

「次世代蓄電池・次世代モータの開発」 プロジェクトに関する 研究開発・社会実装の方向性

2021年7月

経済産業省

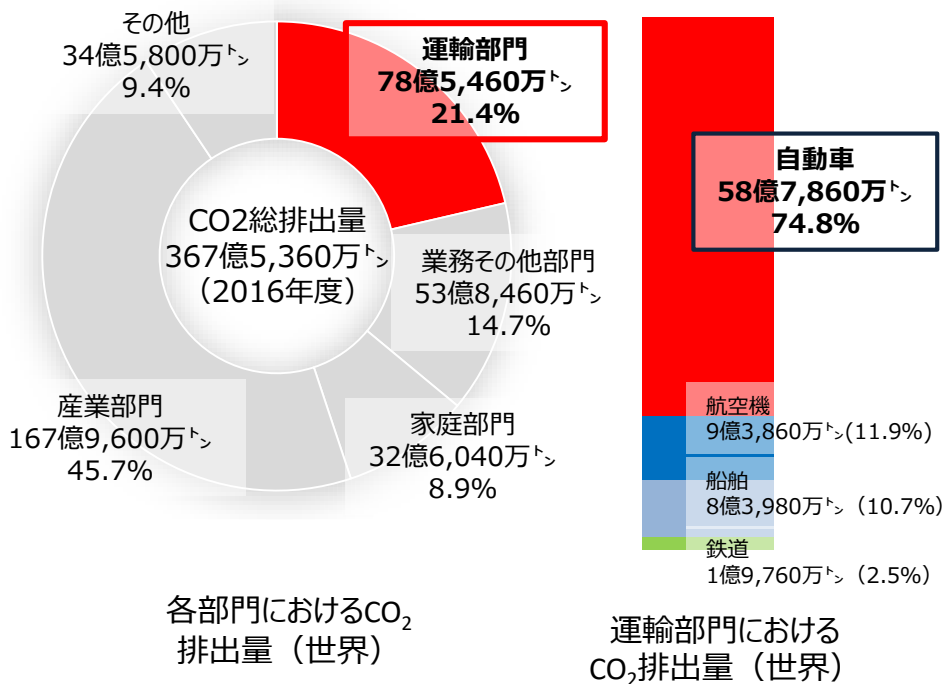
製造産業局

- 1. 自動車の現状と課題、
GHG削減に向けた研究開発の方向性**
2. 次世代蓄電池・次世代モータの開発
 - － 研究開発の全体像
 - － 蓄電池の現状・課題と取組
 - － モータシステムの現状・課題と取組
 - － 本プロジェクトのスケジュール等

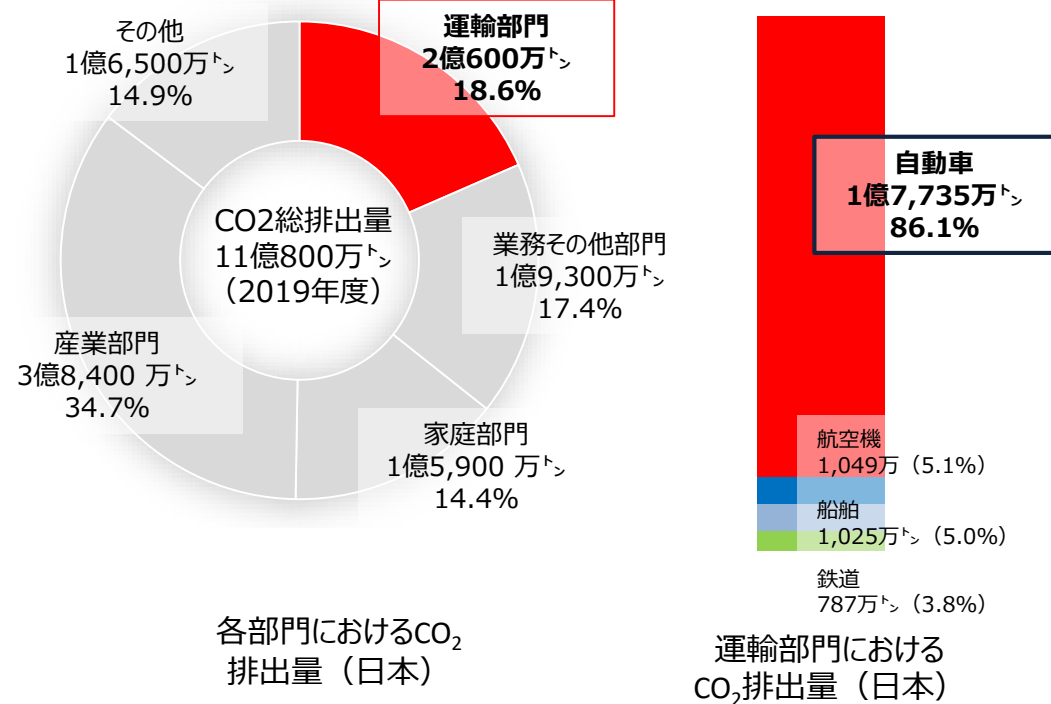
自動車のCO₂排出量（グローバル・日本国内）

- 自動車の利用段階のCO₂排出量はグローバル、国内ともに、全体の16%を占める。

<グローバル>



<国内>



全世界でのCO₂排出量：367億5360万ト
 運輸部門：21.4% 自動車分野：16.0%

国内でのCO₂排出量：11億800万ト
 運輸部門：18.6% 自動車分野：16.0%

我が国における自動車産業の位置づけ

- 自動車産業は、製造業の出荷額の約2割、雇用の約1割を占めているなど、幅広い波及効果を有する日本経済の牽引役。

<自動車関連産業の規模>

出荷：約62.3兆円(製造業の約2割)

※2018年

雇用：約540万人(全産業の約1割)

※2018年

設備投資：約1.5兆円(製造業の約2割)

※2018年

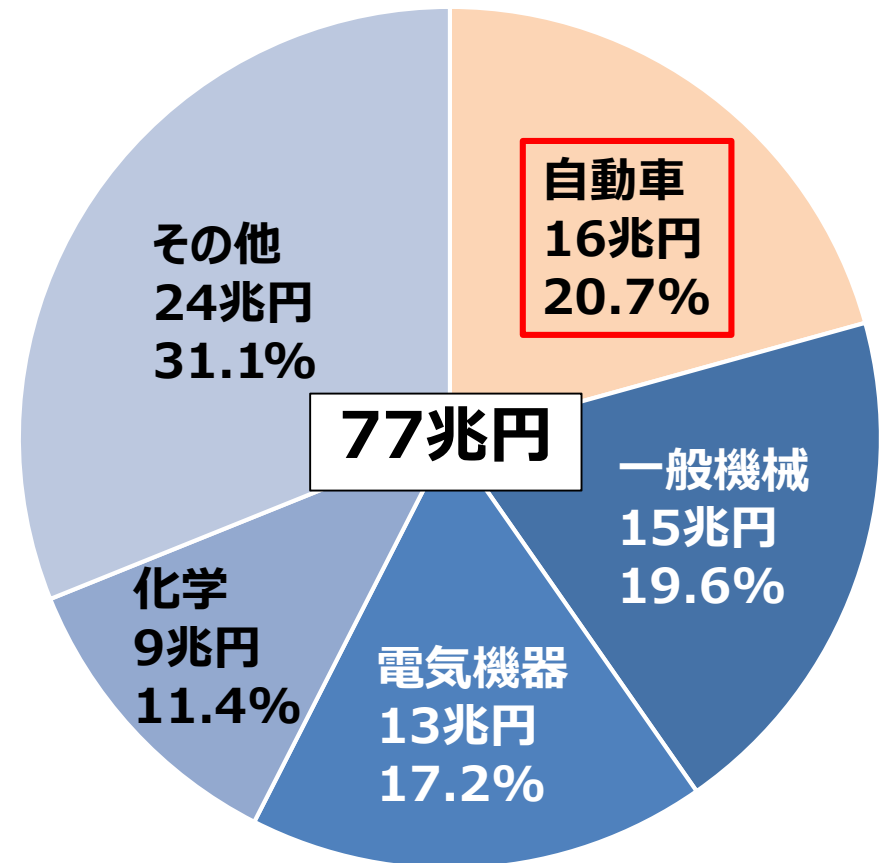
研究開発費：約2.9兆円(製造業の約2割)

※2018年

輸出：約16兆円 (全体の約2割)

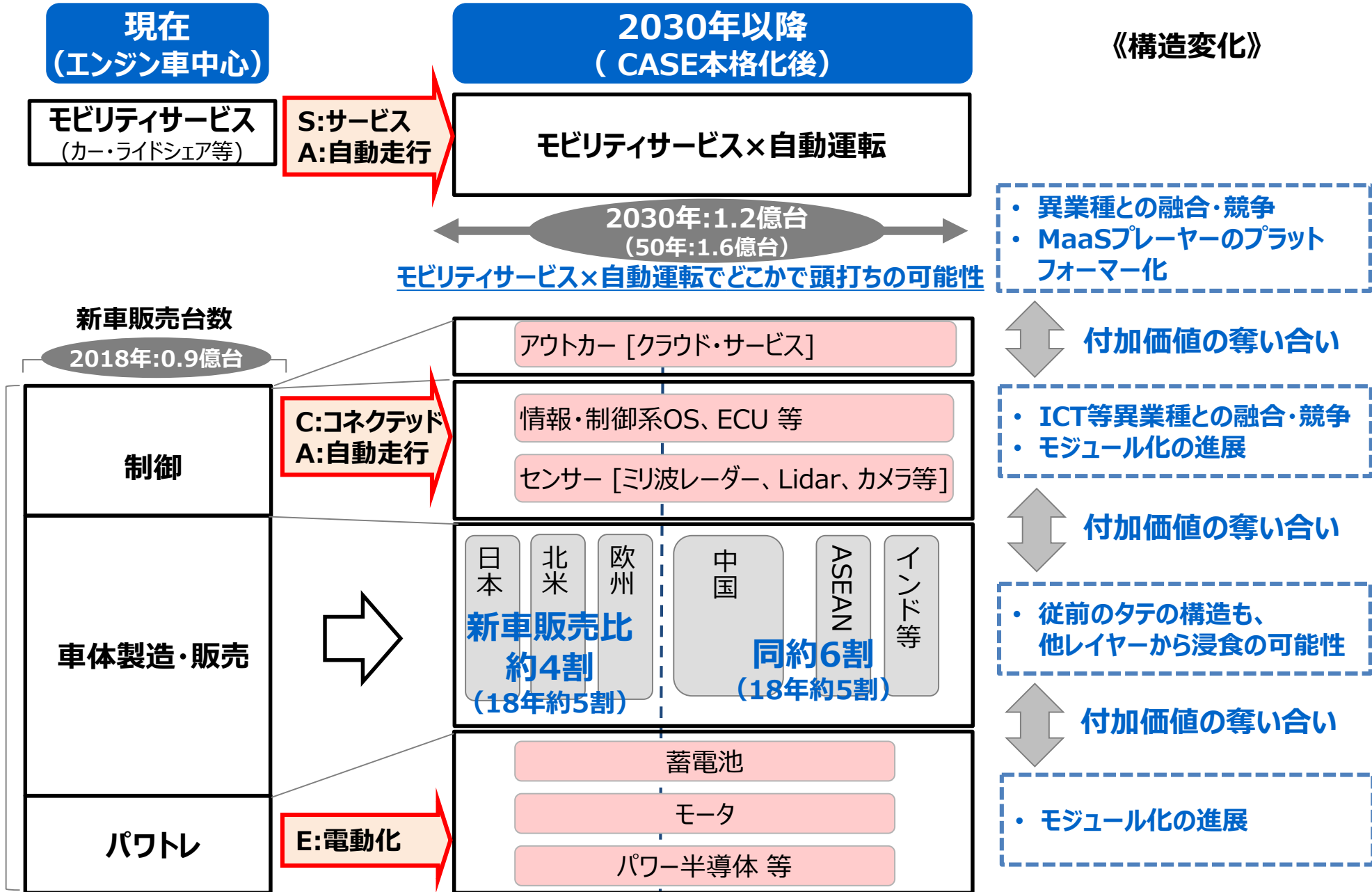
※2019年

日本の主要商品別輸出額
(2019年)



参考：「自動車」には、4輪、2輪、部品を含む。
出所：財務省貿易統計

100年に一度の自動車産業の構造変化



モビリティの目指すべき将来像

- 2050年に向けて、「世界中の誰もが便利で快適に、カーボンフリーのモビリティサービスを楽しむ社会」を目指す。そのために、社会が変わる、そして、自動車が変わる必要がある。

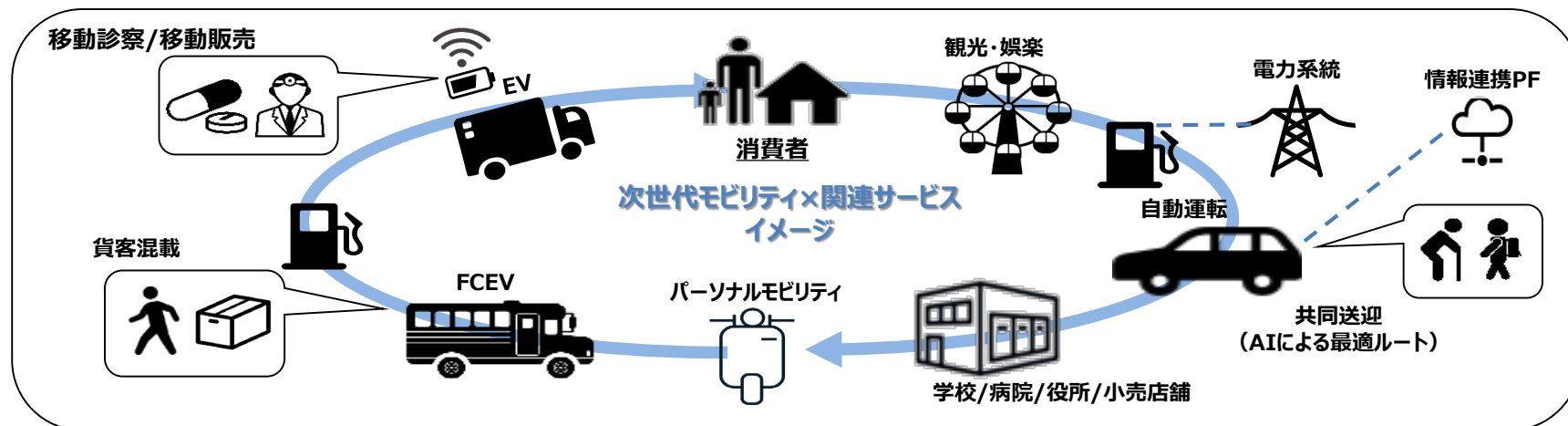
社会が変わる

- 人の移動、物流システムの変革
⇒多様なモビリティとサービスの結合（MaaSの実装）
- モビリティを支える新たな社会インフラの整備
⇒通信、エネルギー、社会制度等

自動車が変わる

- 安全で快適な車
⇒自動走行技術、コネクテッド技術等
- 自動車のカーボンニュートラル化（ストック）
⇒運用段階のみならずライフサイクルで

地域・社会システム (多様なモビリティとサービスの結合 (MaaSの実装))



安全で快適な車 (自動走行技術、コネクテッド技術等)



グリーン成長戦略における目標

- 自動車は、電動化を推進。
- 自動車産業のみならず、エネルギー供給、様々な産業、生活や仕事、モビリティや物流、地域やまちづくりに関わるものであり、支援・規制等の幅広い政策をパッケージとして、積極的に総動員。
- 我が国産業の国際競争力にもつながるよう、特定の技術に限定することなく、パワートレイン・エネルギー／燃料等を最適に組み合わせて、多様な道筋を目指す。

【乗用車】

2035 年までに、新車販売で電動車100%を実現できるよう、包括的な措置を講じる。

【商用車】

◆ 8トン以下の小型の車

2030 年までに、新車販売で電動車 20～30%、

2040 年までに、新車販売で、電動車と合成燃料等の脱炭素燃料の利用に適した車両で合わせて 100%

を目指し、車両の導入やインフラ整備の促進等の**包括的な措置**を講じる。

◆ 8トン超の大型の車

貨物・旅客事業等の商用用途に適する電動車の開発・利用促進に向けた**技術実証を進めつつ、**

2020 年代に5,000 台の先行導入を目指すとともに、水素や合成燃料等の価格低減に向けた

技術開発・普及の取組の進捗も踏まえ、**2030 年までに、2040 年の電動車の普及目標を設定**

【蓄電池】

2030 年までのできるだけ早期に、

・国内の車載用蓄電池の製造能力を**100GWh** まで高める

・電気自動車とガソリン車の経済性が同等となる**車載用の蓄電池パック価格 1 万円/kWh 以下**

グリーン成長戦略における取組の方向性（自動車）

- 「事故ゼロ」「移動弱者ゼロ」「交通渋滞ゼロ」といった移動の安全性・利便性の向上、移動時間の有効活用を促す新たな移動サービス、「動く蓄電池」として電動車を活用する社会を実現し、モビリティが新たな付加価値を提供できるよう、社会や技術のイノベーションを起こしていく。

◆電動化の推進・車の使い方の変革

ア) 電動車・インフラの導入拡大

⇒燃費規制、公共調達、インフラ拡充、導入支援 など

イ) エネルギー政策との両輪での政策推進

⇒脱炭素電力、エネルギーコストの最大限の抑制、非化石電源価値証書 など

ウ) 蓄電池・燃料電池・モータ等の電動車関連技術、サプライチェーン、バリューチェーン強化

⇒大規模投資支援、中小企業等のサプライヤー等の自動車関連産業の電動化対応・業態転換・事業再構築とそれを支えるデジタル開発基盤の構築

エ) 車の使い方の変革

⇒持続可能な移動サービス、物流の効率化・生産性向上に向け、自動走行・デジタル技術活用や道路・都市インフラとの連携

自動走行と電動化を両立するべく、自動走行系を中心に先端半導体等を用いた高度なセンサー・コンピュータ類、さらにそれらの次世代デバイスを支える**新たな車載ネットワークシステム**や

デジタル開発基盤等について、その性能向上と徹底した省エネ化を同時に実現するための研究開発

商用車分野における電動車普及の課題である**商用利用に適した電動車両開発、充電・充てんインフラ最適配置、運行管理とエネルギーマネジメントの最適化等による経済性最大化等に向けた実証**

グリーン成長戦略における取組の方向性（蓄電池）

⇒研究開発に加え、スケール化、サプライチェーン強靱化、リサイクル等の社会システム構築、ルール整備・標準化等に取り組む

◆蓄電池

ア) 蓄電池のスケール化を通じた低価格化

⇒蓄電池・資源・材料等への大規模投資支援や定置用蓄電池の導入支援等

イ) 鉱物資源の確保

⇒JOGMECを通じた資源探査、海外権益確保のためのリスクマネー供給、レアメタル備蓄制度の整備等を通じて、ニッケル、コバルト、リチウム等の鉱物資源の安定的な供給確保強化

ウ) 研究開発・技術実証

⇒全固体リチウムイオン電池・革新型電池の性能向上、蓄電池材料の性能向上、蓄電池や材料の高速・高品質・低炭素生産プロセス、リユース・リサイクル、定置用蓄電池を活用した電力需給の調整力等の提供技術等の研究開発・技術実証等

（例えば、現行リチウムイオン電池の2倍以上の体積エネルギー密度を実現する全固体リチウムイオン電池を、2030年に本格量産するために必要な技術開発）

エ) 蓄電池のリユース・リサイクルの促進

⇒研究開発や技術実証、標準化等の取組を進めるとともに、蓄電池のリユース・リサイクルの促進に向けた制度的枠組みを含めて検討

オ) ルール整備・標準化

⇒蓄電池ライフサイクルでのCO₂排出見える化や、材料の倫理的調達担保、リユース・リサイクルの促進等について、2021年度を目途に制度的枠組みを含め、その在り方を検討、蓄電池パックの残存性能等の評価方法やリユース蓄電池を含む定置用蓄電システムの性能・安全性に関する国際標準化等による車載用蓄電池の定置用蓄電池としての再利用促進等

自動車・蓄電池関連プロジェクトの全体像

2050年に目指すべき姿

- 自動車の電動化
- 自動走行技術を活用した安全で快適な車（同時に交通流の最適化によるCO₂削減も）
- 人の移動、物流システムの変革

課題

- 電動パワートレインの高性能化、低価格化等、サプライチェーン強靱化
- 電動化と自動化の両立を可能とするコンピューティング技術（自動走行による電力消費の抑制）
- 大量の電動車の導入と運輸サービスの両立、インフラ整備の最適化、電力消費量増大の抑制する最適なエネルギーマネジメント実現

次世代蓄電池・次世代モータの開発 ←→ スマートモビリティ社会の構築

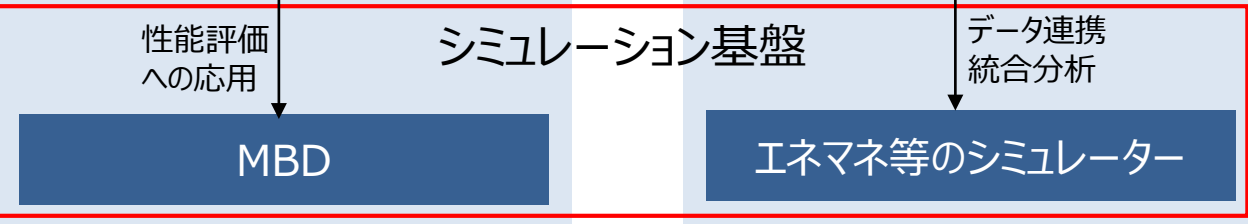
三位一体で自動車のカーボンニュートラル化を強力に推進

次世代車載コンピューティング・シミュレーション技術等による自動車のグリーン化の加速（仮）

- (蓄電池)
- 高性能蓄電池の開発
 - 高性能かつ省資源な材料開発
 - 生産プロセスの開発による高効率生産・製造時CO₂排出削減
 - リサイクル技術開発
- (モータ)
- 革新技术を活用した、小型で高効率なモータシステムの開発

