



May 20th, 2019

Waseda University-AVL

Joint Symposium

*Future Fuels and Energy
towards Electrifying Vehicles in Japan*

大聖 泰弘

Yasuhiro Daisho

Professor Emeritus

*Advisor to the Laboratory of Research Organization
for Next Generation Vehicles, Waseda University*

モビリティに関わる永遠の課題

< 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



< 交通渋滞 >



< 交通事故 >



< 自然災害 >



自動車の環境・エネルギー対策のための 3つのアプローチ

【1】従来車の技術改善 (ガソリン車, ディーゼル車, ハイブリッド車)

- ・技術的に確実で, 排気浄化と燃費改善で当面高い効果
- ・2020年度燃費基準を達成した車も続々登場している。
- ・2020年代半ば以降における次期基準が検討されている。



【2】新動カシステム・新燃料の開発 (次世代自動車)

- ・PHV, EV, FCVの性能向上とコストダウン
- ・新燃料・エネルギー(電気, 水素, 天然ガス, バイオ燃料等)
— 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

<交通流円滑化と事故防止のためのITS, ICT, IT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, テレワーク等の働き方改革)
- ・私的利用(カーライフスタイルの変革, エコ・安全・自動運転、シェアリング)



「2050年における自動車用動力システムとは？」(その1) 将来自動車用動力システム委員会(自動車技術会・2016年3月)

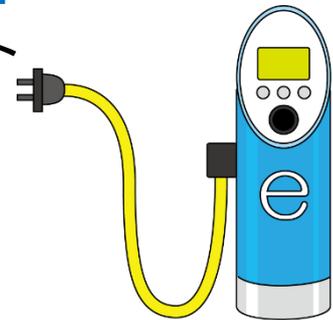
(1)「エンジン+石油代替燃料」の可能性

- エンジンにとって、石油は最適な燃料である。その存在価値は将来の石油の供給可能性と国の環境・エネルギー政策に大きく依存する。将来の賦存・供給量の減少と価格上昇への対応が必要。
- エンジンの熱効率を極限的に追究することも重要。
- 以下の非石油代替燃料は、供給量とコストの両面で限定的。
 - ・ 地産地消等の燃料(バイオ燃料や天然ガス),
 - ・ 合成燃料(CTL, GTL, BTL, e-gas, e-fuel) ・ 水素 ・ アンモニア



(2)「新しい原動機+非石油燃料(エネルギー)」の可能性

- 2050年までは、水素供給インフラの広範な構築は難しく、コスト高もあって、燃料電池車(FCV)の普及は限定的。
- 電源の多様性と充電インフラの設置の容易さから、バッテリー電気自動車(BEV)が有力。
- バッテリー性能は、2050年頃までに内燃機関の性能・コストの水準に達することは困難で、BEVは短中距離(都市内)走行用に使われる。



「2050年における自動車用動力システムとは？」(その2) 将来自動車用動力システム委員会(自動車技術会・2016年3月)

(3) 今後の原動機技術の方向

- 自動車用エネルギーの石油から電気への長期にわたる円滑な分担・移行を進める方策として、両方を使う長距離走行が可能なPHVが有力な選択肢の一つである。その性能向上とコスト低減は、バッテリーを含めた動力システムの重要な課題となろう。
- 自動車は10～15年程度使用されることから、他の動力システムに移行するためには、その間の共存に配慮する必要がある。



(4) 今後のモビリティ社会との関連

- 今後予想されるエネルギー問題とそれに起因する世界経済へのインパクトを克服するには、自動車単体の低燃費化を追求するとともに、エネルギー消費の少ないモビリティ社会の構築を目指すべき。
- それを可能にするハード・ソフト両面の技術を先行して開発・実用化し、海外、とりわけ新興国にも発信し展開していくことが、重要な課題となろう。そのキーワードは、『モビリティ・イノベーションの創出』

各国の削減目標『国連気候変動枠組条約事務局に提出された約束案(パリ協定)』(2015年10月, 出典:JCCCA)

