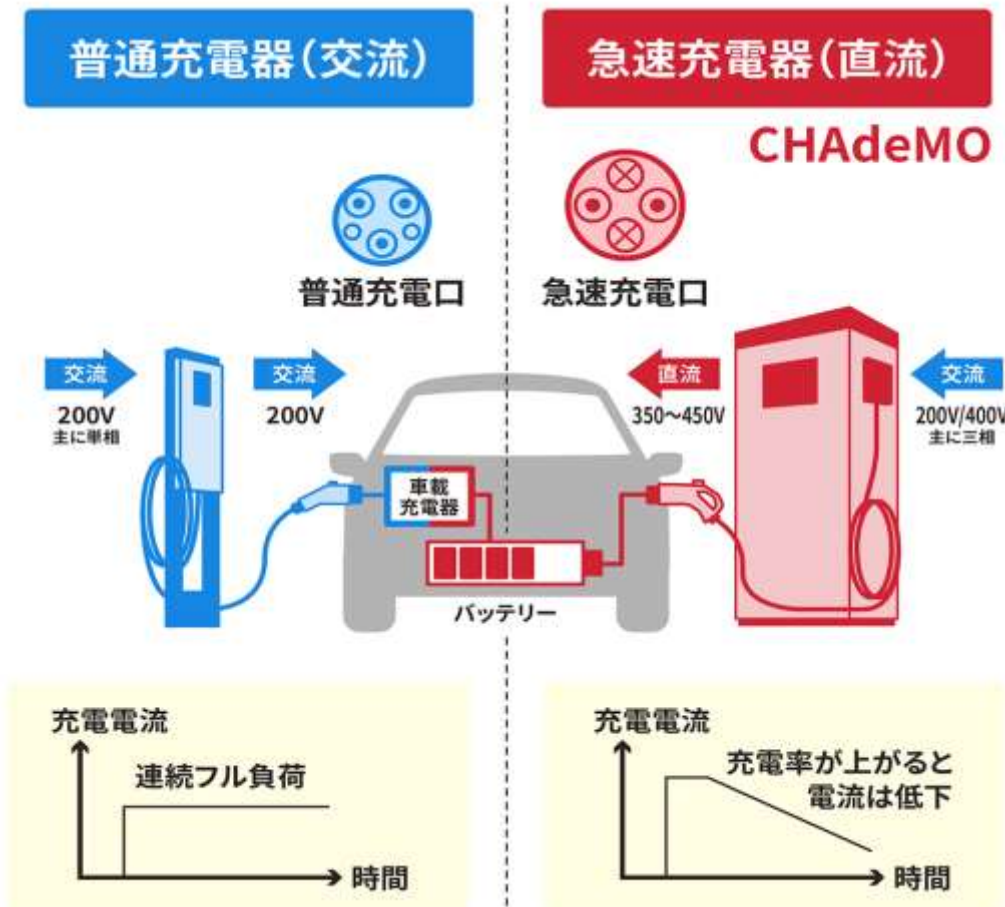
OBCより高出力にするため
大掛かりな回路が必要

急速充電の場合、電源は普通充電と同じく電線から得る200Vの交流電流ですが、高い出力を得るために大掛かりな設備が必要になります。従って車載はできないため、外部設備で昇圧した直流電流を直接バッテリーに供給します。急速充電機の中身は以下のとおり、AC⇒DC⇒DC⇒AC⇒AC⇒DCと変換し電圧の直流を生成して車両に供給します。車両には直流電流を供給しているためDC充電ともいいます。出力は50kWのものや、100kW以上の設備もあります。

§ 13 BEVの電力制御機能

2) チャデモ規格を用いた急速充電の仕組み

<https://evdays.tepco.co.jp/entry/2024/01/31/000054>



普通充電では交流充電を、急速充電では直流充電を行う。普通充電では連続して一定の充電電流がかけられる一方、急速充電では充電率(SOC)が上がると充電電流が自然と低下していく、という特徴がある。

急速充電ではCHAdeMO(急速)が14,558箇所あるほか、NACS(SAE J3400)(TESLA)が、約1300箇所ある。

3) bZ4Xの充電時間(例)