- ネットワーク電力負荷低減のため、自動運転等の高度情報処理を自車内で完結させる分散型車載コンピューティング技術（センサー・半導体等）の開発

- 運輸事業者等による大規模な電動車運用・エネルギーマネジメントの両立の実証



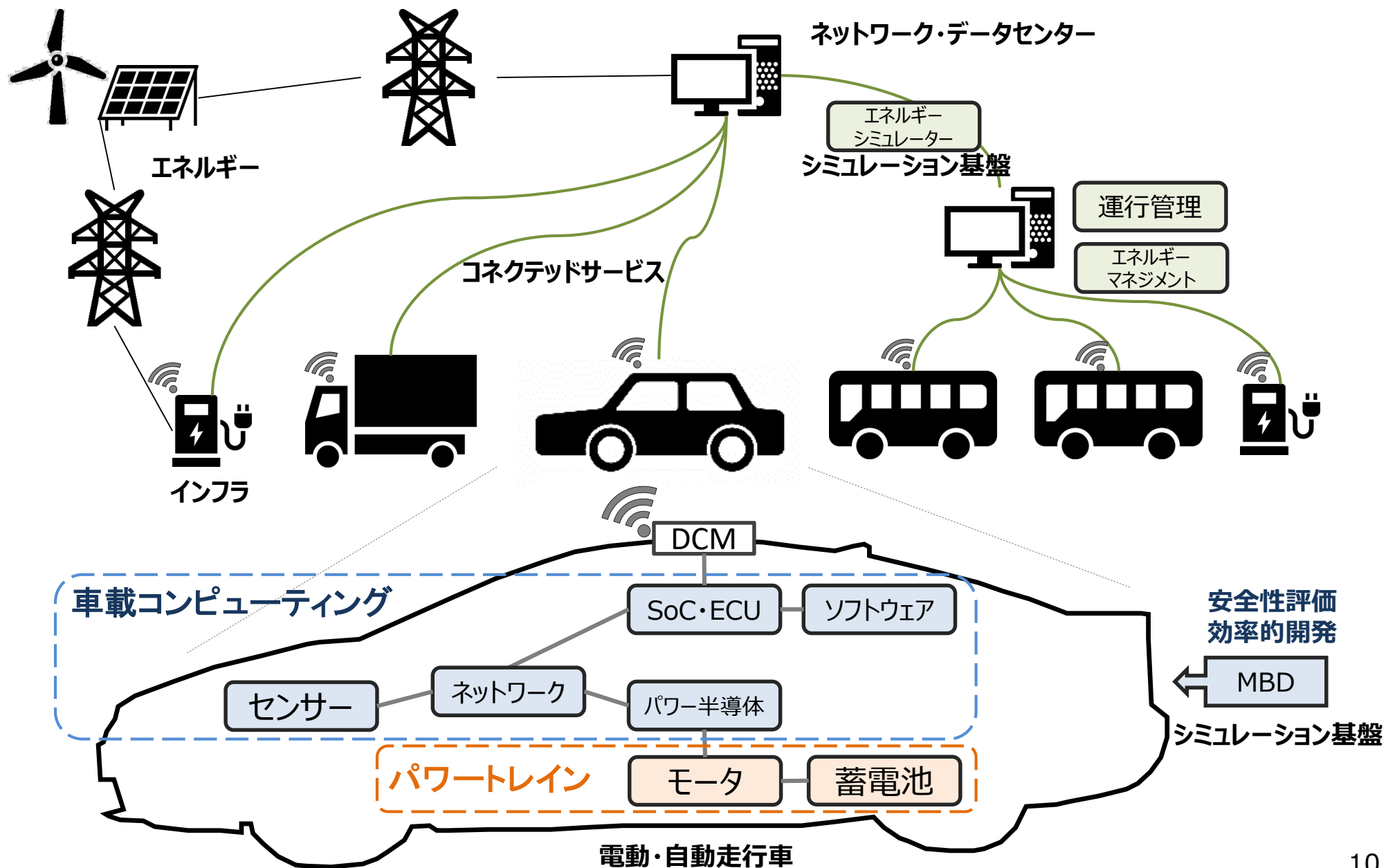
↓ リユースなど定置用電池としても活用

↑ エッジ単位

↑ 地域単位

エネルギー・インフラ（電力消費量の抑制）

(参考) 自動運転・電動化モビリティ社会



1. 自動車の現状と課題、
GHG削減に向けた研究開発の方向性

2. **次世代蓄電池・次世代モータの開発**
 - **蓄電池・モータ関係の取組の全体像**
 - 蓄電池の現状・課題と取組
 - モータシステムの現状・課題と取組
 - 本プロジェクトのスケジュール等

電動化促進に向けた蓄電池・モータ関係の取組の全体像

- 電動化の課題は、①電動パワートレインの容量/重量から、車両の積載能力低下、航続距離制約が生じ、②結果として、軽や大型車など、電動化が難しいモビリティ領域が存在すること。③希少資源を多く用いるほか、④リサイクルシステムが未確立、製造時GHG排出が多いなど、サステナビリティの観点からの課題もある。
- 本プロジェクトでは、蓄電池・モータについて、高性能化、省資源化、リサイクル/製造時GHG排出削減のための研究開発を行い、こうした課題の解決を目指すとともに、我が国の関連産業の競争力強化を図る。

自動車分野のカーボンニュートラル化に向けた主な取組

【供給サイド】

・電動パワートレイン技術の強化：本プロジェクトの取組領域

蓄電池の取組の方向性

- ・高性能化
- ・省資源化
- ・リサイクル/製造時GHG削減

課題

- ・電動車の積載能力/航続距離向上
- ・電動化可能なモビリティ領域拡大
- ・サプライチェーン安定化
- ・サステナビリティ向上

モータの取組の方向性

- ・効率向上
：蓄電池積載量削減が可能に
- ・小型・軽量化

- ・車載コンピューティング技術の強化をはじめ、カーボンニュートラルに向けたパワトレ以外の技術強化※
- ・サプライチェーン/バリューチェーン転換
- ・大規模投資支援

・ルール形成/標準化

【需要サイド】

- ・電動車の普及（規制、推進策）
- ・車の使い方の変革（スマートモビリティ社会の構築）※

※はグリーンイノベーション基金
で別途プロジェクト化検討中

次世代蓄電池・次世代モータの開発目標まとめ（2030年）

◆研究開発項目1：高性能蓄電池・材料の研究開発

・高性能蓄電池 ※以下の性能目標に加えて、価格又はそれに類する目標の設定を事業者が行うことを求める。

- ①高容量系蓄電池（例えば全固体電池）：700~800Wh/L @パック
- ②高入出力系蓄電池：2000~2500W/kg、かつ200~300Wh/L @パック

・高性能材料

様々な材料があることから、申請者が目標提案。価格又はそれに類する目標の設定は必須。

※以下のような技術を対象。

- ①上記の高性能蓄電池の材料技術・高効率生産技術
- ②Coや黒鉛など特定国依存度の高い材料の使用量を著しく低減することを可能とする技術
- ③材料製造時GHG排出量の大幅低減技術
(取組対象とする工程において概ね1割のGHG排出削減、又はプロセスの電化)

(※) 以下のような材料技術を想定

正極材（全固体電池用材料、Coフリー化、高効率・低炭素製造技術など）、負極材（シリコン系、金属Li負極、低炭素製造技術など）、
固体電解質、これらの材料とともに利用される材料

◆研究開発項目2：リサイクル技術

市場価格（化合物/金属単体）と同等の「コスト」で、蓄電池材料として再利用可能な品質で、
リチウム70%、ニッケル95%、コバルト95%以上の回収

◆研究開発項目3：モータシステム技術

モータシステムとして、85%以上の平均効率※1

出力密度の向上（モータ単体：8.0kW/kg、モータシステム※2：3.0kW/kg）

※以上の性能目標に加えて、価格又はそれに類する目標の設定を事業者が行うことを求める。

※1 モータ・ギア・インバータに加え、冷却による損失も加味した効率

※2 モータ・ギア・インバータの組み合わせ

1. 自動車の現状と課題、
GHG削減に向けた研究開発の方向性
2. **次世代蓄電池・次世代モータの開発**
 - 研究開発の全体像
 - **蓄電池の現状・課題と取組**
 - モータシステムの現状・課題と取組
 - 本プロジェクトのスケジュール等

蓄電池の利用の将来像

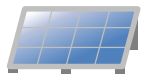
- 現在、定置用蓄電池は、再エネ電源や需要家に併設し、電力の自家消費や非常時用電源として、**設置場所内で主に活用**。普及が進むEV等（車載用蓄電池）も、走行用の充電のみ行うのが通常。
- 今後、家庭やビルの**需要側の蓄電池**、**車載用蓄電池**、電力網と直接つながる**大規模な系統用蓄電池**を組み合わせ、**蓄電池に充電した電力を、システムを介して再エネ事業者や送配電事業者への調整力として活用する**など、多様な用途で活用（マルチユース）。

⇒**エネルギー基盤としての蓄電池の競争力強化**を進める必要。

現状

蓄電池を再エネや電力需要家と
1対1で接続

再エネ電源



蓄電池

需要家



蓄電池
EV等

充電器

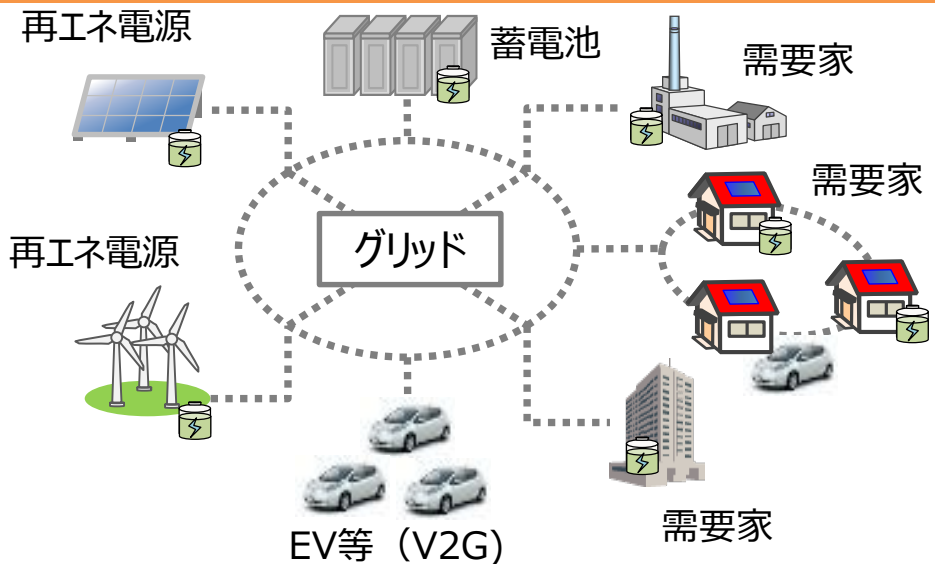


EV等

- 再エネの自家消費
- 需要家のピーク電力の低減
- 走行用電力の充電、等

将来

様々な種類の蓄電池をグリッドに接続し
複数の事業で共用化

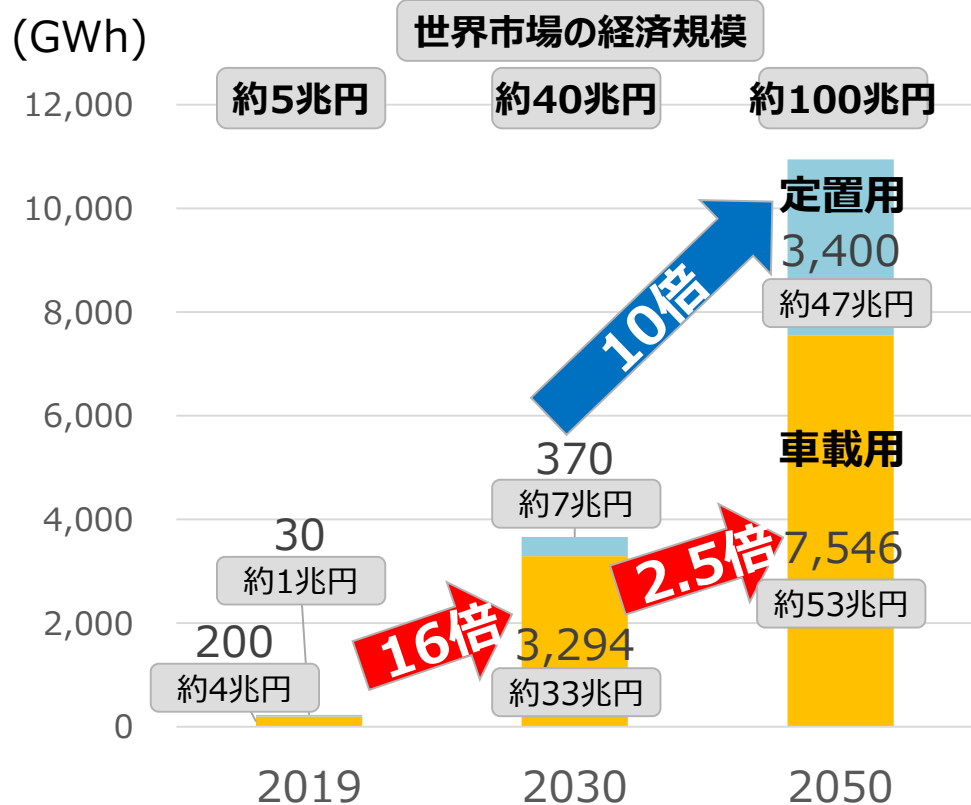


蓄電池の多様な活用（再エネ電源の出力変動の整形・インバランスの回避、送配電向けの調整力、非常時にマイクログリッド化した際の需給調整）に向けて、**市場環境整備とともに、実証や導入支援を通じた多様なビジネスモデルの確立を支援。**

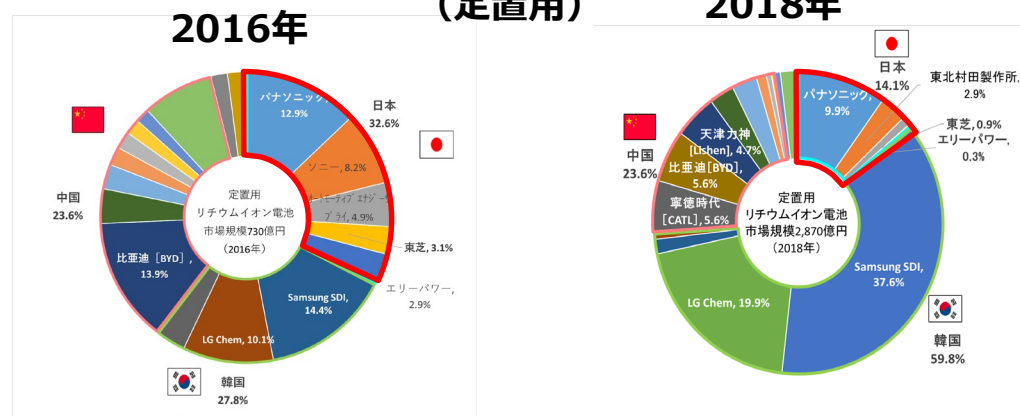
車載用を中心に市場拡大。日系はシェア下落。

- 当面、車載用蓄電池市場が急拡大。2030年以降、定置用蓄電池（家庭・産業・系統用）の市場も大きく成長。
- 欧中勢は、EV需要創出策や蓄電池産業政策（投資支援等）を背景に、シェアを拡大し、コスト競争力を獲得。
- 日系勢は、技術優位で初期市場を確保したが、近年はコスト競争で押されつつありシェアも低下。
⇒ エネルギー基盤となる定置用蓄電池も見据えた、総合的な競争力強化戦略が必要。

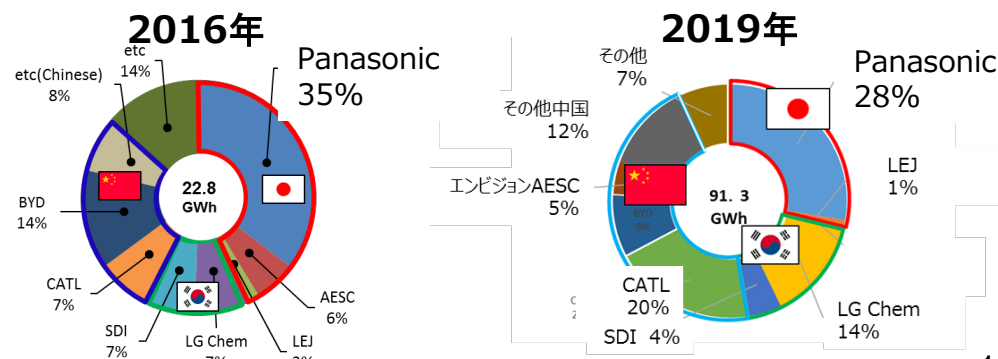
蓄電池市場の推移



メーカー別シェア (定置用)



【車載用】



(出典) IRENA Global Renewables Outlook 2020 (Planned Energy Scenario)
 経済規模は、車載用パック (グローバル) の単価を、2019年 2万円/kWh→2030年 1万円/kWh→2050年 0.7万円/kWhとして試算
 定置用は車載用の2倍の単価として試算。

(参考) 蓄電池材料の競争力

- 日系材料は品質面で優位で、一定のシェア。全固体電池等の次世代技術開発にも取り組む。
⇒中国勢がコスト面に加え、品質面でも追い上げ。日系蓄電池メーカーも中国材料活用の可能性。
- 技術力の強化、海外の蓄電池メーカーの需要の取り込み、日系蓄電池メーカーの投資と合わせた国内大規模投資で、価格競争力を底上げ、国内拠点維持を図る必要。

正極

競争力：生産技術、材料技術、スケール、電気代

NCA (円筒形蓄電池用)

- ①住友金属鉱山 59%
- ②ECOPRO (韓) 22%
- ③BASF戸田 (独日) 14%

NCM (角/ラミネート型)

- ①日亜化学 10%
- ②ユミコア (白) 9%
- ③長遠 (中) 8%

※全固体電池でも活用

負極 (黒鉛)

競争力：資源価格 (天然黒鉛:安い資源が中国偏在)
電気代 (人造黒鉛)

- ①BTR (中) 17%
- ②上海杉杉 (中) 14%
- ③江西紫宸 (中) 14%
- ④広東凱金 (中) 13%
- ⑤昭和電工マテリアルズ 10%

➡ 次世代負極 (Si系など) にも期待

電解液

競争力：添加剤知財・配合ノウハウ

- ①広州天賜 (中) 15%
- ②新宙邦 (中) 13%
- ③張家港国泰華榮 11%
- ④MUアイオニックソリューションズ 10%

セパレータ

競争力：価格 (日系は安全性優位)

- ①上海エナジー (中) 18%
- ②旭化成 14%
- ③SK Innovation (韓) 12%
- ④東レ 8%

その他

競争力の高い部材の例
：蓄電池セルの外装の
一種である「パウチ」など

蓄電池サプライチェーンにおける日本の優位性/脆弱性と戦略

- 欧中のEV需要創出策や蓄電池産業政策（投資支援等）を背景に、中国・韓国企業がシェアを拡大、コスト競争力を獲得。中国は世界最大の生産地に（日米欧中の6割）。
- 日本でも、大規模製造拠点の国内立地支援、次世代技術開発強化とルール形成（リサイクル、材料の倫理的調達等のルール化など）で蓄電池・材料メーカーを守り、育てることが必要。

地域別生産能力推移（GWh/年）

	2020年	2025年見込み	
日本	22	39	(+17)
米国	47	205	(+158)
欧州	66	726	(+660)
中国	182	754	(+572)

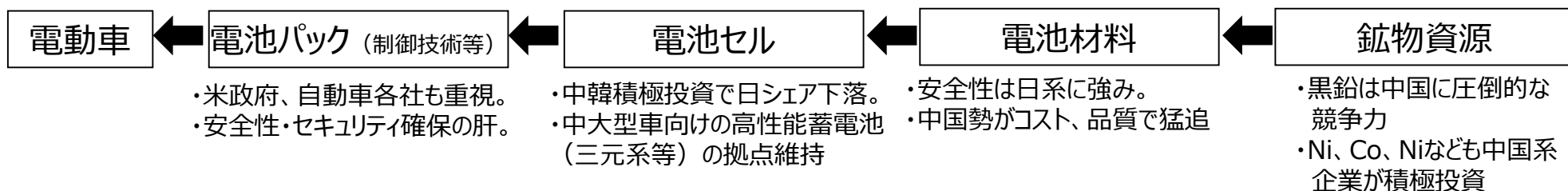
※2020年はパナソニック、エンビジョンAESC、PPES、LG、SDI、SKI、CATL、BYDのみの推計、
2025年は、上記企業以外も含めた試算
(三菱総研、ゴールドマンサックス資料から経済産業省作成)

今後とも見込まれる大型投資

CATL : 60GWh → **200GWh超** (@欧・中)
 LGケミカル : 106GWh → **250GWh超** (@欧米中韓)

