



令和4年3月18日

東京都貨物輸送評価制度  
セミナー

カーボンニュートラルに向けたトラックに関する  
技術展望

早稲田大学

大聖 泰弘

# 低・脱炭素に向けた3つのアプローチ

## ～自動車環境・エネルギー対策として～

### 【1】従来車の技術改善

(ガソリン車, ディーゼル車)

- ・技術的に確実で, 排気浄化と燃費改善がさらに進む。
- ・2020年度燃費基準を達成した車も続々登場している。
- ・2025年度(重量車), 2030年度(乗用車)基準が決定。



### 【2】新動カシステム・新燃料の開発

(次世代自動車)

- ・プラグインを含むハイブリッド車 ・電気自動車 ・燃料電池車
- ・新燃料・エネルギー(電気, 水素, バイオ燃料, e-fuel等)
- 今後の普及が期待されるが, LCAとコスト評価が必要。

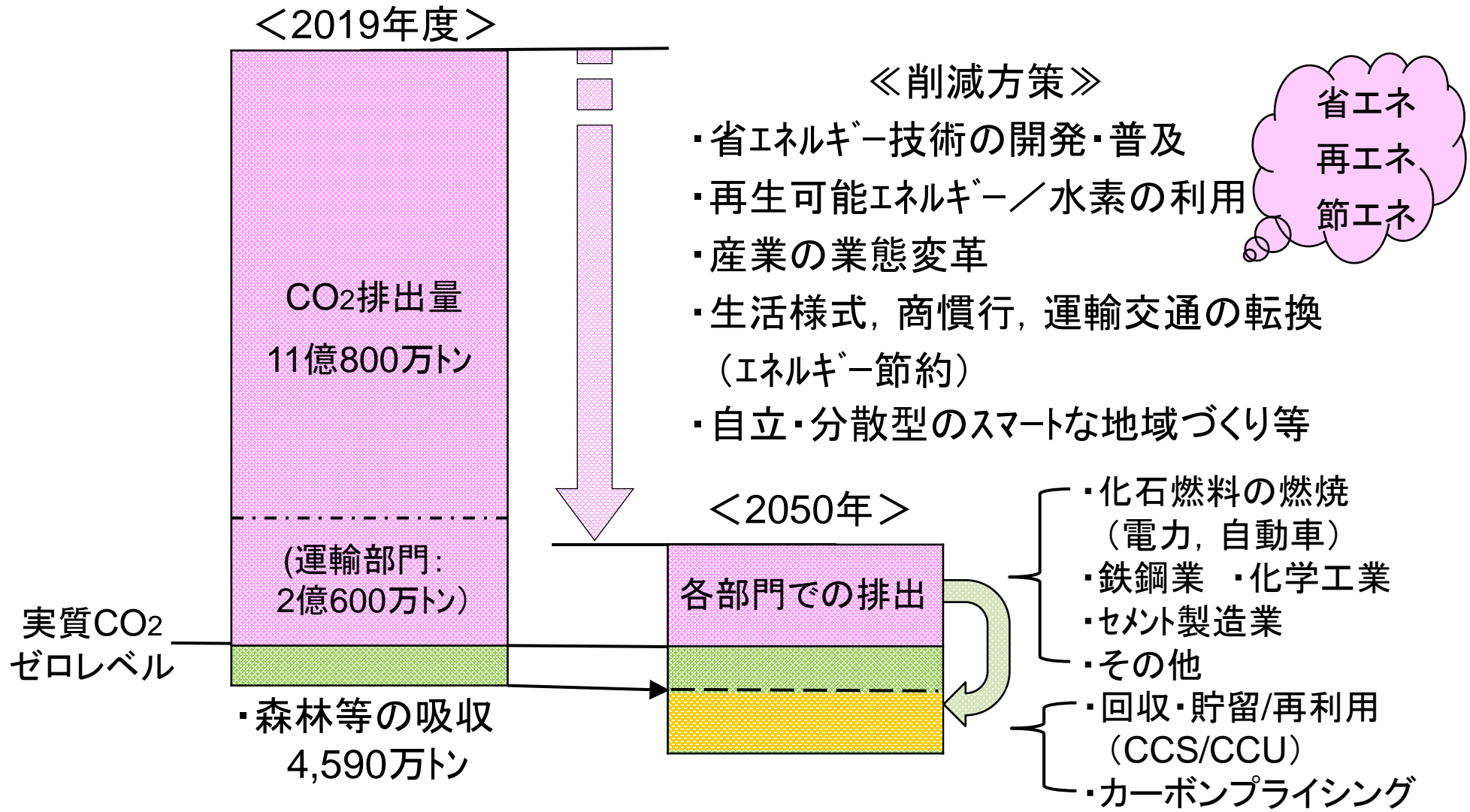


### 【3】自動車のスマートな利用の取組み

(CASEとMaaSの展開)

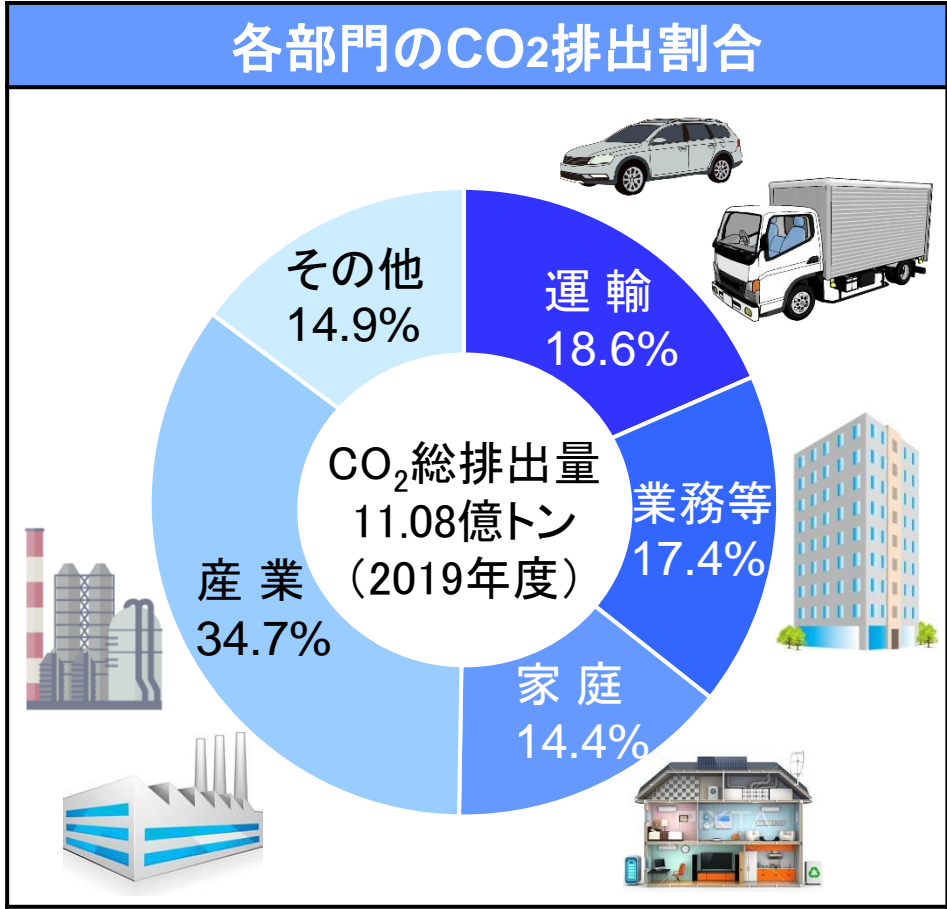
- <交通流の円滑化, ITS, ICT, Big data, AI の活用, エコドライブ>
- ・輸送(積載効率の改善, 営自転換, モーダルシフト)
  - ・業務(ITで移動量削減, 働き方改革(テレワーク))
  - ・私的利用(カーライフスタイルの変更, シェアリング, 公共交通の利用)





☆運輸部門のみでカーボンニュートラルを達成することは難しく、他部門の取組みとの連携が不可欠である。





国土交通省HP, 2021年



運輸部門	万トン	割合 %
自動車	17,735	86.1
自家用乗用車	9,458	45.9
自家用トラック	3,390	16.5
営業用トラック	4,193	20.4
バス	399	1.9
タクシー	223	1.2
二輪車	72	0.4
航空	1,049	5.1
内航海運	1,025	5.0
鉄道	789	3.8
合計	20,600	100.0

□わが国の自動車から排出されるCO<sub>2</sub>は全体の排出量の16.0%を占めている。

□自動車用燃料需要(原油比):ガソリン = 5,063万kL(28.8%), 軽油 = 4,391万kL(23.2%)  
 (資源・エネルギー統計)

国名		2030年削減目標(⇒強化)		乗用車分野における電動化の目標
	中国	60-65%	2005年比 (GDP当たり)	2035年, NEV(New Energy Vehicles: BEV, PHEV, FCEV) 50%, HEV 50%を目指す。
	EU	40%⇒55%	1990年比	欧州委員会は, 2035年, エンジン車, HEV, PHEVの新車販売禁止とする。(各国, メーカーで独自案を提示)
	日本	26% ⇒46% (2030年度)	2013年度比	グリーン成長戦略を策定(2020/12/25) 2035年, 新車販売を電動車のみとする。 (本田は2040年以降BEVとFCEVのみ販売)
	米国	50-52%	2005年比	2030年以降, HEVを除く電動車の販売50%とを目指す。加州では2035年以降, ZEV(BEV, FCEV)のみとすると表明。

- ❑ 2050年にカーボンニュートラルを達成することに123カ国・1地域がコミット。(2020/12現在)
- ❑ 2021年4月に開催された気候変動サミットで2030年に向けて目標が強化された。
- ❑ 欧州自動車工業会のトラックメーカーは, 2040年までに欧州域内で化石燃料を使用するトラックの新車販売を停止すると発表。(2020年12月)
- ❑ わが国では, 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021年6月18日)」で乗用車から商用車に至る電動化の目標について提示。

2020年10月、パリ協定への対応に向けて、2050年に温室効果ガスの排出量を実質ゼロにすると政府から表明された。さらに、2030年度までに2013年度比で26%から46%へと削減を大幅に強化する目標が提示された。(2021年10月地球温暖化対策計画閣議決定。)

[ 単位: 百万トン-CO<sub>2</sub> ] ( ): 対2013年度削減比

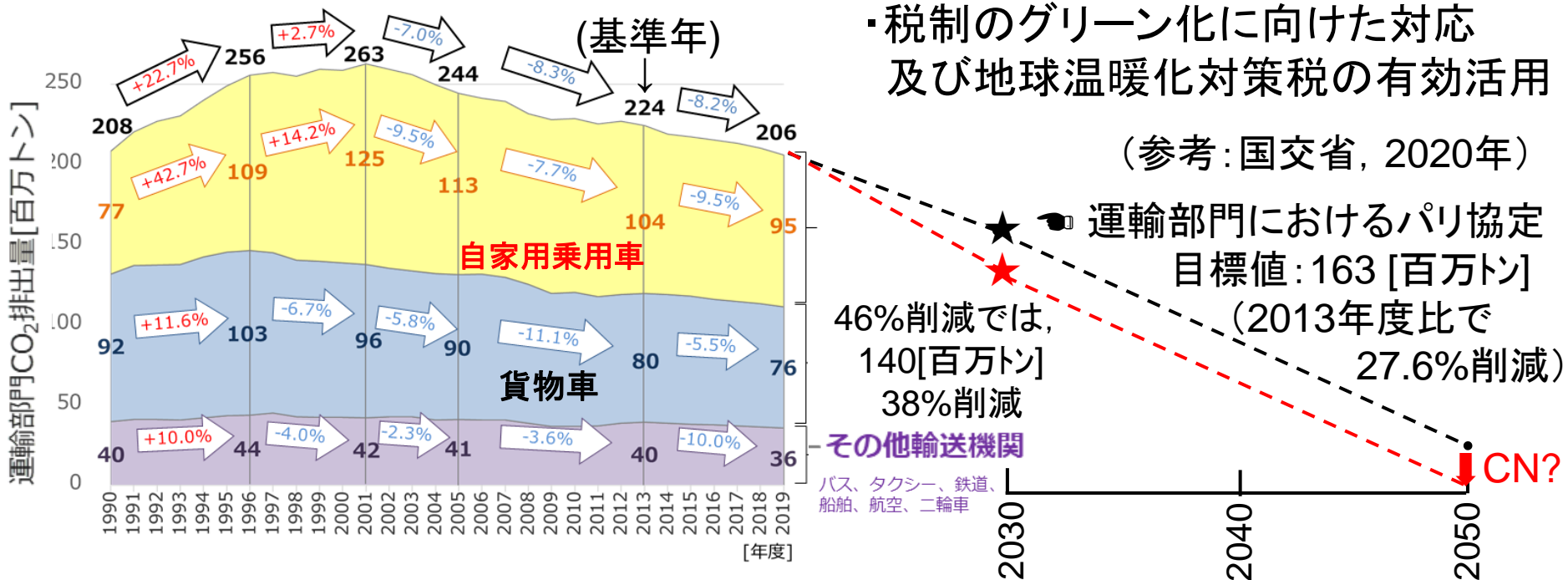
排出源・吸収源	2013年度実績	2019年度実績	2030年度目標・目安
エネルギー起源CO <sub>2</sub>	1,235	1,029(▲17%)	677(▲45%)
産業部門	463	384(▲17%)	289(▲38%)
業務 その他部門	238	193(▲19%)	116(▲51%)
家庭部門	208	159(▲25%)	70(▲66%)
運輸部門	224	206(▲ 8%)	146(▲35%)
エネルギー転換部門	106	89(▲16%)	56(▲47%)
非エネルギー起源CO <sub>2</sub>	82.3	79.2(▲4%)	70.0(▲15%)
メタン(CH <sub>4</sub> )	30.0	28.4(▲5%)	26.7(▲11%)
亜酸化窒素(N <sub>2</sub> O)	21.4	19.8(▲8%)	17.8(▲17%)
代替フロン等4ガス(暦年)	39.1	55.4(+42%)	21.8(▲44%)
温暖化効果ガス吸収源	—	▲45.9	▲47.7
二国間クレジット制(JCM)	官民連携で2030年度までに累積1億トンのCO <sub>2</sub> 削減を目指す。		
総正味排出量	1,408	1,166(▲17%)	760(▲46%)

- 次世代自動車の普及  
(乗用車の新車販売に占める割合の目標設定, トラック・バスへの展開が必要)
- 燃費改善 (新たな燃費基準の設定と実施)
- 交通流対策の推進
- 公共交通機関の利用・モーダルシフトの推進
- エコドライブの推進
- グリーン物流の推進