<https://www.netz-osaka.co.jp/contents-new-car/bz4x/charge>

普通充電		
充電時間	200V3kW(16A)の場合 約21時間	200V6kW(30A)の場合 約12時間
主な設置場所	・ご自宅/集合住宅・トヨタ販売店(4200店舗) ・商業施設・宿泊施設 など	
急速充電		
充電時間	50kW(124A)の急速充電器(スタンド)の場合 約60分	90kW(200A)の急速充電器(スタンド)の場合 約40分
主な設置場所	・コンビニ・道の駅・公共施設・高速道路サービスエリア など	

外気温その他の条件で充電時間は変わる。

次世代自動車戦略研究所®

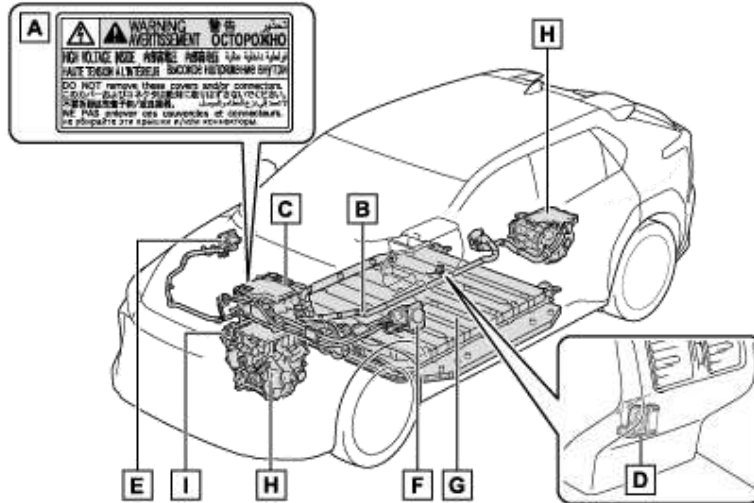
§ 1 BEVの電力制御機能

3. bZ4XのESU※

※ Electricity Supply Unit

https://manual.toyota.jp/bz4x/2204/bev/ja_JP/contents/vhch02se010402.php

1) 配置

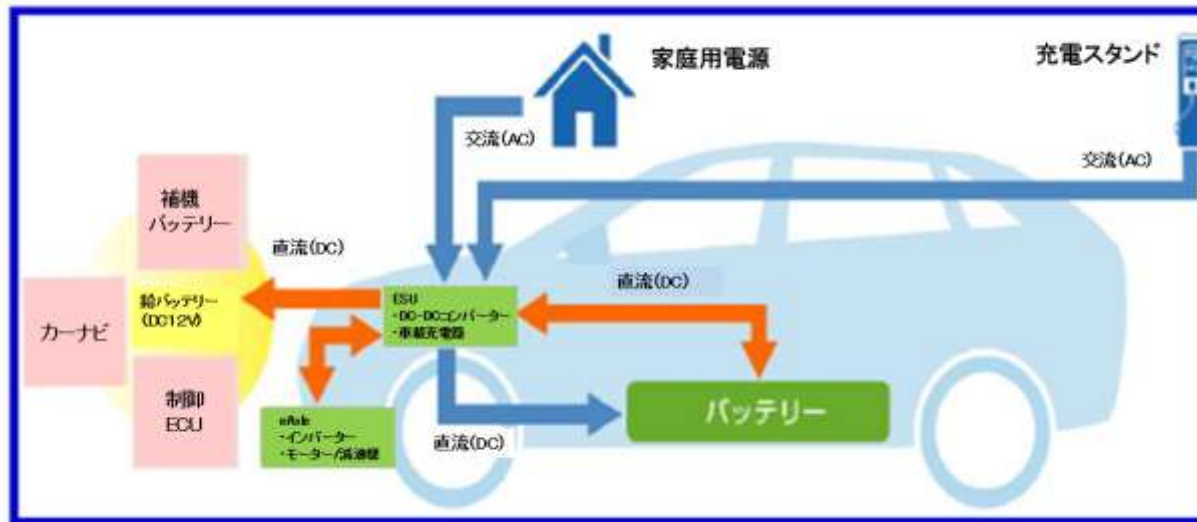


A	ラベル
B	高電圧ケーブル(オレンジ色)
C	ESU:Electricity Supply Unit(車載充電器・DCDCコンバータ内蔵)
D	サービスプラグ
E	普通充電インレット
F	急速充電インレット
G	駆動用電池
H	電気モータ(駆動モータ)/インバータ(フロント/リヤ)
I	エアコンコンプレッサ