支援策 {
中国 : 蓄電池メーカーへの設備投資支援
 や土地・建物貸与等
欧州 : 蓄電池メーカーへの研究開発・
 設備投資補助金

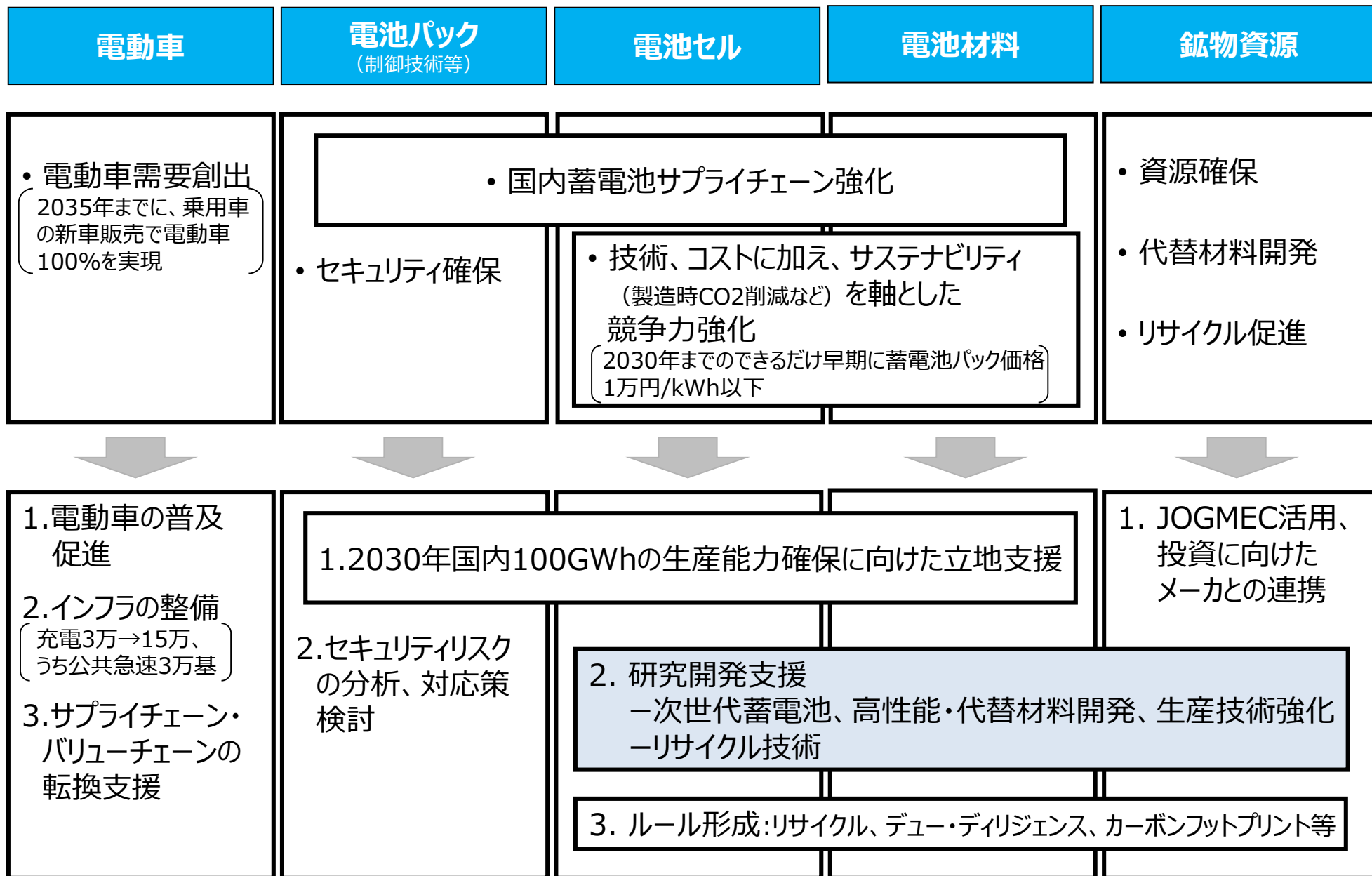
パッケージング、素材などの重要技術を維持しつつ、サプライチェーン全体の強化を進める必要



蓄電池サプライチェーンの強化に向けた当面の課題と対応

(課題)

(対応の方向性)



各国の蓄電池・電動車に対する政策支援（→研究開発の国家プロジェクトは次ページ）

- 米欧中においては、蓄電池・電動車に対する大規模な政策支援を実施。
- また、欧州では規制措置によって、欧州域内で強固なバッテリーバリューチェーンが構築されるような産業政策を志向。

※欧州バッテリー規則の内容例：カーボンフットプリント

2024年7月：蓄電池のライフサイクル（材料・製造・廃棄・リサイクルなど）CO₂排出量を計測

2027年7月：一定以上のCO₂排出量があるバッテリーは、欧州域内で販売禁止

⇒電源のCO₂排出係数の少ない北欧・フランスなど欧州域内での蓄電池製造に有利に

国・地域	蓄電池・電動車関係
米国	<p>○バイデン政権の政策方針及び雇用プラン（EV及びインフラ等に約19兆円）</p> <ul style="list-style-type: none"> –EV充電設備50万カ所設置、米国製のEV購入に対する販売奨励金や税制優遇措置のための州・地方政府、民間セクターへ助成・インセンティブを措置 –連邦公用車300万台のEV転換、スクールバス50万台のEV転換等 –まずは、EVインフラ・バス交通に対する1.7兆円の支援を超党派で合意 <p>ODOE（米国エネルギー省）によるクリーンエネルギー技術の導入支援</p> <ul style="list-style-type: none"> –約4兆円の基金から低利貸付（過去にはテスラも利用実績あり）
欧州	<p>○EVバッテリー生産支援・研究開発プロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> –テスラやBMW等の蓄電池・蓄電池材料工場支援や研究開発支援（仏1200億円、独3700億円など、計8000億円規模の補助金） <p>○EV/FCVの購入補助（仏110万円、独74万円）※コロナ後に増額</p>
中国	<p>○バッテリー工場等への支援（土地・建物リースで実質無償化、設備補助等）</p> <p>※日本との投資コスト差は約1600億円／10GWh(推計)</p> <p>○EV/PHV/FCVの購入補助（EV：34万円、PHV：14万円、FCV：242万円）</p>

海外の主要国家プロジェクト①

国・地域	内容・目標	主要目標
日本	◆グリーンイノベーション基金	
	<ul style="list-style-type: none"> 高性能蓄電池・材料、省資源化、生産技術、リサイクル等について研究開発 	①高容量系：700~800Wh/L @2030、パック ②高出力系：2000~2500W/kg、 かつ200~300Wh/L @2030、パック ※価格については、2030年までに早期に液系LIBで1万円/kWhを目指していることを踏まえ、競争力を持つ水準
米国	◆Battery500 (EERE-VTO)	
	<ul style="list-style-type: none"> 2016年開始、予算総額5,000万ドル（5年間）のコンソーシアム型プロジェクト デンドライドフリーのリチウム金属負極と硫黄正極から構成されるリチウム硫黄蓄電池、及びリチウム金属負極と高ニッケルNMC正極からなる次世代LIBを開発 	500Wh/kg、サイクル寿命が1,000サイクル @セル
	◆IONICS (DOE/ARPA-E)	
	<ul style="list-style-type: none"> 2016年開始、予算総額3,700万ドル（5年間） 車載用蓄電池等への適用を想定した新規電気化学デバイスの研究開発 	コスト100ドル/kWh以下@セル、コスト175ドル/kWh以下@パック
<p>(参考) リチウムバッテリー国家計画 <u>2030年にNi・Coフリー正極材、金属Li負極の固体電池で500Wh/kg、コスト60ドル/kWhを目指す等の目標を掲げている。</u> ※セルかパックかの記載はなし</p>		

海外の主要国家プロジェクト②

国・地域	内容・目標	主要目標
欧州	◆IMAGE (EGVI)	
	<ul style="list-style-type: none"> ・2017年開始、予算総額490万ユーロ（4年間） ・Li金属負極、ゲルポリマー電解質を用いた全固体電池の開発 	300Wh/kg以上 @セル
	◆ASTRABAT (Horizon2020)	
	<ul style="list-style-type: none"> ・2020年開始、予算総額780万ユーロ（4年間） ・酸化物と高分子の複合電解質を用いた量産可能な全固体電池の開発 	①300Wh/kg・1,000Wh/L @2020-2022、セル ②400Wh/kg・1,200Wh/L、 <u>10,000W/kg、コスト100ユーロ/kWh</u> @2025-2030、セル ※エネルギー密度と出力密度は同時達成目標ではないと思われる
中国	◆国家重点研究開発計画	
	<ul style="list-style-type: none"> ・2016年開始、予算総額約3.55億元（約60億円、5年間かつ蓄電池プロジェクト分） ・LIBでは高Ni系の高電位・高容量化、Si-黒鉛混合系等の高容量材料、耐高電圧電解液を開発 ・それ以外にも全固体電池、リチウム硫黄蓄電池、リチウム空気蓄電池の開発を実施 	300 Wh/kg、コスト800元/kWh（1万3,000円/kWh）@セル
	（参考）省エネルギー・新エネルギー車両技術ロードマップ2.0（中国汽车工程学会）の2030年目標 ①容量型（普及型:500Wh/L以上、商用型:450Wh/L以上、ハイエンド型:800Wh/L以上）、 ②容量・出力兼用型（兼用型:1600W/kg以上、600Wh/L以上、急速充電型:2500W/kg以上、500Wh/L以上）、 ③出力型（6000W/kg以上、200Wh/L以上） ※セルかパックかは記載がない	

米国サプライチェーン大統領令100日間レビュー バッテリー分野（概要）

- 6月8日、米バイデン政権は2月24日に署名したサプライチェーン大統領令に基づく100日レビューの結果を公表。
- 対象4分野（半導体、**バッテリー**、重要鉱物、医薬品等）に関し、短期的対応・長期戦略等を整理。バッテリーは以下のとおり。

SCの脆弱性に対処するアクション（短期的対応）

- **先端バッテリーの国内サプライチェーン確保（エネルギー省）**
 - **リチウムイオンバッテリー国家計画**の発表（別紙）。
 - 6月に**バッテリー・ラウンドテーブル**を開催。
 - **先端技術車両製造融資プログラム(ATVM)**による国内バッテリーサプライチェーン支援（約170億ドル枠を活用）。
 - 連邦エネルギー管理プログラム（FEMP）で連邦機関による新たなエネルギー貯蔵プロジェクトを支援。

レジリエンス強化のための長期戦略

- **米国の生産能力とイノベーション力の再構築**
 - **米国製EVを購入するインセンティブを消費者に提供。**
 - 連邦政府車両に米国製EVを導入（50億ドル）
 - 全国に充電設備を構築（150億ドル）
 - **自動車用バッテリーセルの製造を支援。**
 - **次世代自動車用蓄電池等に必要な重要鉱物を削減**し、次世代蓄電池技術で米国の競争力を向上。
- **重要物資の需要者または投資者としての政府の活用**
 - 車載用蓄電池の製造企業に**税額控除や融資、助成金を付与するにあたり、高い労働基準の順守**を求める。

100日間レビューの概要

- EVバッテリーの世界需要は2020年:約747GWhから2025年:2492GWhに拡大。**政策の介入が無ければ、米国は必要な生産能力を確保できず。**
- EVバッテリー用リチウム・黒鉛の世界需要は2040年までに4000%以上増加（IEAシナリオ）。
- 米国内投資が減少する一方、**同盟国・競合国は政府主導で投資を拡大（EU、中国）**。**中国は鉱物資源・部品・セル加工への国家投資でサプライチェーン上の影響力大。**
- **大容量バッテリー**
 - 大容量バッテリーは、EV、エネルギー貯蔵、防衛など、クリーンエネルギーへの移行や国家安全保障に不可欠。
 - 米国は先進バッテリーパックの製造に必要な原材料を海外に依存。脆弱なサプライチェーンは、**供給途絶や重要技術の海外依存に直面する恐れ。**
 - **世界のリチウムバッテリー市場は2030年までに5～10倍に拡大**。国内に安全で多様なサプライチェーン構築のため、**米国は直ちに投資を拡大する必要。**
 - 国内投資拡大が、質が高く、自由で公正な労組加入ができる**雇用を支える。**
 - **重要鉱物の採掘と加工、使用済蓄電池の回収・リサイクル**を含む、サプライチェーン全体への投資を拡大する必要。

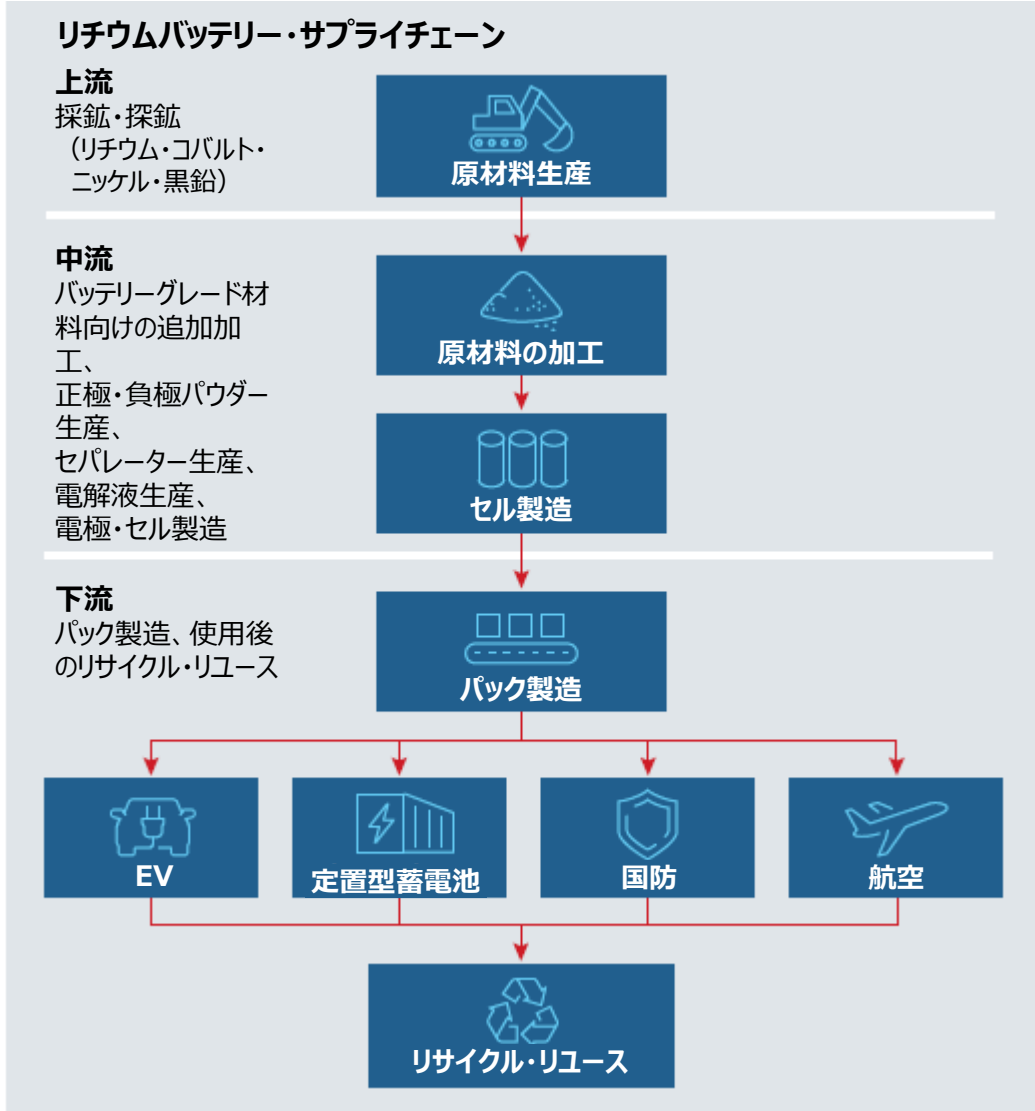
リチウムバッテリー・サプライチェーン・ビジョン

- **2021年～30年の10年間で、米国とパートナー国が安全なバッテリー材料と技術から成るサプライチェーンを構築し、長期的な米国の競争力と公正な雇用を創出する。**
- それにより、脱炭素化を可能にし、社会的正義を前進させ、国家安全保障の要件を満たす。

上記ビジョンを達成するための目標

- **目標1** 原材料・精製された材料へのアクセスの確保。商業・防衛用途向けの重要鉱物の代替品を発見。
 - **2030年までにコバルト・ニッケルフリーの実現**
- **目標2** 国内の蓄電池製造需要に対応できる原材料加工拠点の成長を支援。
- **目標3** 電極、セル、およびパック製造部門を活性化。
 - **2030年までにEVパックの製造コスト50%削減**
- **目標4** 使用済み廃棄物の再利用と重要鉱物のリサイクルを大規模に実現し、完全に競争力を有するバリューチェーンの確立。
 - **2030年までに90%のリサイクル達成**
- **目標5** 科学的研究開発、STEM（科学・技術・工学・数学）教育及び労働力開発を支援し、米国のバッテリー技術のリーダーシップを維持・前進。
 - **2030年までに60ドル/kWh未満の生産コスト達成**

【参考】リチウムバッテリー・サプライチェーン



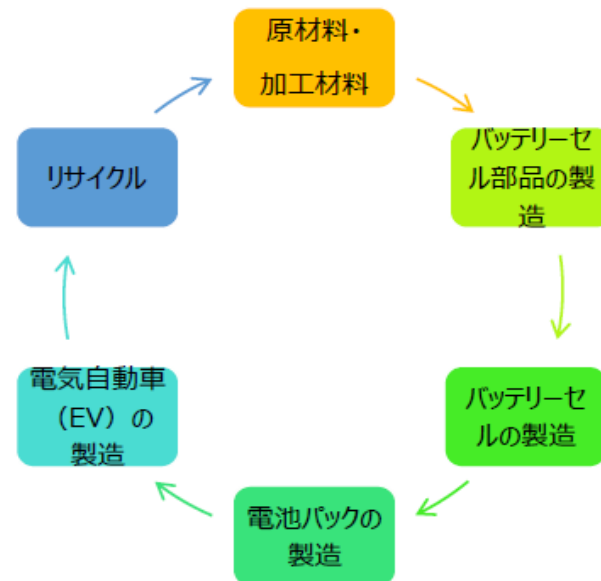
EUのバッテリー産業への支援

EUバッテリーアライアンス

- 2017年10月、欧州委員会と欧州投資銀行、EU加盟国の支援の下、関心企業が集まり、EUバッテリーアライアンス(EBA)を設立。500社程度が参加。ギガ・ファクトリーの設立等によりアジア等の他国への依存を減らし、域内にバリューチェーン全体での競争力のある蓄電池産業の創出を目指す。

EUアクションプラン

- 2018年5月、欧州委員会は、EV蓄電池産業を創設するための包括的なアクションプランを発表。主要措置は以下の通り。
 - ① 原材料へのアクセス確保(リサイクルによる2次原料含む)
 - ② 大規模蓄電池セル生産及び競争力のあるバリューチェーン
 - ③ 先端・破壊的技術分野の研究イノベーション支援の加速
 - ④ 高技能労働者の創出
 - ⑤ 環境フットプリントの最も低いEU蓄電池セル生産
 - ⑥ EU規制枠組みとの一貫性確保
- 2020年12月、持続可能性向上を目指した新バッテリー規則案を発表。カーボンフットプリントの表示義務・上限規制、リサイクル材の活用義務等が含まれる。



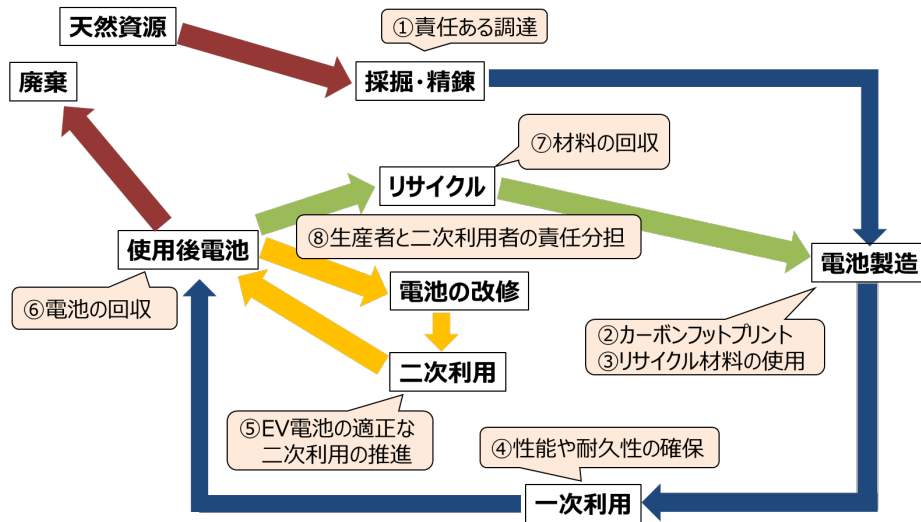
EU加盟国によるプロジェクト支援

- 2019年12月、7加盟国が共同申請したバッテリーセル製造に関するR&Dプロジェクトを「欧州共通利益重要プロジェクト(IPCEI)」としてEUが2019年12月承認。17企業に対して補助総額32億ユーロ。2021年1月、欧州委は12か国が総額29億ユーロの補助金をバッテリープロジェクトに交付する計画をIPCEIとして承認。