## ☆ 分野横断的施策

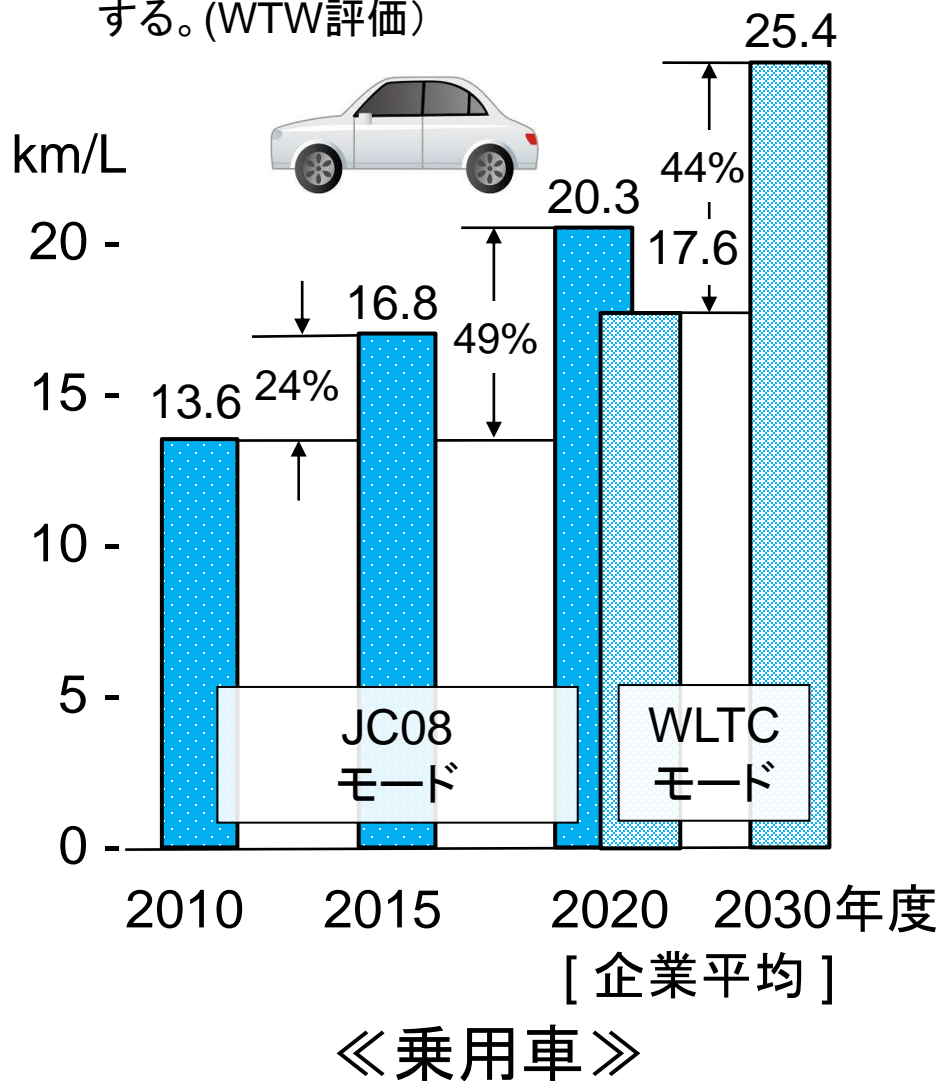
- ・ 国民運動の展開
- ・ 低炭素型の都市・地域構造及び社会経済システムの形成
- ・ 水素社会の実現
- ・ 事業活動における環境への配慮の促進

・ 税制のグリーン化に向けた対応  
及び地球温暖化対策税の有効活用

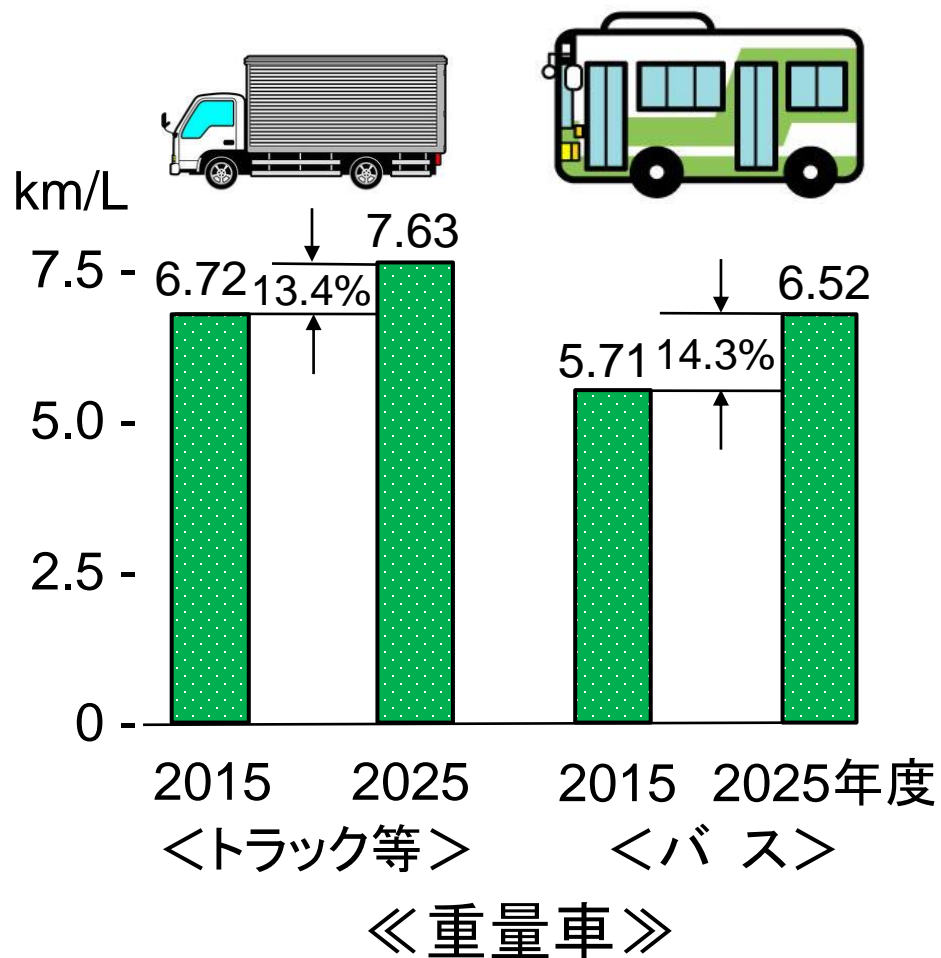


# 燃費基準(平均値)の推移(国交省, 2019年)

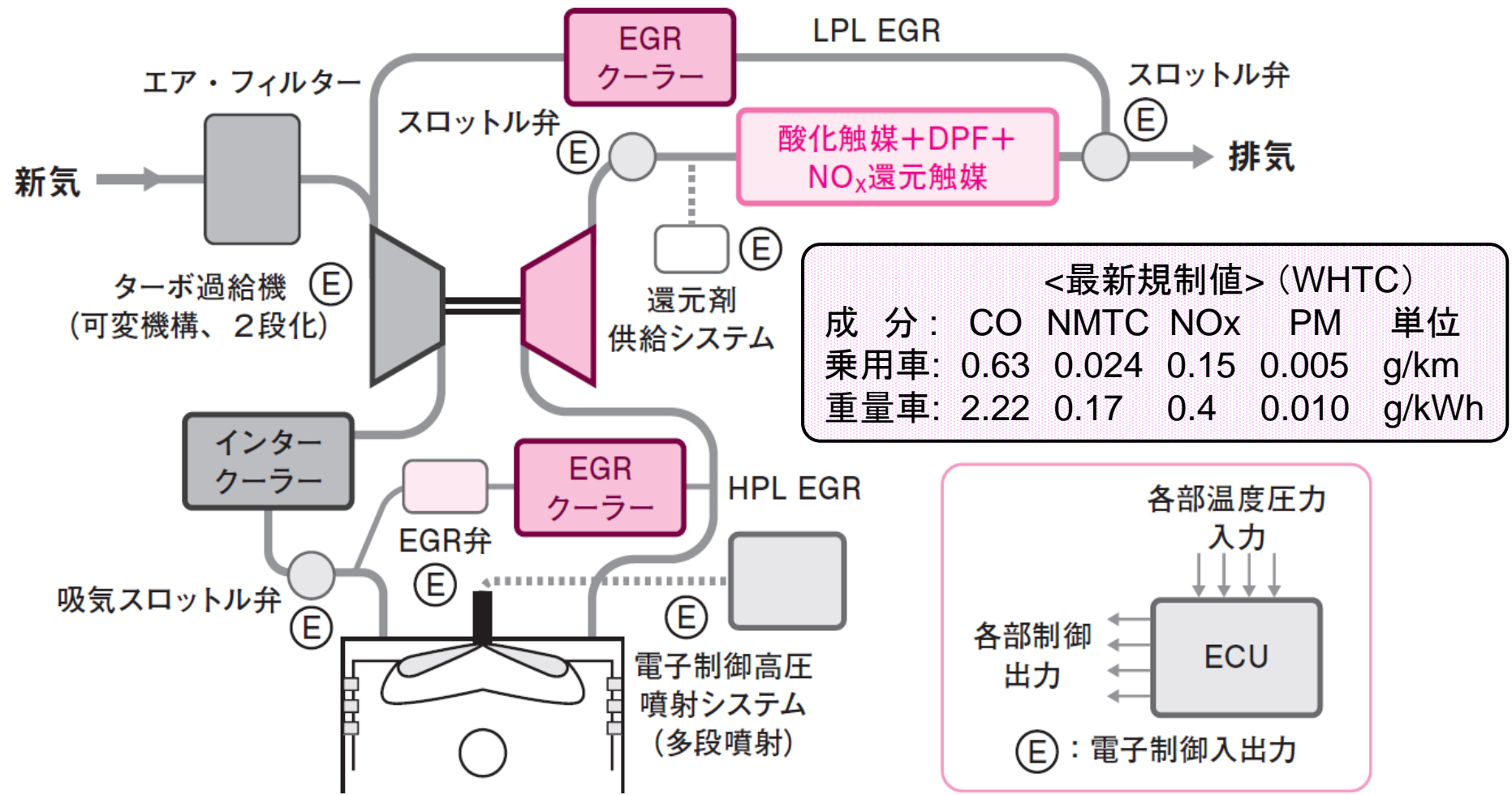
- 2030年度基準では2016年度実績比で約32.4%改善する。
- BEV, PHEVは電源CO<sub>2</sub>も考慮して評価する。(WTW評価)



- 2015年度基準では2002年度実績比で約12%改善する。(世界初の基準)
- BEV, PHEV, FCEVは含まれない。
- ☆乗用車よりも燃費改善が難しいのが現状。脱炭素には適性に合わせた電動化が不可欠。





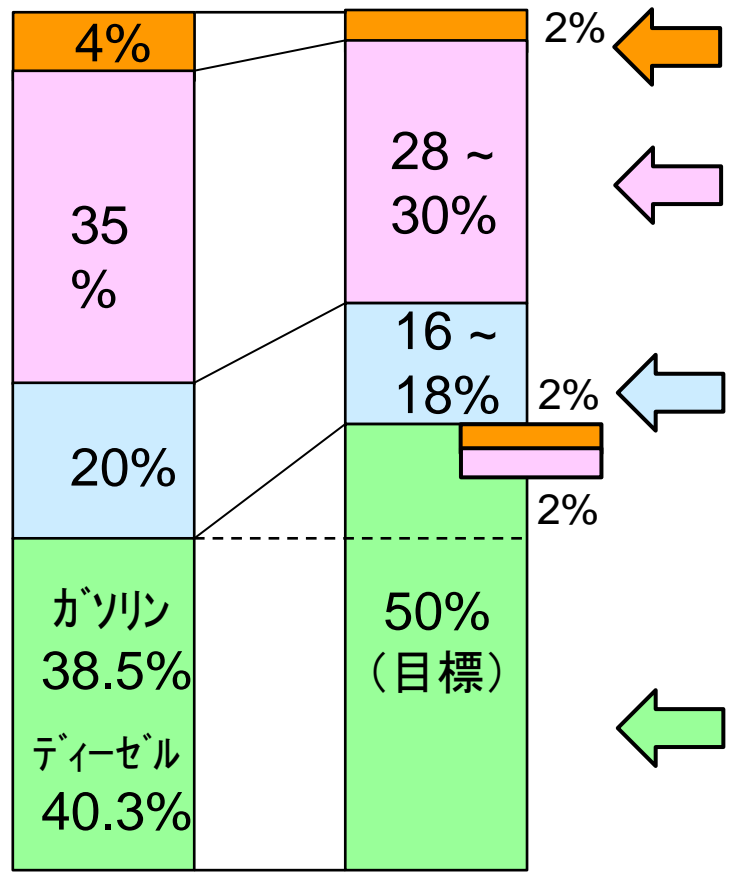


□ 燃料噴射系と排気後処理 (DPFと尿素SCR) の最適な制御システム化, 信頼・耐久性の確保, N<sub>2</sub>O, アンモニアの排出抑制, コスト低減が重要な課題。長期的に一層の高効率化を目指す必要がある。  
 □ 今後は, Real world (実際の道路) での排出ガスの評価と対策が不可欠。(RDE規制)

～乗用車用エンジンにおける究極の目標、正味熱効率50%を達成～

☆2020年から2030年における実用化を目指し、今後の従来車やHEV, PHEVの20～30%の燃費改善にも寄与する。

### 《エネルギーバランス》



### 《エンジン技術項目》

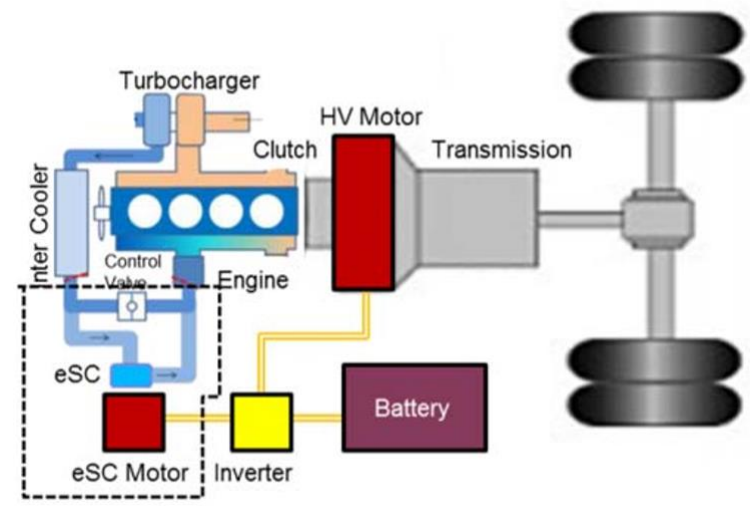
- 機械摩擦損失の半減 (高面圧・低粘性化)**
- 排気エネルギー有効利用**  
 ・ターボ過給の高効率化 (60数%達成)  
 ・排熱回収 (熱電素子の利用)
- 熱損失の低減**  
 ・超リーンバーン ・シリンダ内流動の適正化  
 ・分散噴霧ディーゼル燃焼 ・遮熱材の利用
- 図示仕事の増大 (図示熱効率の改善)**  
 ・燃焼の改善  
 ガソリン: リンバーン, ロングストローク化  
 ディーゼル: 高分散燃焼, ロングストローク化

(国交省・経産省資料, 2019年)

【ハイブリッド】トランスミッション等にモータ兼発電機を追加して, 大容量バッテリーを設置し, 制動エネルギーを回生して電気エネルギーとして蓄積し, 加速時にモーターでアシストすることにより燃料消費を低減。

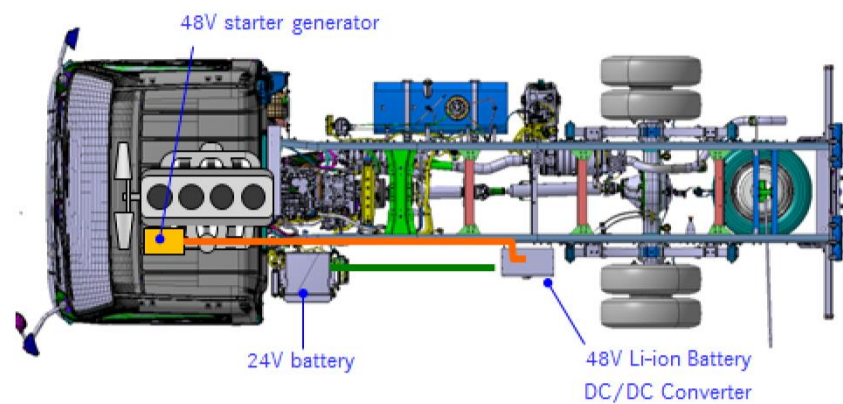
(パラレルタイプ, 改善率: ~12.5%)

☆ストロングハイブリッド化やPHEVの可能性は?



