



2021年2月4日

エネルギー・資源学会  
「2050年に向けた日本のエネルギー需給」  
研究委員会 2020年度第2回シンポジウム  
第10回東京大学ESI シンポジウム

# 次世代自動車技術による温暖化ガス 排出削減の取り組み

早稲田大学 研究院  
次世代自動車研究機構

大聖 泰弘

## < 環境 >

## < エネルギー >

大気汚染



地球温暖化



石油



再生可能  
エネルギー



クルマは、今、”百年に一度の変革期“を迎えている！

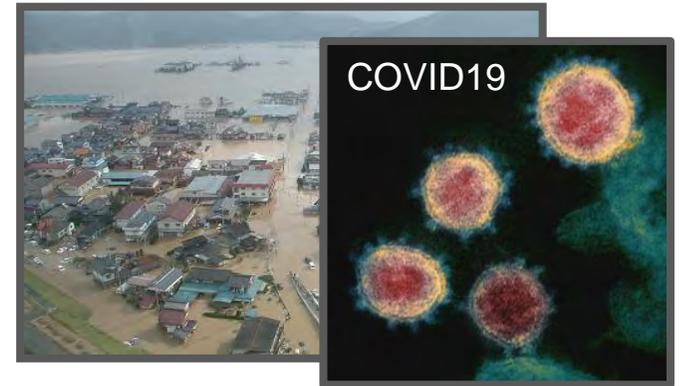
## < 交通渋滞 >



## < 交通事故 >



## < 自然災害 >



# 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

(エンジン車, ハイブリッド車)

- ・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が必要である。



### 【3】自動車のスマートな利用に関わる取組み

(スマートシティの構築)

- <交通流円滑化, ITS, ICT, IT, Cloud, Big data, AI の活用>
- ・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, エコ・安全運転, シェアリング)



# わが国のパリ協定への対応

## 2030年度におけるエネルギー起源二酸化炭素削減量

～ 国連に提出する日本の約束案、閣議決定 ～

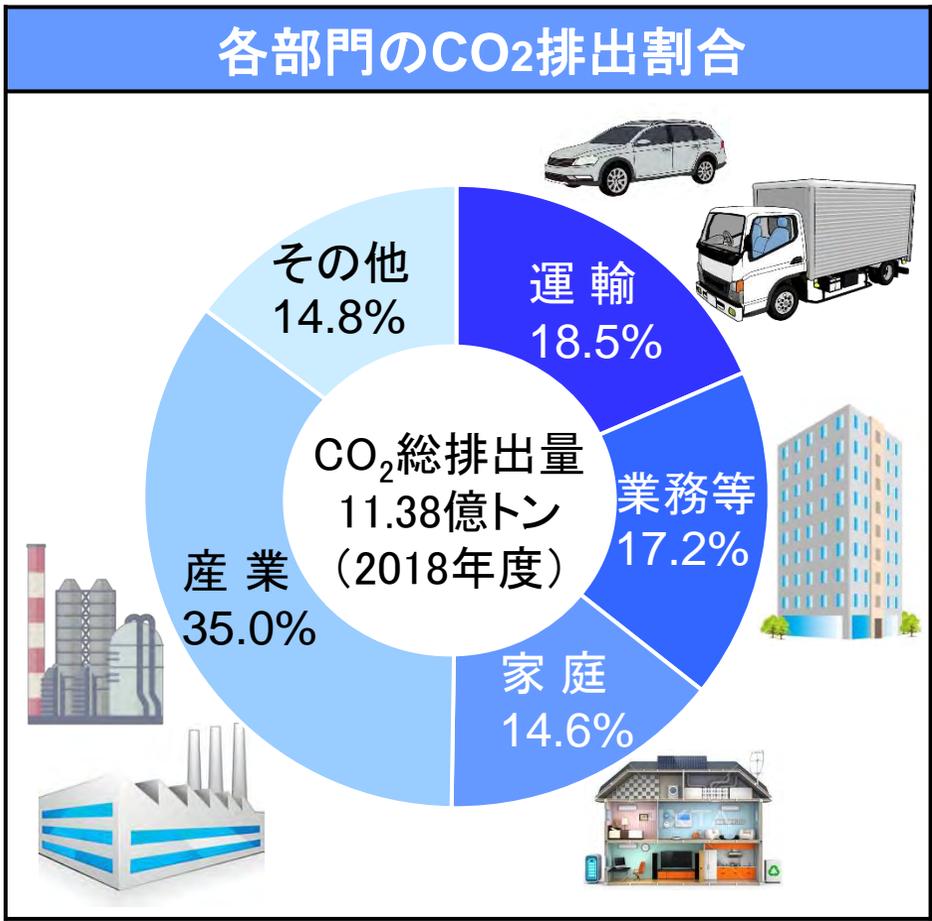
(平成27年7月17日 地球温暖化対策推進本部決定)

わが国の温室効果ガス排出量の9割を占めるエネルギー起源二酸化炭素の排出量については、2013年度比▲25.0%(2005年度比▲24.0%)の水準(約9億2,700万t-CO<sub>2</sub>)であり、各部門における2030年度の排出量の目安は下表のとおりである。これが、2016年5月13日「地球温暖化対策計画」として閣議決定された。 [単位:百万t-CO<sub>2</sub>]

部 門	2013年度 (2005年度)	2030年度 / 2013年度比%(2005年度比%)
産 業	429 (457)	401 / ▲6.5 (▲12.3)
業 務・その他	279 (239)	168 / ▲39.8 (▲29.7)
家 庭	201 (180)	122 / ▲39.3 (▲32.2)
運 輸	225 (240)	163 / ▲27.6 (▲32.1)
エネルギー転換	101 (104)	73 / ▲27.7 (▲29.8)
合 計	1,235 (1,219)	927 / ▲24.9 (▲24.0)

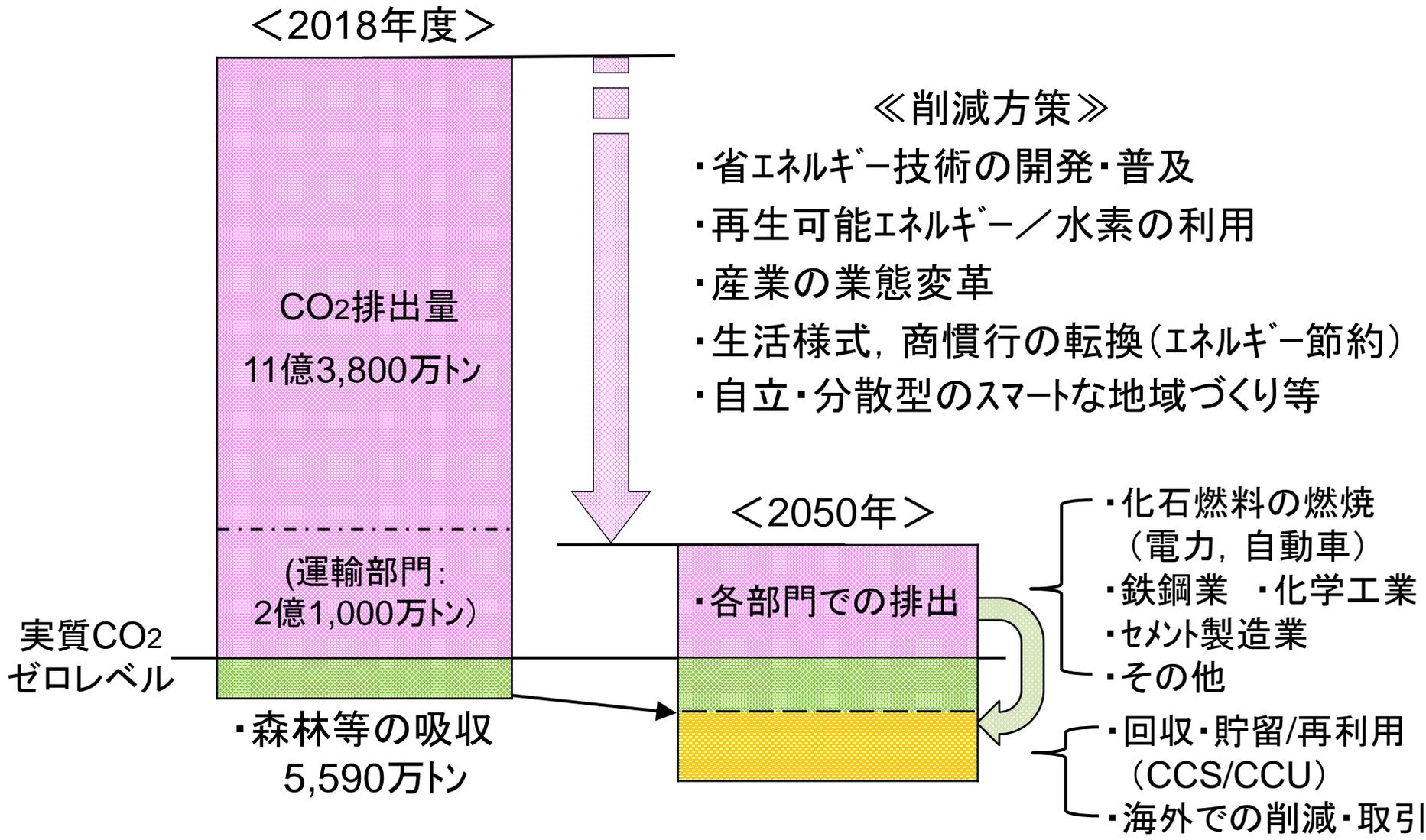
☆業務・その他, 家庭, 運輸の3部門には大幅な削減が必要とされている。  
 ☆首相が2050年に温室効果ガスの排出量を実質ゼロにすると表明(昨年10月26日)

国土交通省HP, 2020年



運輸部門	万トン	割合 %
自動車	18,388	86.2
自家用乗用車	9,697	46.1
自家用貨物車	3,443	16.4
営業用貨物車	4,255	20.2
バス	410	1.9
タクシー	248	1.2
二輪車	79	0.4
航空	1,054	5.0
内航海運	1,032	4.9
鉄道	824	3.9
合計	21,000	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15.9 %を占めている。



(閣議決定, 2018年7月)

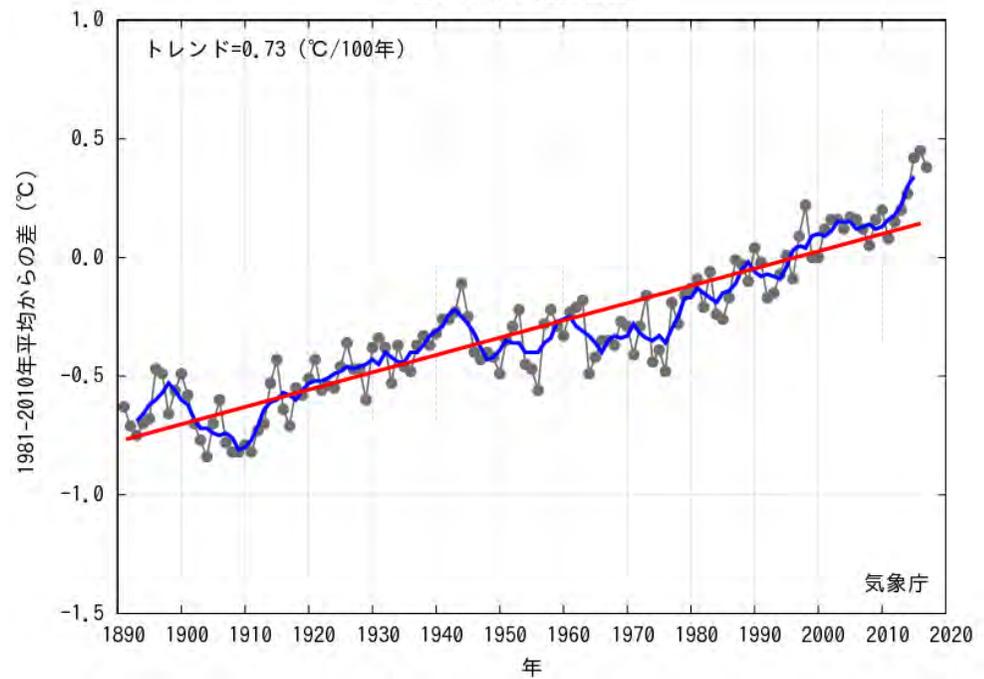
- 次世代自動車の普及  
(新車販売に占める割合を5割~7割とする目標)
- 燃費改善(新たな燃費基準の設定と実施)
- 交通流対策の推進                      □エコドライブの推進
- 公共交通機関の利用促進, モーダルシフト
- 低炭素物流の推進