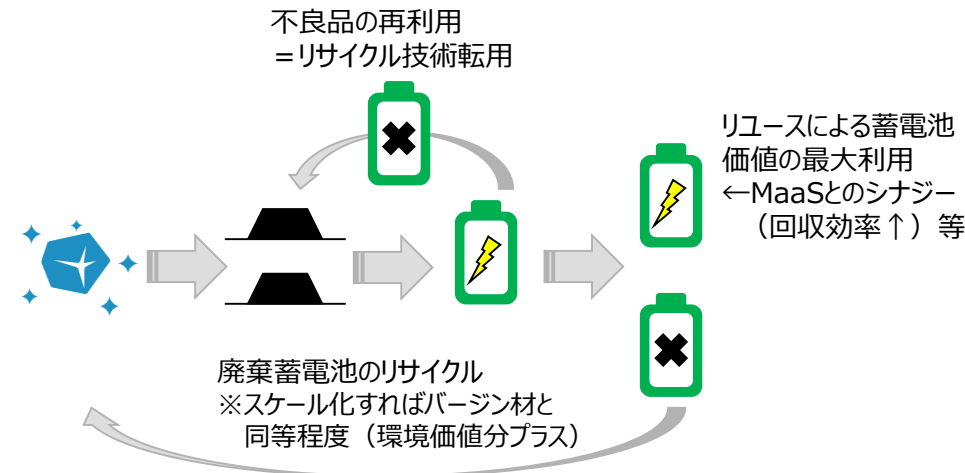
(参考) 蓄電池エコシステムのサステナビリティ向上、リユース/リサイクルの推進

- 欧州は、責任調達、カーボンフットプリント、リユース・リサイクル等を規制し、域内循環を誘導することで、蓄電池のエコシステムを欧州に確立する方向。健全なエコシステム構築、産業競争力の向上に向けて、我が国でも技術力強化と合わせ、GHG排出削減や蓄電池の循環を促す仕組みの検討や、欧米との連携が必要。

【欧州バッテリー規則案概要】



【蓄電池のリユース・リサイクル】



◆規制案の例

- ・カーボンフットプリントの表示義務 (2024～) や、一定以上の製造時・廃棄時CO₂排出のある蓄電池の市場アクセス制限 (2027～)
⇒対応のためにトラッキングできる安価なCO₂フリー電源が必要。
- ・一定以上のリサイクル材料の使用義務 (2030～)
- ・Ni, Co, Li, 天然黒鉛のデュー・ディリジェンス義務 (施行1年後～)
- ・トレーサビリティ確保のため、サプライチェーン情報を欧州DBに登録

◆欧州・中国のリサイクル企業例

- ・ユミコア (ベルギー)
 - ・Solvey (ベルギー)
 - ・格林美 (中国)
 - ・BRUNP (中国)
- ⇒日本企業もリサイクル技術を高める必要

本プロジェクトで取り組む蓄電池の研究開発課題と内容

蓄電池の課題と技術開発の方向性

◆課題と要因

①電力貯蔵能力の向上、電力貯蔵能力とパワーの両立

- ・高性能な正極・負極の開発。
(Coフリー正極材、Si系負極など)
- ・液系Liイオン蓄電池には理論上限界も。

②Li、Ni、Coなどの希少金属を大量に使用

→高価格の要因

Coや黒鉛は特定の国への依存度が高くリスク大

③製造時のCO₂排出量が多く、固定費が高い

- ・蓄電池製造で、エンジン車1台を作る時の排出CO₂と同等以上のCO₂が排出される。

◆技術開発の方向性

①蓄電池の進化

- －全固体電池
- －高入出力系蓄電池
- －革新型電池 など

②-1 高性能かつ省資源な材料の開発

- －正極のCoレス化
- －負極の黒鉛代替
- －次世代蓄電池材料 など

②-2 リサイクル技術の開発

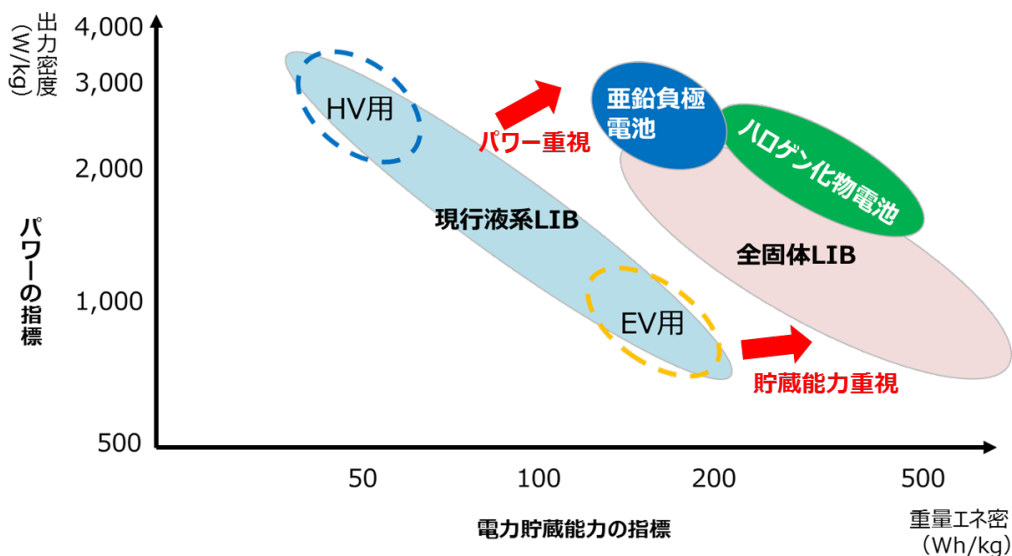
③蓄電池・材料生産プロセスの開発

- －高速生産プロセス
- －低炭素製造プロセス など

①蓄電池の進化

- 蓄電池は、現在液系リチウムイオン電池が主流。今後、全固体電池等の次世代蓄電池へと進化。
- 蓄電池技術は日本が優位も、ビジネス面で優位に立つ中国が技術でも猛追。
- ⇒ 高性能な蓄電池の量産技術を早期実用化。オープン/クローズ戦略で市場開拓と先行者利益を両立。
- 高性能蓄電池の実現に向けては、材料そのもの（Coレス正極や金属Li負極等の高性能な活物質、固体電解質）、材料組み合わせ、生産技術（全固体電池において高速で固体同士を接合する技術等）等の革新が課題
- ①高容量系（例えば全固体電池など）：パックで700~800Wh/L、②高入出力系：パックで2000~2500W/kg、かつ200~300Wh/Lを目指し、その製造技術、材料の開発等に取り組む。

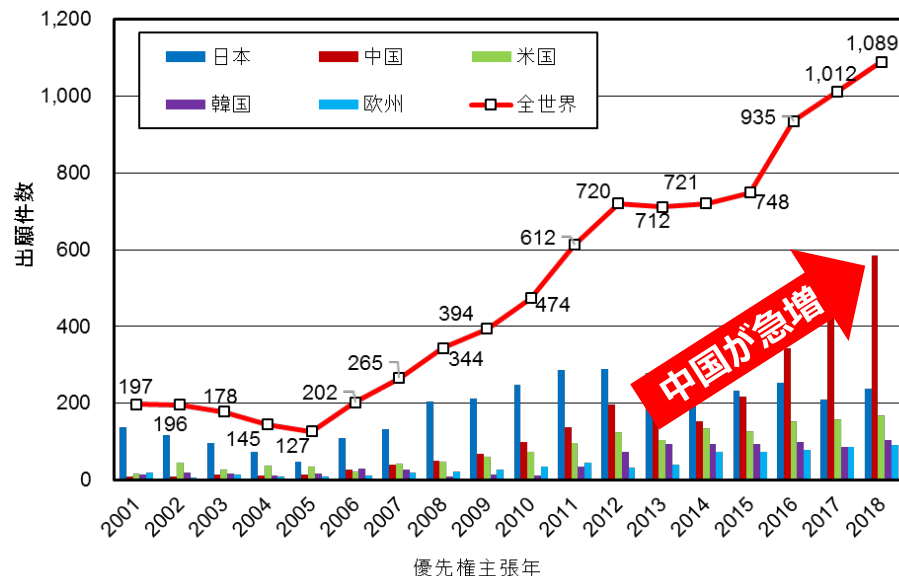
蓄電池技術の進化



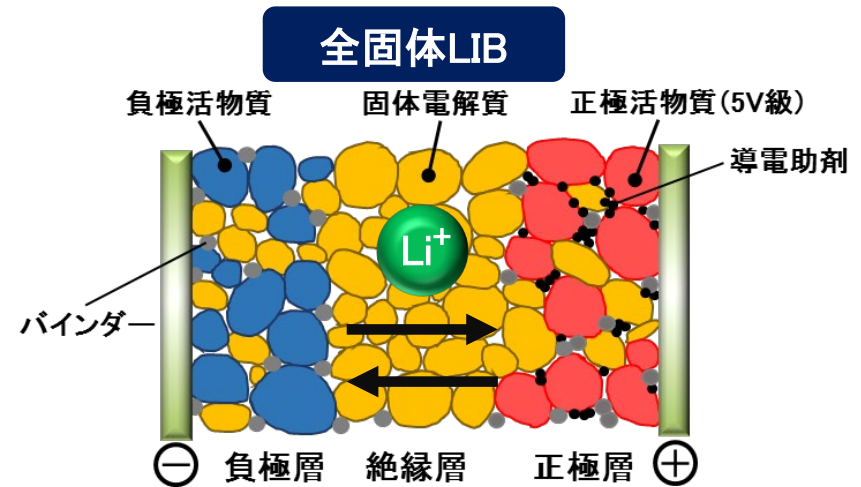
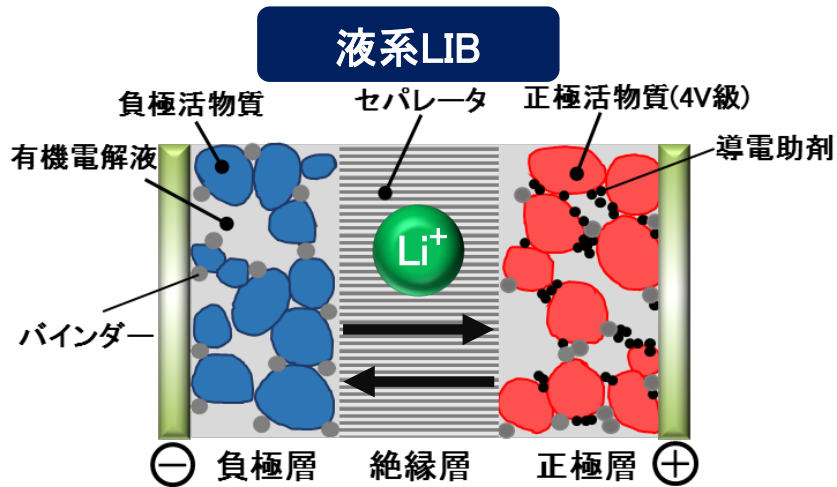
※記載している蓄電池は一例

全固体電池の特許出願件数推移

2001~2018の累計出願件数は日本リード
(日：37%、中：28%) も近年中国の出願数が急増



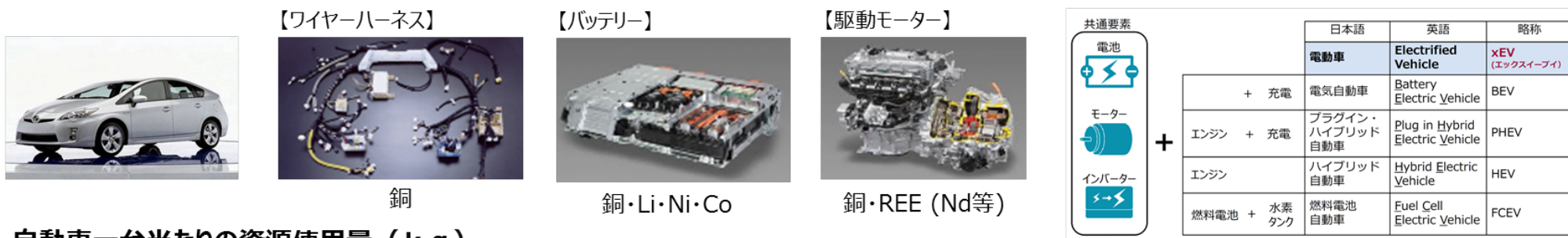
(参考) 液系リチウムイオン電池と全固体リチウムイオン電池の比較



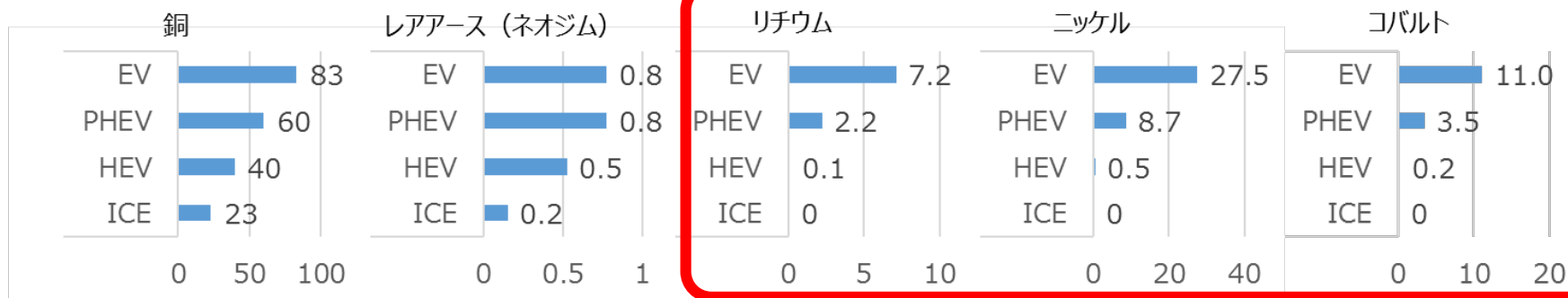
	液系LIB	全固体LIB
イオン伝導体	有機電解液 (可燃性)	無機固体電解質 (難燃性) → 安全性向上
分解温度	80°C以上 (冷却が必要)	200°C以上 (冷却が不要) → 耐熱性向上
耐電圧	4.5V程度で電解液が分解	5V以上 → 高エネルギー密度
イオン伝導度	~16 × 10 ⁻³ S/cm	~25 × 10 ⁻³ S/cm (硫化物系) → 高入出力化
輸率	0.3~0.5	1 (急速充電が可能)

②省資源：電動化に必要な主な鉱物資源の現状

- 電動車製造に不可欠な部品であるワイヤーハーネス、バッテリー、駆動モータには、銅、リチウム、ニッケル、コバルト、レアアース（ネオジム等）が使用される。
- 試算として、**EV100万台を製造するためには、リチウム、コバルトの現在の国内需要量と同程度の資源量が必要**。新規鉱山開発や省資源化・代替技術開発が進まない場合、**資源供給が国内製造の大きな制約**となる。



自動車一台当たりの資源使用量 (kg)



EV100万台*の製造に必要な資源量 *2030年次世代自動車普及目標20~30% (EV及びPHEV) 水準

	銅	ネオジム	リチウム	ニッケル	コバルト
必要資源量 (EV100万台分)	8.3万 t	775 t	7,150 t	2.8万 t	1.1万 t
国内総需要量 (2018)	106.3万 t	4,624 t	7,939 t	11.3万 t	1.1万 t

②-1 高性能かつ省資源な材料開発

- 蓄電池材料として、リチウム、ニッケル、コバルト、黒鉛等の資源が必要。
- 特にコバルトや黒鉛は特定国への依存度が高く、高性能な代替材料開発のニーズが高い。
- このような、チョークポイントとなる資源の使用量を著しく低減することを可能とする技術の開発を目指す。

(技術課題の例)

【正極材】

- ・高性能化と省コバルト化のため、三元系（NMC）は、**コバルトレス、ハイニッケル化**の傾向
⇒ハイニッケルの正極材料は、**不安定性が高く、発火リスク等**のマネジメントが必須
※全固体リチウムイオン電池では、**コバルトフリー正極**の活用も期待されている。

- ・**Niを利用せず、かつ、高性能な正極材**のメドは未だ立っておらず。

【負極材】

- ・次世代の負極として期待される**シリコン系負極**は、**充放電を繰り返すうちに割れが生じ、急速に劣化**
- ・シリコン系負極は、充電でLiイオンを取り込んだ後、放電時にも一部のLiを脱離させず、反応に寄与しないLiイオンが一定量出てしまう。
⇒技術的な解決のアプローチは複数提案されているが、**負極にシリコン系を大量利用する方法は未確立**
- ・**金属Li負極**は、究極の負極材として期待されてきたが、デンドライト成長の抑制など、本質的な課題があり、実用化されていない。
⇒全固体電池において適用可能となる可能性あり。他方、**デンドライト成長、平滑面の維持などの技術課題**の解決が必要。

(参考) **米・リチウムバッテリー国家計画**では、米国内で生産不可能な**NiやCo**を使用せず、**Ni・Coフリー正極、金属Li負極**の全固体電池で**500Wh/kg**を目指す方向性が掲げられている。

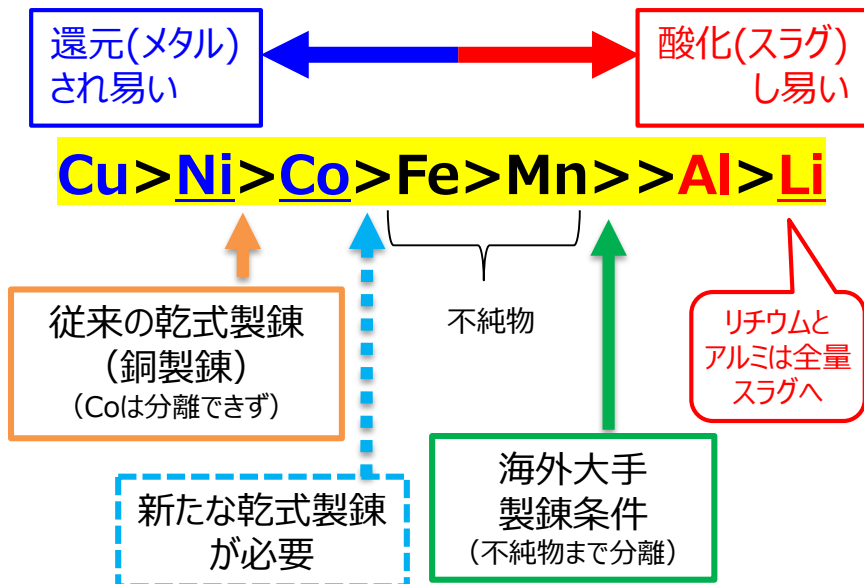
【その他】

- ・正極材、負極材を変更した場合に、それに対応して、**導電材、分散剤、バインダー等**の開発が必要となる可能性あり。

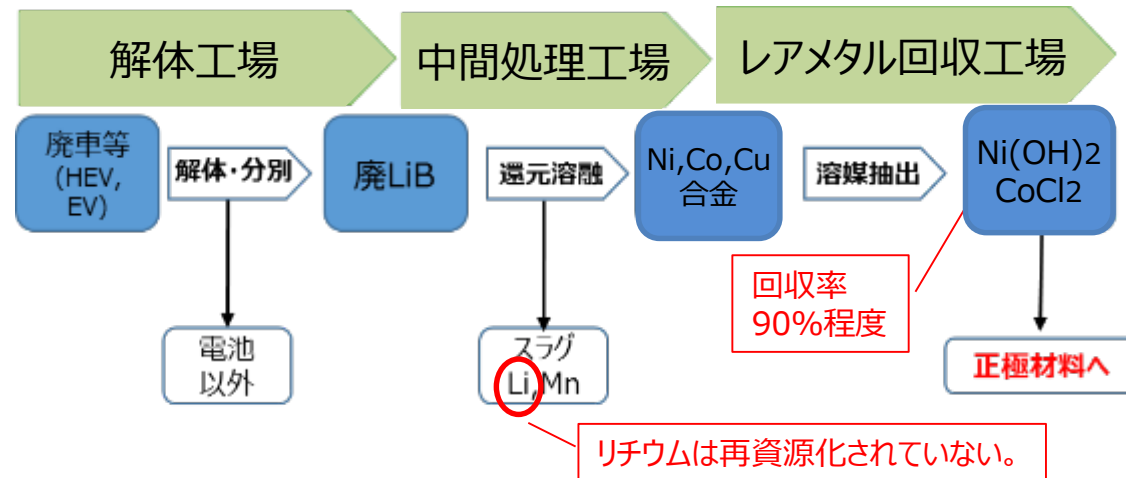
②-2 リサイクル技術

- 正極材で使用されるニッケル・コバルトは鉄と性質が似ているため、酸化還元条件を微調整することにより銅・ニッケル・コバルトを鉄（不純物）などと効率的に分離・濃縮する必要がある。
- 乾式製錬では、温度条件や酸化還元度を緻密に制御する必要があるとともに、リチウムは酸化され易くスラグへ移行するため、ニッケルやコバルトとの同時回収は難しい。
- 湿式製錬では、リチウム回収も可能であるが、多量の薬剤等が必要となるとともに、蓄電池原料としての高純度化は難しい。
- LIBリサイクルで先行している海外大手は、使用済LIBを回収しリサイクルを行っているが、**ニッケル、コバルトの回収率は90%程度でリチウムは回収できておらず**、また、**そのまま正極材として利用できる品質での高純度化ができていない**。
- 資源制約の克服・サステナビリティ向上のため、**競争力のあるコスト、正極材として利用できる品質で、ニッケル・コバルトは回収率95%以上、リチウムは70%以上の回収**を可能とする技術開発を目指す。