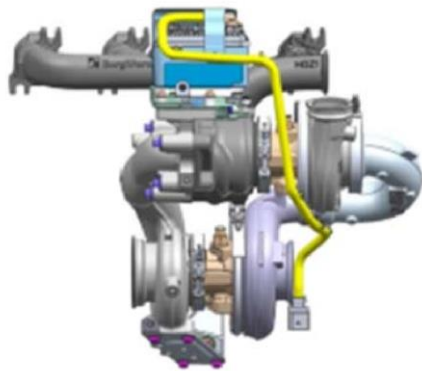
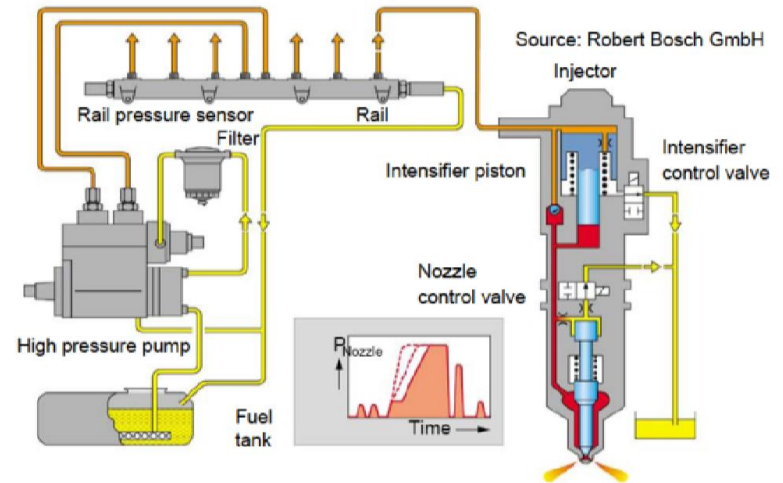
【マイルドハイブリッド】(48V電源) エンジンでベルト駆動する発電機をモータ兼発電機に置き換え, 専用の小型バッテリーを設置し, 電気ハイブリッドと同様な機能により燃料消費を低減。追加コストは電気ハイブリッドより安価だが, 効果も小さい。

(改善率: ~5.0%) ☆改善は限定的



(国交省・経産省資料, 2019年)

**【高圧噴射化】(250MPa以上)**  
 燃焼を改善し燃費向上。高圧化により消費エネルギー増大やコストアップを伴うため、大型エンジンから普及が進んでいる。(改善率: ~1.4%)



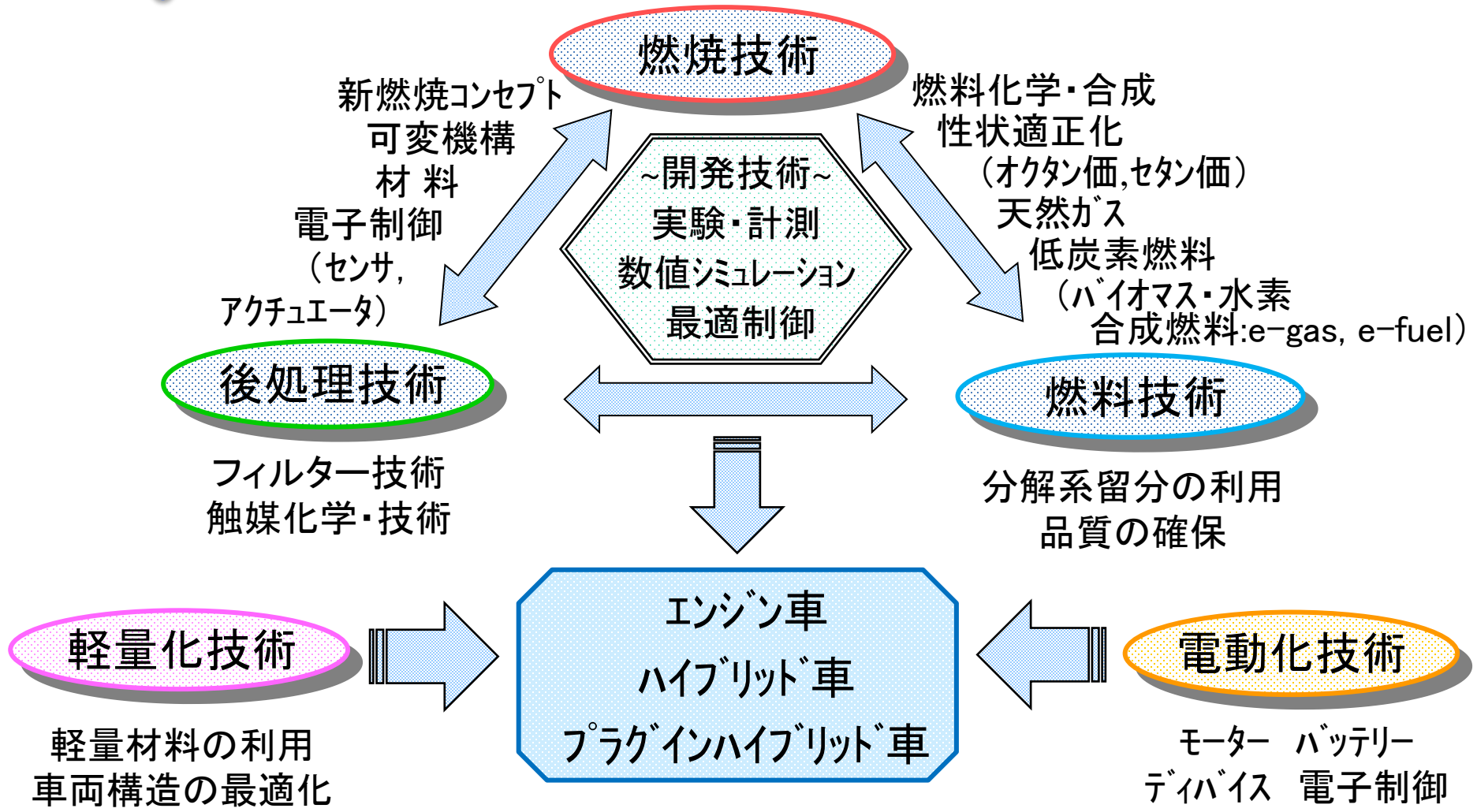
**【2ステージターボ】** 高過給化の1手法として、ターボチャージャーを低圧用と高圧用と2段化している。(改善率: ~3.3%)

**【AMT】** 機械式自動トランスミッションにより、車両とエンジンに最適なギヤ段を選択可能とする。(2ペダルでイーゼードライブを可能とする。)(改善率: ~8.5%)



☆これらの技術により、エンジンの正味熱効率を50~55%への改善を目指す。

エンジン技術は、2030年までに実用レベルで  
ゼロエミッションと正味熱効率50~55%の達成を目指す。





エルフハイブリッド (いすゞ)

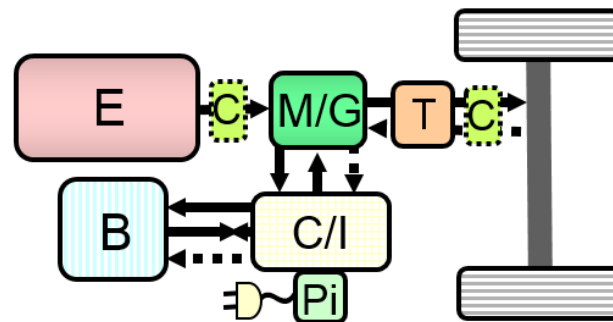


プロフィアハイブリッド (日野)



ブルーリボンハイブリッド (日野)

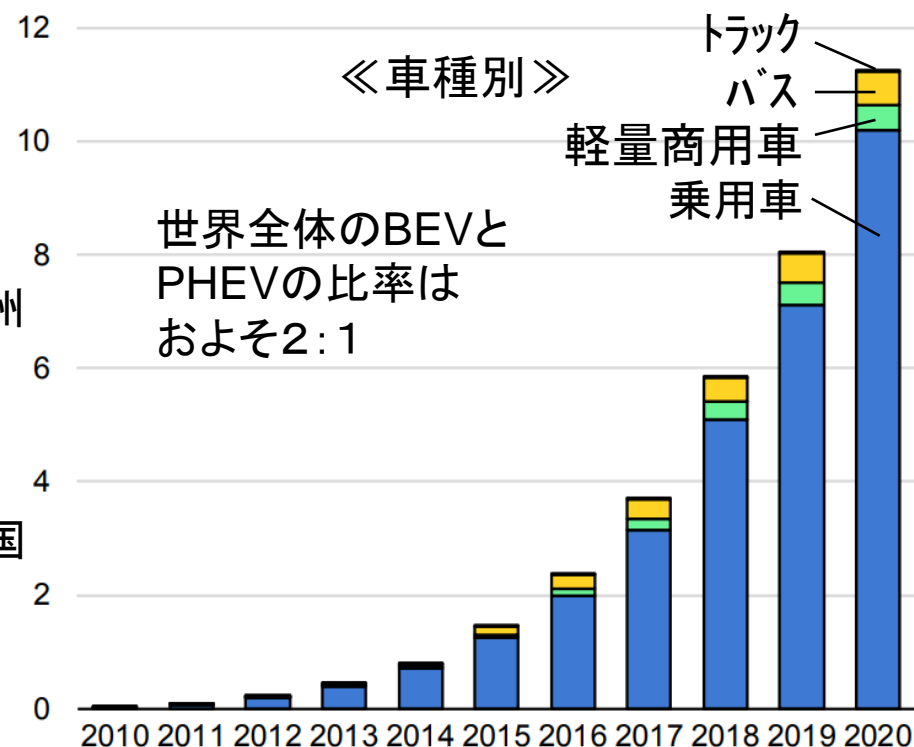
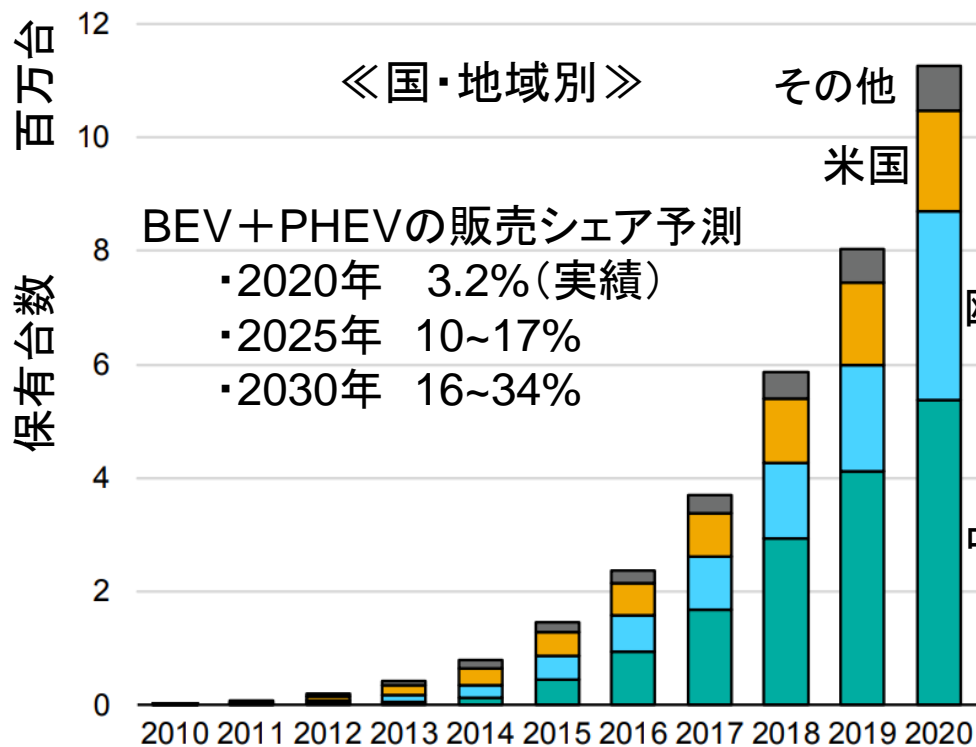
## 《パラレルハイブリッドシステム》



E:エンジン            M: モータ  
 G: ジェネレータ    B: バッテリー  
 C/I: コントローラ/インバータ  
 T: 変速システム    C: クラッチ  
 Ps: 動力分割システム  
 Pi: プラグイン  
 →: 動力/発電    ←.....: 回生

- ＜課題＞
- 車両コストの低減
  - 一層の燃費改善
  - ストロング化やプラグインハイブリッドの可能性を探る。

出典: Global EV Outlook 2021, IEA



- 2020年のPHEVとBEVの世界販売が前年比41%増の約300万台に達し、欧州では、約140万台（新車販売の10%相当）となり、初めて約120万台（9%増）の中国を抜いた。米国は微増で約30万台。各国が購入補助を拡大したことも要因。商用車のEV化はわずかである。
- “Green Deal 政策”を掲げるEUでは、再エネ電力を利用するBEVの普及を促進し、エンジン車の製造・販売を禁止する動きが強まっている。
- 今後の急激なEVの増加は、レアアースやレアメタル等の材料のコスト増を招く懸念がある。



三菱自のミニキャブ・ミーブ  
(2022年秋に発売再開)



Streetscooter Engineering  
(ドイツ)



Amazon & Rivian (米国)



三菱ふそうのeCanter



Tesla の Semi (米国)  
2022年発売開始?