☆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

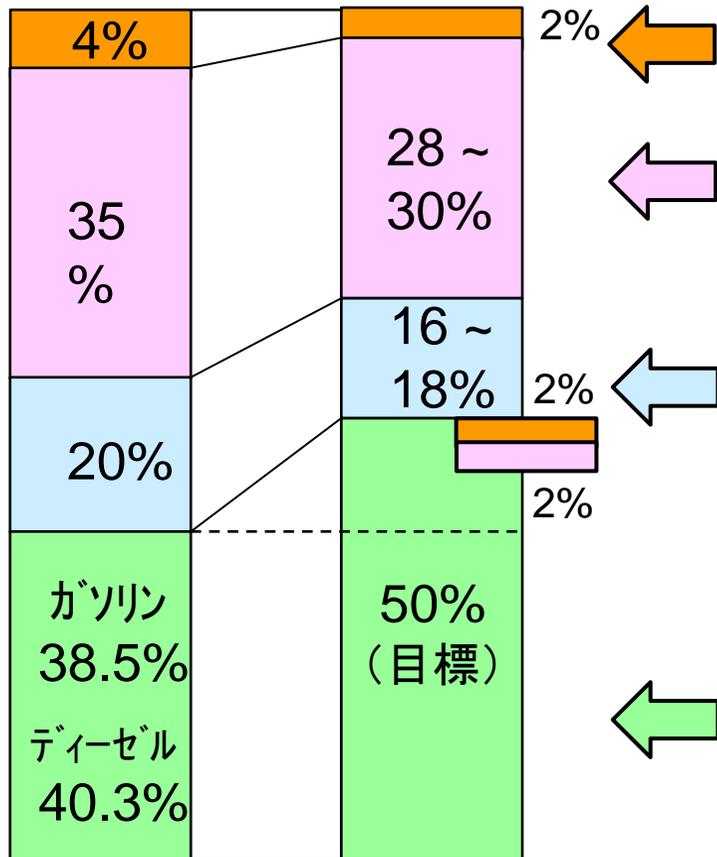
世界の年平均気温偏差



～乗用車用エンジンで究極の正味熱効率50%を達成した。～

☆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%の燃費改善にも極めて大きく寄与する。

## 《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

(NEDCによる換算値, ICCT 2015年他)

国	実施年	km/L	L/100 km	CO <sub>2</sub> g/km
日本 <sup>1)</sup>	2020 (2030)	22.1 (25.4)	4.52 (3.94)	105 (91.5)
EU <sup>2)</sup>	2021 (2030)	24.4 (39.0)	4.10 (2.56)	95 (60)
米国	2025	22.5	4.44	103
中国	2020 (2025)	19.8 (25.0)	5.05 (4.00)	117 (93)
インド	2021	20.5	4.88	113

1) 2030年度規制では国際基準調和モードWLTPを採用

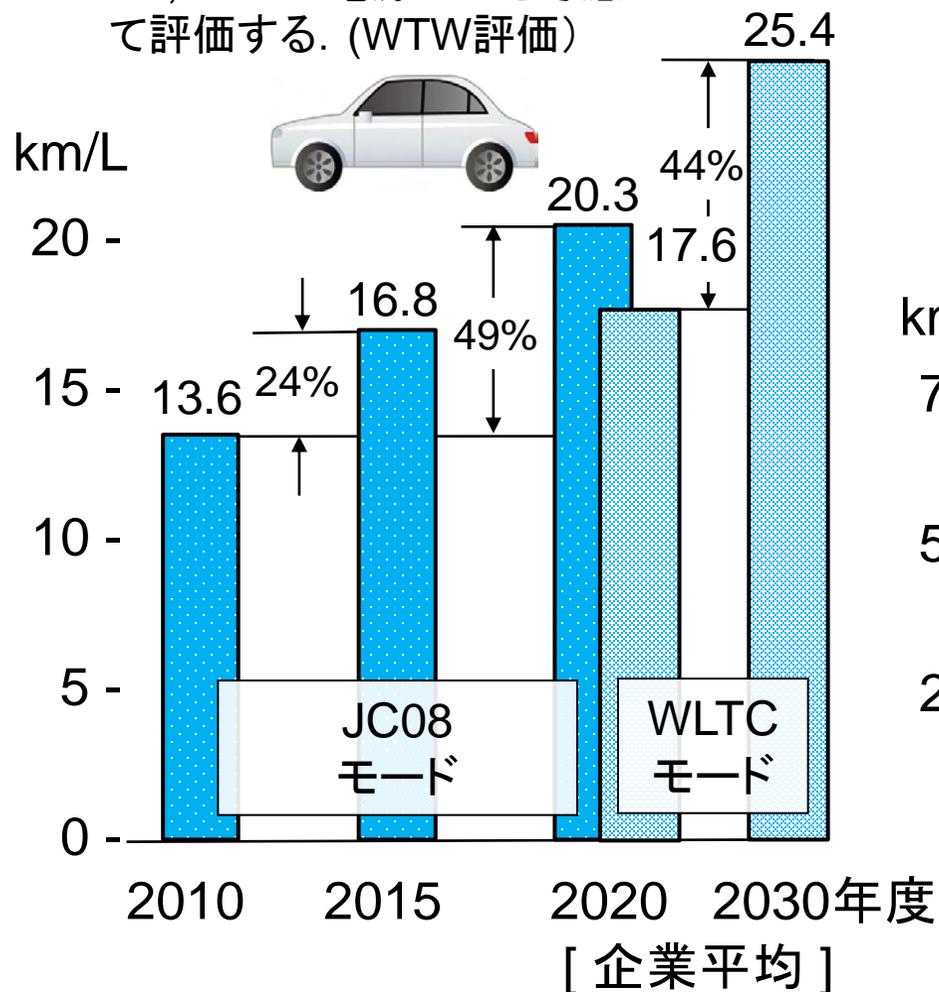
2) 2030年に2021年比でCO<sub>2</sub>を37.5%の大幅な低減(50%減の提案)

・NEDC: New European Driving Cycle

・ICCT: The International Council on Clean Transportation

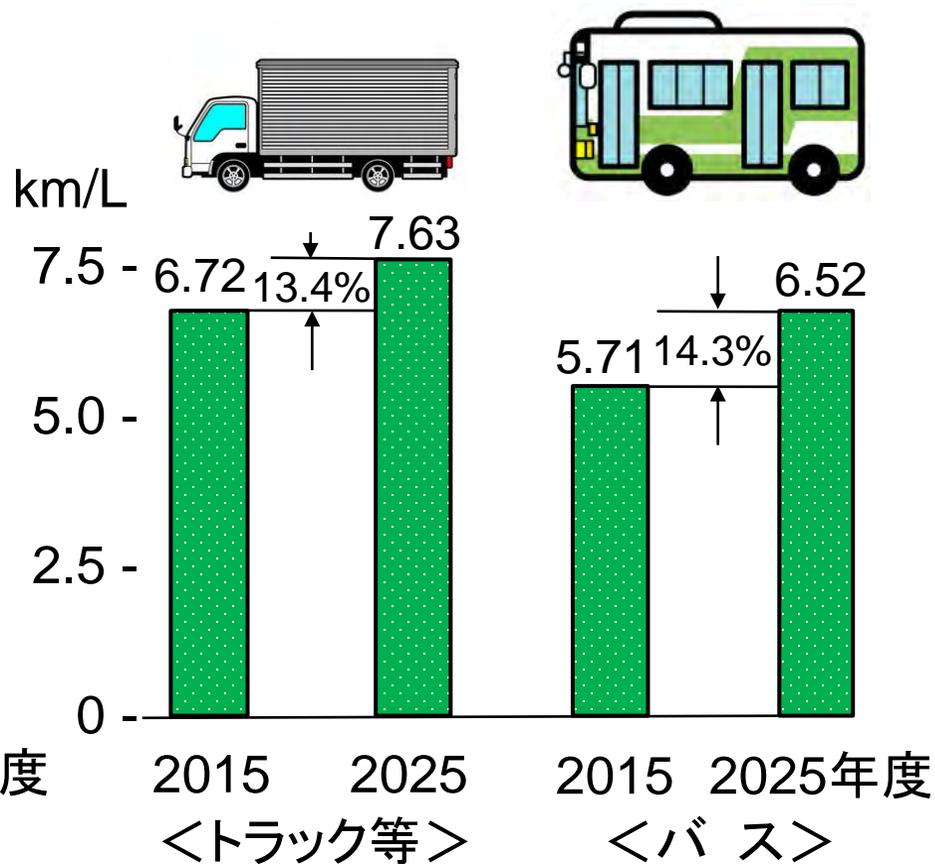
# 燃費基準(平均値)の推移(国交省, 2019年)

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

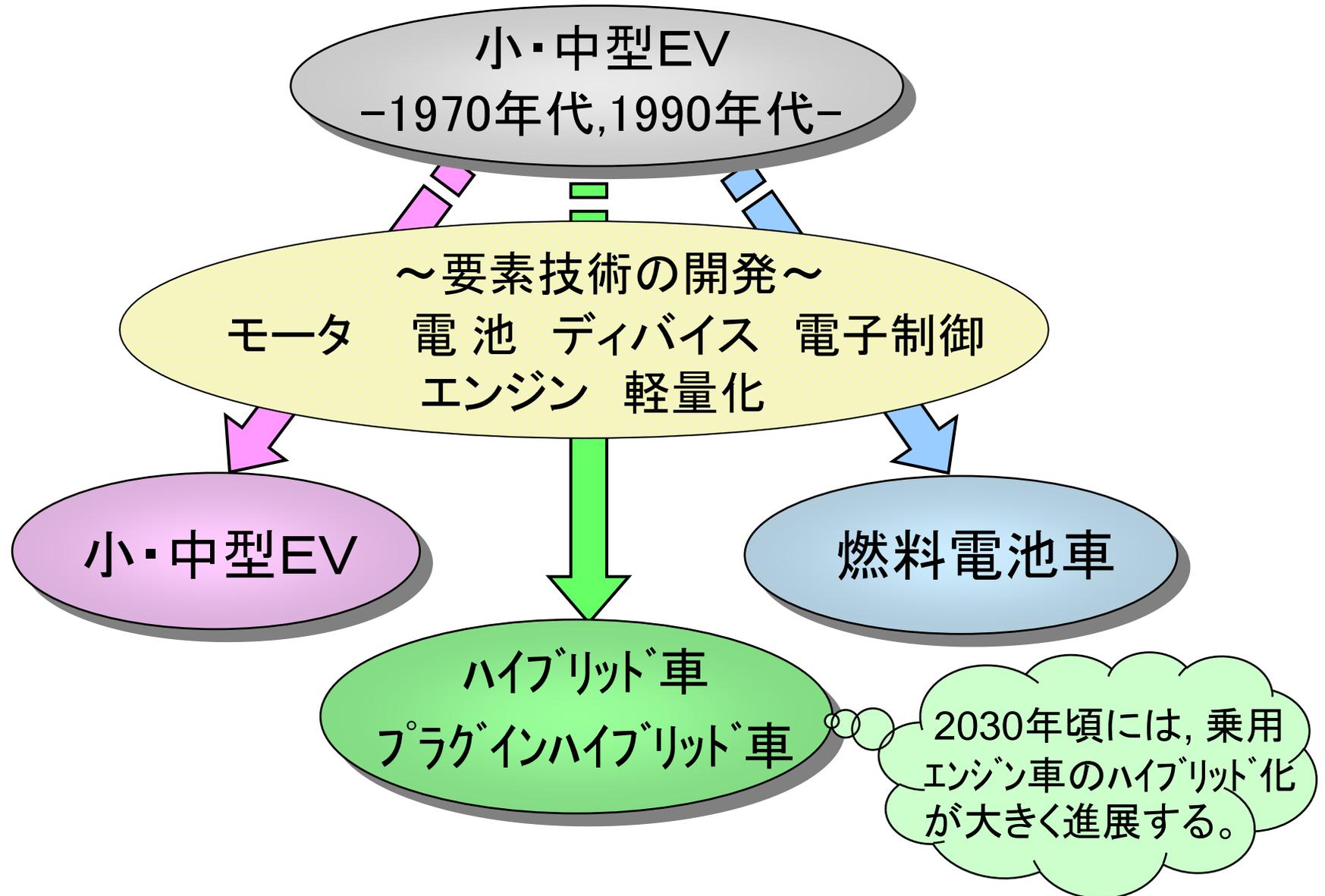


《乗用車》

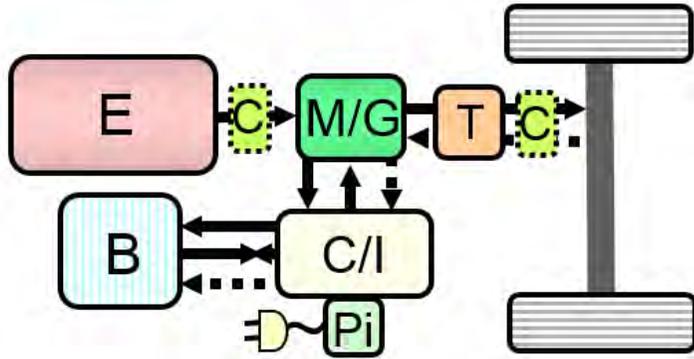
- 2015年度基準では2002年度実績比で約12%改善. (世界初の基準)
- EV, PHV, FCVは含まれず. 電費測定は検討中
- ☆ 燃費改善が乗用車よりも難しいのが現状