Ni,Co,Liの化学的性質



リチウムイオン電池から希少金属の回収方法（海外大手の例）

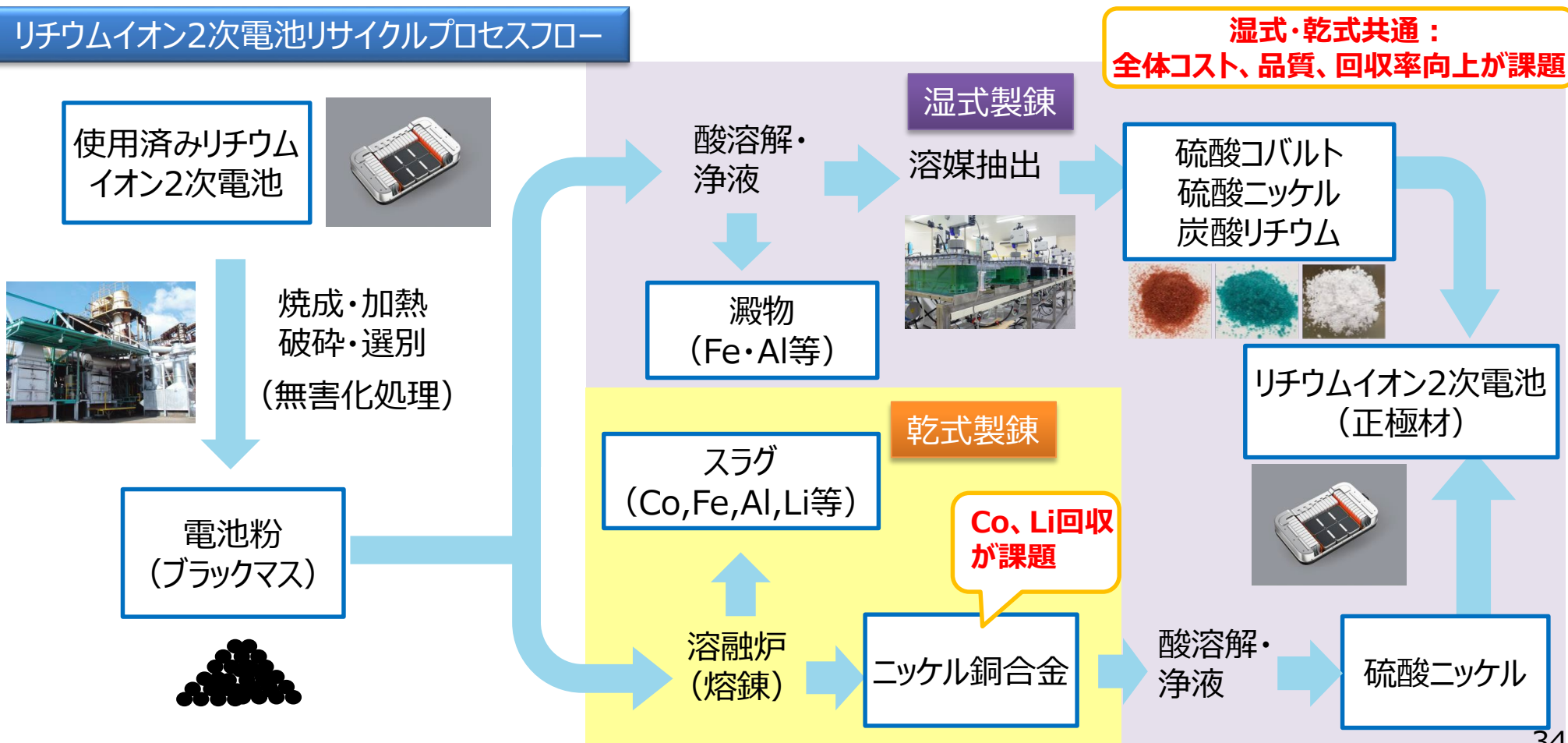


(出所) 第6回 マテリアル戦略有識者会議を元に作成

(参考) 現状リチウムイオン電池のリサイクルプロセス

- リチウムイオンバッテリー2次電池のリサイクルプロセスには、乾式製錬 + 湿式製錬と 湿式製錬の2つの手法がある。
- 無害化処理後の電池粉（ブラックマス）から熱処理により回収する乾式方法と薬剤により回収する湿式方式により、リチウムイオン2次電池（正極材）に必要なコバルト、ニッケル等を再生する。

リチウムイオン2次電池リサイクルプロセスフロー



(参考) カーボンニュートラル実現に向けたJOGMECのファイナンス支援の強化

- エネルギー転換の進展に伴う電動車や再エネ発電等の普及により、特定の鉱種の需要増加が見込まれることを踏まえ、脱炭素社会に必要な鉱種や活動について、支援強化を検討する。
- カーボンニュートラル実現に向けて支援が必要な鉱種であって、供給リスクが高く、かつ需要が急増するものは、JOGMECによるリスクマネー支援を上積みする。

メニュー	現行条件
探鉱融資	融資割合 ベースメタル：70%上限 レアメタル・ウラン：80%上限
探鉱出資	出資割合：最大50% (R1補正予算：100%未満*) * 供給途絶が懸念される鉱種
海外開発債務保証	保証割合：90%上限 保証料：0.4～1.55% (保証人有の場合0.1%)
海外金属採掘等資金出資	出資割合：最大50% (H22、R1補正予算：100%未満*) * 供給途絶が懸念される鉱種

◆ 支援強化の方向性

- 運用等の見直しにより、JOGMECの出資割合等を変更。
- 日本企業が関与する海外鉱山等事業における低炭素化のための取り組みも積極的に支援。

◆ カーボンニュートラル実現に向けてJOGMECの支援が必要とされる鉱種（例）



【バッテリー】
リチウム、コバルト
セリウム 等

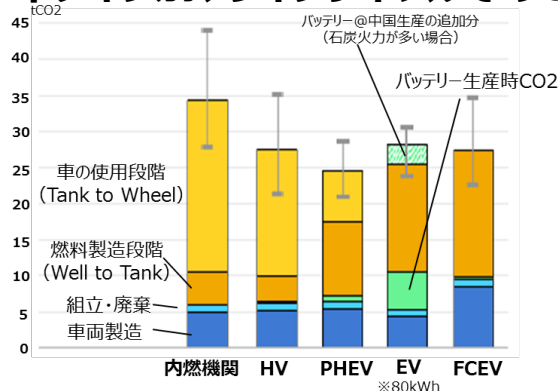


【駆動モータ】
ネオジウム、
ジスプロシウム 等

③蓄電池製造技術

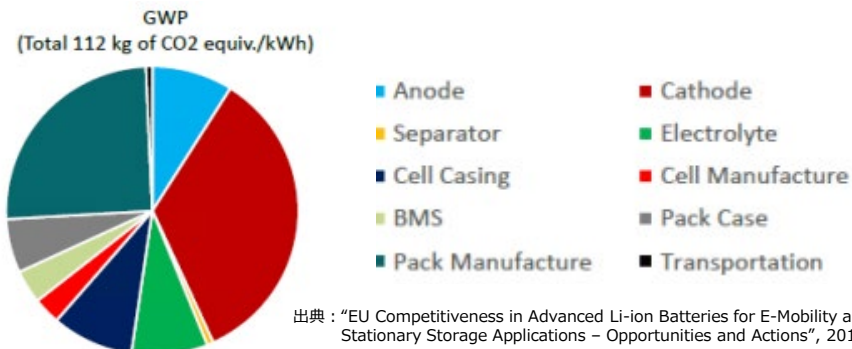
- EVの製造・廃棄時に排出されるCO₂の約半分、ライフサイクルでの排出の20%近くがバッテリー生産に起因。
- **材料段階でのGHG排出も多く、材料段階から含めた製造時CO₂排出量削減の取組が不可欠。**
- また、蓄電池や材料の製造ラインは投資が重たく、**高効率生産技術**の確立は、競争力向上に直結。
- **高性能蓄電池の生産プロセスの開発**に加え、**材料生産時のGHG排出削減**（取組対象工程において概ね1割のGHG排出削減、又はプロセスの電化）や**高効率生産**を可能とする技術開発に取り組む。

◆パワートレイン別、ライフサイクルでのCO₂排出量



※電源のCO₂排出量は世界平均(0.51kgCO₂/kWh)で計算
 (参考) 各国の電源のCO₂排出量 (2017)
 日本 0.47kgCO₂/kWh、中国 0.64kgCO₂/kWh、仏国 0.06kgCO₂/kWh
 出典：Global EV Outlook 2020から作成

◆蓄電池製造時のGHG排出の内訳

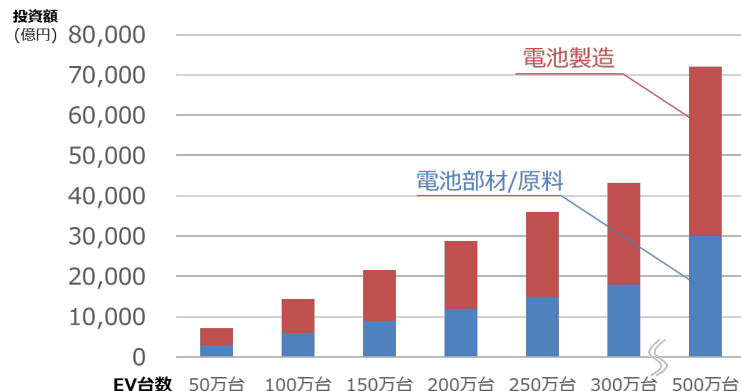


出典：“EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions”, 2017

◆GHGを多量排出する材料工程の例

- ・正極前駆体製造時に、大量の溶液を利用して製造⇒乾燥（大量の排水も発生）
- ・リチウム塩と正極前駆体を混合後、焼成プロセスで合成
- ・負極は黒鉛が主流であり、CO₂源となる。特に人造黒鉛の場合、高温焼成が必要。

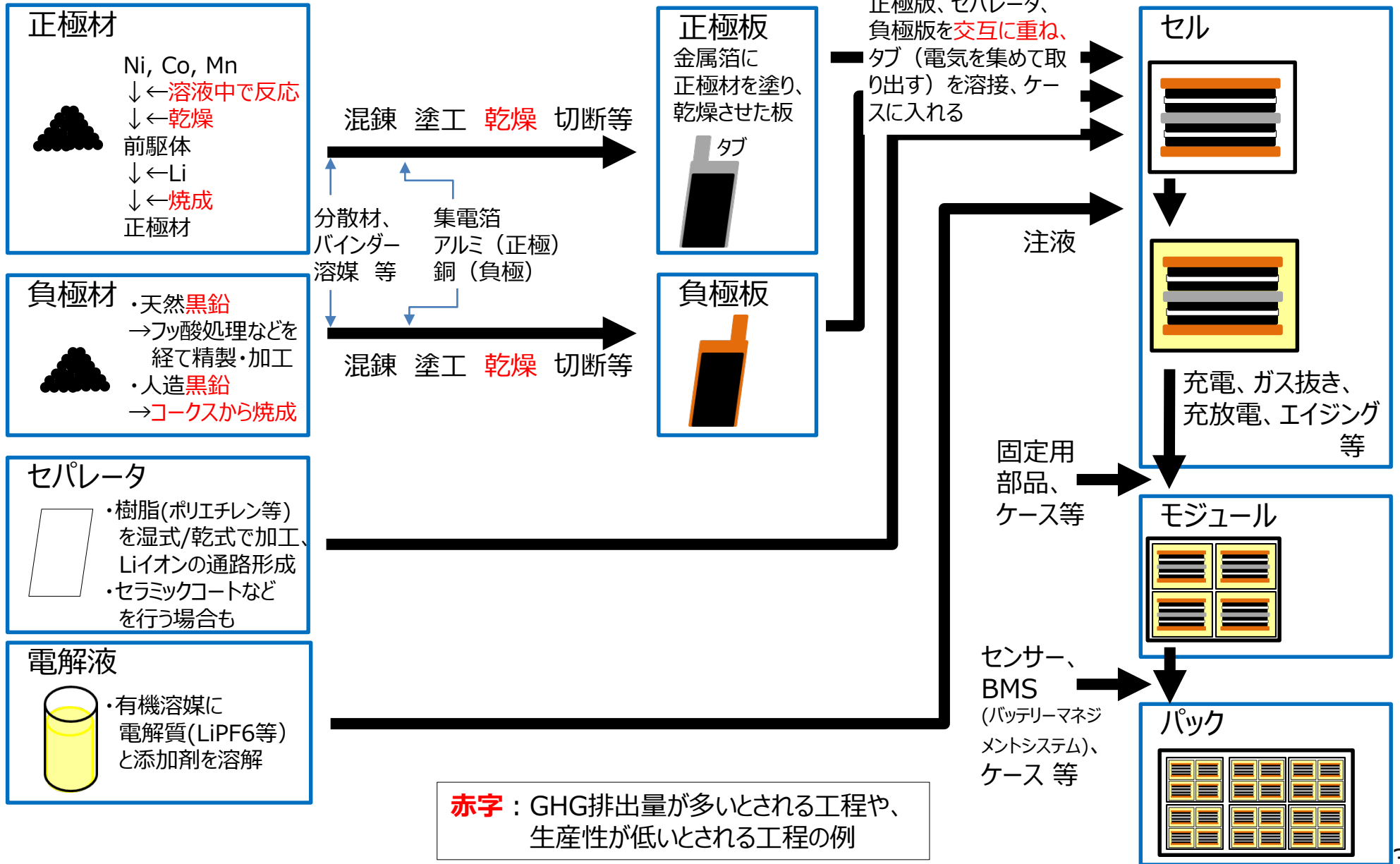
◆蓄電池・材料の所要投資規模



＜前提＞ ※一部部材含まず（銅箔等） ※EV1台あたり60kWh積載 ※2019年自動車販売台数 519万台

出典：第3回カーボンニュートラルに向けた自動車政策検討会
 蓄電池サプライチェーン協議会発表資料より抜粋

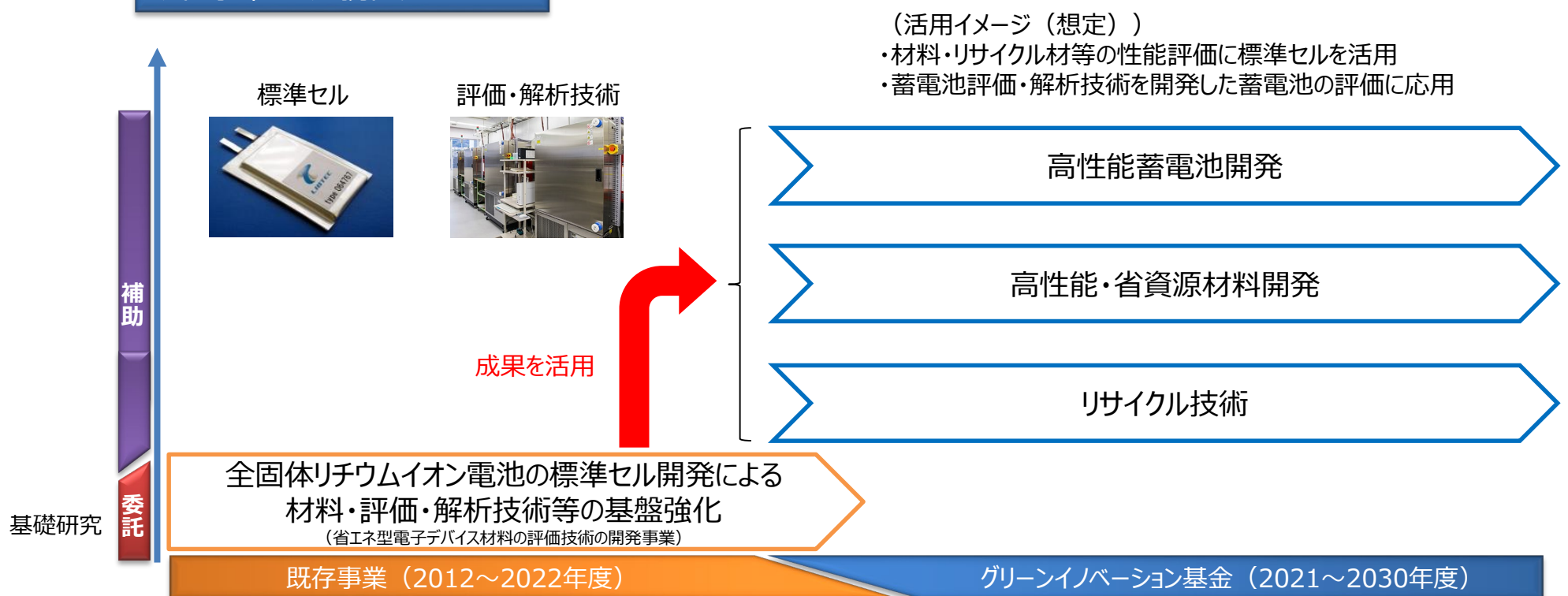
(参考) 一般的な蓄電池製造プロセス (概要)



(参考) 既存予算事業と本プロジェクトのシナジー

- 現在、「省エネ型電子デバイス材料の評価技術の開発事業」において、全固体リチウムイオン電池の材料の評価のための標準セルの開発等に取り組み、全固体電池関係の材料、評価・解析技術（※）等に関する基礎的な技術強化を進めている。（※）全固体リチウムイオン電池以外の蓄電池系にも応用可能
- 本プロジェクトでは、こうした技術基盤を活かしつつ、高性能蓄電池や材料の開発等に取り組む。

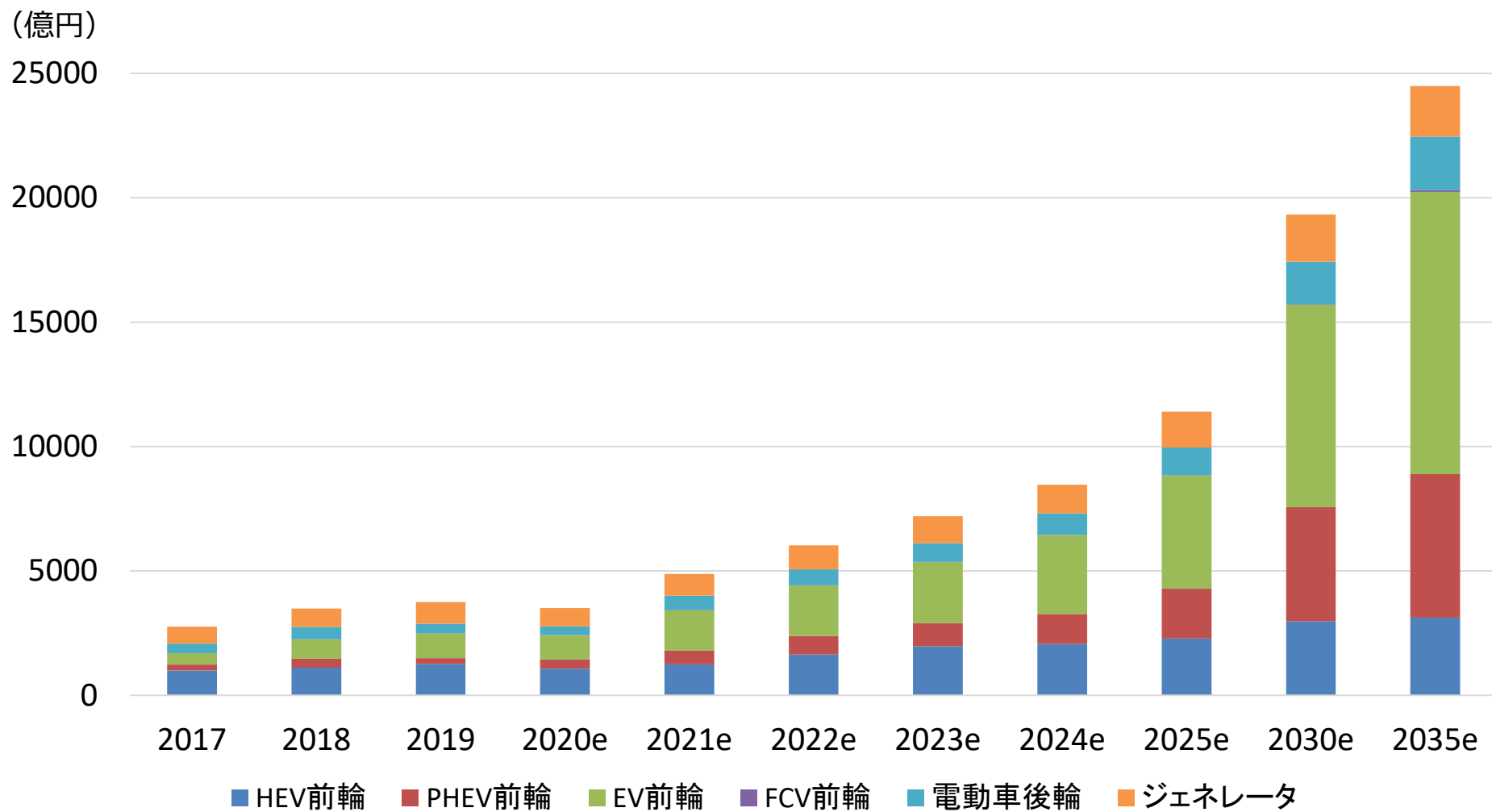
既存事業との連携開発イメージ



1. 自動車の現状と課題、
GHG削減に向けた研究開発の方向性
2. **次世代蓄電池・次世代モータの開発**
 - 研究開発の全体像
 - 蓄電池の現状・課題と取組
 - **モータシステムの現状・課題と取組**
 - 本プロジェクトのスケジュール等