ダイムラートラックの  
CASCADIA (米国)

＜課題＞ □車両コストの低減 □積載量と航続距離の確保  
□大電力を要する急速充電インフラの整備





《ボルボトラックス》



《ダイムラートラックス》



液体水素を用いた  
コンセプトFCトラック "GenH2"  
(ボルボトラックとの共同開発)

- 小型コミュニティバスとして2002年に発売されたディーゼルバス「日野ポンチョ」をEV化した後継車種の一つ。
- ユニバーサルデザインを採用し、広いフルフラットエリアと低床・ノンステップ構造により、乗り降りや車内移動がしやすく、車いすやベビーカーの利用にも対応。住宅街の狭い道でも小回りでき、十分な航続距離も確保するなど、コミュニティバスとして好ましい特徴を持つ。
- 同モデルは、電動車導入・運用のソリューションを提供する(株)CUBE-LINXが手掛ける電動車最適稼働マネジメント事業の取り扱い車両としてもラインナップする予定。
- 全国の日野系列販売会社によるきめ細かく質の高いトータルサポートと併せて、利用事業者のビジネスをサポートします。

日野自動車, 2021年6月9日発表

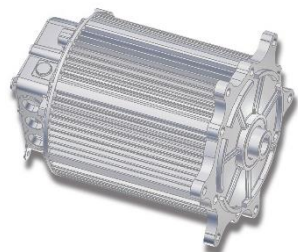


全長×全幅×全高		6,990×2,090×3,060 [mm]
車両総重量		約8,000 [kg]
乗員		約30人
バッテリー	種類	リチウムイオンバッテリー
	容量	105 [kWh]
モーター	最大出力	161 [kW]
充電方法		急速充電(CHAdeMO方式)

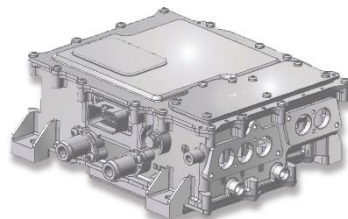
- 佐川急便が中国製の電気自動車(BEV)「G050」を導入し、日本電産が駆動用モーターとインバーターを供給する。(国内で運行するEVに採用されるのは初めてである。)
- 環境関連スタートアップのASFが同車両の企画開発と製品保証を担い、製造は、中国・広西汽車集団が担当する。
- 佐川急便は配送用トラックとして、2022年9月から年間1,000台を都市部で導入し、2030年までに7200台程度採用する予定としている。
- G050に搭載するモーターの出力は30kW以下。モーターやインバーター、減速機など一体化した電動アクスルという形ではなく、モーターとインバーターを個別部品として納入する。これらの部品は中国で量産される。出力は30kW以下である。



軽EVバン「G050」



駆動用モーター



インバーター

### 《車両仕様》

全長: 3395mm  
 全幅: 1475mm  
 全高: 1950mm  
 モーター出力: 30kW  
 最大積載量: 350kg  
 定員: 2名  
 最高時速: 100km/h  
 航続距離: 200km以上  
 タイヤサイズ: 145/R12  
 各種安全システムを装備

- 2021年11月22日、同社は軽規格の多用途小型電気商用車「ELEMOK」(代表取締役社長 蕭 偉城氏)の発売を発表。
- メーカー希望小売価格は、249.7万円(税込)。軽規格認可は輸入EV商用トラックで国内初。
- 「フラットベッド」「ピックアップ」「ボックス」と荷室がカスタマイズでき、種々の業態に対応。
- シャシーは部品のモジュール化を徹底し、製造工程の効率化と高い耐久性を実現。オーストリア「マグナ・シュタイア社」が設計した高性能サスペンションシステムを装備。



## バッテリー

種類	リチウムイオン電池
総電圧 (V)	86.4
総電力量 (kWh)	13

## 原動機

種類	永久磁石同期式
出力 (定格/最大 kW)	10/24
最大トルク (N.m)	120

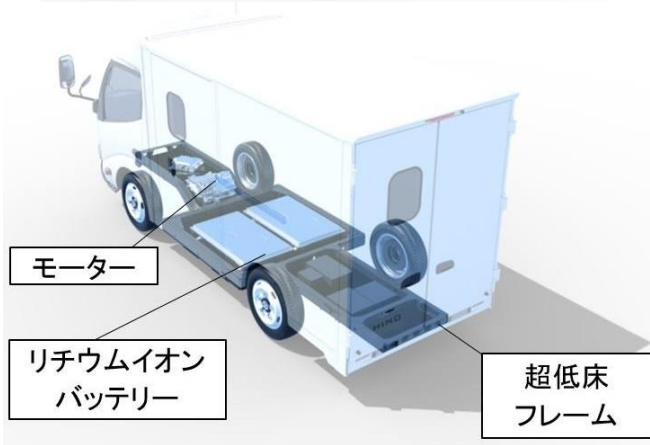
## 重量

車両重量 (Kg)	850
車両軸重 (前/後 kg)	540/310
最大積載量 (kg)	350
車両総重量 (Kg)	1310
車両総重量軸重 (前/後 Kg)	740/960
定員	2

## 性能

最小回転半径 (m)	4.2
アプローチ角/出発角 (°)	15/25
最大時速 (km/h)	85
最大登坂角度 (%)	20
0-50km/h 加速時間 (秒)	15
一充電走行距離 (km)	120
バッテリー充電時間 (H)	6-8

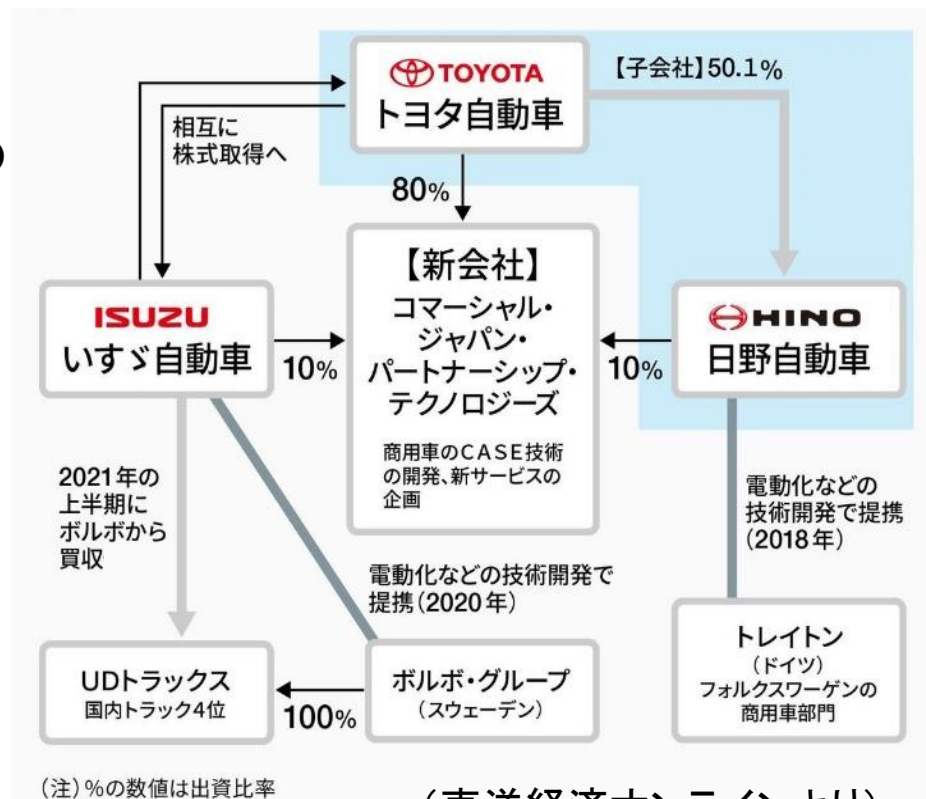
- 宅配を含む物流現場(ラストワンマイル)での使い勝手を追求した超低床・ウォークスルーの小型EVトラックを開発,「日野デュトロ Z(ズイー) EV」として, 2022年初夏の発売予定である。
- 床面地上高は従来車の半分の約400mmという超低床構造を実現し, 荷役作業性や乗降性を大幅に向上させ, さらにウォークスルー構造で宅配現場での使い勝手の良さを追求。
- 航続距離は, 宅配用途に必要な100km以上を目指している。
- 新開発のEV専用シャシ, コンパクトなモーターをキャブ下に搭載し前輪を駆動する。バッテリーを床下のフレームの内側に搭載し, それ以外の電動ユニットも極力キャブ下に収めた。



全長×全幅×全高		約4.7×1.7×2.3 [m]
床面地上高		約400 [mm]
車両総重量／乗員		3.5t 未満／2人
モーター	種類	永久磁石式同期モーター
	最高出力	50 [kW] (前輪駆動)
バッテリー	種類	リチウムイオンバッテリー
	容量	40 [kWh]
充電方法		普通充電 急速充電 (CHAdeMO方式)

2021年3月25日(木)発表

- トヨタ・日野・いすゞ3社は、2021年4月に共同出資会社(Commercial Japan Partnership Technologies)を資本金1,000万円で設立し、カーボンニュートラルやCASEに関わる課題を背景に、特に小型トラックの領域のEV, FCEV, 自動運転を中心とする技術を共同開発すると発表。あわせて、トヨタといすゞは株式を持合い、再度資本関係を結ぶことも公表。
- 国内の自動車保有台数のうち、商用車は2割であるが、走行距離では4割、CO<sub>2</sub>排出量は半分近くを占めており、その大幅な低減が不可欠な状況。
- いすゞと日野が組めば、国内の商用車市場の約8割を占めることになる。
- 先行するトヨタの電動化技術を活用するとともに、部品の共通化して車両コストの削減を図り、水素ステーション等のインフラ整備も促す。
- 3社共通の商用車用の電子プラットフォームを構築して、コネクティッド技術を共用し、物流業者にそのソリューションを提供することで、広く商用車の輸送効率の向上を図り、CO<sub>2</sub>排出量の低減にも貢献する。



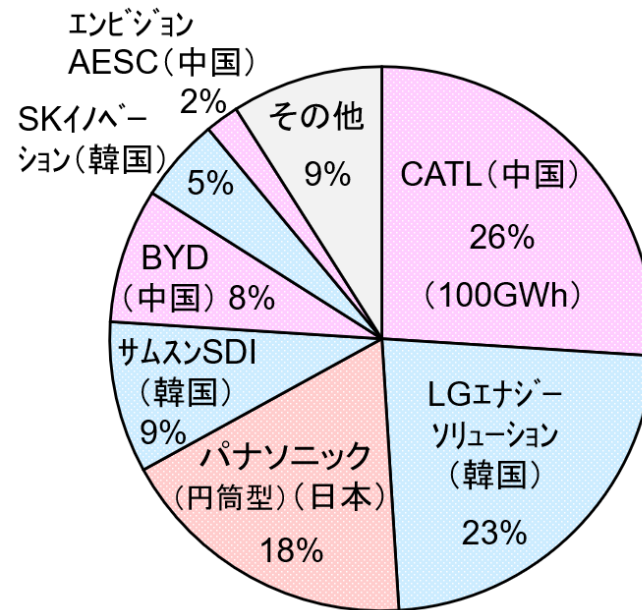
- CATLは、バッテリーの生産能力を2025年に2020年の約5倍(500GWh/年)に増強する計画で、各自動車メーカーに幅広く供給する。

  - ・1台50kWhとすると、1千万台分に相当する。
  - ・ホンダやトヨタ等にも供給する予定。
  - ・2021年に海外初の工場がドイツで稼働する。
- LGESはGMのEVシフトに対応して、合併で2023年末に260GWh/年にまで増産する計画。
- パナソニックはネバダ工場に続き、大連工場を稼働し、テスラに円筒型バッテリーを供給。  
(テスラは、コスト低減のため、CATLのLFPも使用、バッテリーの内製化も検討。)
- 2020年の中国の新エネ車販売順位(万台)

①上海汽車(25.4)	②BYD(18.1)
③テスラ(14.5)	④VW(6.5)
⑤広州汽車(6.3)	⑥長城汽車(5.7)
⑦吉利(5.6)	⑧NIO(4.4)
⑨奇瑞汽車(4.3)	⑩理想汽車(3.2)
- BYDは、すでにわが国の電気バス市場に参入し販売している。

(出典: LMC Automotive)

## 《2020年の世界シェア》



(出典: テクノ・システム・リサーチ)

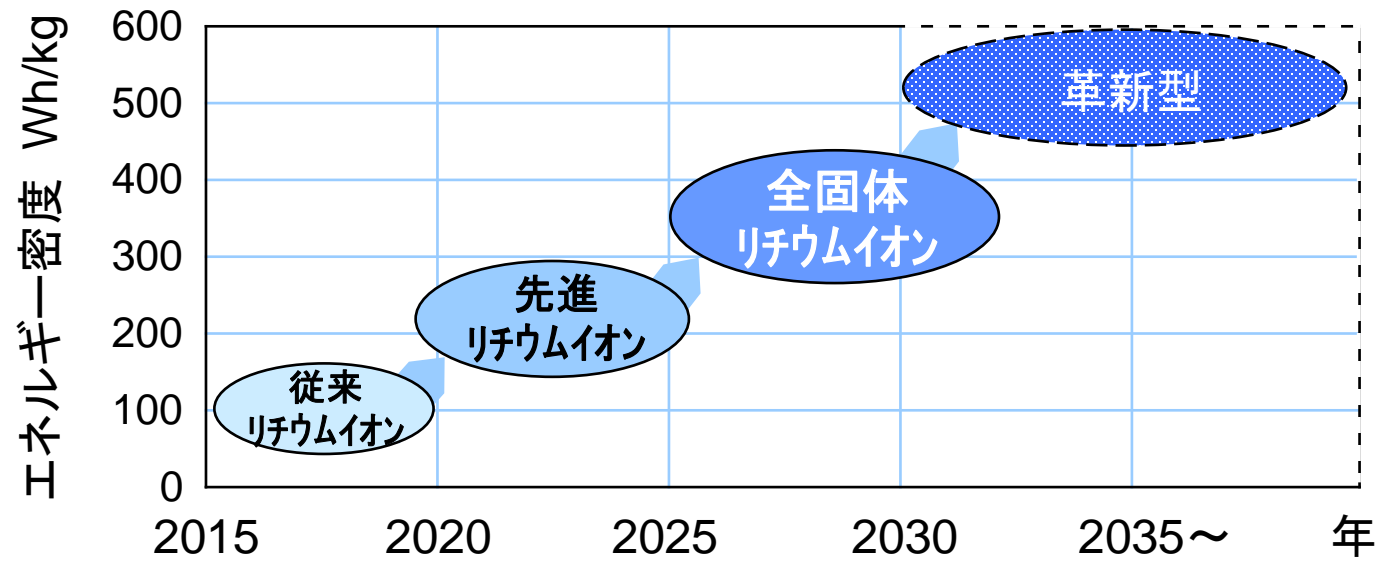
- ☆今後、中韓メーカーが国際市場で優位を保つ一方、EUでは同域内生産やバッテリーの製造時CO<sub>2</sub>の報告義務付け、その規制、リサイクル材の利用義務付けの動きもある。
- ☆わが国でも、2030年までに、サプライチェーンの構築を含めて、年産100GWh規模(BEV 200万台相当)の国内生産規模を目指す。  
(グリーン成長戦略2021年6月)