《重量車》

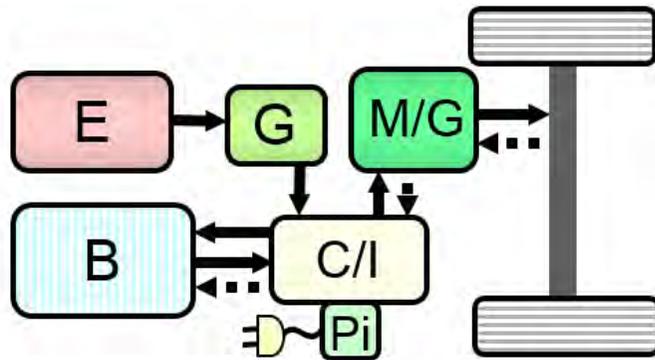


(アイドルストップ, 回生, パワーアシストを含む  
簡易な機構や48Vシステムも登場)



＜パラレル(マイルド)＞【10-50%】

FCV, 日産Note, e-Powerも同タイプ

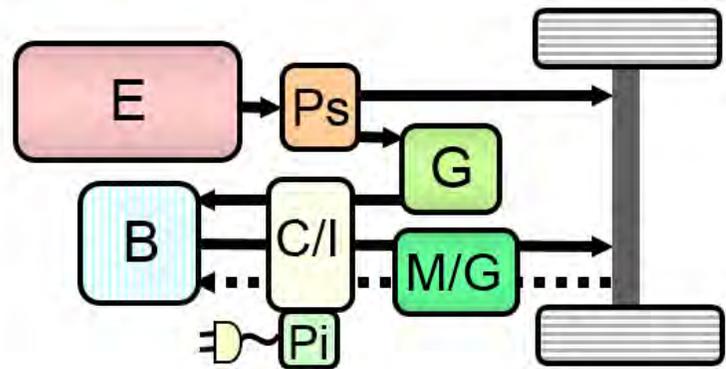


＜シリーズ(フル)＞【50-100%】

＜方式＞【燃費改善率】

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

プラグイン化した場合の最適なハイブリッドシステムとは？



＜シリーズ/パラレル(フル)＞【50-100%】



*Prius, Toyota*



*Plug-in Prius, Toyota*



*Plug-in Outlander,  
Mitsubishi*



*Solio, Mild hybrid (ISG)  
Suzuki*



*Note, e-Power,  
Series Hybrid, Nissan*



*Fit Hybrid,  
Dual Clutch Transmission  
Honda*



*Diesel Parallel Hybrid Truck, Hino*



*Diesel Parallel Hybrid Bus, Hino*



*Chevrolet Bolt, GM*



*i3, BMW*



*ID.3, VW*



*Leaf, Nissan*



*Model 3, Tesla*



*Honda e, Honda*



*eNV200, Nissan  
(discontinued)*



*E-Canter, Mitsubishi*

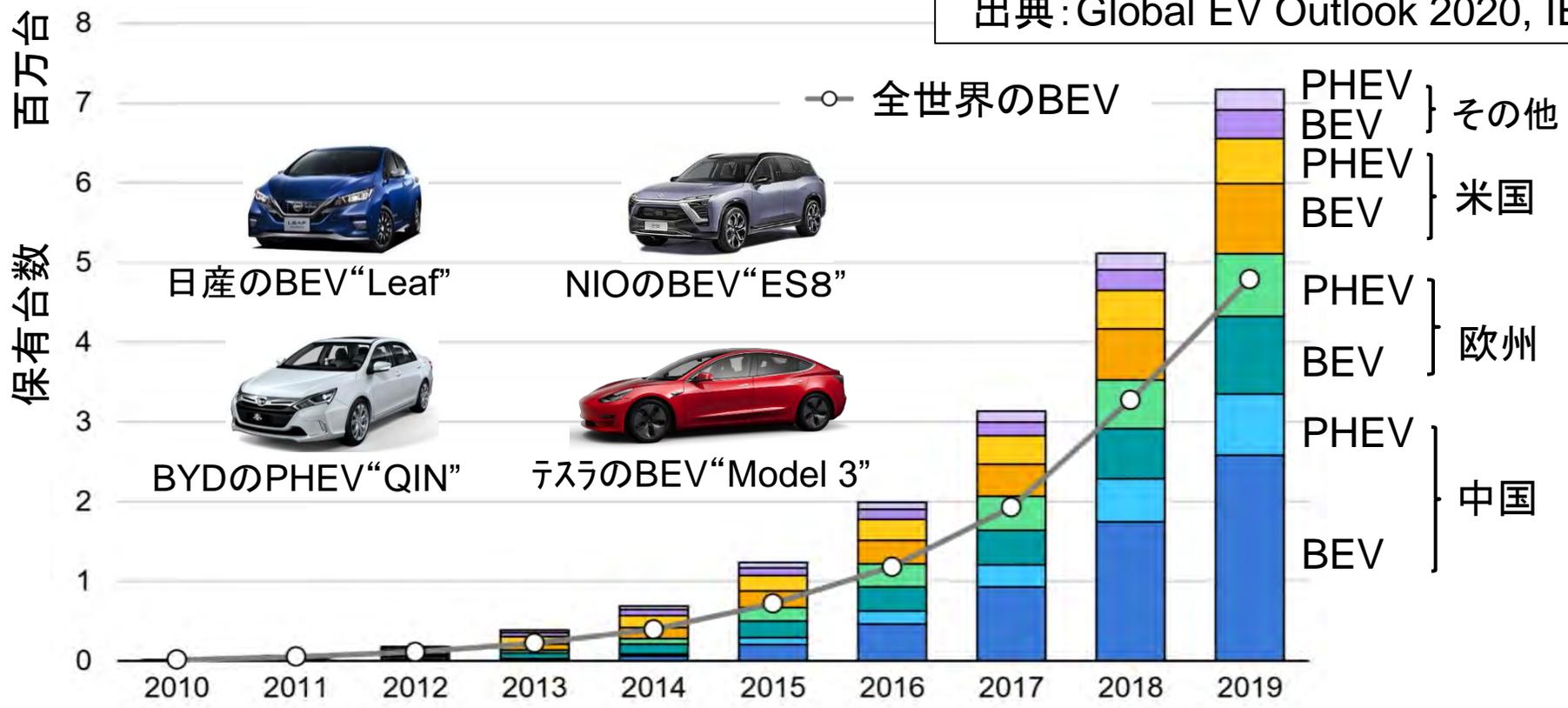


*Semi in 2020?, Tesla*

□乗用車のBEV車種が急速に増えつつある半面、商用車はわずかである。

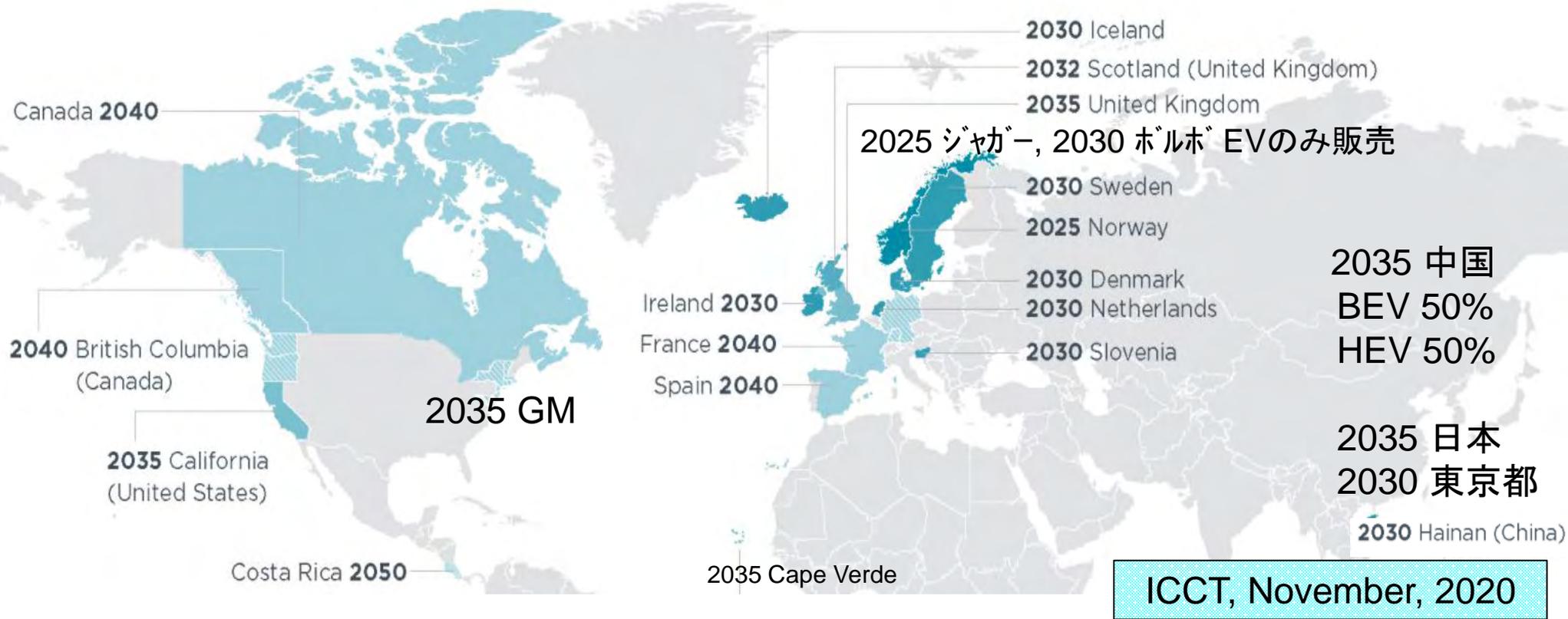
車種	排気 クリーン 度	低炭素 特性	航 続 距 離	チャージ 時 間	コスト	将来ポテンシャルと課題
従来ガソリン車	○	△	○	◎	◎	普及効果大 石油依存 50%のエンジン高効率化
ハイブリッド車 HEV	○	○	◎	◎	□	自立的普及段階 コモディティ化 低コスト化
電気自動車 BEV	◎	◎	△	▲	△	電池の高性能・低コスト化 電源の低炭素化
プラグイン・ ハイブリッド車 PHEV	○	◎	◎	□	△	車両全体の低コスト化 電源の低コスト化
燃料電池車 FCV	◎	◎	◎	○	▲	水素製造の低炭素化 水素供給インフラの整備
クリーンディーゼル車	□	□	◎	◎	○	一層の排気浄化 石油依存 ハイブリッド化
天然ガス車 NGV	○	□	△	○	□	天然ガス供給インフラの整備 低コスト化 燃費向上

出典: Global EV Outlook 2020, IEA



- 2019年末で全世界のPHEVとBEVの保有台数は720万台に達した。中国が約45%を占め、バッテリーも大幅に増産している。全体でPHEVとBEVの保有比は、1:2
- 2019年の全世界の売上げは約200万台で、全販売に占める割合は2.5%であった。
- “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・販売を規制する動きが強まる。
- 急激な需要増加は、レアアースやレアメタル等の材料コスト増加に繋がる懸念がある。