電動車駆動用モータの市場規模予測

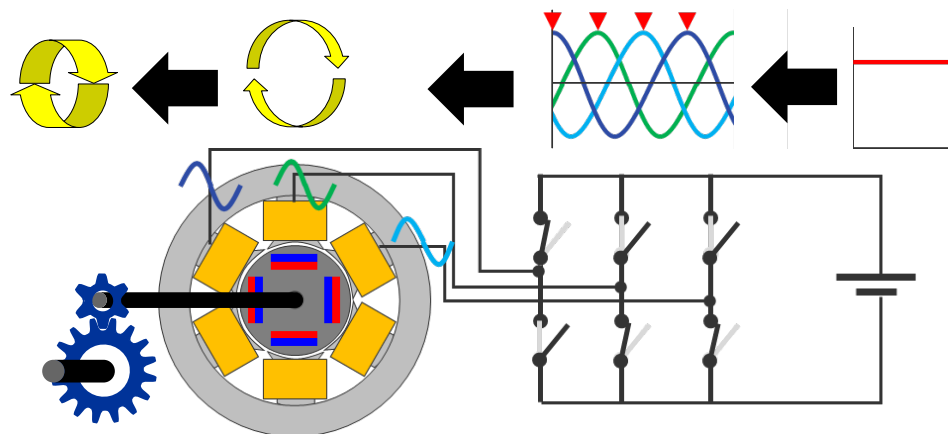
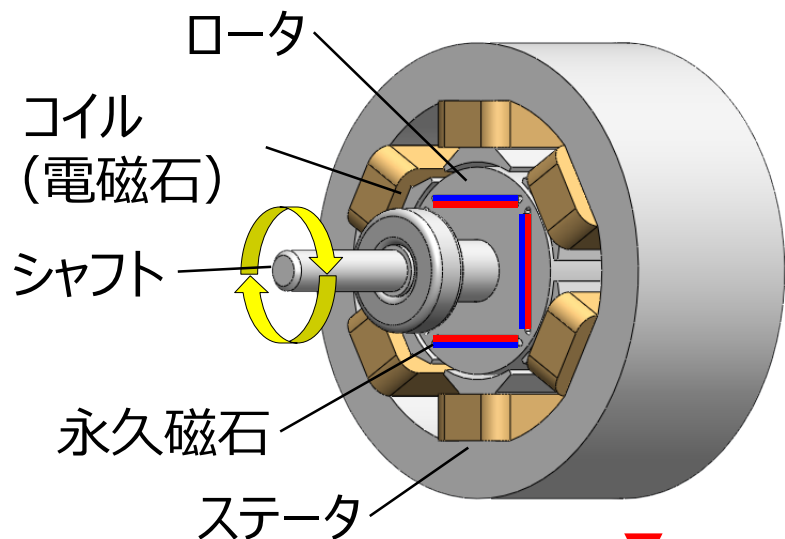
- EV・PHEV用モータを中心に、市場が急激に拡大見込みであり、モータの産業競争力強化を図るには、EV・PHEVに向け高性能モータを供給し、生産力や価格競争力を高めることが必要。



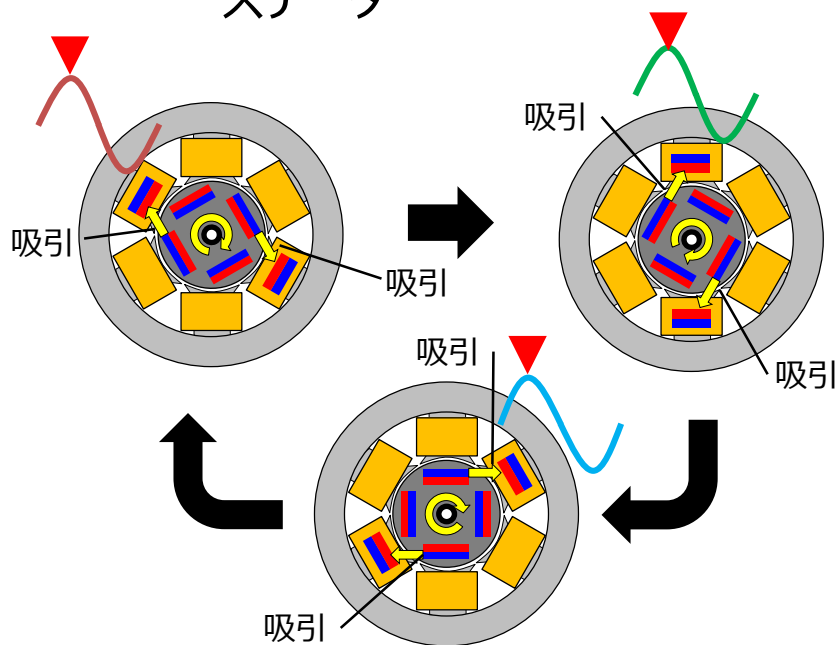
(出典：富士経済 2020年版HEV, EV関連市場徹底分析調査から経済産業省作成)

(参考) EV用のパワートレイン構成と代表的なモータ構造

(埋込磁石型交流同期モータ)



ギヤ： 回転数を下げトルクを増やす
モータ： 磁石の吸引・反発を介して電力→回転力に変換
インバータ： スwitchingにより直流→3相交流変換
バッテリー： 直流電源



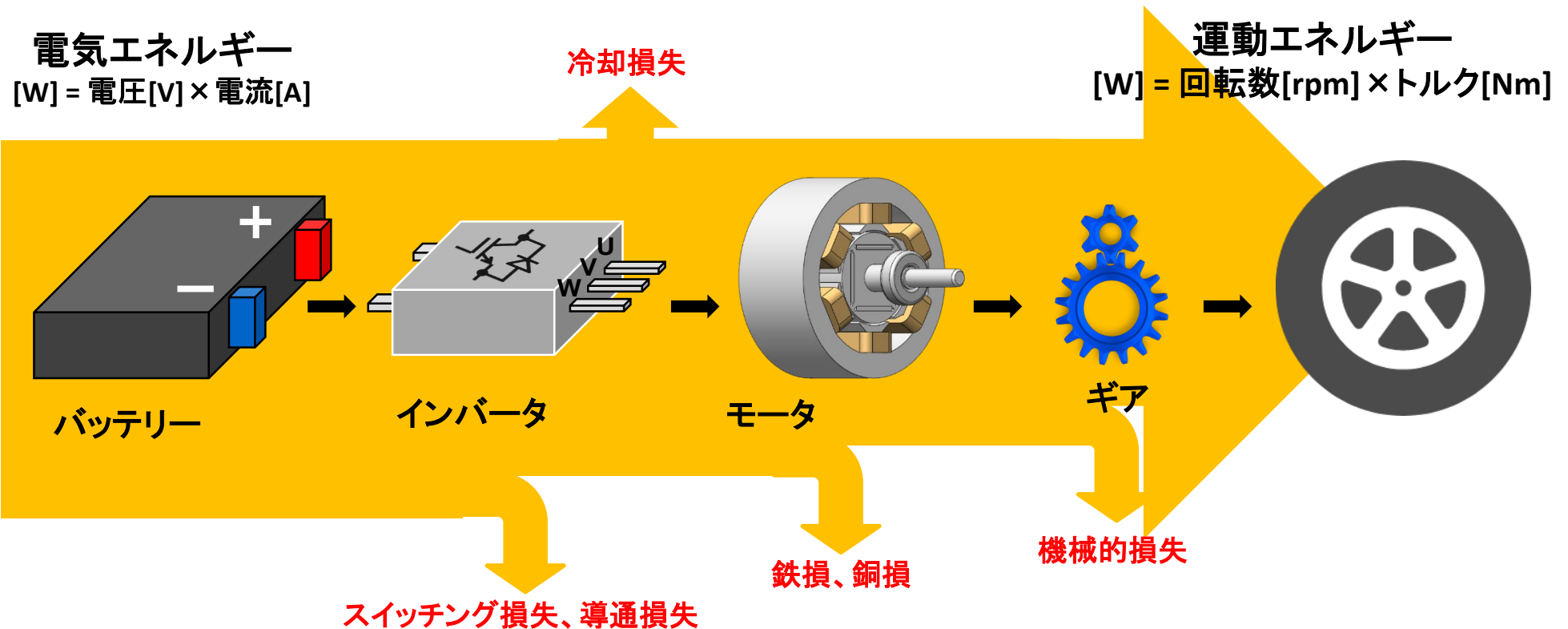
コイルの磁界と永久磁石が同期して回転

モータの性能を示す代表的な指標

- **トルク** [N・m]：回転する力
- **回転数** [rpm]：1分間にロータが回転する回数
- **出力 = トルク × 回転数** [W]
：単位時間に行う仕事の量(仕事率)
- **出力密度** [kW/kg]
- **効率** [%]

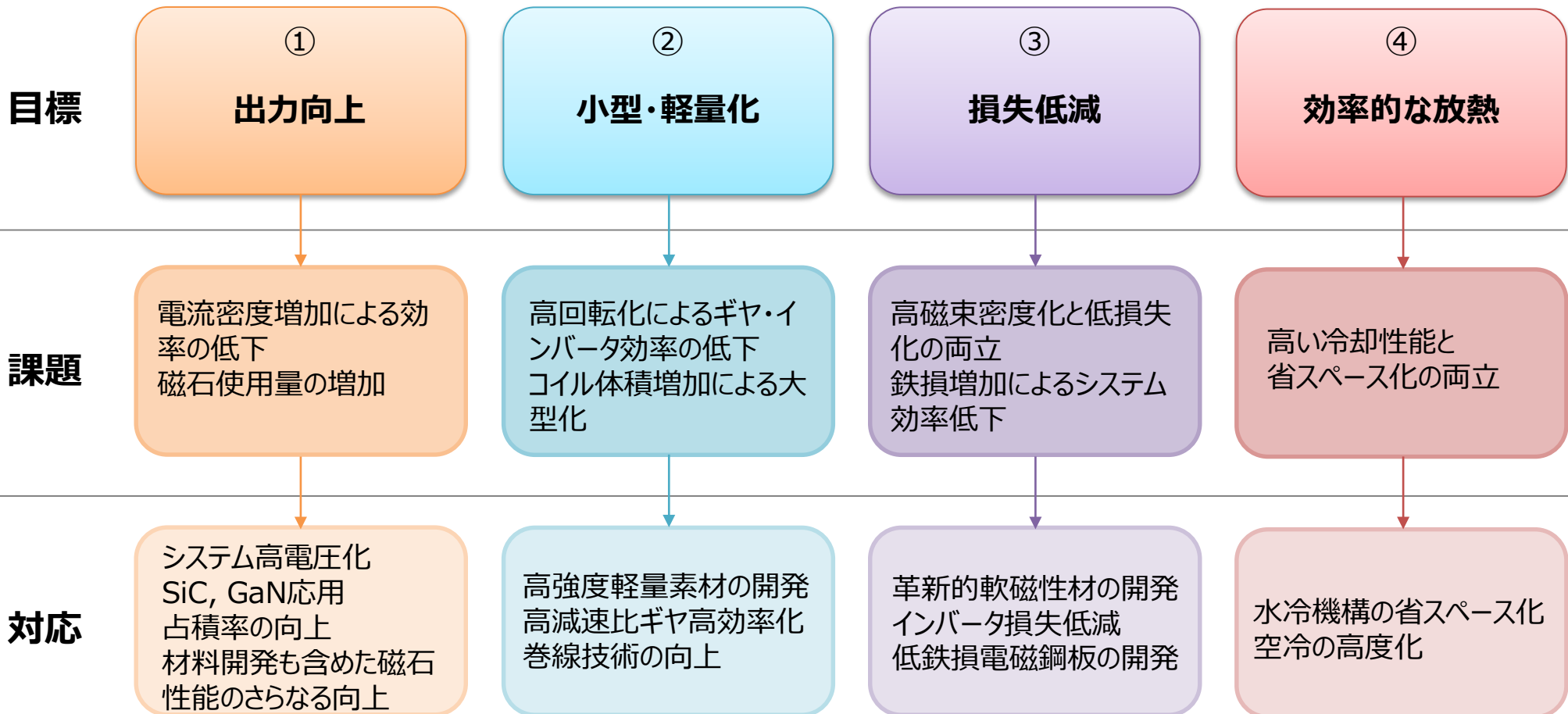
モータシステムのシステム効率

- モータシステムは、モータ、インバータ、ギア、冷却機構等で構成され、電気エネルギーを運動エネルギーに変換。
- インバータで電気信号を制御しバッテリーからの電気エネルギーをモータに伝達し、モータから発生した運動エネルギーをギヤを通じてタイヤ等に伝えることでモビリティが駆動。
- 電気エネルギーから運動エネルギーに変換される途中に損失が発生（→次の2ページに課題等を整理）。
- この損失をシステムとして低減させ、システム効率85%を目指す。



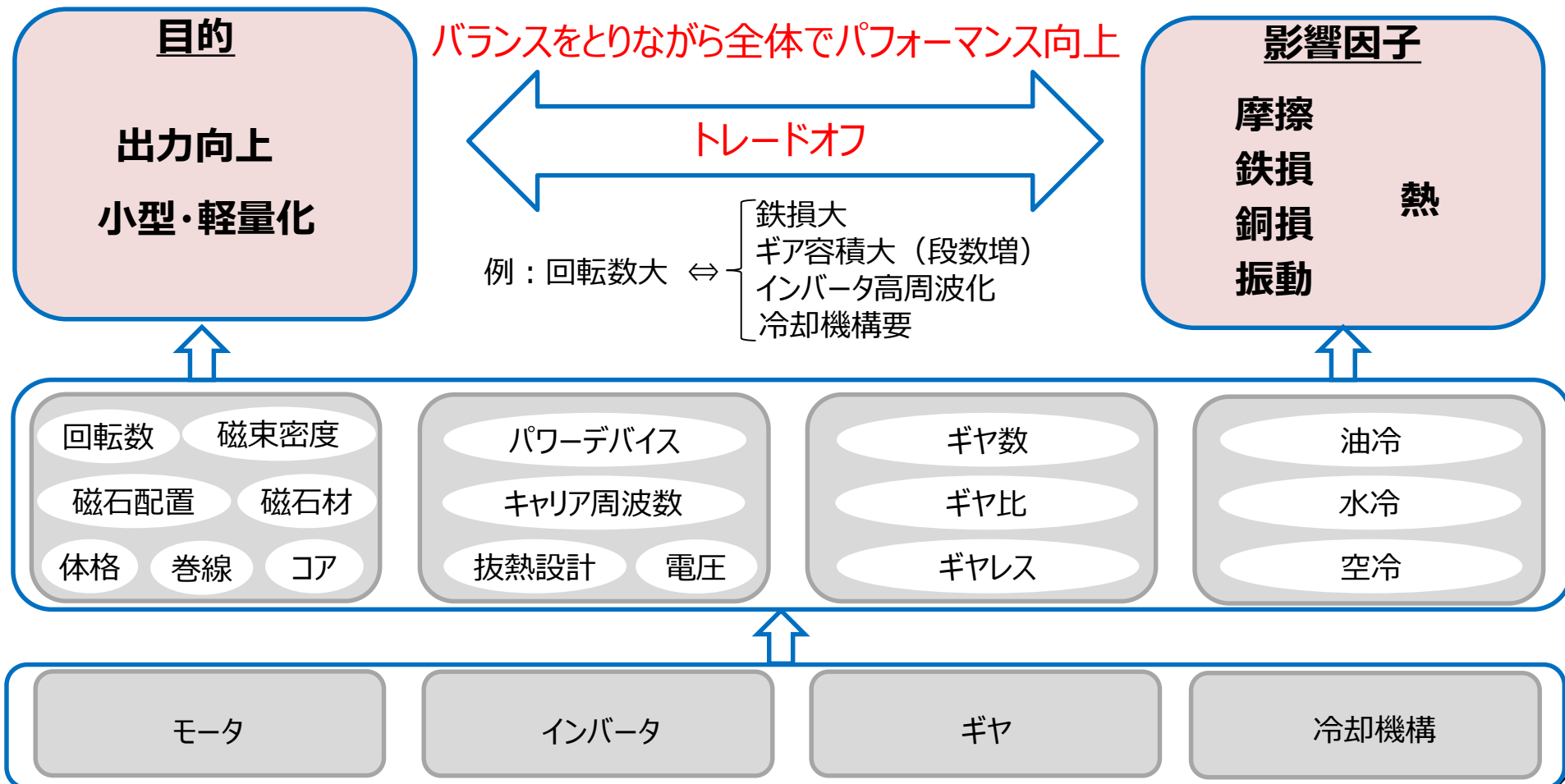
モータシステムのイノベーションの要素

- システム効率と、モビリティに求められるパワーや積載性とを両立させるには、①出力の向上、②小型・軽量化、③損失低減、④効率的な熱マネジメントが必要。
- これらを実現するためには、例えば、材料開発も含めた磁石性能のさらなる向上や、モータ・インバータの構造最適化等による出力向上や小型化・軽量化等を進める必要がある。



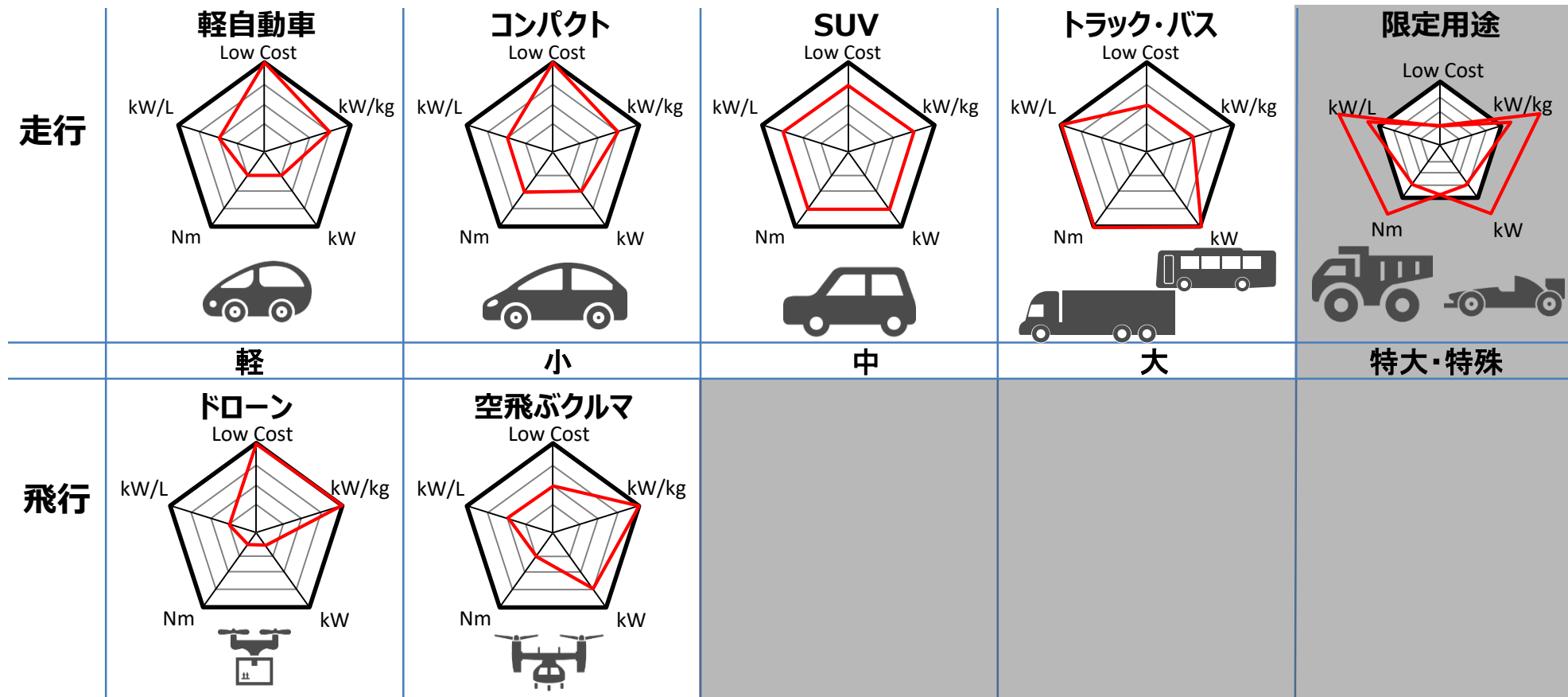
モータシステム全体のイノベーションの必要性

- モータシステムの出力向上のために、高回転化することでギアの摩擦によるエネルギー損失が増大する、高回転化せずに出力をあげようとするなど、イノベーションの要素が相反してしまうことがある。
- 個々の技術開発を進めるだけでなく、モータの材料から構造、ギアやインバータなどの要素間のバランスをとりながらモータシステム全体としてのイノベーションを図る必要がある。



用途毎に求められるモータ特性の整理と高出力密度化

- 世界の有力サプライヤーがモータ、インバータ、ギア、冷却機構を組み合わせたシステムとして、部品間をつなぐ高圧電線、機械部品等を省略し**高効率、小型、軽量、低コスト**な電動駆動モジュール（e-Axle）の提供開始。
- モジュールのバリエーションに加え、高圧化・ギア・モジュールの組合わせで様々なモビリティに適用するコンセプト。
- モジュール化を円滑に進めるためには、エネルギー効率のみならず、**高出力化と小型・軽量化の両立 = 高出力密度化が必要。本事業では、出力密度8.0kW/kg（モータ単体）、3.0kW/kg（システム）を目指す。**



注1) 高効率化は全てに共通指標のため図示せず。注2) 搭載モータ複数化等のアプローチもあるため一概には言えない

(参考) 各国の目標水準 (システム効率)