ESUはeAxleとは別個で、モータールーム内のメンバー材の上にある。日産リーフはパワーユニットの前後共用を考えなかったが、bZ4XはeAxleを前後共通にするため、ESUを別個とした。

2) 機能

<https://www.toyota-shokki.co.jp/news/2022/04/13/004901/>



bZ4Xで新開発した一体ユニット(ESU)

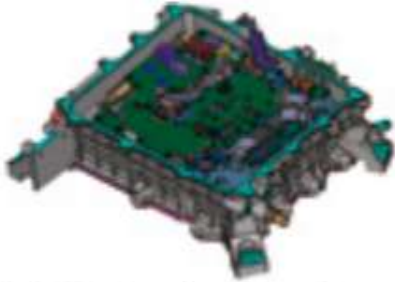
- ・車載充電器
家庭での充電に用いる普通充電のソケットから入ってきた交流の電気を直流に変換して走行用リチウムイオンバッテリーに充電する。
- ・DC-DCコンバータ
リチウムイオンバッテリーの出力を変換して各ECUや灯火類、カーナビなど補機類に12Vを供給する。

§ 15 BEVの電力制御機能

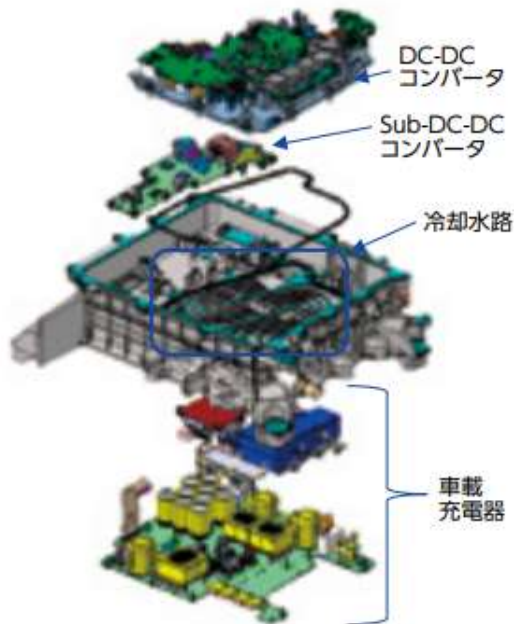
3) bZ4X ESUの特徴

<https://www.toyota-shokki.co.jp/products/technical/library/>

(1) 車載充電器・DC-DCコンバーター一体ユニット



車載充電器・DC-DCコンバーター一体ユニット



展開図

この一体ユニットはESUユニットの2段目で、上にジャンクションボックス部があり、ここからの電力を受けけて動作する。

車載充電器は家庭用单相交流電流を直流に置き換えて、動力用リチウムイオンバッテリーに送る。

DC-DCコンバータは動力用リチウムイオンバッテリーの高圧直流電力を降圧して補機用の12V鉛バッテリーに送る。

(2) 車載充電器の仕様

※:rms:実効値(二乗平均平方根)

入力電圧	86~264Vrms※
出力電圧	170~416V
最大入力電流	32.9Arms
最大電力	6.6kW
冷却方法	水冷
性能保証温度範囲	-40~73℃