Governments with set targets for phasing out all new sales of internal combustion engine passenger cars



- ❑ 欧州委員会は、"Smart Mobility戦略"を発表し、2050年までに重量車を含むほぼすべての新販売車をZEV化すると宣言。(2020年12月)
- ❑ 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。(ACEA, "The Transition to Zero-Emission Road Freight Transport" (2020年12月))

## ＜EV用バッテリーセルの技術進化に関する主要国の目標＞

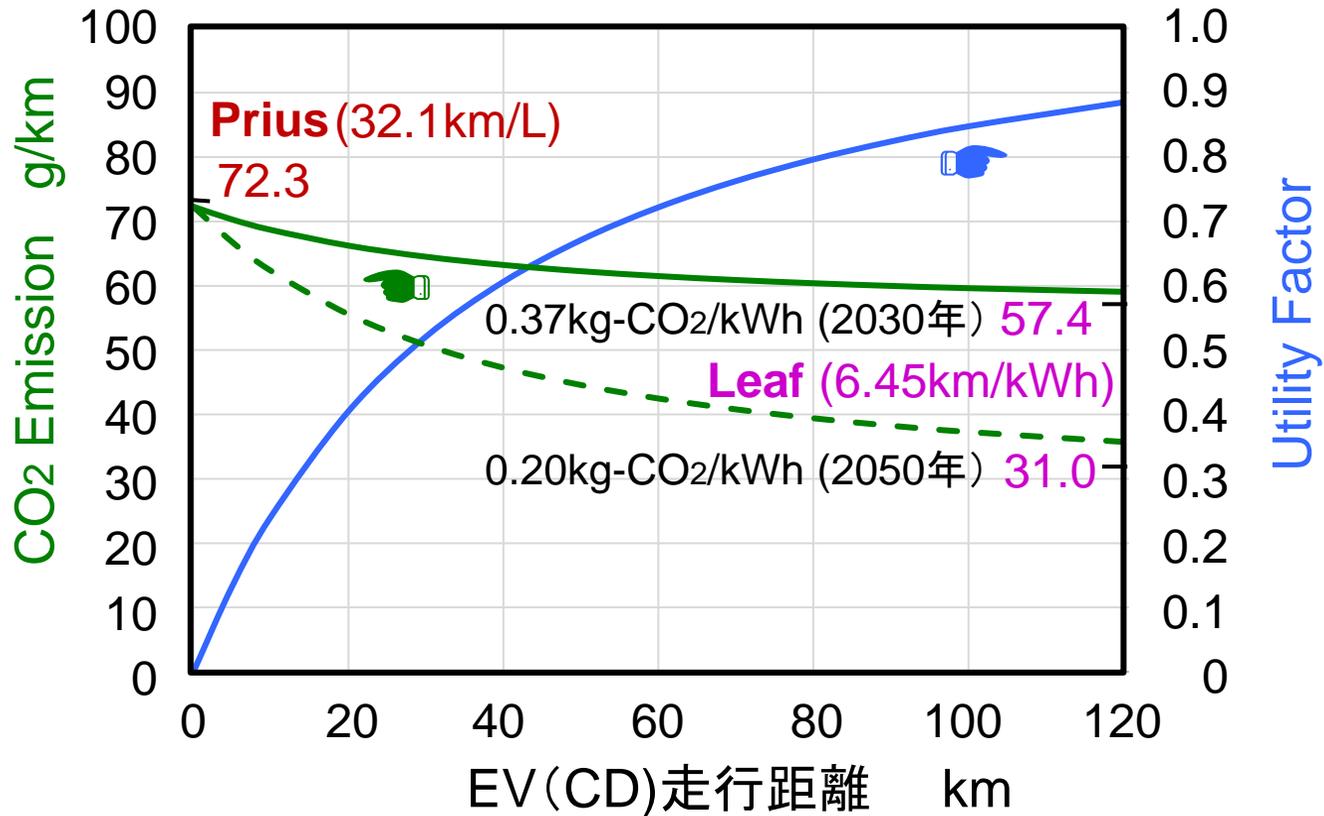
種類	時期	エネルギー密度 Wh/kg
現行リチウムイオンバッテリー	2015～2019	～150
先進リチウムイオンバッテリー	2019～2024	235～285
全固体リチウムイオンバッテリー	2024～2032	250～400
革新型バッテリー	2030～	500～

資料：経済産業省，自動車新時代戦略会議（第1回）資料，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）



- 仮定: EVはLeaf, HEVはPriusとし, PHEVでは両者の電費と燃費特性(WLTPによる)を有するものとし, 充電用電源の2030年と2050年でのCO<sub>2</sub>排出量を想定。
- PHEVでは, 上記程度のEV走行が可能になれば, HEVの一層のCO<sub>2</sub>の低減に有効であり, そのためには, 当然ながら電源の低炭素化が不可欠である。
- 自動車技術会「2050年自動車はこうなる」(2017年発刊)ではPHEVがHEVからBEVへの「橋渡し役」, あるいはBEVとの共存の役割を果たすと予想。

ガソリンスタンドは  
30,070箇所  
(資源エネルギー庁,  
2018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]

<p>日産販売店など 約1,900基</p>	<p>コンビニ 約1,050基</p>	<p>商業施設 約910基</p>
<p>自治体 約470基</p>	<p>道の駅 約870基 “道の駅”への設置動向 政府はすべての道の駅 (約1,100箇所)に充電器を 設置していく方針です。</p>	<p>高速道路 約410基 “高速道路”への設置動向 さらに整備が進む見通しです。</p>

\*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。

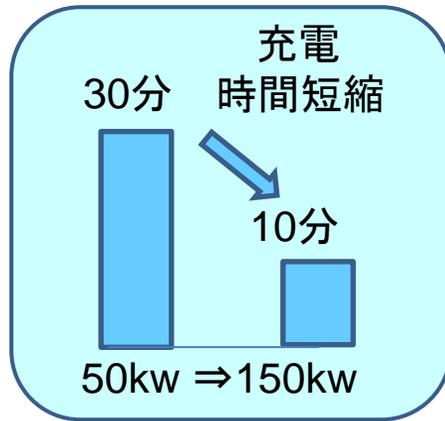
資料 : <https://ev2.nissan.co.jp/NETWORK/map.html>

- 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では多数配置が必要。
- 再生可能な電力をどう活用するかも課題。 (資料: 日産, 2019年)

□ CHAdeMO方式：世界で最も普及しているDC充電方式で、同協会では10kW～50kWまでの急速充電器中心に標準化し、普及の拡大を目指して活動している。

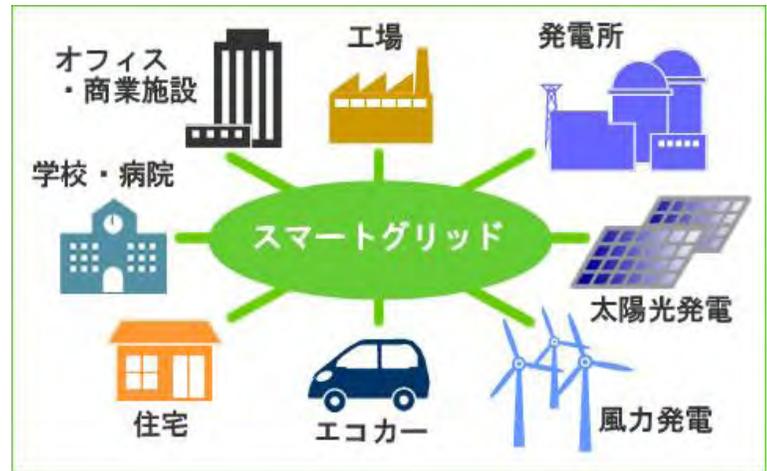
□ 急速充電のCHADEMO規格の改訂(2017年3月発表)

- ・EVの電池容量増大への対応と充電待ち時間の短縮。
- ・2010年50kW規格(500V-125A)から充電容量を150-200kWに増大。例えば、現状の80%SOCの充電時間を30分から10分に短縮。機器を2017年に発売。
- ・2020年頃を目途に350-400kWに増大。
- ・このような充電電力の増大は、電動のトラックやバスでメリットがある。
- ・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。

□ 今後再生可能な電力がどれだけ利用できるか。家庭、業務部門との取合い!?

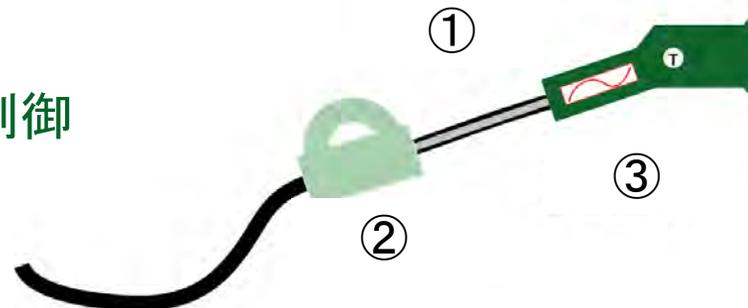


- 2017年, **大出力化ロードマップ** 200kWプロトコルの公開: 連続出力100kW, 最大出力150-200kW (400A/500V) の充電可能なCHAdeMO改訂版を公開。
- 2018年, 大出力充電器の設置開始: CHAdeMO認証充電器を主要幹線に設置。
- 2020年, 350-400kW充電規格の開発 (TBD): マルチスタンド・電力共有タイプの充電器による**350-400kW充電 (350-400A/1000V)**を可能にする。
- CHAdeMO 200kW仕様
  - ・ 200kW充電により, 大容量電池を搭載したBEVの充電スピードが大幅に上がる。
  - ・ 充電器や充電の仕組み等のプロトコル自体の大きな改定は不要。
  - ・ 主な変更点は下記のコネクタ部分の高温対策
    - 温度センサまたは温度ヒューズをコネクタノズル部分に搭載
    - ケーブル温度の閾値が設けられ, 冷却を行う。**

① 接触箇所: 85°C以下

② 取っ手部: 60°C以下の**ケーブル温度制御**

③ 取っ手部/ケーブルに温度センサ搭載  
センサフィードバックによる直流制御



☆課題: 増大する電力の供給網の整備が必要。

(CHAdeMOのHPより)

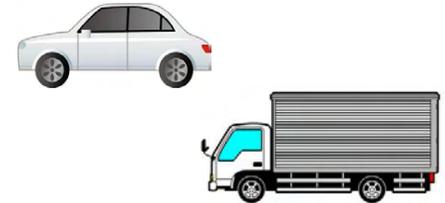
- わが国の年間電力消費量 $W_t$ : 927,800GWh (2019年度 エネ庁資料)
- BEVの走行電費(WLTC): 6.45km/kWh (新型リーフ)
- 1台のBEV・年間走行距離: 8540km ((国交省資料)
  - ・年間消費電力: 1,324kWh (費用:33,100円, [25円/kWh])
- \* ガソリン車の年間ガソリン消費量: 485L (費用:58,230円, [120円/L])  
 (ここで, 燃費は2020年度燃費基準:17.6km/Lとする。)
- EVの年間消費電力 $W_e$  (We/Wt)
 

100万台:	1,324GWh	(0.143%)
1,000万台:	10,250GWh	(1.427%)
3,100万台:	31,780GWh	(4.424%)
- 100万kWの原発1基の年間発電量(年間稼働率80%):  
 7,010GWh (529万台のBEVの電力量)
- 2万台のBEVが一斉に50kWの急速充電を行うと, 原発1基分の瞬間需要が発生する。☛ 電力ネットワークの構築が不可欠!
- 将来, 自動車は走行距離により課税されるものと予想される。



□わが国(世界)の自動車保有台数 [2018年末] (日本自動車工業会)

- ・乗用車: 62,026,000台 (1,042,274,000台)
- ・トラック・バス: 16,204,000台 (390,908,000台)
- ・合計: 78,289,000台 (1,433,182,000台)



□わが国の自動車用燃料の需要(石油製品割合) [2018年度]

- ・ガソリン: 5,060.4万kL (30.18%)
  - ・軽油: 3,377.3万kL (20.14%)
- (給油スタンド数: 30,070ヶ所) (石油連盟)



□将来のガソリン車のBEV化率 Rev による2030年度運輸部門CO<sub>2</sub>削減比Rco<sub>2</sub>

仮定: 電力のCO<sub>2</sub>排出係数: 0.370kg/kWh (2030年度), EV電費: 6.45km/kWh

Gco<sub>2</sub>: ガソリン削減によるCO<sub>2</sub>低減量, Eev: 電動化による電力量

EVco<sub>2</sub>: EVのCO<sub>2</sub>排出量, Nco<sub>2</sub>: 実質CO<sub>2</sub>削減量

Rev %	Gco <sub>2</sub> 万t	Eev GWh	EVco <sub>2</sub> 万t	Nco <sub>2</sub> 万t	Rco <sub>2</sub> %
10	1,175	8,212	304	871	5.3
20	2,349	16,420	608	1,741	10.7
50	5,874	41,060	1,519	4,355	26.7

□ Liイオン廃バッテリーは容量低下(20%程度)と内部抵抗の増加等の性能低下はあるが、定置用電源としてリユースして長く使える。使用時の性能は徐々に低下するが、突然死しない。バッテリー材料の需要緩和にも繋がる。

□ 廃バッテリーを電力平準化に利用する。

- ・ 太陽光や風力発電の蓄電用
- ・ 夜間電力／非常用電源の蓄電
- ・ EVやPHVの急速・普通充電用



□ EVやPHVのリセールバリューを高める効果もある。

□ 例えば、リーフ1,000台分の廃バッテリーの蓄電容量と出力:

20kWh, 20kWとして...