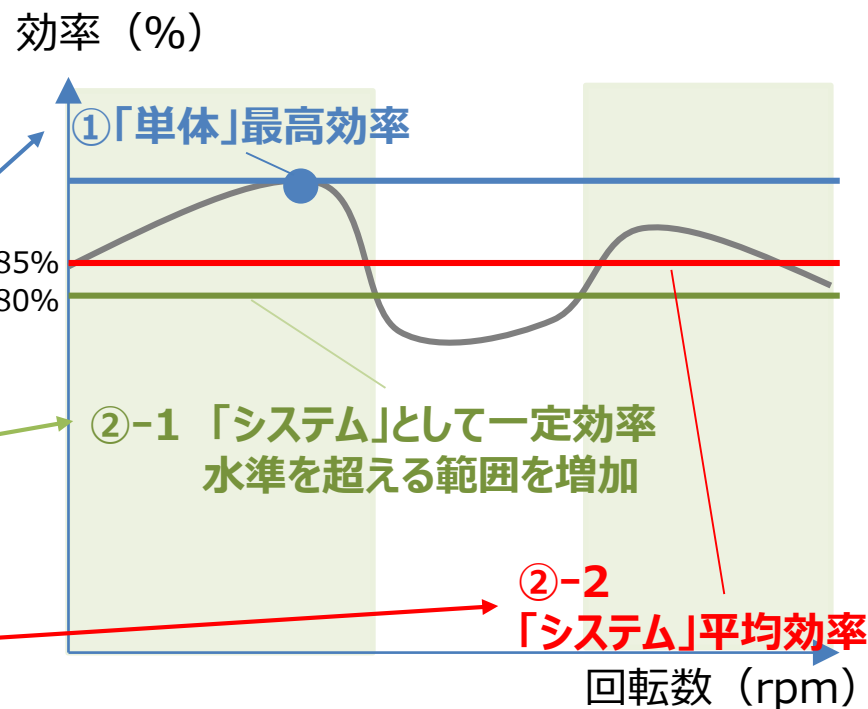
- 各国の効率の目標値の考え方は、①最高効率向上、②平均的な効率の向上の2種類が存在。
- 効率値については、①e-Axle化 (モータ・ギア・インバータ等の一体化) が進む中、モータ単体のみならず「システム」として効率を評価する必要、②モビリティ用途ではストップ&ゴーや坂道発進・高速道路走行も想定され、モータの回転数、トルクおよび出力が大きく変化するため、平均的な効率を向上させることが重要。

⇒本事業では、「平均的な」「システム」効率に着目して目標設定

各国の効率目標

国	2020年現在	目標値 (目標実現時期)
米国 モータ 単体効率	94% (最高効率)	97% (2025年) (最高効率)
中国 システム 効率	-	効率80%を超えるエリアが 90% (2025年) 93% (2030年)
日本 システム 効率	-	85% (2030年) (平均効率)

効率目標の考え方



※上記では、「単体」効率と「システム」効率を記載しているため、厳密には同一グラフで比較できないことに留意

(参考) 各国の目標水準 (出力密度)

- 各国ともに、モータ単体の出力密度向上のための目標設定を行い、開発支援を進めている。

国・地域	2020年現在	目標値 kW/kg (2025年)	目標値 kW/kg (2030年)
米国	4.0kW/kg	5.0kW/kg	—
中国		5.0kW/kg	6.0kW/kg
日本		—	8.0kW/kg

(参考) 各国の支援施策・計画

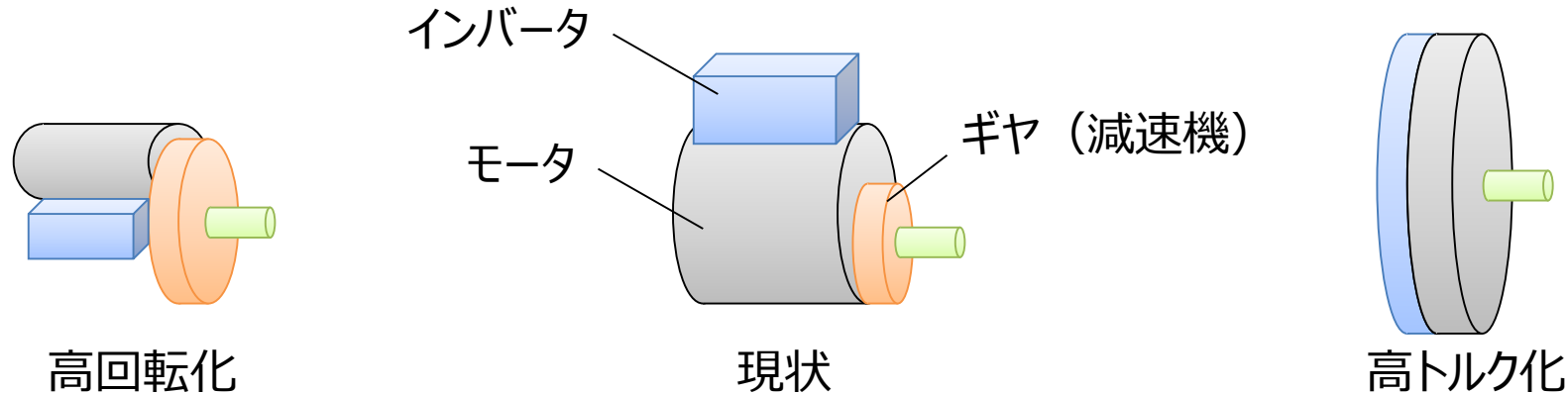
国・地域	プログラム・予算額
米国	<p>◆エネルギー省 (DOE/VTO) : 4億ドル (約440億円相当、FY2021)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高効率でクリーンなモビリティ技術に係る各種プログラムを通じて研究開発・実証・普及を支援。ここ10年間は年間3～4億ドルで推移し、近年増額傾向。 <ul style="list-style-type: none"> -APEEM (Advanced Power Electronics and Electric Motors) R&D, 2012～ -EDT (Electric Drive Technologies) Program, 2016～ ・企業 (GM、GE、Delphi、Ford等)、国研 (Oak Ridge、Argonne等)、大学等の開発を支援
欧州	<p>◆Nextgen EV components (Horizon Europe)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2021年6月より公募中。予算総額2千万ユーロ (約26億円) ・Zero emission車両向けのコンポーネント開発プロジェクト。パワエレ領域 (SiC、GaN、パッケージング技術等) が主な開発対象だが、以下のようにモータ側を含めた目標値が示されている。 <ul style="list-style-type: none"> -5 kW/kgあるいは 20kW/Lを超える大幅な電気駆動の小型・軽量化を可能にするパワエレ開発。 <p>◆Nextgen vehicles (Horizon Europe)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2021年6月より公募中。予算総額4千5百万ユーロ (約59億円) ・7.5t以上の地域物流車両のZEV化実証を実施。300km以上航続可能な高効率パワートレインを含み、トータル効率10%向上を目指す。特定のパワートレイン開発項目も含む。

(参考) 各国の支援施策・計画

国・地域	プログラム・予算額・目標												
<p>英国</p>	<p>◆英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (UKRI/Driving the Electric Revolution)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2018年に開始。予算総額 8千万ポンド (約120億円相当)。 ・電動車・電動Aircraft・ロボット等向けのモータ、パワエレ、自動車部品に係る研究開発基金。2025年までに7500億円規模の産業育成を目指す。 ・これまでにZF Automotive, Wavedrives、Compound Semiconductor、Rolls-Royce plc、リンカーン大、ブリストル大等、104の企業・アカデミアに19億円を支援。 ・電化革命産業化推進センター (DER-IC) を50億円で設置。 												
<p>中国</p>	<p>◆国務院 (新エネルギー自動車産業発展計画)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動車用規格に適合する高効率・高出力密度駆動モータシステムなどの基幹技術および製品を進展させる。 <p>◆中国自動車工学学会 (省エネルギー・新エネルギー自動車技術ロードマップ2.0)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・駆動用モータシステム分野の重点技術の中で「モータの出力密度と効率の向上」の目標を設定 <table border="1" data-bbox="420 911 1769 1146"> <thead> <tr> <th></th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>乗用車モータの比出力</td> <td>5.0kW/kg</td> <td>6.0kW/kg</td> <td>7.0kW/kg</td> </tr> <tr> <td>モータシステムの効率が80%を超えるエリア</td> <td>90%</td> <td>93%</td> <td>95%</td> </tr> </tbody> </table>		2025	2030	2035	乗用車モータの比出力	5.0kW/kg	6.0kW/kg	7.0kW/kg	モータシステムの効率が80%を超えるエリア	90%	93%	95%
	2025	2030	2035										
乗用車モータの比出力	5.0kW/kg	6.0kW/kg	7.0kW/kg										
モータシステムの効率が80%を超えるエリア	90%	93%	95%										

(参考) モータシステム出力向上のアプローチ

- 現在は構成部品（モータ・インバータ・ギヤ）の短所を回避する方向での最適設計がされている。
- 今後のさらなる性能向上のためには、使用用途に応じて①更なる高回転化と②高トルク化、いずれのアプローチも最適解となり得るが、これまでにない革新的材料や、モータ構造の採用などのイノベーションが必要となる。

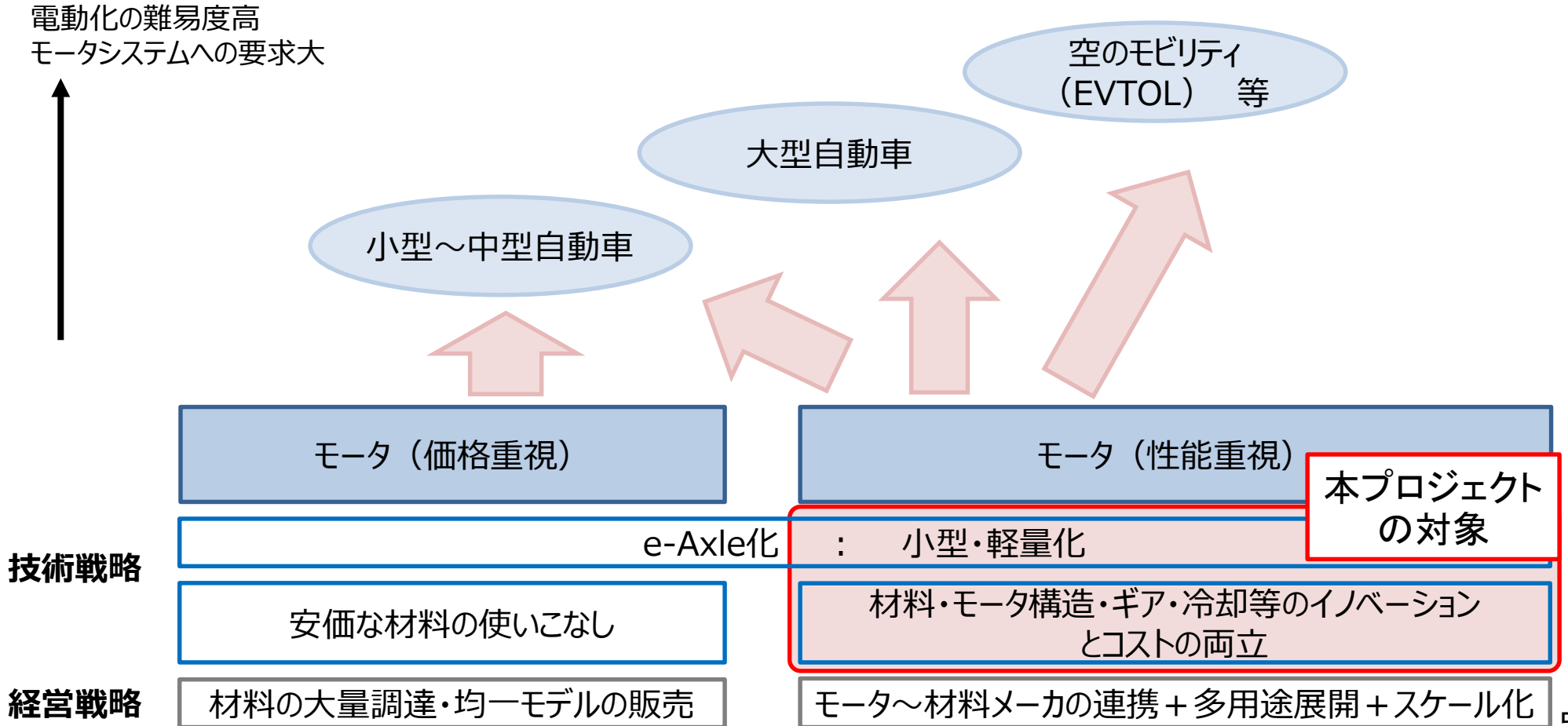


	高回転化	現状	高トルク化
モータ 赤字：必要となるイノベーション例	小径・長軸長（円筒形） ・超高回転に耐える構造 ・電磁鋼板の革新	中径・中軸長	大径・短軸長（円盤形） ・大径化しても磁場-コイルの位置関係を維持する技術革新 ・電磁鋼板の革新
インバータ	高周波化（電流の周波数↑） ・インバータ（スイッチング）での損失激減	一般的な周波数	多極化・多スロット化（コイルの数などが↑） ・コイルの巻き方（生産技術） ・電流分配精度の大幅向上
ギヤ（減速機）	高減速比・多段 ・超高回転に耐える高強度ギヤ材料 ・潤滑・冷却技術の革新	中減速比・1段	低減速比・1段～ギヤレス ・ギヤ無しで回転数等の制御が十分できるモータ機構の開発

モータ技術強化の必要性

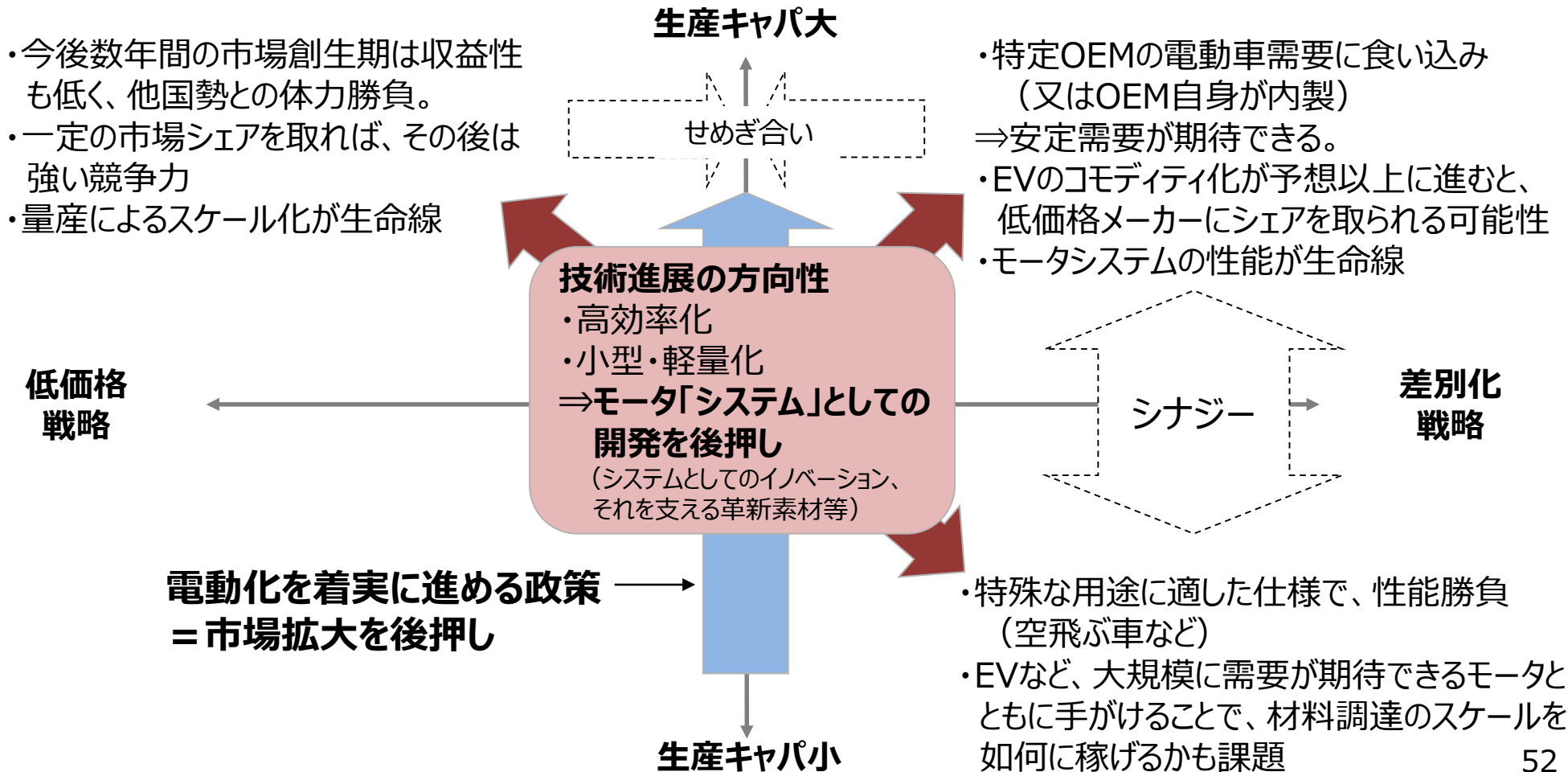
- モビリティの電動化を通じたカーボンニュートラル化を進めるためには、①**電動化できるモビリティ領域の拡大**、②**モータシステムの効率向上による電力消費の削減**が不可欠。
- モータ、インバータ、ギア、冷却機構等を一体化・モジュール化し、搭載性を高める「**e-Axle化**」、システムとして効率を高める**アーキテクチャ的発想**、大型車や空のモビリティなどパワーを要するモビリティの電動化に向けた**出力密度の向上**、これらを支える**材料、電気・磁気、機械、熱など、様々な領域のイノベーション**が必要。

電動化の難易度高
モータシステムへの要求大



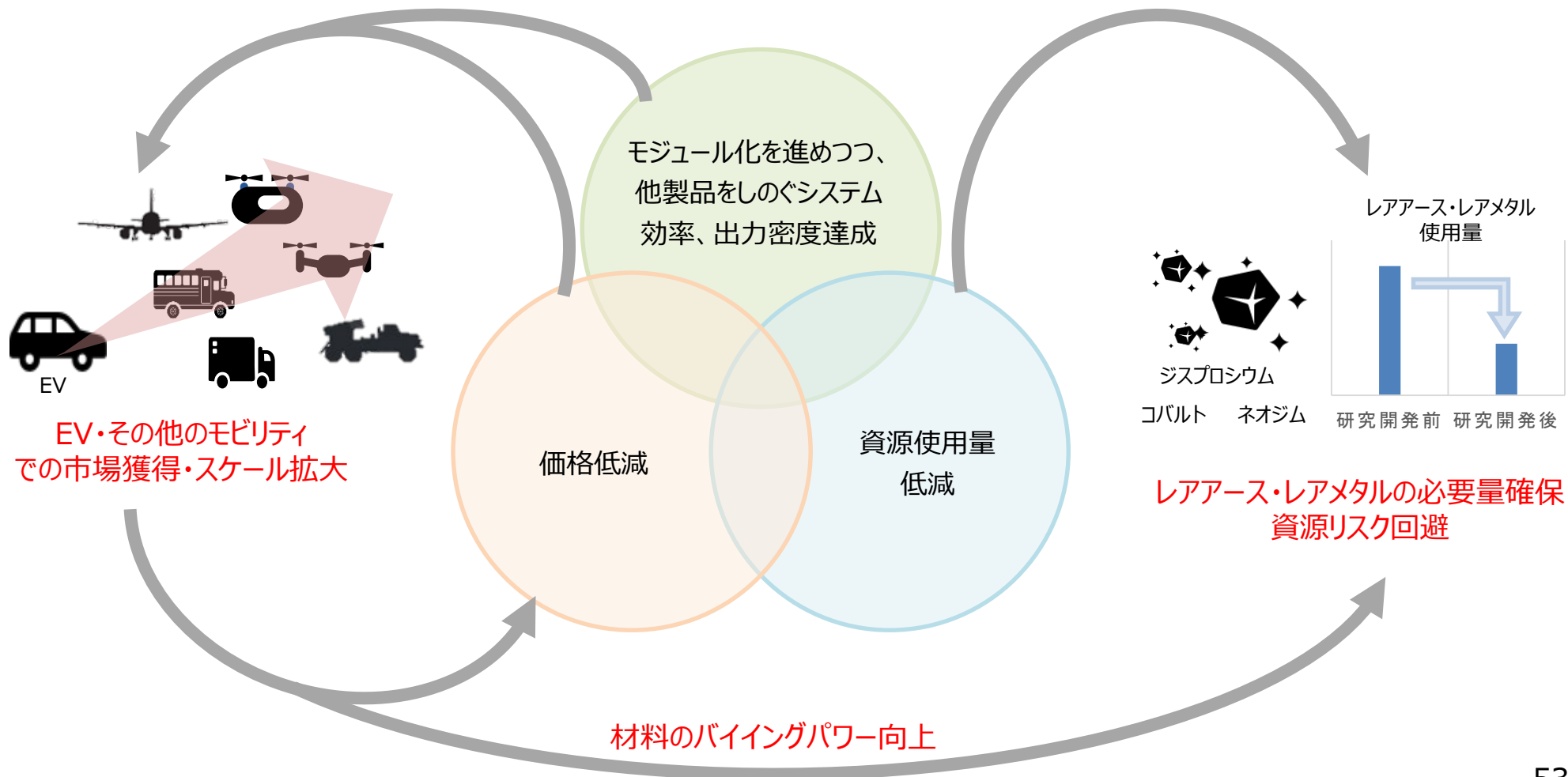
モータ産業の戦略

- 技術進展の方向性は、①**高効率化**と②**小型・軽量化**。e-Axle化（モータ・ギア・インバータの一体モジュール化）も進める必要。一方、経営戦略により、性能と価格のバランスが異なる。
- いずれの戦略を採るとしても、**スケール化**は重要（材料調達、研究開発コスト等の固定費の圧縮）。蓄電池同様、**電動車市場拡大と歩調を合わせて発展**させていく必要。
- ハイエンド品から市場領域を拡大する戦略の場合、**特に性能が生命線**。