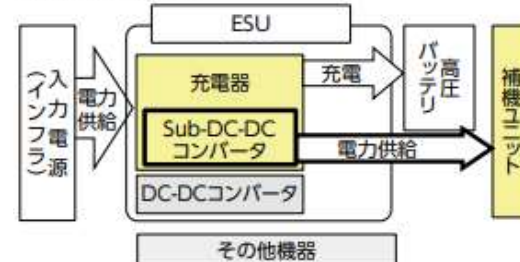
入力電圧は世界各国のインフラに適合するよう100~240V対応としている。

(3) 車載充電器Sub-DC-DC

【Sub-DC-DCなし】



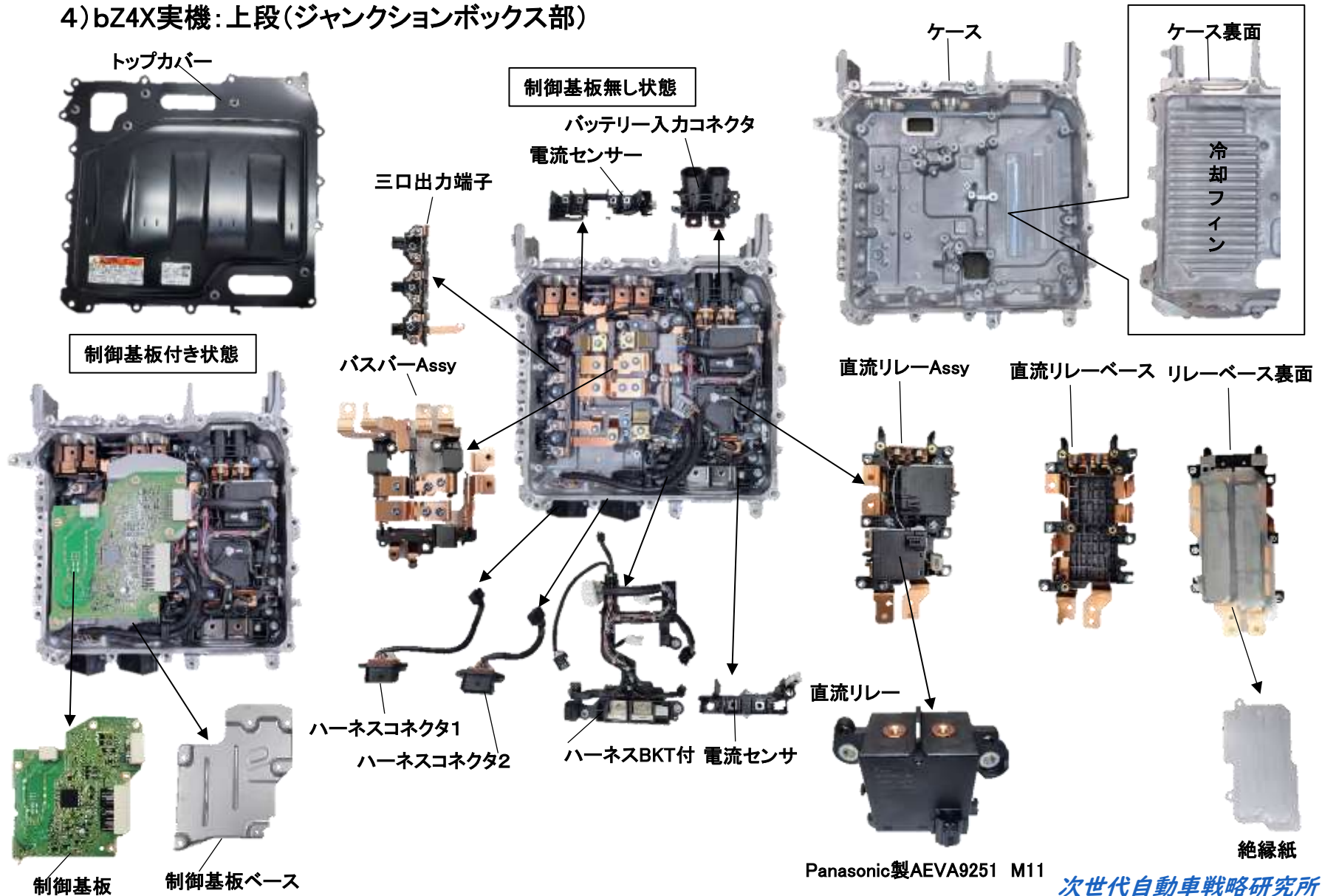