- ・ 2万kWh: メガソーラー1基20時間分蓄電
- ・ 20万kW: メガソーラー200基分の出力



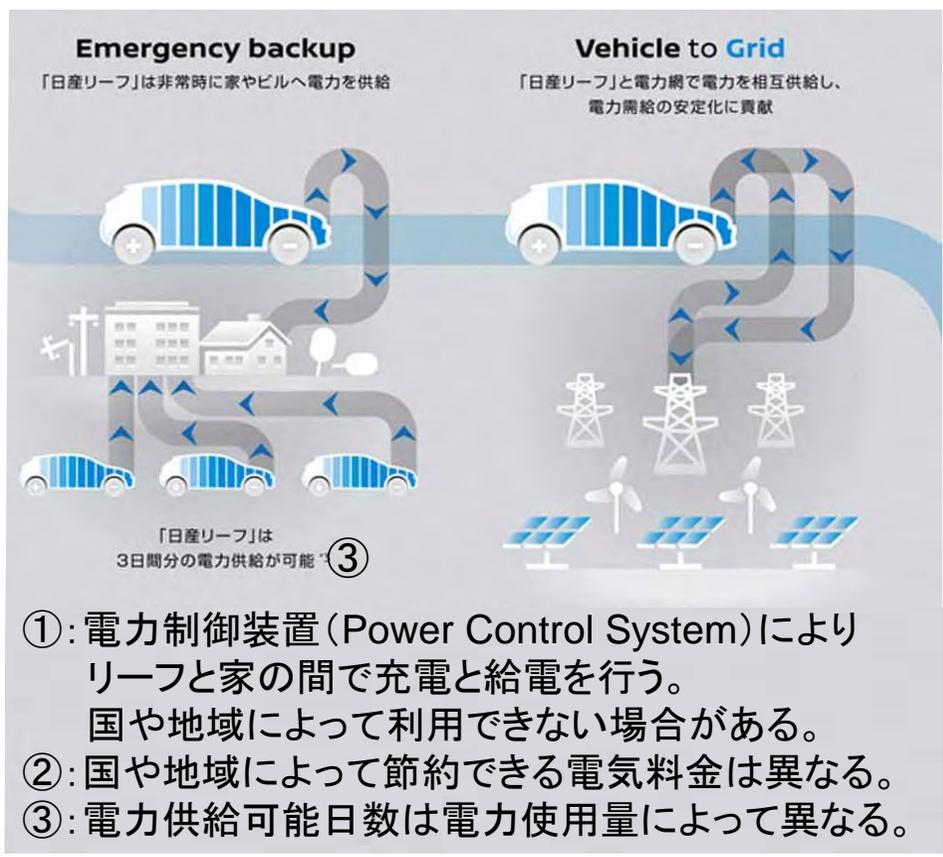
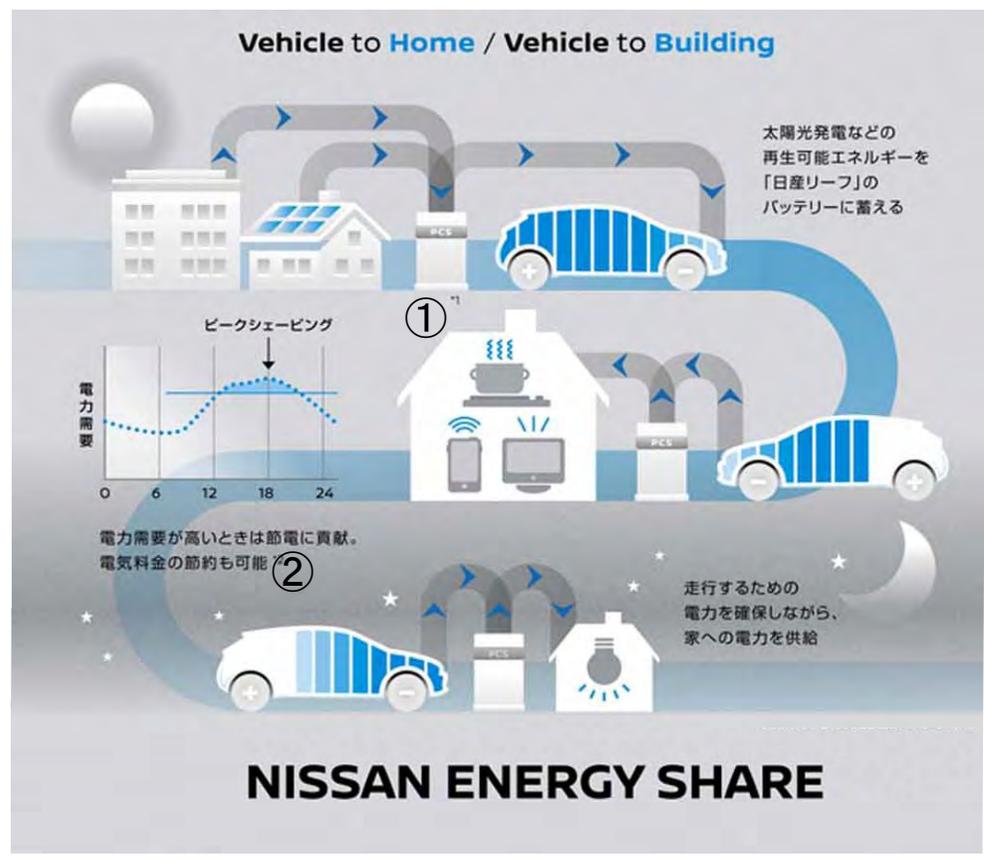
□ 最後は、マテリアル・リサイクルで有価資源(Li, Co, Ni等)を取り出す。

□ メーカーを超えた回収システムの構築と残存性能の評価法の確立が課題。

☆ これを目的に、日産と住友商事では共同出資会社「フォーアールエネジー(株)」を2010年10月に設立し、活動している。

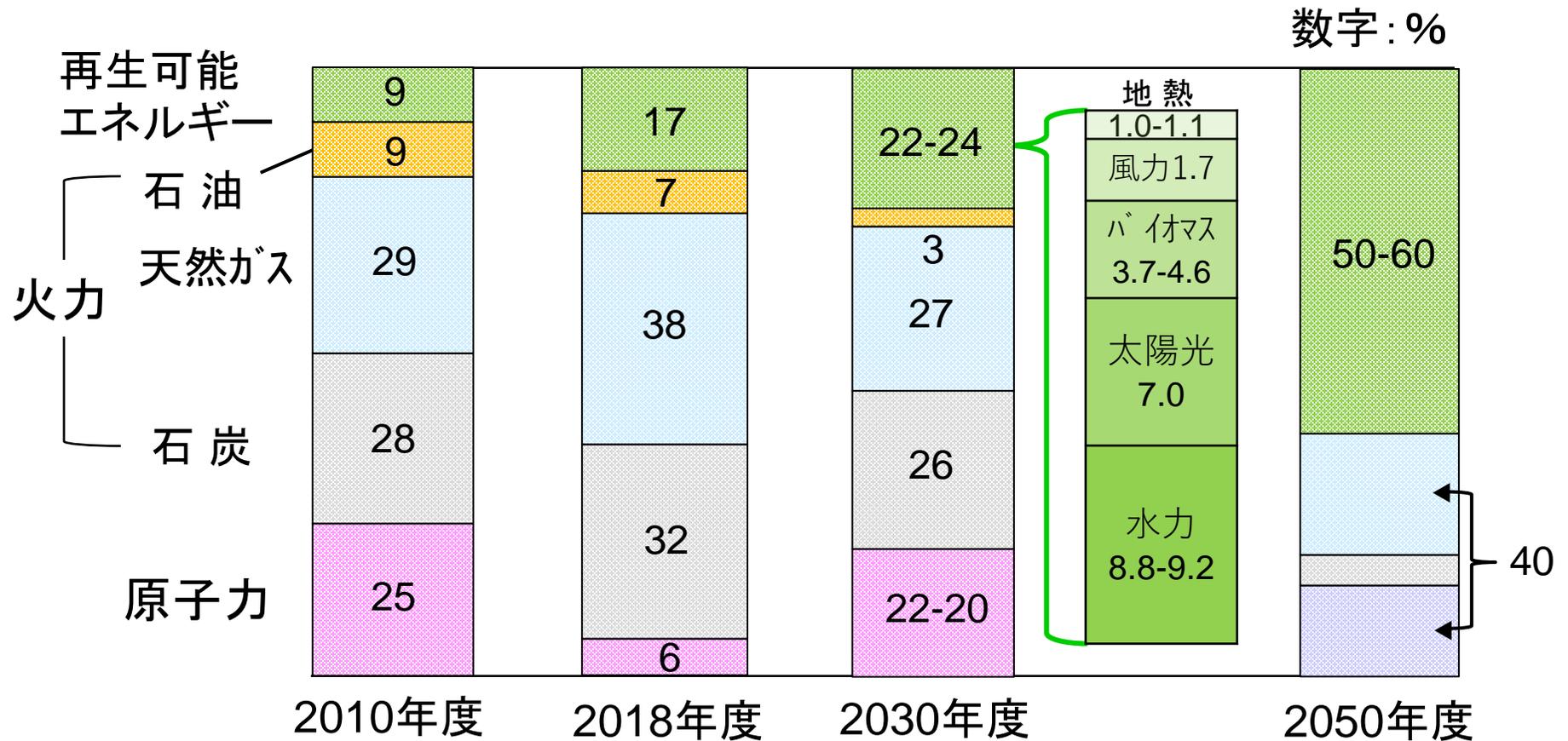
☆ EUや中国では、バッテリーのLCA規制(リユース, リサイクル)を検討中。

日産自動車HPより



- ①: 電力制御装置 (Power Control System) によりリーフと家の間で充電と給電を行う。国や地域によって利用できない場合がある。
- ②: 国や地域によって節約できる電気料金は異なる。
- ③: 電力供給可能日数は電力使用量によって異なる。

- ❑ 日産リーフe+ (62kWh) の場合、一般家庭の電力使用量約12kWh/dayとして、4日間の電力が賄える。
- ❑ EVが再エネを含む地域電力の需給調整の一端を担うには、多数の車両の参加による電力ネットワークとプライシングの仕組みを構築する必要がある。



- 2030年度の構成は第5次エネルギー基本計画(2018年発表)と一致している。  
同年度の排出係数は0.370kg/kWh。本年基本計画が見直しされる予定である。
- 再生エネルギーの変動とEVやPHEVの充電需要のマネジメントが必要である。
- 再生可能エネルギー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。
- 2030年度には2013年度に対して電源起源のCO<sub>2</sub>が30数%削減される?
- 首相は、2020年10月26日、2050年に温暖化効果ガスを実質ゼロとすることを表明。