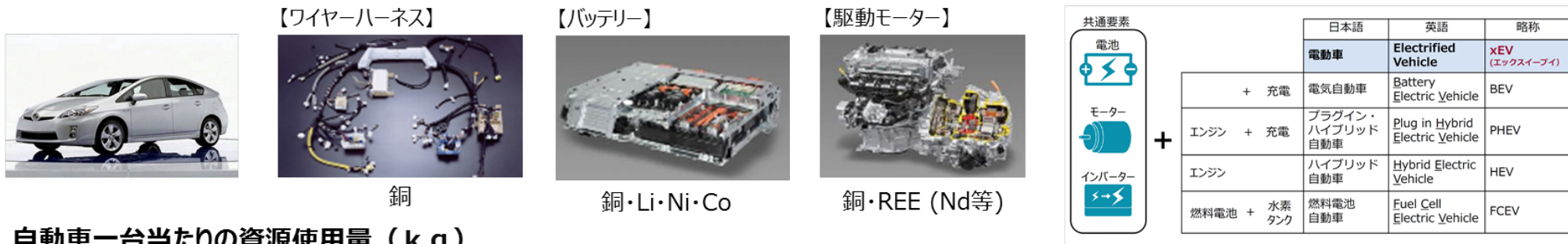
(参考) モータ産業発展の好循環のイメージ

- モータシステムの性能向上・価格低減を達成することによりEVを中心としたモビリティ分野における市場獲得。合わせて、資源リスク回避を実現することで、高品質なモータシステムの安定供給を目指す。

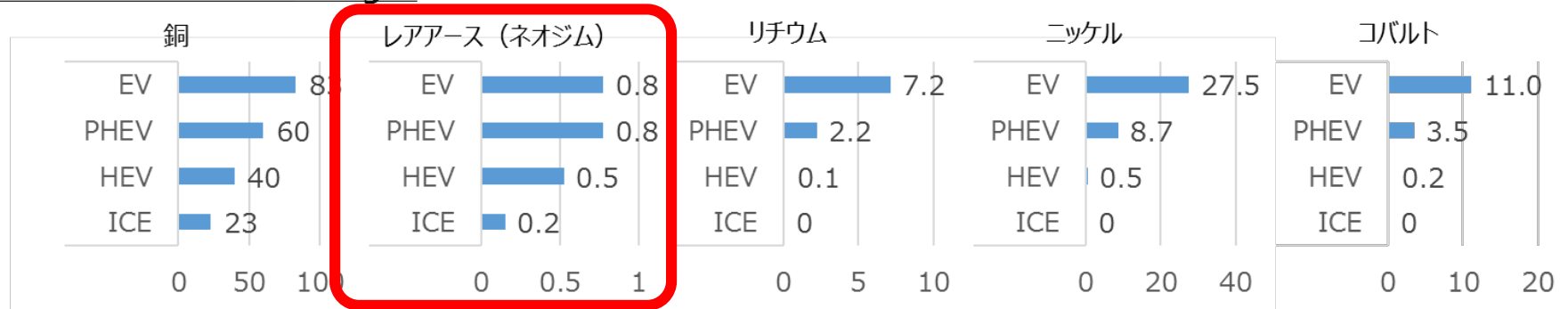


(参考：再掲) 省資源：電動化に必要な主な鉱物資源の現状

- 電動車製造に不可欠な部品であるワイヤーハーネス、バッテリー、駆動モータには、銅、リチウム、ニッケル、コバルト、レアアース（ネオジウム等）が使用される。
- 試算として、**EV100万台を製造するためには、リチウム、コバルトの現在の国内需要量と同程度の資源量が必要**。新規鉱山開発や省資源化・代替技術開発が進まない場合、**資源供給が国内製造の大きな制約となる**。



自動車一台当たりの資源使用量 (kg)



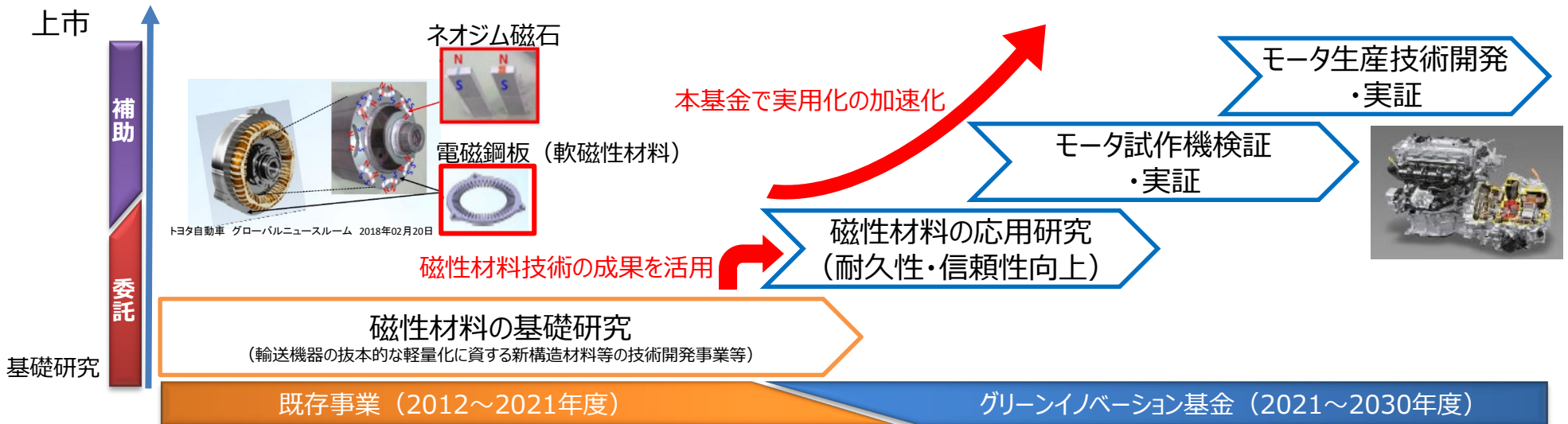
EV100万台*の製造に必要な資源量 *2030年次世代自動車普及目標20~30% (EV及びPHEV) 水準

	銅	ネオジウム	リチウム	ニッケル	コバルト
必要資源量 (EV100万台分)	8.3万 t	775 t	7,150 t	2.8万 t	1.1万 t
国内総需要量 (2018)	106.3万 t	4,624 t	7,939 t	11.3万 t	1.1万 t

(参考) 既存予算事業と本プロジェクトのシナジー

- 現在、「輸送機器の抜本的な軽量化に資する新構造材料等の技術開発事業」の一部として、次世代自動車向け高効率モータ用の磁性材料の開発を実施中（令和3年度まで）。
- 上記事業では、高性能磁石に必要不可欠であるものの、サプライチェーン上のリスクが大きい「レアアース」を削減した高性能磁石の開発や、モータの小型高効率化を目指した軟磁性材料の開発を進めてきた。
- 本プロジェクトでは、これまでの成果を最大限活用しつつ、実用化に向けた研究を加速するとともに、モータとの一体開発を進めることで、革新的な磁性材料を適用したモータの早期実用化を目指すことが可能。

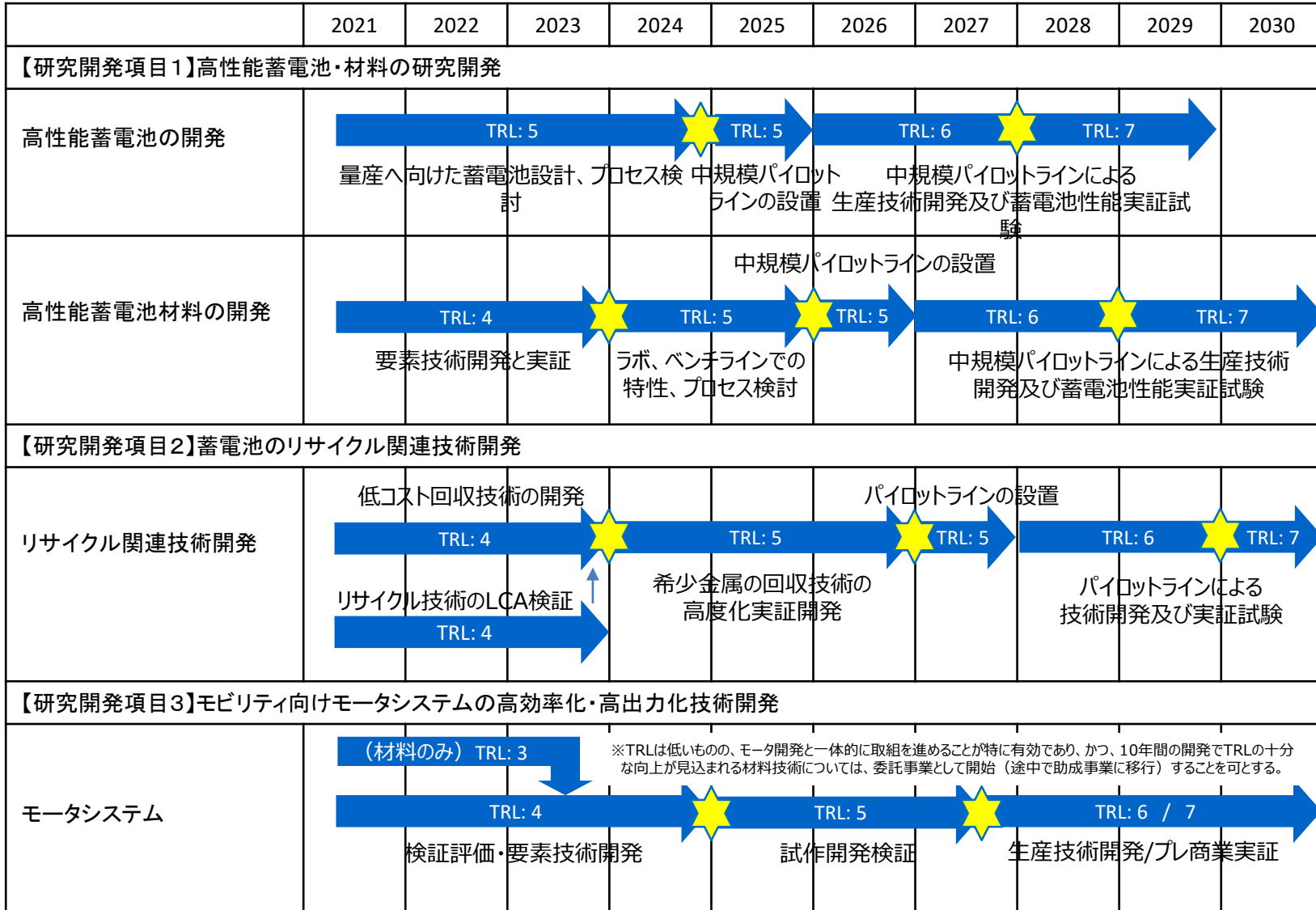
既存事業との連携開発イメージ



1. 自動車の現状と課題、
GHG削減に向けた研究開発の方向性
2. **次世代蓄電池・次世代モータの開発**
 - 研究開発の全体像
 - 蓄電池の現状・課題と取組
 - モータシステムの現状・課題と取組
 - **本プロジェクトのスケジュール等**

本プロジェクトのスケジュール（イメージ）

- TRLを考慮しつつ、研究開発のステージ・スケジュールを設計。



★：ステージゲート

研究開発内容のステージ変化に合わせ、移行可否を判断する「ステージゲート」を設定し、適切なマネジメントを実施。

IEAの11段階指標に基づき次のとおり研究開発ステージを設定し、TRL4～7を支援。

＜TRLレベルの定義＞

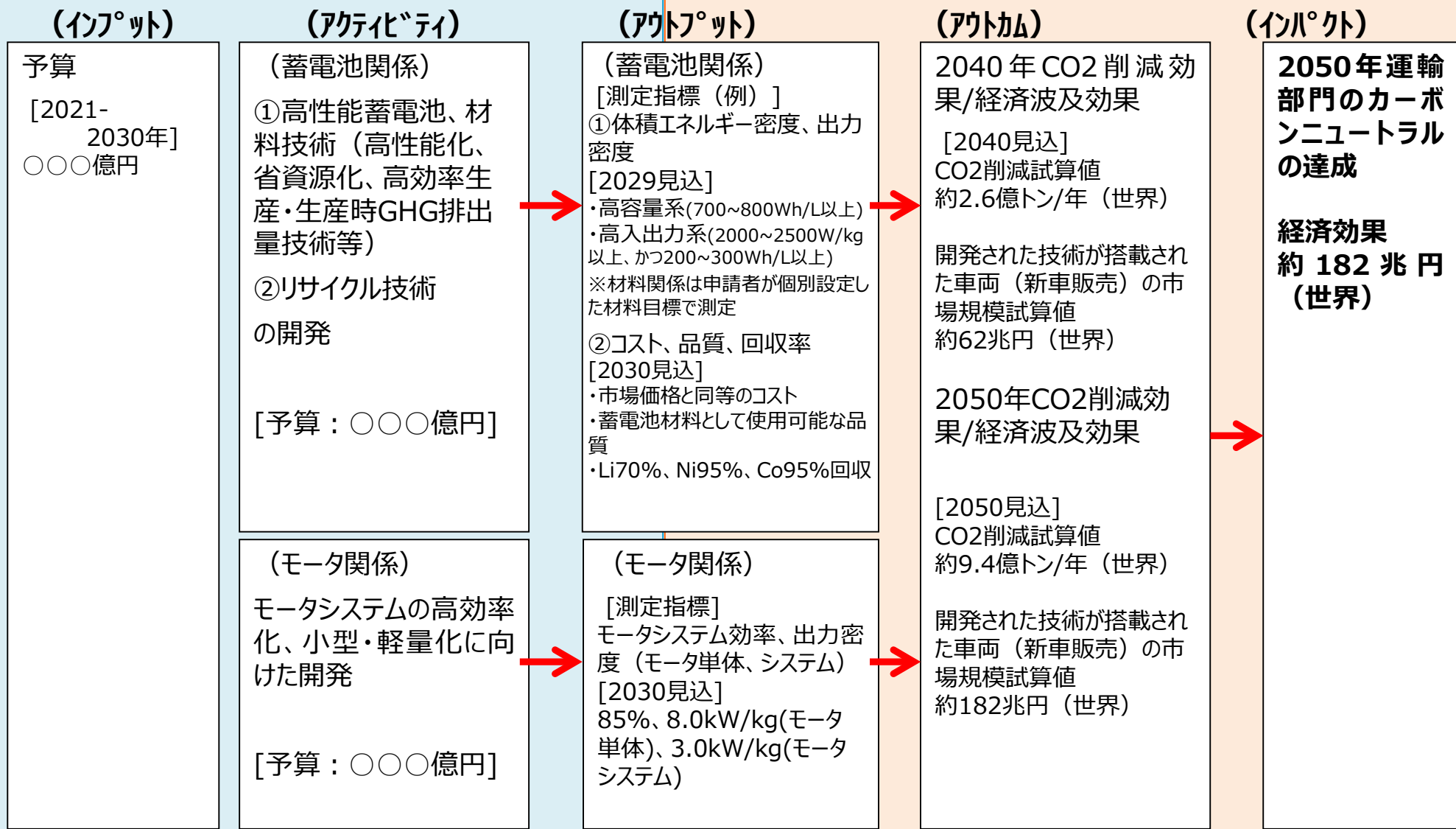
- ・TRL1: 科学的な基本原理・現象の発見
- ・TRL2: 原理・現象の定式化
応用的な研究
- ・TRL3: 技術コンセプトの確認
- ・TRL4: 応用的な開発
- ・TRL5: ラボ・ベンチテスト
- ・TRL6: パイロット実証
- ・TRL7: プレ商業実証
トップユーザーテスト

- ・TRL8: 初期商業生産
- ・TRL9: 大量生産
- ・TRL10: 事業の統合
- ・TRL11: 安定性の証明

ロジックモデル

直接コントロールできる部分

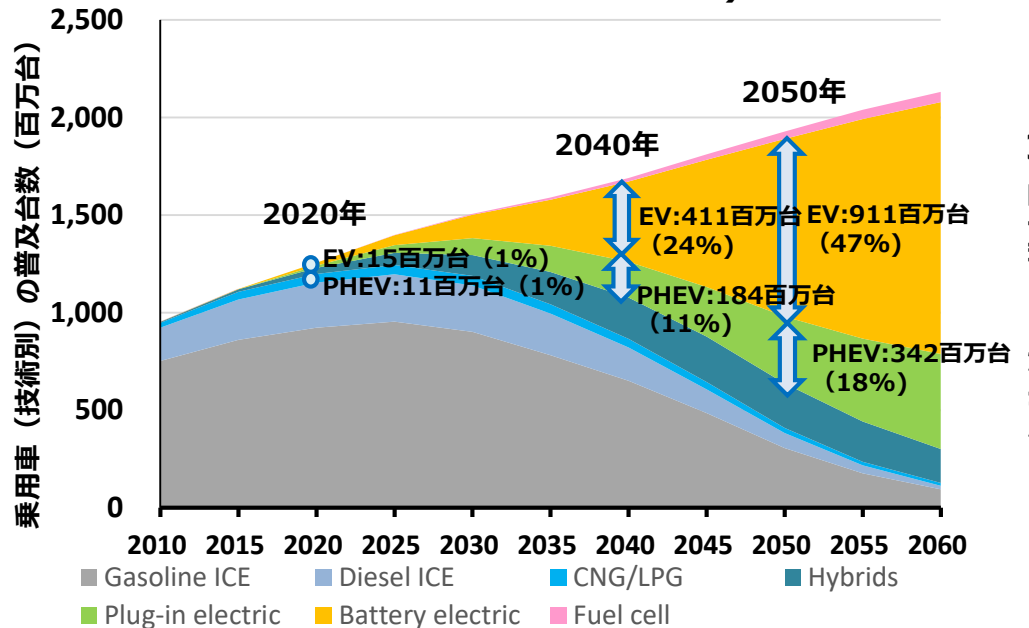
経済・社会等の変化
(誰が/何が、どう変化することを目指しているか)



CO₂削減のポテンシャル

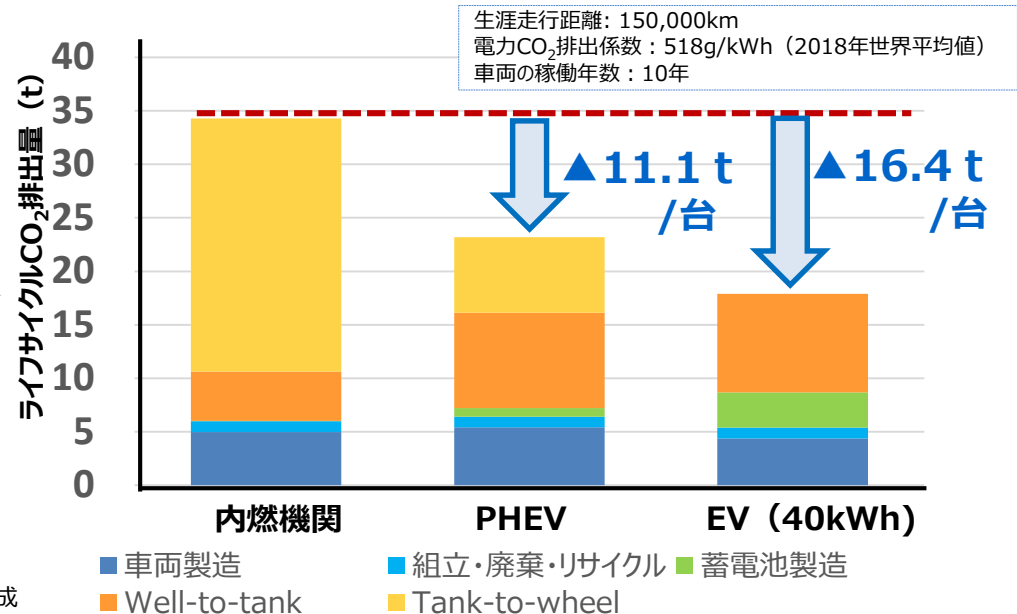
- 本プロジェクトで開発に取り組む蓄電池・モータの実用化により、EV、PHEVの普及が加速し、IEAが示した2℃未満シナリオ（B2DS）に基づくペースでEV、PHEVが普及すると仮定した場合のCO₂削減効果を試算¹⁾。
- 2040年に約2.6億トン/年、2050年に約9.4億トン/年のCO₂削減効果（世界）が期待される²⁾。

◆ IEAによる電動車の普及シナリオ（B2DS）



出所：IEA「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017」に基づき作成

◆ 本事業成果によるEV,PHEV1台あたりのライフサイクルCO₂削減量³⁾（対内燃機関車）



出所：IEA「Global EV Outlook 2020」の試算に基づき作成

◆ CO₂削減効果

2040年

EV：411百万台×30%×16.4 t/台÷10年 = 約2.0億t/年

PHEV：184百万台×30%×11.1 t/台÷10年 = 約0.6億t/年

2050年

EV：911百万台×50%×16.4 t/台÷10年 = 約7.5億t/年

PHEV：342百万台×50%×11.1 t/台÷10年 = 約1.9億t/年

1) 2040年においては、EV、PHEVの普及台数の30%、2050年においては50%が、本事業の成果を活用したEV、PHEVである仮定し、これらすべてが内燃機関車からの代替とした場合の、CO₂削減効果を試算。

2) 将来、電源の脱炭素化が進み、電力のCO₂排出係数が低減した場合には、さらなるCO₂削減効果が期待される。

3) IEA「Global EV Outlook 2020」の試算を基に、本事業の効果（エネルギー密度向上による蓄電池の軽量化、モータによる電費向上15%）を考慮して算出。