- 団体名：一般社団法人として，2021年4月1日に設立し，55社が参加。  
 (Battery Association for Supply Chain, <https://www.basc-j.com>)
- 設立趣旨：世界各国で脱炭素の取組みが加速し，電池に関わるグローバル競争が激化している状況にあって，協議会では，電池のサプライチェーン(部材・素材)を持続可能な形で発展させることで，わが国，そして世界の電池産業に貢献していくことを目指す。
- 主要な参加企業
  - ・ 非鉄金属：住友金属鉱山，三井金属
  - ・ 素材：三菱ケミカル，旭化成，東レ
  - ・ 商社：三井物産，三菱商事，丸紅，住友商事
  - ・ 電池：プライムプラネットエナジー&ソリューションズ (トヨタ，パナソニック)，GSユアサコーポレーション
  - ・ 自動車：日産，ホンダ，マツダ，(トヨタグループ)
- 当面の課題
  - ・ 電池サプライチェーンの標準化に対し，協議会を通じて，サステナブルな電池エコシステムを構築する。
  - ・ 電池サプライチェーン産業を強化する。





## 《EV用バッテリーセルの技術進化に関する動向と目標》



(資料: 経済産業省, 自動車新時代戦略会議・第1回, 2018年4月)

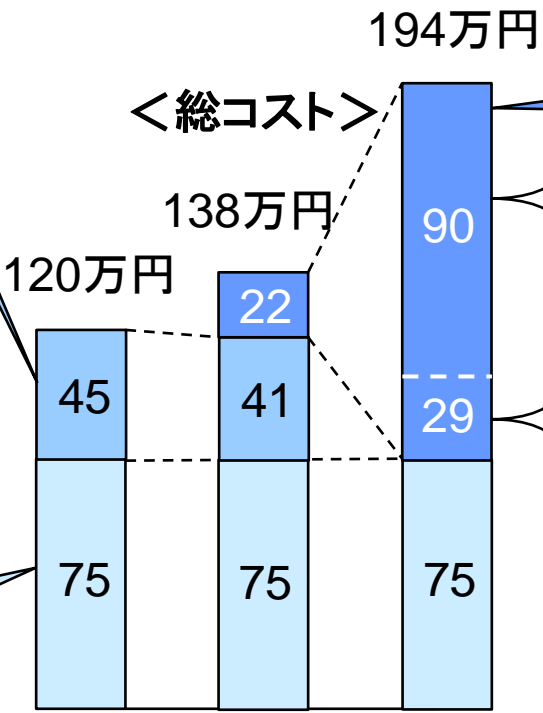
## 《PHVとEV用バッテリーパッケージの中長期開発目標》

車種	時期	航続距離 km	重量 kg	容量 kWh	コスト 万円
PHEV	2020~2030	60	50	10	20
BEV	2040~2050	700	80	56	26

資料: 自動車用二次電池技術開発ロードマップ2013より  
(NEDO, 2013年8月発表, 2018年6月確認)

ガソリン部分コスト	45
エンジン	20
吸気系	1
排気系	3
燃料タンク・配管	2
トランスミッション	13
冷却・空調	6

共通部分コスト	75
車体・外装	20
内装	15
シャシー	20
電装	10
塗装・組み立て	10



BEV専用部分コスト	119
バッテリー (容量:40kWh)	90
モーター	5
インバーター, DCDCコンバーター, 充電器	12
高電圧ハーネス	3
減速機	2
冷却・空調	7

ガソリン車 HEV BEV

- ガソリン車の市販価格は200万円程度
- コストは直接原価で、管理費, 開発費, 型償却費は含まない。
- バッテリーコストは国内流通価格を参考に算出。海外では、1kWh当たり100ドル台の事例もある。
- ☆バッテリーコストの概ね半減がBEVの普及に向けた課題。

(出典:日経, マークラインズ, 2021年3月)

□ CHAdeMO方式: 全世界で普及しているDC充電方式で, 急速充電器中心に標準化し, 普及拡大を目指して活動している。

□ CHAdeMO規格の高出力への改訂(2017年3月発表)

✓ 現状 ・10kW~50kW (500V-125A)

✓ EVの電池容量増大への対応と充電時間の短縮。

・150kW-200kW (500V-400A)

・350kW-400kW (1,000V-400A)

✓ 充電電力増大は, 電気トラック・バスでのメリットが大きい。

✓ 事業所では, 複数基の急速充電システムとスペースが必要。

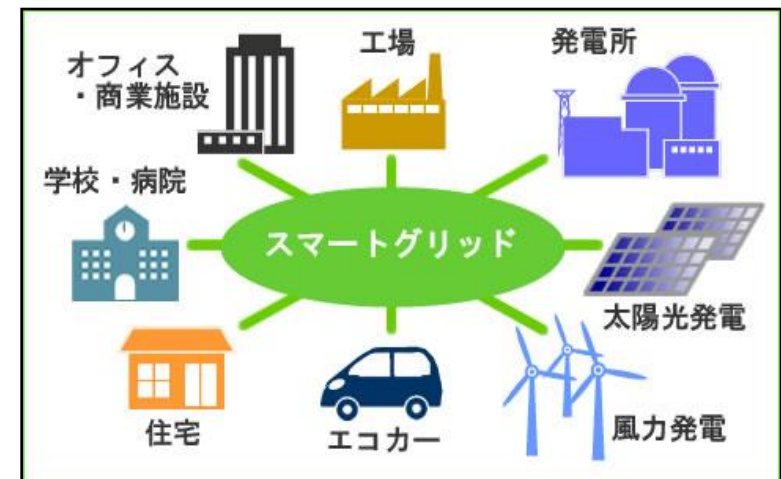
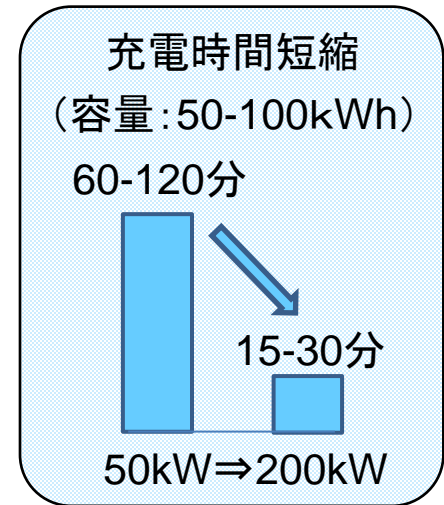
✓ 普及により増える電力需要変動を供給側でどう管理するかが重要な課題となる。

・スマートグリッド, デマンド・レスポンスで対応。

・負荷調整用発電・蓄電システムが不可欠。

□ 車載バッテリーをV2X(X: Home, Grid, Building)で再エネを含め蓄放電に活用する。

□ 2030年を目途に, 30~60分程で満充電できる急速充電器を3万基まで増やし, 全体で15万基とする。(2021年5月28日, G成長戦略より)



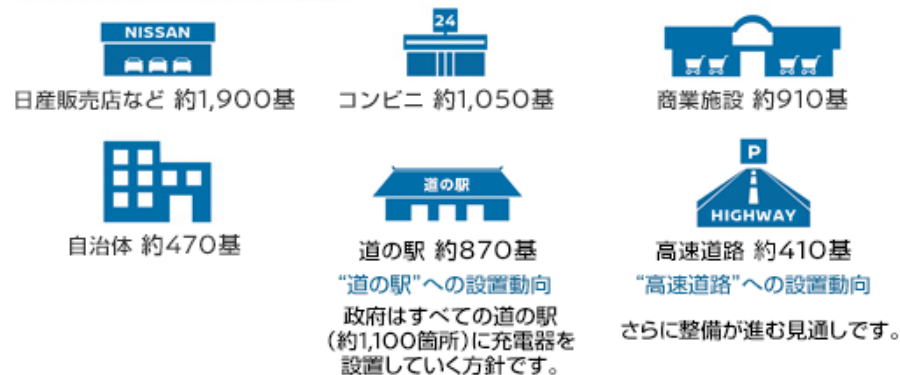
ガソリンスタンドは  
29,005箇所  
(資源エネルギー庁,  
2021年度末)



【充電器設置数】

急速充電器	普通充電器	合計
約7,700基	約22,500基	＝約30,200基 <sup>*1</sup>

【急速充電器の主な設置場所\*2】

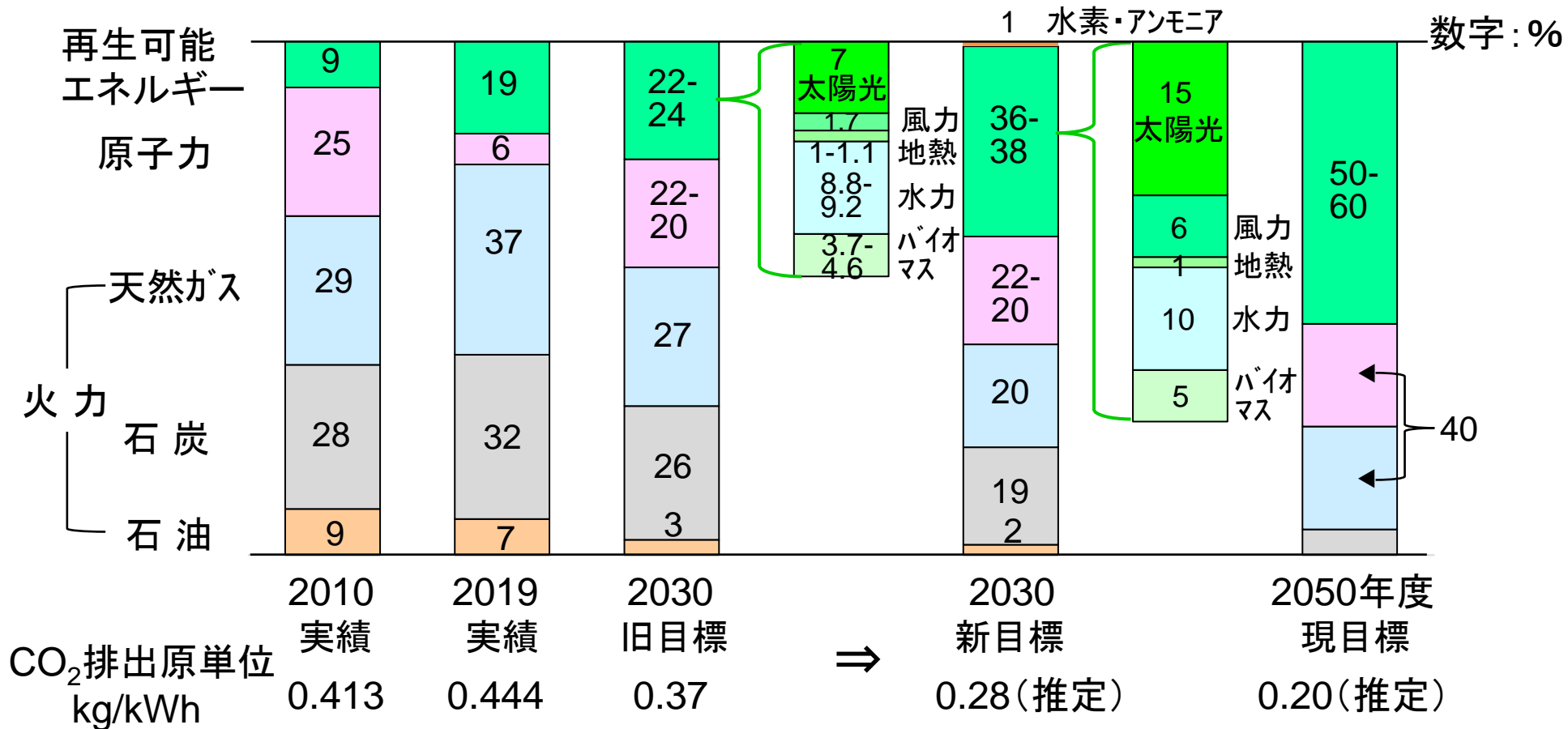


\*1 急速充電器7,700基と普通充電器22,500基の合計(2019年2月末現在 ゼンリン調べ)。

\*2 2019年2月末現在 ゼンリン調べ。

資料 : <https://ev2.nissan.co.jp/NETWORK/map.html> (日産, 2019年)

- 現在, 急速充電システムでは予約できないのが難点。
- 高速道路の SA や PA では, 混雑時に対応した多数配置が必要。
- 再生可能な電力を充電に利用する。(V2Xの取組み)
- インフラの保守・維持と老朽化・利用低下に伴う更新も課題。
- 2030年を目途に, 30~60分程で満充電できる急速充電器を3万基まで増やし, 全体で15万基とする。(2021年5月28日, G成長戦略政府発表)
- トラック・バス事業者では, 専用の急速充電システムの複数設置が必要。



- 第5次エネルギー基本計画(2018年, 旧目標)に対して, 第6次計画の新目標では, 再生エネは, 22-24%から36-38%に拡大し, 火力は56%から41%に減らし, 原子力は据え置く。発電需要は, 2019年度の10,240億kWhから9,300~9,400億kWhに9%減少するものと予想。(2021年7月21日)
- 再生エネの変動とEVやPHEVの充電需要の電力マネジメントが必要である。
- 再生エネと原子力の割合増加はEVやPHEVのCO<sub>2</sub>低減に寄与する。

車種	バッテリー容量 kWh	車両重量比 (対ガソリン車)	燃費比 (対ガソリン車)
ガソリン車	(燃料:400~500)	—	—
ディーゼル車		1.06	1.15~1.20
HEV	1~2	1.05~1.15	1.20~1.90
PHEV	10~20	1.15~1.20	1.8
BEV	20~80	1.20~1.30	3~4*
FCEV	1~2 (水素:150~170)	1.30~1.40	1.8~2.5*

\*: 走行時の消費エネルギー(Wh/km)からの概算値(TTW)  
各社の公表データを元に試算(大聖)

- BEVとFCEVでは, 各々電池と水素系統が重たいことが車重増大の要因。
- 急激なBEVの普及は, コバルト, ニッケル, ネオジウム等の需要増に繋がり, 価格高騰を招く恐れがある。HEVやPHEVのバッテリー容量は大幅に少量に抑えられる利点がある。
- PHEVは, 従来車やHEVからBEVへの「橋渡し」の役割を長期的に担う可能性がある。
- 電力の発電, 燃料製造, 原材料から車両の製造, 走行, 利用後の処分を含めた「LCA」が必要である。

## ❑水素価格の低減目標と調達

- ・現状: 100円/Nm<sup>3</sup>, 2030年頃: 30円/Nm<sup>3</sup>, 2050年: 20円/Nm<sup>3</sup> (究極: 13.3円/Nm<sup>3</sup>)  
(発電単価換算では各々, 17円/kWh, 12円/kWh, 8.7円/kWh)
- ・2030年までに海外調達も含め年間 30万t 程度の確保を目指す。⇒300万tに改訂