- 水素サプライチェーン(“水素社会”実現には、水素の調達・供給コスト低減が不可欠)
  - ・ 目標:2030年頃:30円/Nm<sup>3</sup> ⇒ 将来目標:20円/Nm<sup>3</sup> ⇒ 究極的目標: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)
  - ・ そのため、水素を大量調達すべく、水素の「製造、貯蔵・輸送、利用」の一貫した商用規模の国際サプライチェーンを構築し、2030年までに年間 30万t 程度の調達を目指す。
- FCVの量産化によるコスト低減, 高性能化, 車種の多様化に基づく普及目標
  - ・ 乗用車:2020年度までに4万台 ⇒ 2025年度までに20万台 ⇒ 2030年度までに80万台
  - ・ 路線バス:2020 年度までに100台, 2030 年度までに1,200台程度
  - ・ 国内でも大規模フォークリフトユーザーだけで12万台(FCV 36万台分)以上のポテンシャルがあり、2020年度までに500台 ⇒ 2030年度までに1万台の導入
  - ・ 商用トラックの国内市場保有台数は、320万台以上あり、バス(23万台)以上の大きな水素需要を見込めるポテンシャルがある。
- 水素ステーションについては、整備・運営コストの低減を図る。(2020年12月現在, 135箇所)
  - ・ 目標整備箇所:2020年度までに 160 ⇒ 2025年度までに 320 ⇒ 2030年度までに 900
  - ・ 2020 年代後半にステーション事業の経営自立化を目指す。(設置費用:4億円⇒2億円)
- 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である。
  - ・ 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革新的化学品合成方法

□ 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

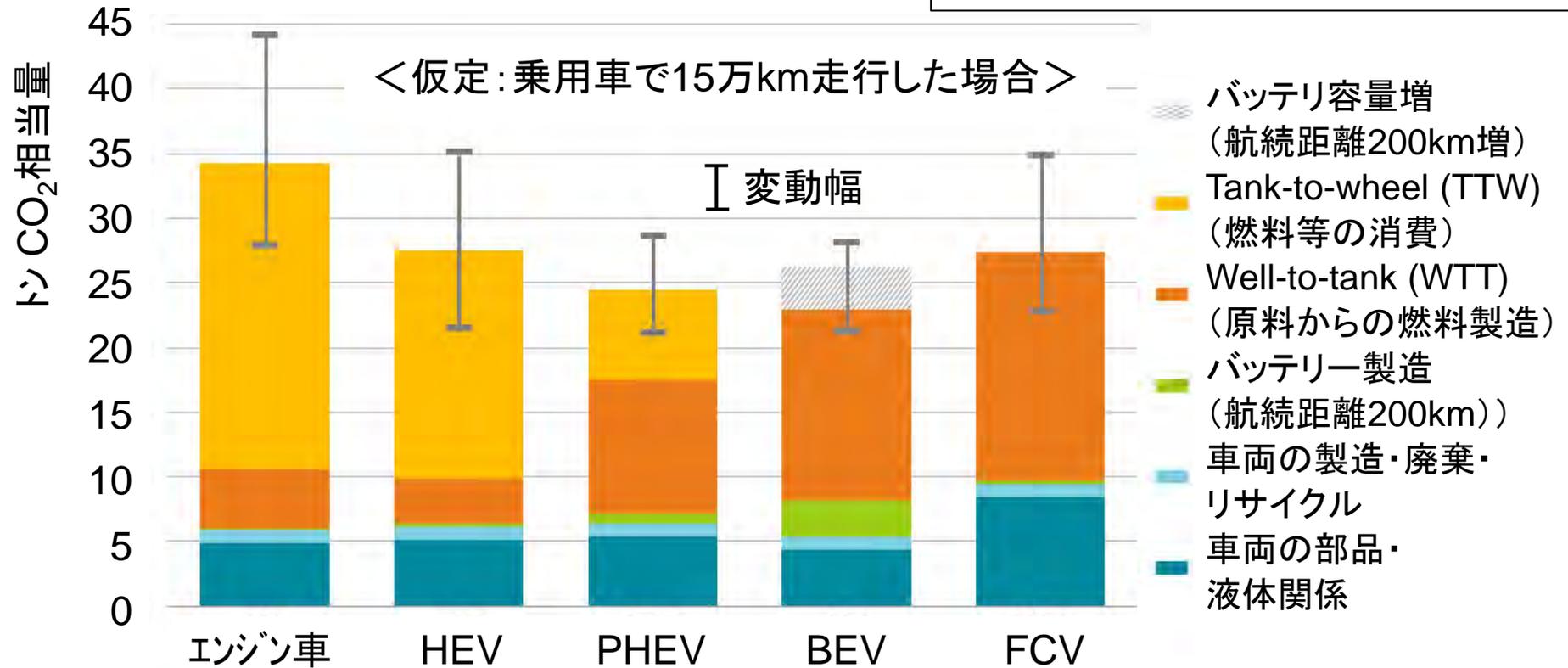
車種	バッテリー容量 kWh	車両重量比 (対ガソリン車)	燃費比 (対ガソリン車)
ガソリン車	(燃料:400~500)	—	—
ディーゼル車		1.06	1.15~1.20
HEV	1~2	1.05~1.15	1.20~1.90
PHEV	10~20	1.15~1.20	1.8
BEV	20~80	1.20~1.30	3~4*
FCV	1~2 (水素:150~170)	1.30~1.40	1.8~2.5*

\*: 走行時の消費エネルギー(Wh/km)からの概算値

各社の公表データを元に試算(大聖)

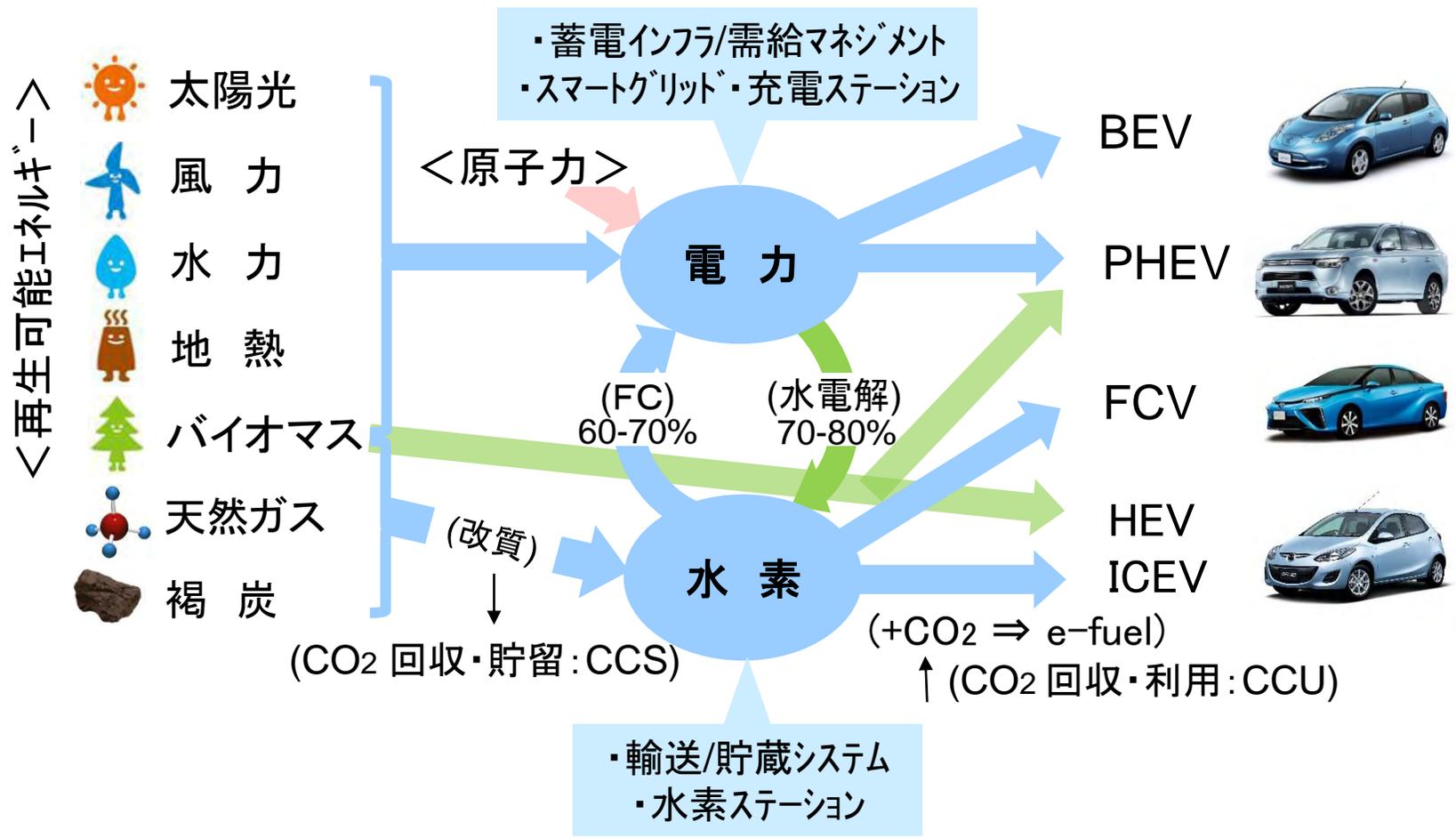
- BEVとFCVでは, 各々電池と水素系統が重たいことが車重の増大の要因。
- 急激なBEVの普及は, コバルト, ニッケル, ネオジウム等の需要増に繋がり, 価格高騰を招く恐れがある。HEVやPHEVのバッテリー容量は大幅に少量に抑えられる利点がある。
- PHEVは, 従来車やHEVからBEVへの「橋渡し」の役割を長期的に担う可能性がある。
- 電力の発電, 燃料製造を含めた「LCA」が必要である。

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。  
EUでは、2024年7月からLCAによるCO<sub>2</sub>排出量の申告をメーカーに義務付け、その後上限値を定める方針である。
- ❑ 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。
- ❑ FCVでは、水素製造と部品類の低炭素化が課題である。

# 電力と水素による低炭素化の選択肢

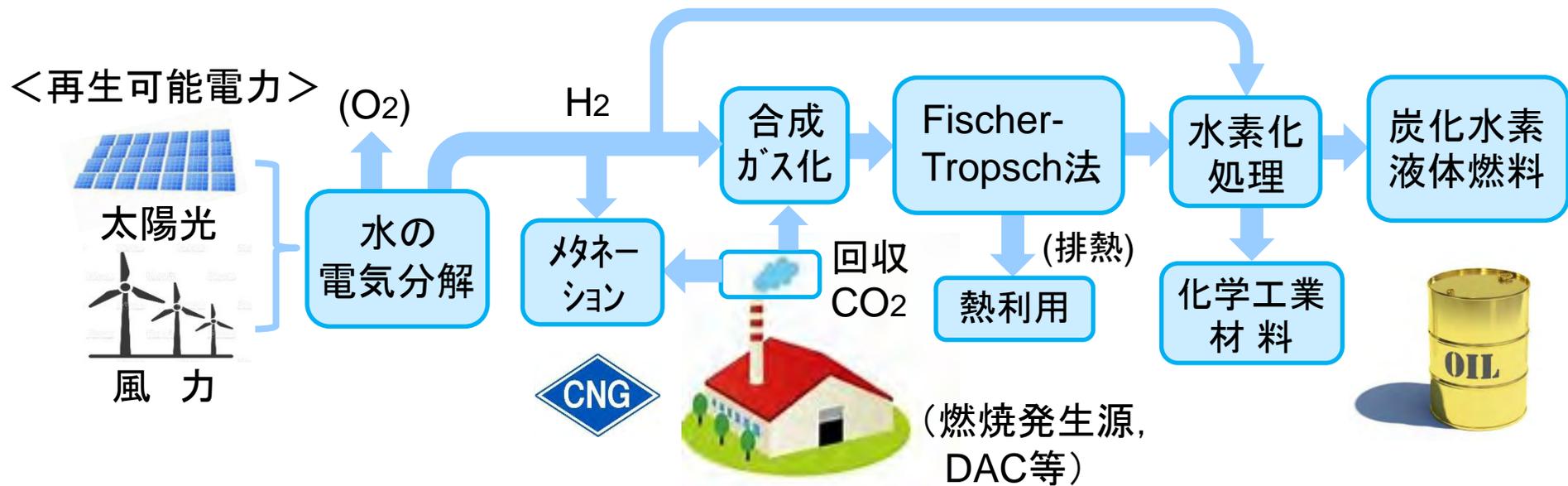


☆当面、主に化石燃料(天然ガス, ナフサ等)の改質により水素を製造する。  
☆2040年頃を目途に、CO<sub>2</sub>フリーの水素の製造、輸送・貯蔵の本格化を目指す。  
☆普及に当たっては、エネルギー・燃料の製造・輸送・貯蔵・消費に関わるトータルのLCAとともに費用対効果の評価が必要である。