【Sub-DC-DCあり】



充電時はSub-DC-DCコンバータの電力で受電用補機ユニットを作動させ、鉛バッテリー経由の補機作動をさせる。

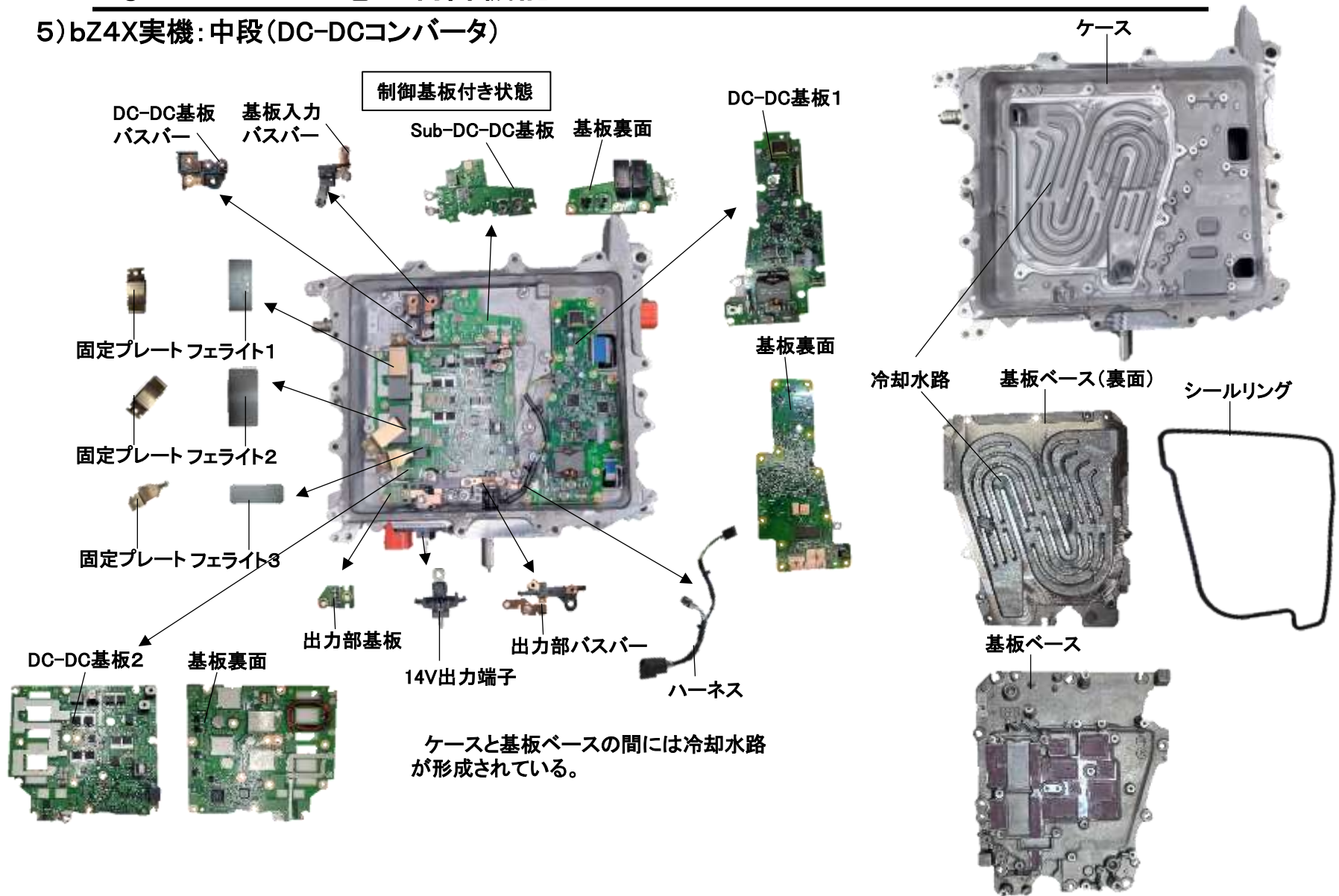
§ 15 BEVの電力制御機能

4) bZ4X実機: 上段(ジャンクションボックス部)