## ❑2050年を見据えた水素関連の革新的技術の着実な開発が必要。⇒2,000万t導入

- ・高効率な水電解・人工光合成, 水素高純度化透過膜などの新水素製造技術
- ・高効率水素液化機・長寿命液化水素保持材料
- ・低コストで高効率なエネルギーキャリア
- ・コンパクト・高効率・高信頼性・低コストな燃料電池
- ・水素と二酸化炭素を利用した新化学品合成方法

- ❑多車種展開, 複数メーカーの参入
- ❑国際基準調和の先導と貢献
- ❑国際的な技術連携体制の構築

## ❑水素ステーションとFCVの普及目標(下表)

- ・商用トラック(国内市場保有台数320万台以上のうちの一部を占める。)

## ❑ステーション事業: 2020年代後半に経営自立化。(設置費用: 4億円⇒2億円)

水素ステーションと台数	現 状	~2020年	~2025年	~2030年
水素ステーション・箇所	162(2020/11)	160	320	900⇒1,000
FC乗用車・台数	3,433(2020/7)	40,000	200,000	800,000
FCバス・台数	84(2020/9)	100	—	1,200
FCフォークリフト・台数	250(2020/3)	500	—	10,000



2020年12月発表予定，“Mirai”がフルモデルチェンジされ，5人乗り，後輪駆動，フル充填で約850km走行



2019年，セブンイレブンにFC小型冷凍車を提供。フル充填で約200km走行



2017年1月，元町工場でFCフォークリフト利用開始，多車種にも展開



2017年2月，FCバスを東京都に販売“Mirai”のFCスタック2基使用，フル充填で約200km（2020年末に84台保有）



日野の米国市場向け新大型トラックHINO XLシリーズをベースに，“Mirai”のスタックを使って共同開発し，2021年から実証試験を開始。

☆主要コンポーネントの共通化で多車種に展開してコスト低減を図る。  
☆他社の参入や複数の企業との連携を通じて普及を図ることが不可欠！



□「水素・燃料電池戦略ロードマップ」や「水素基本戦略」に対応した水素社会システムの構築するため、FCVの普及に向けた水素供給インフラの整備支援を推進する国の方針が示されている。



□それを受けて、水素ステーションの整備・運営を行うインフラ事業者16社、自動車メーカー3社、金融投資家7社等が協業することを目的として、2018年2月に本合同会社（Japan H2 Mobility, 略称: JHyM〈ジェイハイム〉）を設立。FCV普及初期における水素ステーションの本格整備を加速させるため、FCVユーザーの利便性向上を実現し、FCVと水素ステーションの普及加速に貢献する。

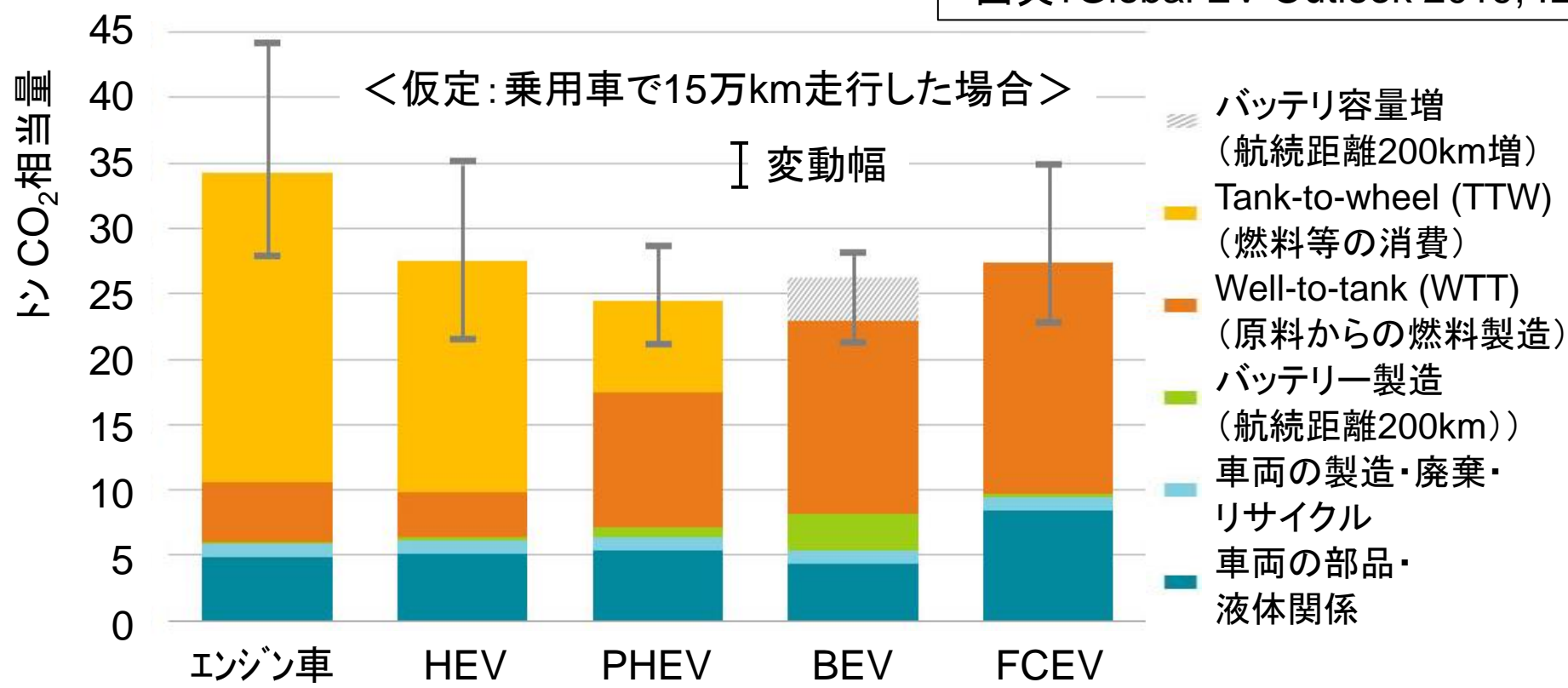
□資本金:5億円

□事業期間: 第Ⅰ期 2018～2021年度  
第Ⅱ期 2022～2027年度

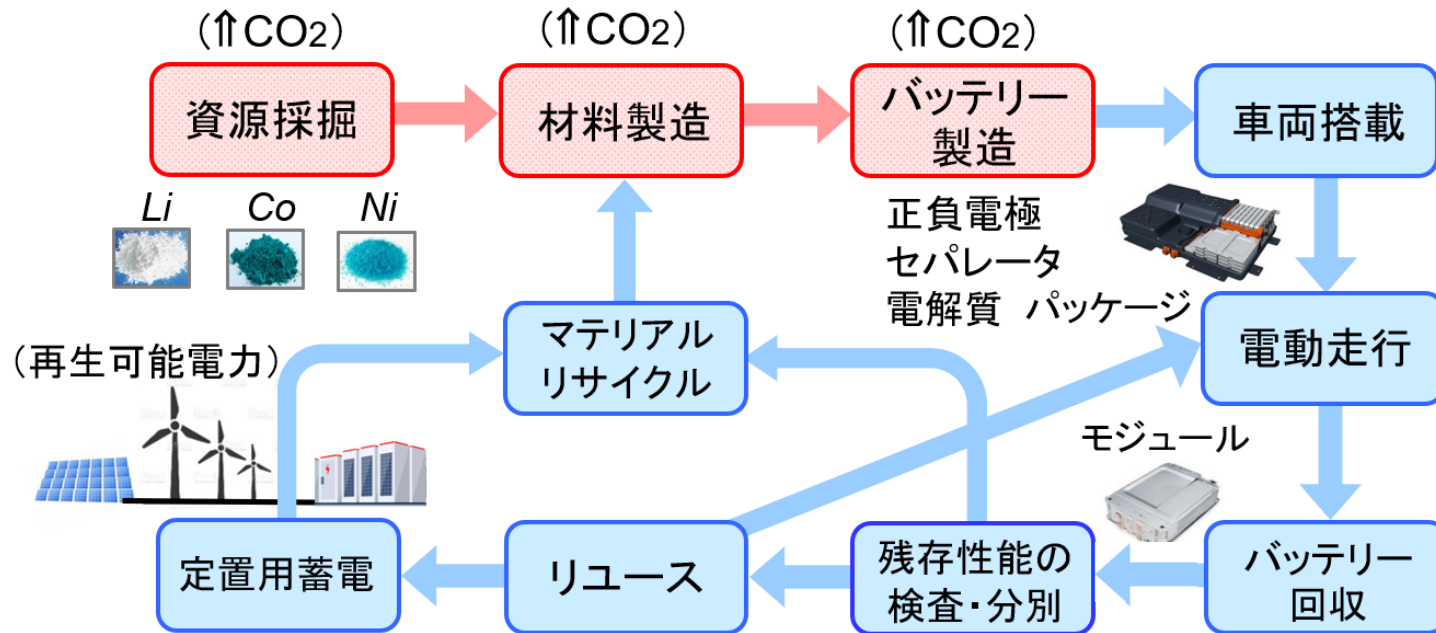
□各インフラ事業者は、年度毎に策定されるJHyMの年次水素ステーション整備計画方針に沿って個別に整備計画を提出。承認された計画については、インフラ事業者とJHyMが共同で補助金申請を行う。建設はインフラ事業者が行い、完成後はJHyMがその水素ステーションを所有する。建設した水素ステーションはインフラ事業者各社のブランドで運営する。



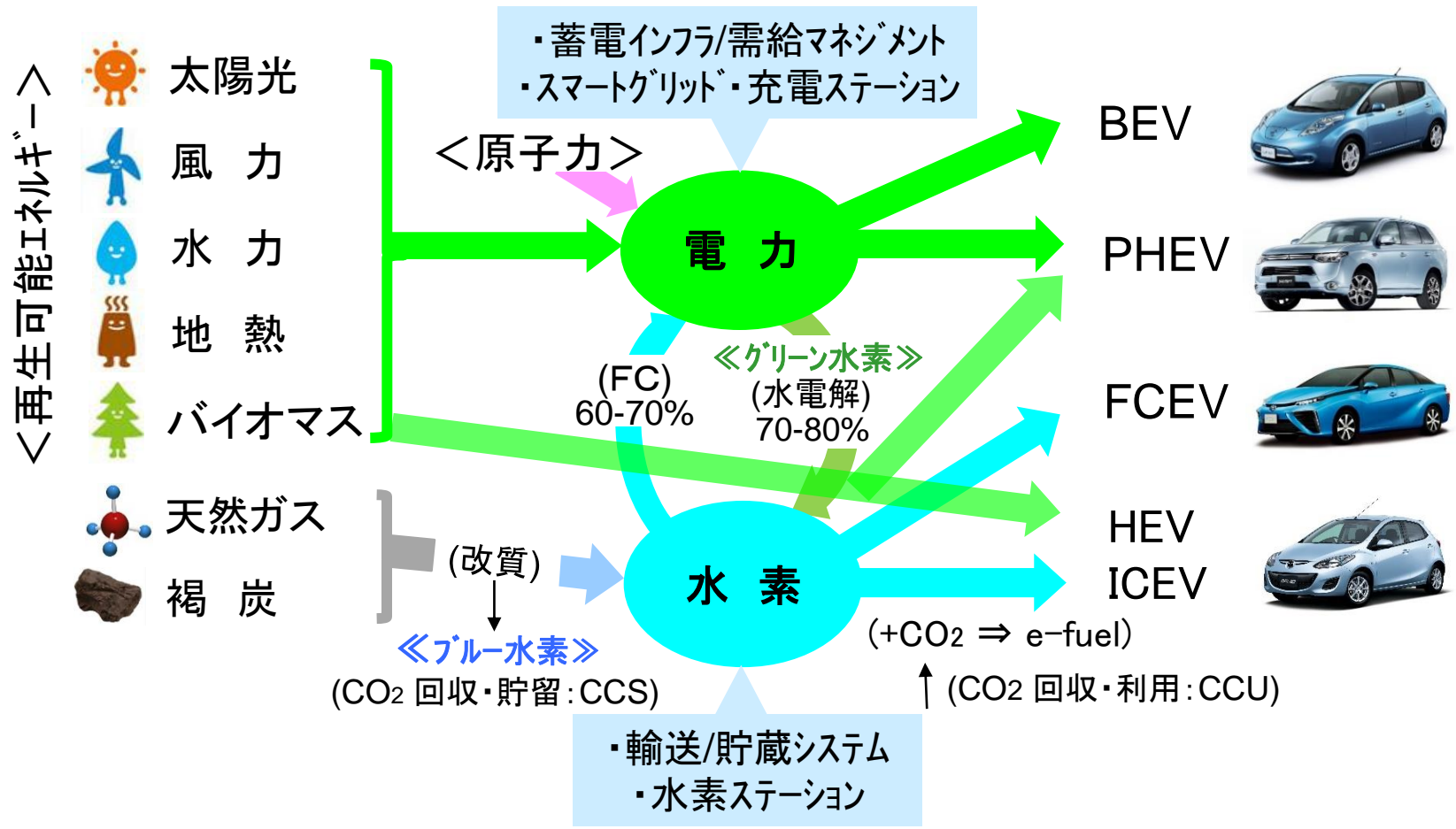
出典: Global EV Outlook 2019, IEA



- 今後の燃費とCO<sub>2</sub>排出量の評価は、TTW⇒WTT⇒LCAへ。
- BEVでは、バッテリー搭載量を増やすと、CO<sub>2</sub>の増大を招く。
- 電力の低炭素化はCO<sub>2</sub>の低減に極めて有効である。
- FCEVでは、水素製造と部品類の低炭素化が課題である。
- 欧州委員会では、2024年からバッテリーのLCAによるCO<sub>2</sub>排出量の申告をメーカーに義務付け、2027年から上限値を定め、2030年からリサイクル材の利用義務付けを提示。



- 使用済みバッテリーの回収，検査・分別，組み直しを含むリユース，リサイクルのシステム構築とCO<sub>2</sub>排出量のLCAでそれらを考慮することが課題。これにより，BEVのLCA-CO<sub>2</sub>低減と資源節約の効果が得られる。
- リユース，リサイクルにより，バッテリー製造時のCO<sub>2</sub>排出削減と太陽光や風力等の再生可能電力の蓄電に寄与する。
- 日産と住友商事が設立したフォーアールエナジー(株)が取り組んでいる。
- EU委員会では，2024年からLCAによるバッテリー製造時のCO<sub>2</sub>排出量の申告をメーカーに義務付け，2027年から上限値を定め，さらに2030年からリサイクル材の利用の義務付けを提示している。地政学的リスク回避のため，域内でのバッテリー生産を急ぐ。