比較項目	BEV(L車)	FCV(M車)
□エネルギー消費(WLTC)	8.33km/kWh	152km/kg-H <sub>2</sub>
□年間消費量	1,025kWh	56.2kg
□年間燃料経費(現状)	25,625円	56,200円
[エネルギー単価]	[25円/kWh]	[1,000円/kg-H <sub>2</sub> ]
(将来の目標価格)	(12円/kWh)	(20円/Nm <sup>3</sup> )
□100万/1,000万台普及時総消費量	1,025/10,250GWh	5.620万/56.20万t
□100万/1,000万台普及時電力割合	0.111/1.11%	0.295/2.95%

- ・クルマの平均走行距離： 23.4km/日, 8,540km/年 (国交省資料)
- ・水素は水の電気分解で生成するとして, 1kgの生成に必要な電力量は,  
140MJ/kg-H<sub>2</sub> =38.9kWh/kg-H<sub>2</sub>
- ・FCV1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
- ・わが国の年間電力消費量Wt:9.278 × 10<sup>5</sup> GWh (2019年度)
- ☆水素の大量利用には海外からの調達も推進する必要がある。

# 自動車用の脱炭素合成燃料の開発



- 従来のエンジン車に対してCO<sub>2</sub>をWell-to-Wheelで削減する効果がある。  
CCU(Carbon Capture and Utilization)の一種。NEDOでも研究を開始。
- 普及初期は、従来燃料に混合して利用すること(ドロップイン)が想定される。
- エンジン車やHEV, PHEV, 給油スタンドの存続上、大いに期待されているが、収率が低く、高コストであり、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、圧縮燃料(CNG)として利用する。  
(独・アウディ社の“e-gas”)

(経産省, 次世代自動車戦略研究会, 2010年4月  
自動車新時代戦略会議, 2018年4月他)

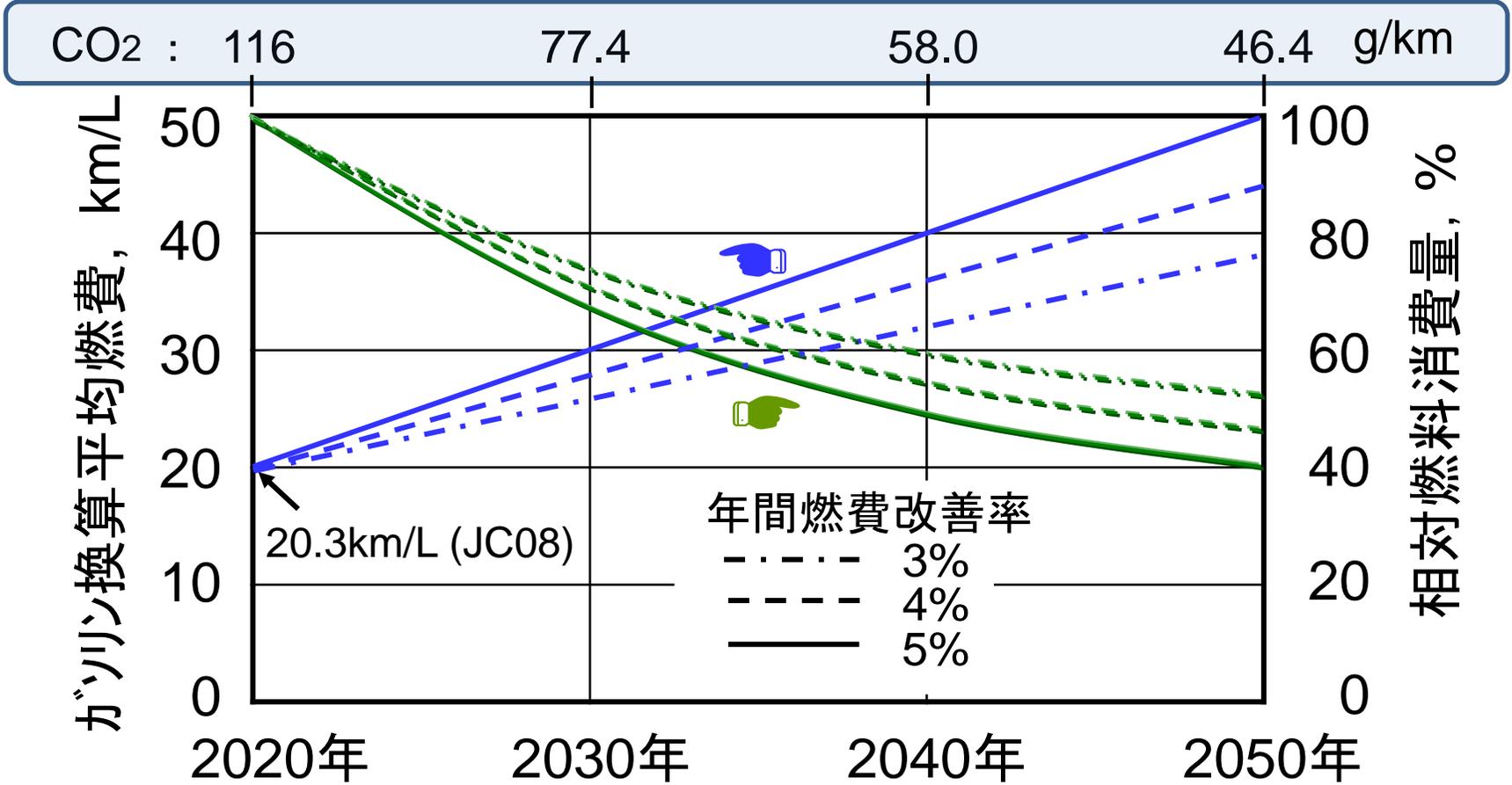
車種	2019年(実績)	2020年	2030年
従来車	60.8%	50～80%	30～50%
次世代自動車	39.2%	20～50%	50～70%
HEV	31.2%	20～30%	30～40%
EV / PHEV	0.49 / 0.41%	15～20%	20～30%
FCV	0.02%	～1%	～3%
クリーンディーゼル車	4.1%	～5%	5～10%

□日本の2019年度 新車乗用車販売台数:430万台

□IEAによる主要国のBEVの販売シェア

- ・ 2019年: 中国:4.5%, 米国:1.9%, EU:3.4% (世界全体:2.5%)
- ・ 2020年: ドイツと英国では7%を超えた。(世界全体:3.2%)

改善率:5%/年



- ❑ 長期的に大幅な燃費改善／CO<sub>2</sub>低減を実現するためには、電動化と充電電源／水素生成の低炭素化が不可欠。
- ❑ 保有台数がCO<sub>2</sub>排出量を左右するので、低燃費の新車への転換促進が必要。

- 域内輸送：普通車・中量車，路線バス
  - ・HEV化やBEVの可能性
  - ・ドローンの活用（小荷物）
- 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 - ドライバー不足対策？
  - ・電動化は遅れている。BEV，走行中給電，FCVの可能性は？
- 輸配送の効率化を可能にする ITS，ITC  
（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。）  
コロナ禍やリニア新幹線で余剰となる新幹線の旅客輸送を貨物輸送へ!?
- 荷主との協力／ネットショッピング（EC）⇒ 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！



(ドイツ, 2018年12月より開始)

- 2018年12月, ドイツ国内の高速道路区間(約10km)でシーメンス社製の「eハイウェイ」(eHighway)が開通し, 「走行中給電」が可能になった。
- eハイウェイは, 屋根の上にパンタグラフを備えた電気トラックの専用レーン。バッテリー搭載による短所の解消が狙い。
- 電気トラックは, 架線から供給される670Vの電力により時速90kmで走行する。この区間以外はエンジンで走行する。
- ドイツ政府はこの建設に約17億円の予算を支出し, 2022年まで実証事業が行われる。
- 同政府は, 電気トラックの開発に約86億円を投入している。



## “CASE” と “MaaS” の時代が到来！

- つながる, 自動運転, シェアリング/サービス, 電動化
  - ・ 交通需要全体がどのように変わるか？
  - ・ 公共交通機関の役割・利用の変容？
  - ・ どれだけCO2を減らせるか？ ・クルマ離れが進む？
  - ・ 交通事故は減らせるか？
- ITS, IT, Cloud, Big Data, AIの活用/IT企業の参入
- クルマ・交通情報は「公共財」として活用すべき。
- 地域特性との相性は？
  - ・ 移動困難者や過疎地住民への恩恵
  - ・ コンパクト・シティ, スマート・シティ



無人運転の  
“e-Palette” (トヨタ)

まずは特区で  
実証を進める。



ロボット・タクシー  
(DeNA, ZMP)



カーシェア(3社)



自動運転・ライドシェア  
(Uber, Volvo)



宅配ロボット  
(日本郵便, ZMP)

## <観光を含む地域興しや生活の足としての利用>

- 2016年より、石川県輪島市で運行開始。
- ゴルフカート(ヤマハ製)を改造した4人乗りBEV。
- 出力3.5kWのモーター駆動で最高速度19km/h。
- 2019年12月に時速12km/h以下で無人自動運転(レベル4)の実証実験を実施。

(経産省, 国交省)



“WA-MO”

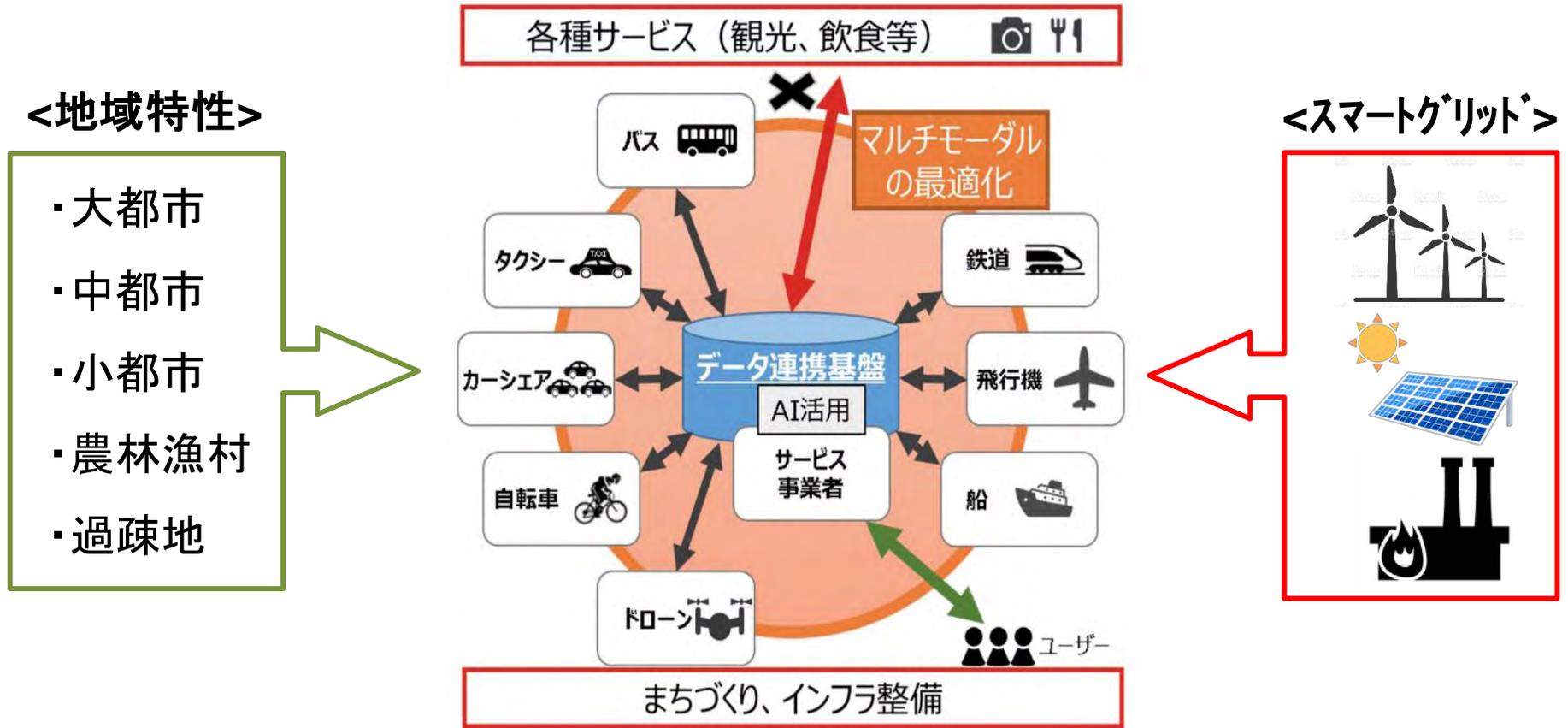
- 2019年11月より、東京都池袋駅周辺の主要スポットを含む2ルートを周回する電動バス路線を新設。最高速度19km/h
- 乗車料金: 1回券/1日券
  - ・大人 200円/500円
  - ・子供・高齢者・障がい者 100円/250円
- 乗車可能人数: 21名
  - ・座席14名, 立ち席7名