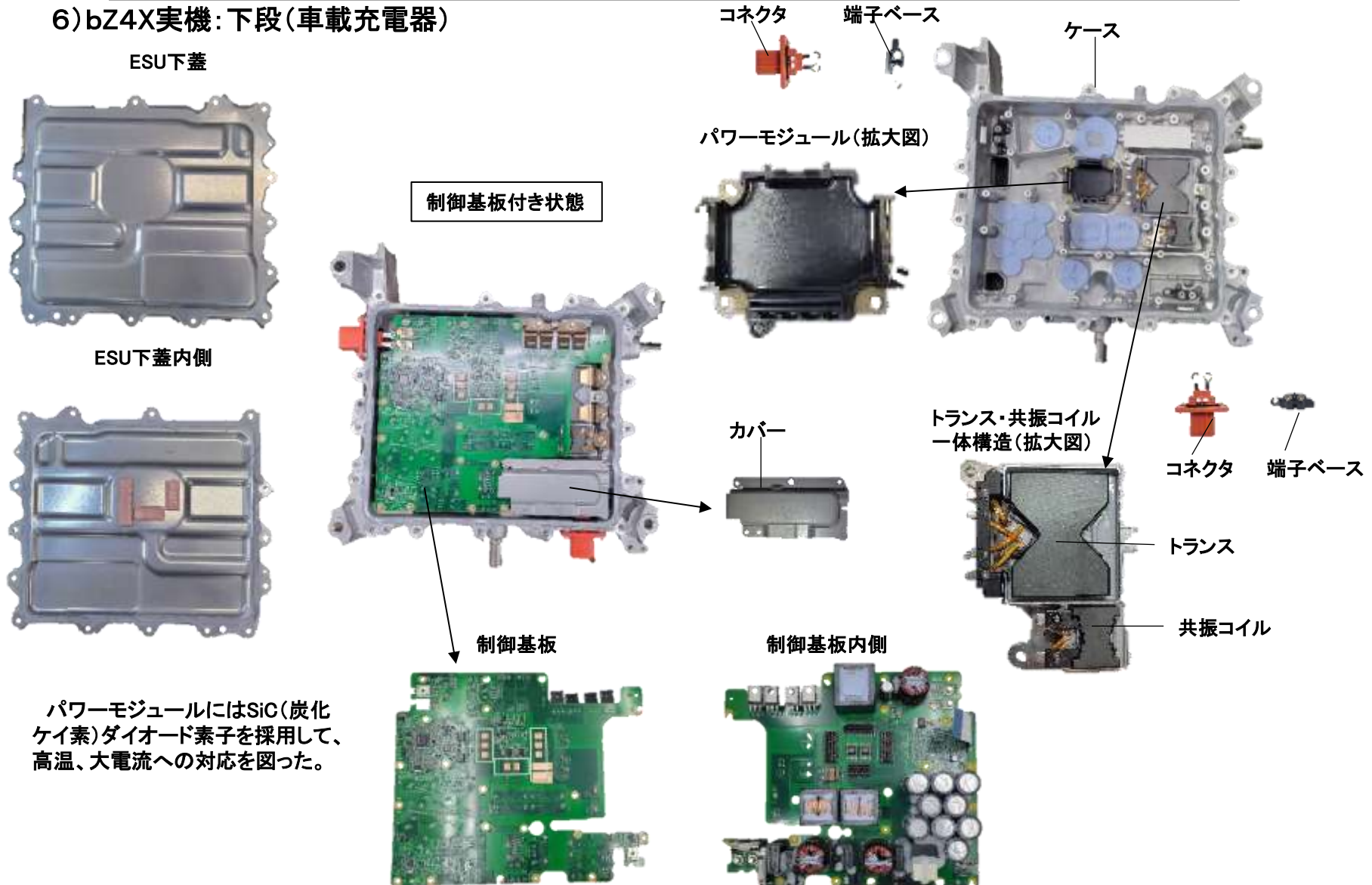
§ 15 BEVの電力制御機能

5) bZ4X実機: 中段(DC-DCコンバータ)