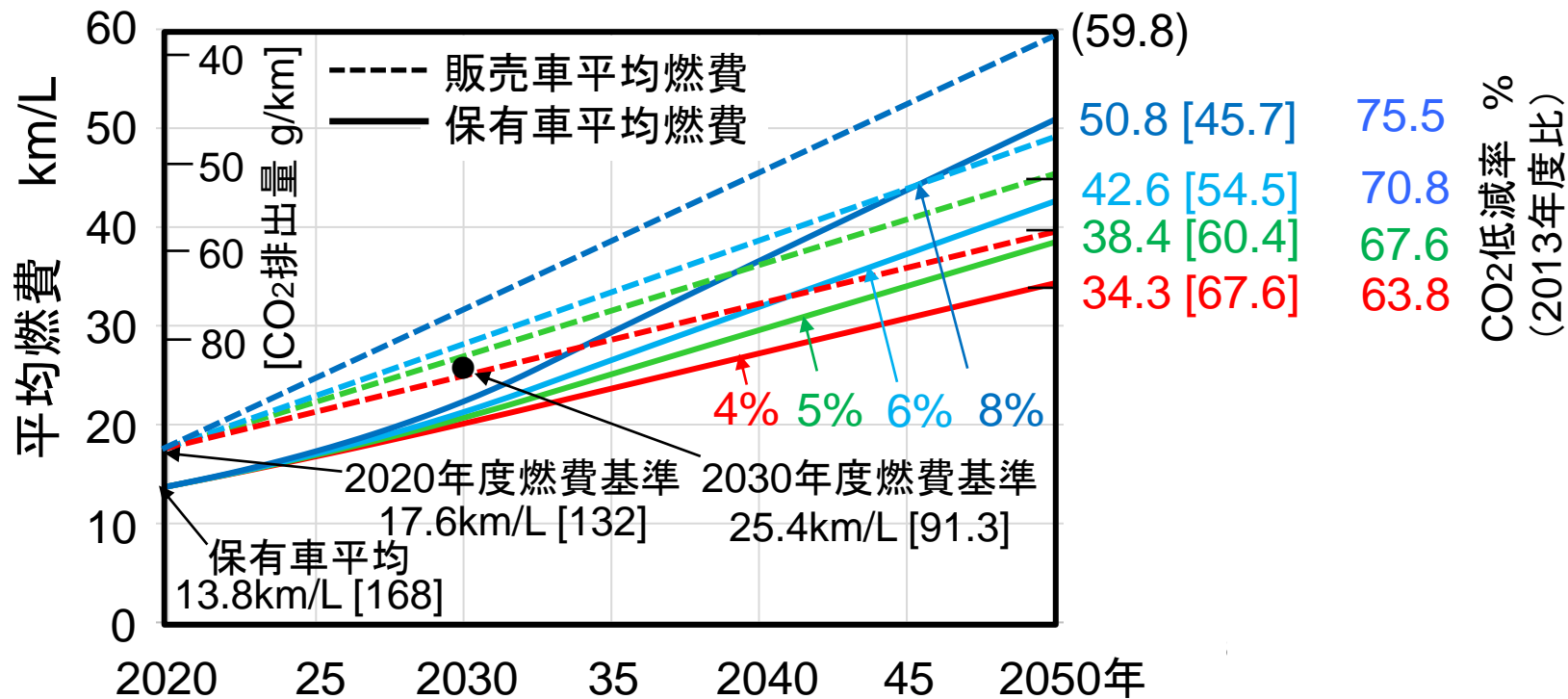
- ❑ 化石燃料(天然ガス, ナフサ等)の改質による生産からグリーンな水素へ。
- ❑ 2040年頃を目途に, CO<sub>2</sub>フリーの水素の製造, 輸送・貯蔵の本格化を目指す。
- ❑ 普及に当たっては, エネルギー・燃料の製造・輸送・貯蔵・消費に関わるトータルの LCAとともに費用対効果の評価が必要である。

# 主要技術による小型商用車の燃費改善とCO<sub>2</sub>低減効果

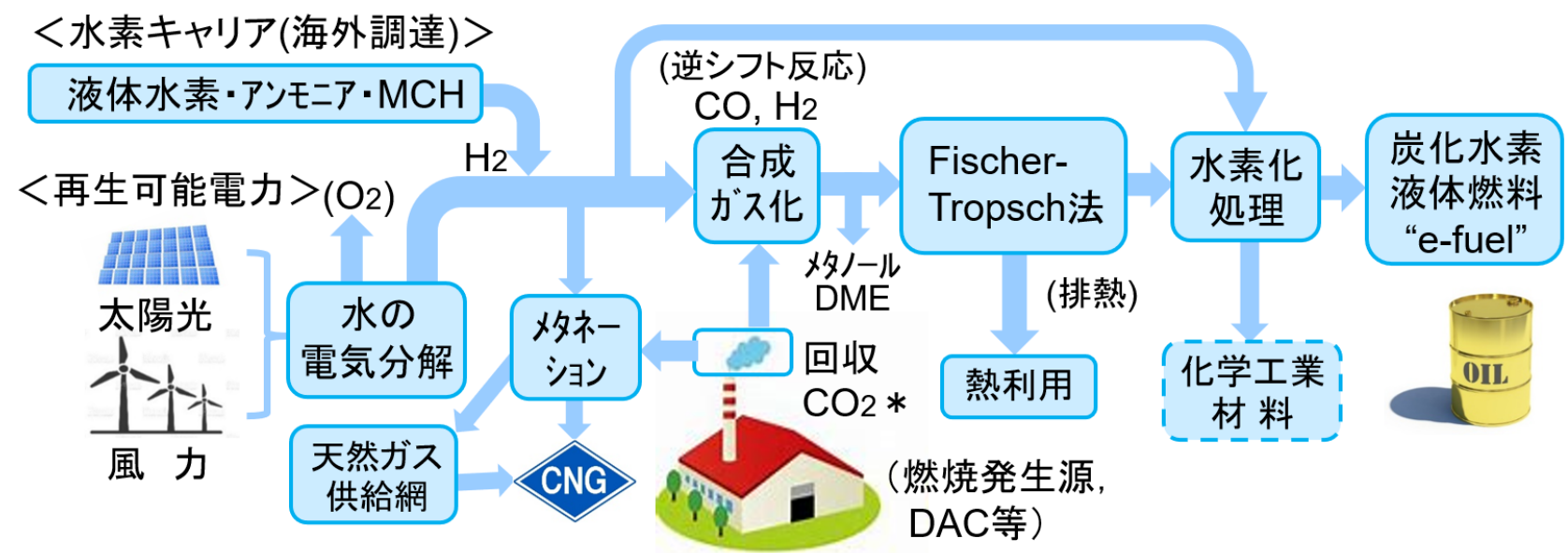
技術項目	内容	燃費改善割合 [CO <sub>2</sub> 低減割合] (所要年数: 年率改善率)
① エンジンの高効率化	2030年までに正味熱効率50%を達成	15~25% [13~20%] (10年間: 1.5~2.5%/年)
② 電力・燃料の低炭素化	再生可能電力の利用 (BEV, PHEV)	30~140% [23~58%] (20年間: 1.5~7%/年) *
	水素・合成燃料等の利用	? (2030年以降)
③ バッテリー・電動技術の高性能化	ハイブリッド化 (マイルド~ストロング)	20~80% [17~44%] (15年間: 1.3~5.3%/年)
	BEV化, PHEV化 (電力の低炭素化)	30~140% [23~58%] (20年間: 1.5~7%/年) *
④ 車両の軽量化	軽量材料の利用 (20~30%減少)	20~30% [17~23%] (20年間: 1.0~1.5%/年)

<仮定>: 2020年時点の技術を基準とする。 \* : 同一の効果

- ① エンジンの高効率化と燃料の低炭素化は, ICEV, HEV, PHEVの燃費改善に寄与。
- ③ バッテリー・電動化技術の高性能化は, ICEVを除くすべての車種の低炭素化に寄与。
- ④ 車両の軽量化は, すべての車種の燃費を改善する。



- <仮定>
- ・2020年を起点として、販売される新車のWLTCモードガソリン車の燃費が年率で、4%、5%、6%、8%向上する。
  - ・2020年以前に登録された車両は、2010年度、15年度の燃費基準に線形的にWLTC換算で適合し、車種構成と総台数は変わらないものとする。
  - ・最も保有車平均燃費の改善効果がある場合として、平均車齢の13年に達した車両が新車に買い替えられるとし、各年式車の調和平均を算出する。
- 保有車平均燃費は販売車平均燃費に対して遅れが生じることに留意し、持続的な燃費改善の取組みと燃費の悪い高齢車の買い替えが必要である。



- ❑CCU(Carbon Capture and Utilization)の一種(\*)。NEDOでも2課題を採択し研究を開始。
- ❑エンジン車, HEV, PHEVに対してCO<sub>2</sub>をWell-to-Wheelで削減する効果があると見られるが, LCAによる効果の検証が必要である。
- ❑普及初期は, 従来燃料(軽油)に混合利用(ドロップイン)が想定される。
- ❑エンジン車やHEV, PHEV, 給油スタンドを含む供給システムの存続上, 大いに期待されているが, 合成収率が低く, 高コストであり, 量的供給を含めて実用化の成否は不確実。
- ❑CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>からメタネーション反応により, メタンを生成する方法もあり, 天然ガスラインへの混合や, 圧縮天然ガス(CNG)車用燃料として利用する。(独・アウディ社の“e-gas”)
- ❑バイオマスを高温ガス化し成分調整により合成ガスとしてFT合成する方法もある(BTL)。
- ❑拡大した課題がグリーンイノベーション基金の対象となり, 本年中に採択される見通しである。

比較項目	HEV(P車)	BEV(L車)	FCEV(M車)
燃料・エネルギー消費(WLTC)	32.1km/L(ガソリン)	6.45km/kWh	152km/kg-H <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> 排出量 g/km	72.3	(現状, 全国平均)	-
・2019/30/50年での平均電力利用	-	68.8/57.5/31.0	141/118/64
・再エネ電力利用(仮定 0.03kg/kWh)	-	4.65	9.60
燃料エネルギー単価 現在/将来	1L:150円	1kWh:25/12円	1kg:1,120/224円
年間燃料エネルギー消費量	266L	1,324kWh	56.2kg (630Nm <sup>3</sup> )
年間燃料エネルギー経費	39,900円	33,100/15,900円	62,900/12,600円
100万/1千万台普及時総消費量	26.6/266万kL	1,324/13,240GWh	5.26万/56.2万t
100万/1千万台普及時電力消費割合	-	0.143/1.43%	0.295/2.95%

- 乗用車の年間平均走行距離: 8,540km/年 (国交省資料)
  - わが国の年間電力消費量:  $9.278 \times 10^5$  GWh (2019年度)
  - 電力のCO<sub>2</sub>排出量(kg/kWh): 0.444(2019年)/0.37(2030年)/0.20(2050年)
  - 水の電気分解で水素1kg生成に必要な理論電力量: 140MJ/kg-H<sub>2</sub> = 38.9kWh/kg-H<sub>2</sub>
  - FCEV1台当りの年間必要電力量: 2,186kWh, 電気分解効率80%とすると, 2,733kWh
- ☆水素の大量利用には海外からの調達を推進する必要がある。



各種燃料		出力性能	CO <sub>2</sub> 低減効果	コスト 車両/ 燃料	航続距離	持続可能性	課題
バイオディーゼル (B5-B30, B100)		□	○	□/△	□	○	LCAが必要, 性状劣化対策
水素化BDF (HVO)		□	○	□/△	□	○	LCAが必要, コスト低減
水素 (圧縮)	ポート噴射 (SI)	△	○	□/△	△	○	DI化で熱効率改善, 水素インフラ
	燃料電池車 (FCEV)	□/△	◎	▲/△	△	○	コスト低減, 水素インフラ
メタン (圧縮, SI)	天然ガス	△	□	□/□	△	□	メタンスリップ <sup>o</sup> 抑制, LNGVの開発
	バイオメタン	△	○	□/□	△	○	メタンの回収・量的確保
	メタネーション	△	○	□/△	△	○	水素とCO <sub>2</sub> 源の確保
バイオエタノール (SI)		△	○	□/△	□	○	セルロースエタノールの製造技術開発
合成液体燃料		□	○	□/▲	□	○	CO <sub>2</sub> とH <sub>2</sub> 供給, 合成収率の改善
車載CO <sub>2</sub> 回収システム		△	○	▲/□	□	△	CO <sub>2</sub> 貯留システムの構築, コスト低減

- ・従来ディーゼル車に対して, ▲:著しく劣る △:劣る □:同等である ○:優位である
- ・SI:火花点火燃焼, それ以外は圧縮着火燃焼(ディーゼル燃焼)
- ・水素:再生可能エネルギーで生成し利用すると仮定する。(グリーン水素)
- ・航続距離の低下は積載量の減少と相関する。
- ・将来燃料の共通課題:軽油相当の供給量の確保とコスト低減

用途 \ 車種	HEV	BEV	FCEV
近距離(小型) 100~200km	○ ・20-30%の燃費改善 ・低エミッション化は限定的	○ ・ゼロエミッション ・物流事業者から強い要望	○ ・ゼロエミッション ・外部への給電
中距離(中型) 300km以下	□ ・燃費改善は利用形態による?	□ ・積載量・航続距離の制約 ・バッテリーコストの制約	□ ・車両と燃料のコスト制約
長距離(大型) 300km以上	□ ・定速走行では燃費改善は限定的	△ ・積載量・航続距離の制約 ・バッテリー性能の制約	△~□ ・FCスタックの高負荷運転における信頼耐久性の制約
共通課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両コストの低減</li> <li>・エンジンの高効率化 (正味熱効率: ~55%)</li> <li>・平行からフルシステム化 / プラグイン化へ</li> <li>・一層の低エミッション化</li> <li>・合成液体燃料の利用?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バッテリーコスト低減</li> <li>・バッテリーの信頼耐久性確保</li> <li>・航続距離の延伸</li> <li>・重量/容積増大の抑制</li> <li>・充電時間の短縮</li> <li>・充電スタンドの整備・拡充</li> <li>・再エネ電力の利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大幅な車両/燃料コスト低減</li> <li>・FCスタックの性能向上</li> <li>・水素ステーションの整備・拡充</li> <li>・車種の多様化/部品共有</li> <li>・複数企業の参入と実証</li> <li>・水素製造の脱炭素化</li> <li>・水素の供給源と量の確保</li> </ul>

注) ディーゼル車(車両総重量3.5t超)と比べて △: 適さない □: 同等である ○: 有用である

★最大積載量8トン以下の車種では、新車で2030年までに電動車20~30%、2040年までに電動車・脱炭素燃料車100%を目指す。8トン超では、2020年代に5,000台の先行導入を目指し、2030年までに2040年の電動車の普及目標を設定する。

## 《2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略》 ～自動車・蓄電池分野から～（内閣府・関係省庁，2021年6月18日）

### ＜乗用車＞（小型商用車を含む）

□2035年までに新車で電動車100%実現のため，国が包括的措置を講じる。⇒



### ＜商用車＞

□ 8t以下の車種については，

- ・ 2030年までに，新車販売ベースで電動車：20～30%
- ・ 2040年までに，新車販売ベースですべてを電動車または合成液体燃料（e-fuel）等の脱炭素燃料を利用する車両とする。
- ・ 車両の導入やインフラ整備の促進など，国が包括的措置を講じる。



□ 8t超の車種については，

- ・ 商用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。
- ・ 水素や合成燃料等のコストを低減する技術開発・普及の取組みの進捗を踏まえ，2030年までに2040年の電動車の普及目標を設定する。