IKEBUS(10台)

# 日本における“MaaS”の概要

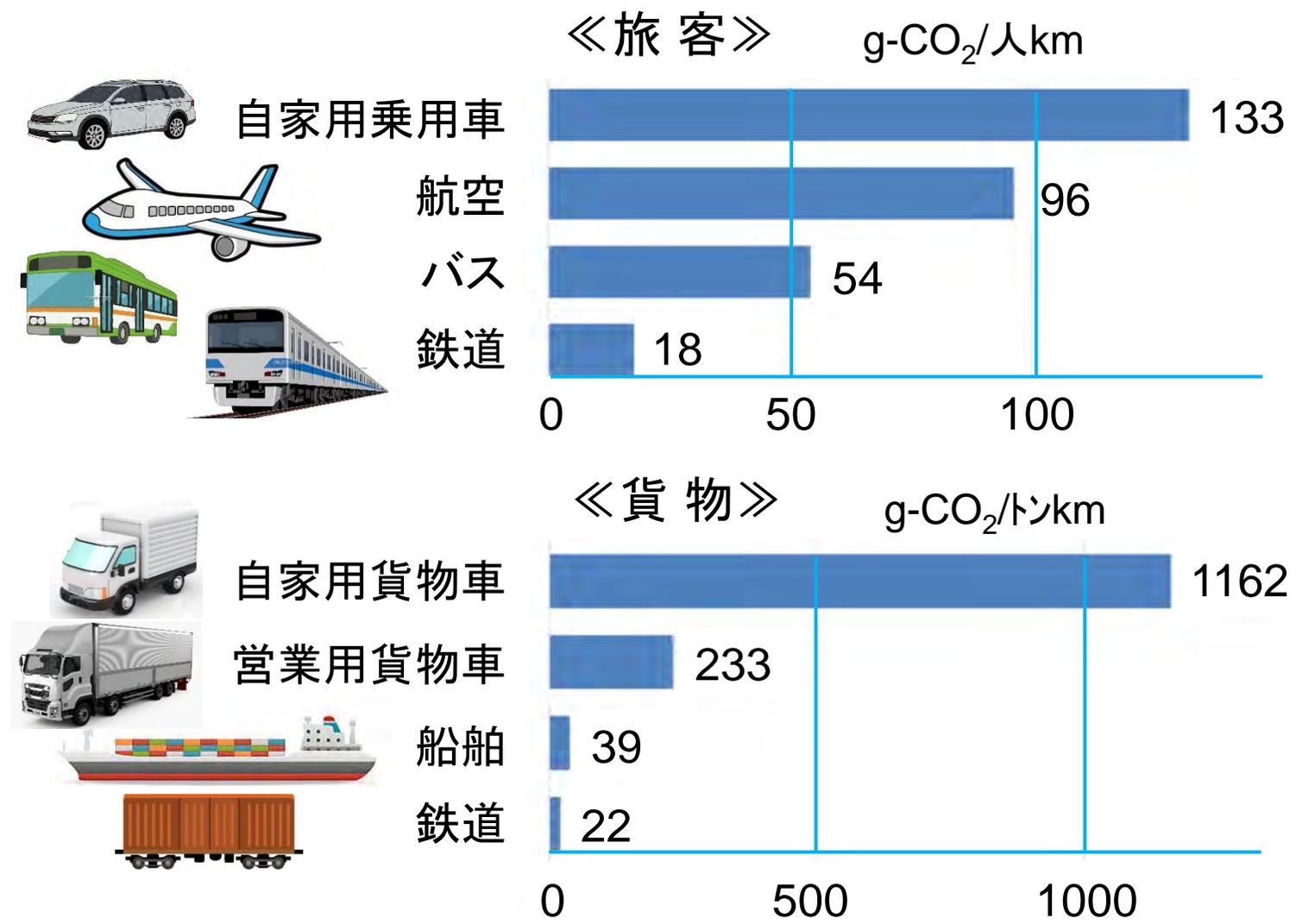
(高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 2019年)



- <課題>
- ❑交通安全の改善(事故防止)にいかにも有用か？
  - ❑交通需要の抑制, 大気環境の改善, 省エネ, 温暖化抑制にどんな効果があるか？
  - ❑再エネの地産地消を促進する。
  - ❑新たなまちづくり(スマートシティ)の一翼を担う。

# 各種交通機関のCO<sub>2</sub>排出量原単位（2018年度）<sup>40</sup>

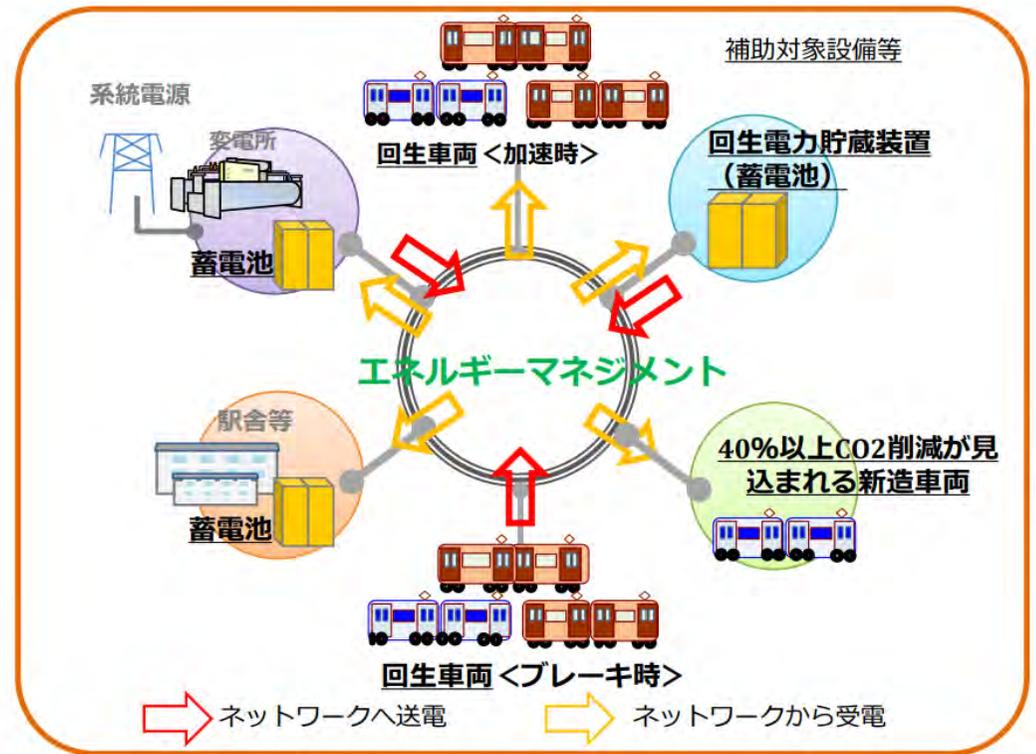
（国土交通省資料，2020年）



□鉄道では電源の低炭素化が課題である。

- 他の交通機関に比べてエネルギー効率と低CO<sub>2</sub>特性に優れている。
- 対策としては、
  - ・貨物・旅客両面でのモーダルシフトの推進
    - 例：貨物のトラック輸送から鉄道輸送へのシフト効果の大きい幹線コンテナ輸送に関わるインフラ整備
  - ・車両の軽量化（走行抵抗低減）
  - ・可変電圧可変周波数制御（VVVF）機器搭載車両の導入
  - ・鉄道施設の省エネ化と再エネの利用
  - ・鉄道システムの技術開発等

商品輸送時に貨物鉄道を一定割合以上利用している場合に、「エコレールマーク」の認定を受けられる仕組み



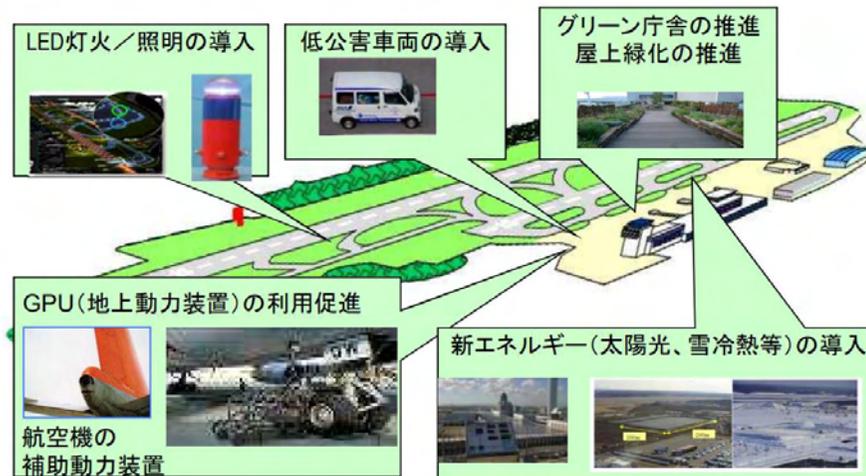
(国土交通省)

□わが国の2030年度削減目標に対する対策：

- ・高効率エンジンや低空気抵抗で軽量な機体等の新機材の導入
- ・運航効率の改善
- ・低炭素代替燃料の普及促進等
- ・エコエアポートの推進(下図)

□国際航空においては、国際民間航空機関(ICAO)に参加し、具体的な対策に取り組んでいる。

- ・燃料効率の毎年2%改善
- ・バイオ燃料/水素の利用
- ・対象国同士を結ぶルートに対してオフセット義務を適用する経済的手法(GMBM)や達成量の不足分について、市場メカニズムを活用した排出削減制度(CORSIA)の導入の具体化が検討されている。
- ・2020年以降総排出量を増加させない。



(国土交通省)

□わが国が2030年度に内航海運で30%の削減を達成する手段:

- ・新造船の燃費向上
- ・最適運航技術の開発・導入等を含むオペレーションの効率化  
(自動運航システムの導入)
- ・LNG等の低炭素代替燃料船の導入

□2050年における50%の削減目標:

- ・脱炭素代替燃料船の実現
- ・燃料転換に伴う安全対策
- ・経済的インセンティブ制度の導入
- ・安定な燃料供給体制の整備

□国際海事機関 (IMO: International Marine Organization) を先導し、国際海運からのCO<sub>2</sub>排出削減に向けて、2011年に船舶の燃費規制を規定し、2018年に中長期削減目標を設定している。

□2020年、「国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト」を立ち上げ、今世紀中のCO<sub>2</sub>ゼロに向けた「ロードマップ」と具体的な「ゼロエミッション船」(右図)のコンセプトを取りまとめた。今後、必要な国際ルールを整備や技術開発・実証の推進等に取り組み、2028年までの商業運航を目指す。



(日本海事協会, 国土交通省)



- 2030年を超えて石油が利用可能な状況にあっては、エンジンの高効率化は、従来車はじめ、HEVやPHEVの燃費改善にも有効である。“e-fuel”の可能性を探る。
- 2050年に向けた脱石油・脱炭素化のためには、HEV、BEV、PHEV、さらにはFCVを含む電動化、再生可能な電力・エネルギーの活用、LCAによる評価が不可欠である。
- 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な課題である。
- BEVの再生可能な電力の利用は、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。
- FCV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、水素の量的確保を図る必要がある。
- 2050年の温室効果ガス削減の目標を実現するには、これらの技術的な課題の達成のみでは不十分である。交通システムや自動車の利用のあり方を見直し、変革を実現する必要がある。（「モビリティ・イノベーション」の実現。）
- 産学官の連携のもと、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とともに、わが国の技術立国としての優位を確保することが大いに期待される。