§ 13 BEVの電力制御機能

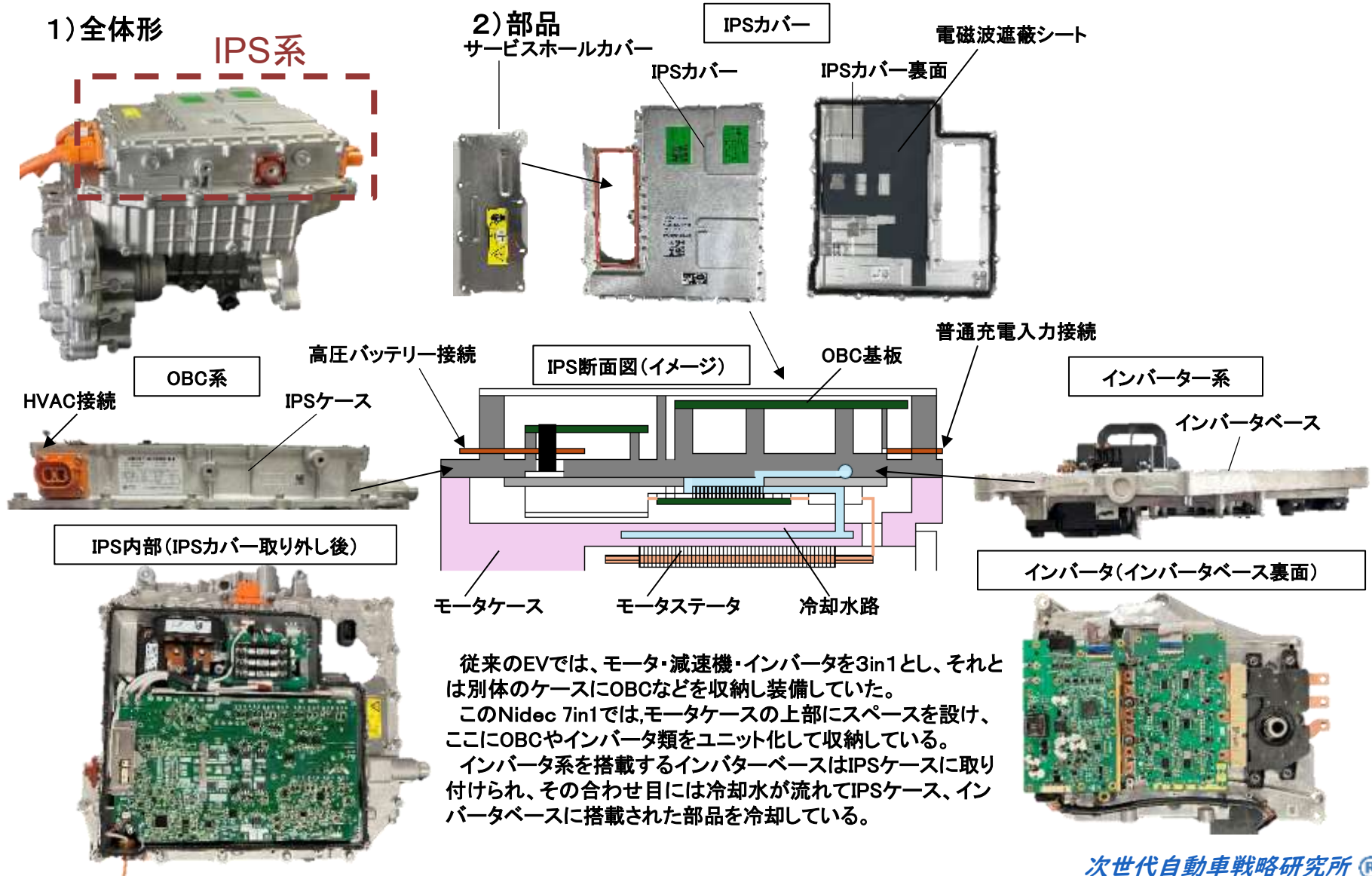
6) bZ4X実機: 下段(車載充電器)



§ 13 BEVの電力制御機能

4. bZ3X のIPS(Integrated Power System)