### ＜全体＞

- この10年間はBEVの導入を推進し，バッテリーをはじめ，世界をリードする産業サプライチェーンとそれを活用する「モビリティ社会の構築」を図る。
- 特に軽自動車や商用車等のBEVやFCEVへの転換について，国として特段の対策を講じていく。
- 部品サプライヤーや地域経済を支える自動車販売店，整備事業者，サービスステーション等の電動化対応を後押しするべく，「業態転換・事業再構築」を積極的に支援していく。
- 国内の車載用バッテリーの製造能力を100GWhまで高めるとともに，BEVとガソリン車の経済性が同等となる車載用のバッテリーパック価格を1万円/kWh以下にする。

- **域内輸送**：普通車・中量車，路線バス
  - ・HEV, PHEV化やBEV, FCEVの可能性 ・ドローンの活用
- **長距離輸送**：ディーゼル重量車，天然ガス重量車，HEV
  - ・エンジンシステムの高効率化(正味熱効率「55%」を目指す。)
  - ・隊列走行，連結走行，自動走行-ドライバー不足・高齢化対策？
  - ・電動化は遅れている。BEV, 走行中給電, FCEV, e-fuel の可能性は？
- 輸配送の効率化を可能にする ITS, ICT  
(テレマティクス), IT, AI の活用
- ターミナルでの合理化(荷捌きの高効率化...)
- モーダルミックス(鉄道，貨物船と連携，容量に制約があるが，推進すべき。)  
ポストコロナやリニア新幹線で余剰となる旅客輸送量を貨物輸送へ！？
- 荷主との協力／ネットショッピング⇒宅配便のあり方は？

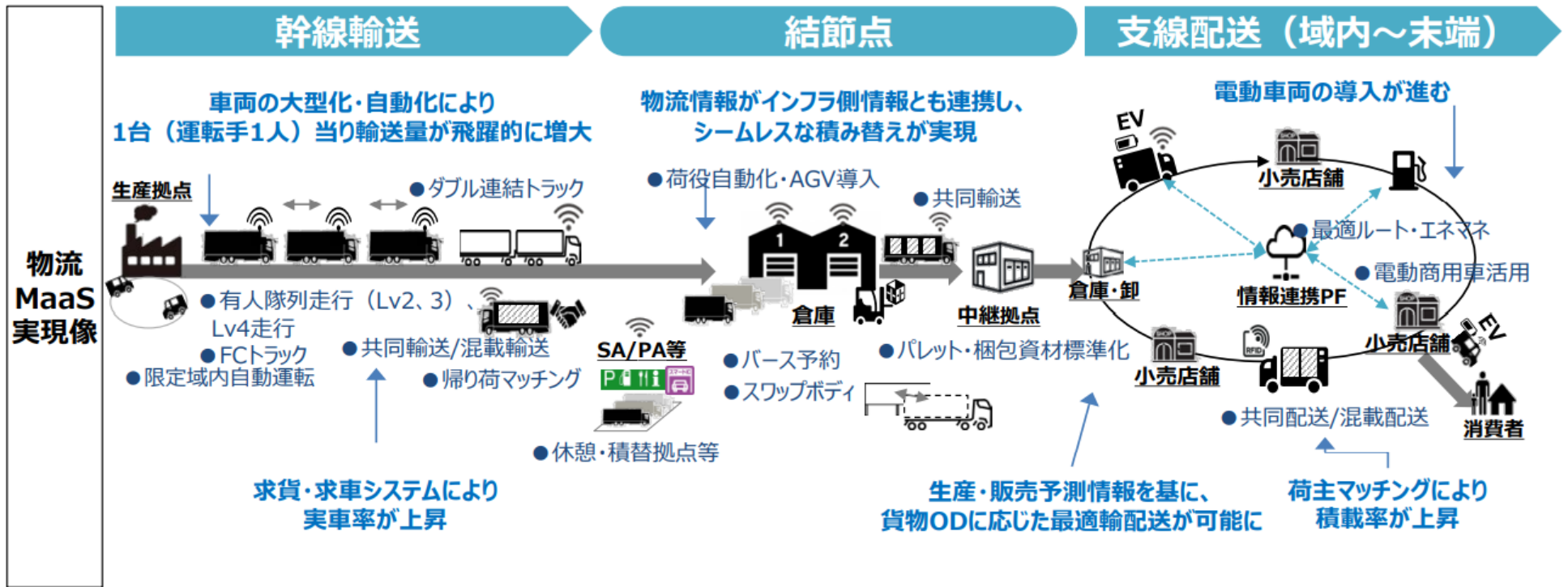
大幅なCO<sub>2</sub>低減が難しい状況！

CO<sub>2</sub>の低減効果の評価が必要！



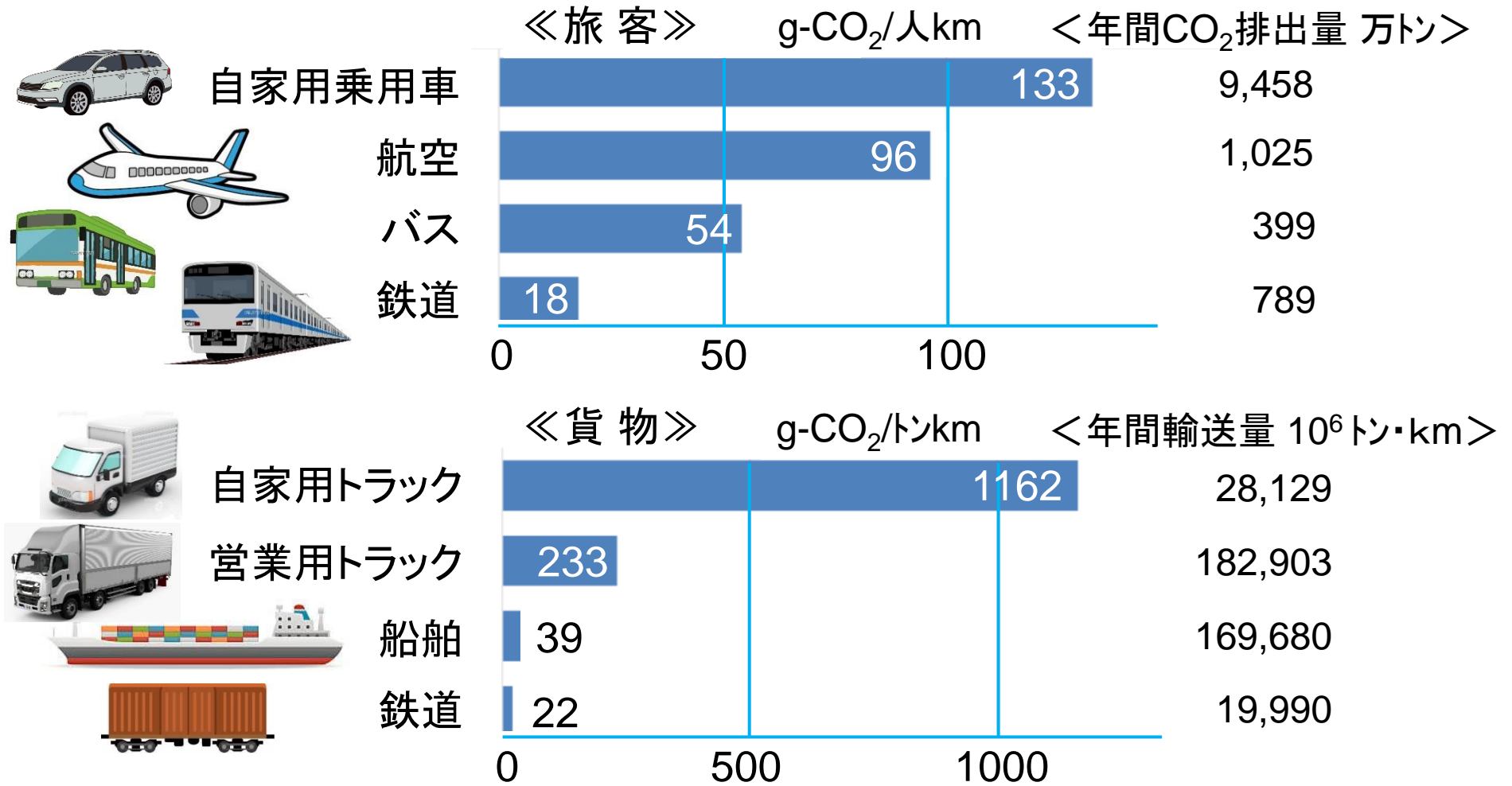
- ①**環境対応** (貨物小口化等により積載率は低下し、トンキロ当たりエネルギー消費は悪化)
  - ②**人手不足** (ドライバー数減少、有効求人倍率は約3倍に)
  - ③**デジタル化** (中小零細企業のデジタル化/業界内外データ連携の進展遅れ)
- 等の物流分野の課題解決に、コネクテッド技術が貢献できる可能性。
- 荷主・運送事業者等のプレイヤーが進める物流効率化に対し、商用車OEMは共に“**共通の物流MaaS実現像**”を描きながら、デジタル技術を活用し、共同輸送や混載配送・輸配送ルート最適化等を共同で実現していく事が必要。

荷主・運送事業者・車両の**物流・商流データ連携**と部分的な**物流機能の自動化**の合わせ技で最適物流を実現し社会課題の解決、および物流の付加価値向上を目指す



# 各種交通機関のCO<sub>2</sub>排出量原単位と輸送量（2019年度）<sup>45</sup>

（国土交通省資料，2020年）



- 自家用乗用車の10%が鉄道(旅客)にシフトすると818万トン(運輸部門全体の約4.0%)の削減効果がある。
- 鉄道貨物輸送量の倍増でトラックからのCO<sub>2</sub>を約9%(運輸部門全体の約3.3%)削減する効果がある。
- 鉄道では電力の脱炭素化が課題である。 □ トラック輸送では、自営転換が有効である。

□2021年4月9日、経済産業省は脱炭素社会の実現に向けた「グリーン成長戦略」(2020年12月公表)の実行計画の一環として、今後10年間企業の研究開発を支援する2兆円のイノベーション基金の配分対象となる18事業を公表。

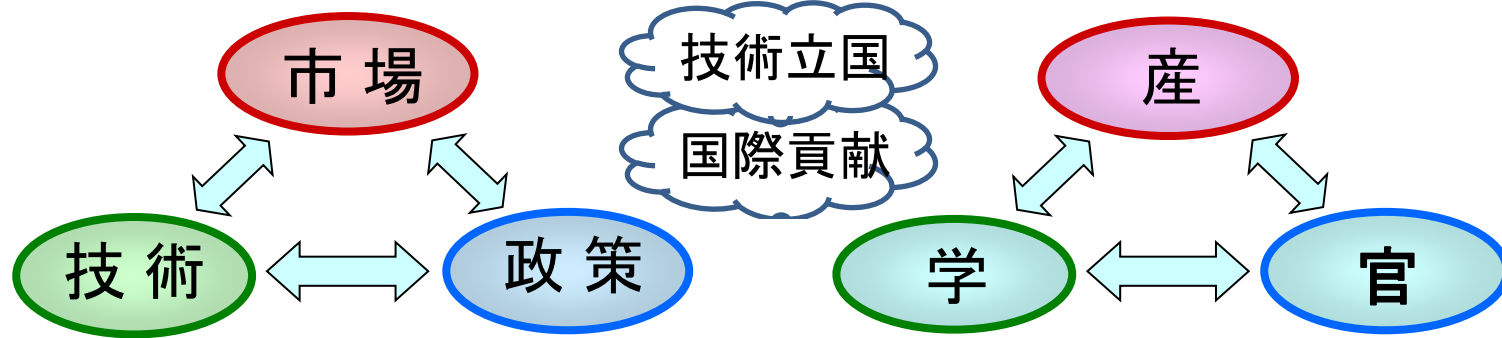
□成長戦略で掲げた重点14分野を18事業に集約し、「グリーン電力」「エネルギー構造転換」「産業構造転換」の3分野ごとのWGにおいて、詳しい事業目標や配分額などの詳細を検討する。

□4月28日に開いた産業構造審議会(経産相諮問機関)で了承された事業として、③海外から大量に水素を運ぶ供給網の構築に向けた事業で最大3,000億円、④国内で水から水素を製造する装置の大型化に向けた事業で最大700億円を配分し、NEDOを通じて公募する。

□その他の事業についても、目標や配分額などの詳細を決めた上で公募を始め、2021年度上半期にも事業に着手する。

分野	18事業のテーマ
グリーン電力の普及促進	① 洋上風力発電の低コスト化
	② 次世代太陽光発電の低コスト化
エネルギー構造転換	③ 大規模水素サプライチェーンの構築
	④ 再エネ電力を活用した水電解の水素製造
	⑤ 製鉄プロセスにおける水素活用
	⑥ 燃料アンモニアサプライチェーンの構築
	⑦ CO <sub>2</sub> を用いたプラスチック原料製造技術開発
	⑧ CO <sub>2</sub> を用いた燃料製造技術開発
	⑨ CO <sub>2</sub> を吸収するコンクリート等製造技術開発
	⑩ CO <sub>2</sub> の分離・回収等技術開発
	⑪ 焼却施設のCO <sub>2</sub> 削減技術開発
	産業構造転換
⑬ 車両電動化に伴う供給網変革技術の開発	
⑭ スマートモビリティ社会の構築	
⑮ 次世代デジタルインフラの構築	
⑯ 水素・電動航空機の開発	
⑰ 水素・アンモニアを用いた次世代船舶の開発	
⑱ 農林水産業のCO <sub>2</sub> 削減・吸収技術の開発	

:自動車関連



- 2030年を超えて石油が利用可能な状況にあつては、エンジンの高効率化は、HEVやPHEVの燃費改善にも有効であり、さらには、合成燃料("e-fuel")の利用可能性を探る。
- 2050年に向けた脱炭素化のためには、HEV, BEV, PHEV, さらにはFCEVを含む電動化, 再生可能な電力・エネルギーの活用, LCAによるCO<sub>2</sub>排出量の算定が不可欠である。
- 電動化において、バッテリーのエネルギー密度・出力密度の大幅な向上, コスト低減, リユース/リサイクル・システムの構築が重要である。
- BEVにおける再生可能な電力の活用にあたっては、普及台数増加に伴う急速充電の需給変動に対応した電力マネジメントシステムの構築が必要である。
- FCEVの普及には、長期的な計画に基づき、社会受容性を醸成しつつ、大幅なコスト低減, 海外調達を含む水素の量的確保を図るべきである。
- 2050年の温室効果ガス削減の目標を実現するには、これらの技術課題の解決のみでは不十分であり、運輸交通システムや自動車の利用のあり方を抜本的に見直して、高効率化を図り、他部門との連携を図る必要がある。(「モビリティ・イノベーション」の実現。)
- 産学官の連携のもと、人材育成を図り、技術立国としての優位を確保すると同時に、これらの取組みを新興国への支援に役立てて国際貢献を果たすことが大いに期待される。