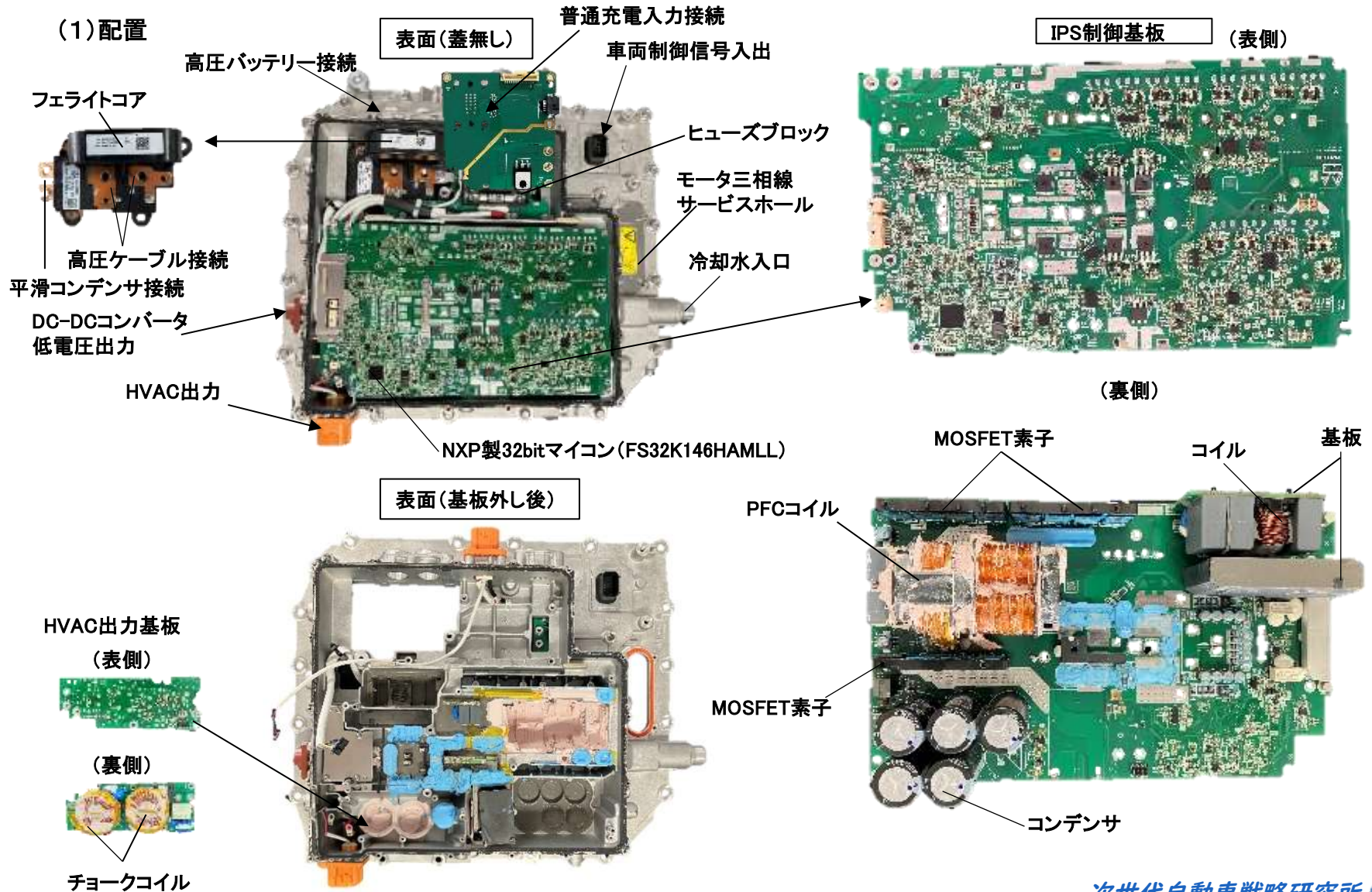
1) 全体形



§ 13 BEVの電力制御機能

3) OBC/DC-DCコンバータ系

(1) 配置



§ 14 BEVの課題

1. 販売台数の目標 ……車両の電動化目標乗用車: 2035年までに新車販売の100%を電動車にする。
商用、小型車は2030年までに電動車20～30%、2040年までに電動車および脱炭素燃料車100%を目指す。(経産省)
2. 目標に向けて ……1. 低価格車の発売
 - ・コスト低減: 軽量化→一体化、小型化…樹脂化
 - ・性能/装備の選択や見切り
2. 性能向上(一充電走行可能距離延長、充電時間の短縮)
3. 優遇策(税の軽減、駐車場の優先等)
4. 新視点・新用途
 - ・限界集落一人暮らし



<https://motor-fan.jp/article/1497565/>

☆例えば、こういうのは…！？

- ★道路運送車両法では、TRIKEとCOCOは「側車付軽二輪」登録、TRUCKは「ミニカー」登録という扱いになる。
- ★側車付軽二輪と言っても本来的に三輪構造なので、道交法的には二輪にあらず原付でもない。クルマの免許でしか乗れないし、公道上ではあくまでクルマとして振る舞う必要アリ。法定速度もクルマといっしょ。
- ★「電動トライク」や「電動トウクトウク」などと表現されが、どちらも側車付軽二輪の登録なので実質的に同じ乗りもの。

ご清聴ありがとうございました