国名		削減目標	
	中国	2030年までに GDP当たりのCO ₂ 排出を 60-65% 削減	2005年比
	EU	2030年までに 40% 削減	1990年比
	インド	2030年までに GDP当たりのCO ₂ 排出を 33-35% 削減	2005年比
	日本	2030年までに 26% 削減 <small>※2005年比では25.4%削減</small>	2013年比
	ロシア	2030年までに 70-75% に抑制	1990年比
	米国	2025年までに 26-28% 削減	2005年比

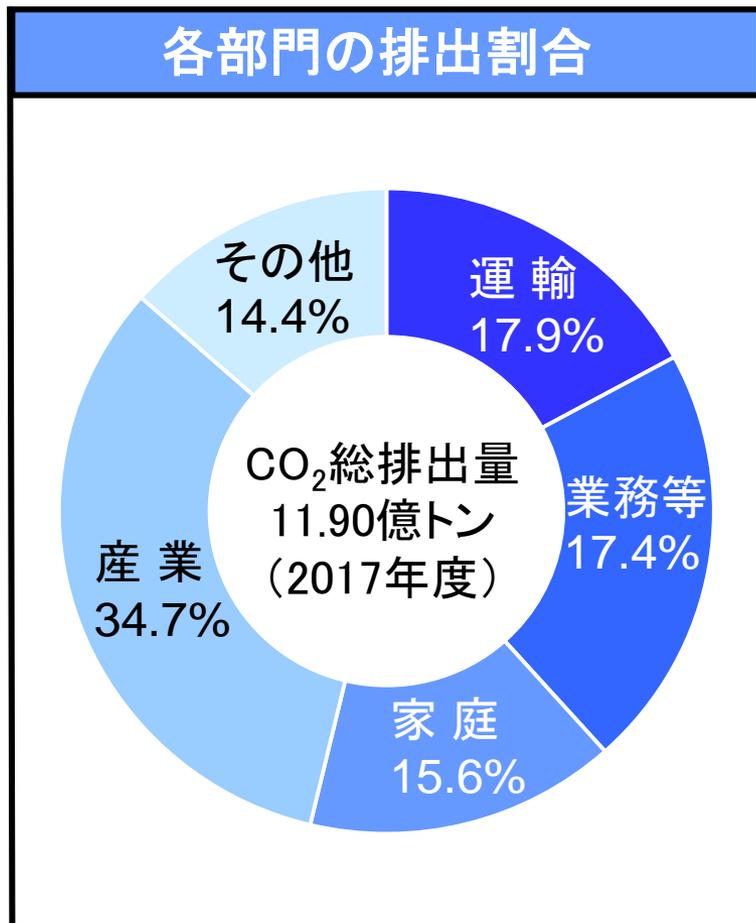


トランプ
政権が
離脱宣言!

☆2050年に先進国は温暖化効果ガスを現状から80%削減し、全体として50%削減を目指すことが合意されている。全世界で石油の60%を消費する運輸部門では、とりわけ自動車のエネルギー利用の低炭素化の取組みが課題である。

わが国における2017年度の運輸部門のCO₂排出量 (国土交通省, 2018年)

各部門の排出割合



運輸部門	万トン	割合 %
自動車	18,388	86.2
自家用乗用車	9,850	46.2
自家用貨物車	3,532	16.6
営業用貨物車	4,240	19.2
バス	417	2.0
タクシー	269	1.3
二輪車	80	0.4
航空	1,040	4.9
内航海運	1,025	4.8
鉄道	867	4.8
合計	21,300	100.0

★ わが国の自動車から排出される CO₂ は全体の排出量の15.4%を占めている。

わが国の2030年度におけるエネルギー起源 二酸化炭素削減量（パリ協定への対応）

～ 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-CO₂）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-CO₂]

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

乗用車・軽量車の燃費基準の国別比較 (NEDCによる換算値, ICCT 2015年)

国	実施年	km/L	L/100 km	CO ₂ g/km
日本	2020	22.1	4.52	105
E U*	2021 (2030)	24.4 (38.6)	4.10 (2.59)	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

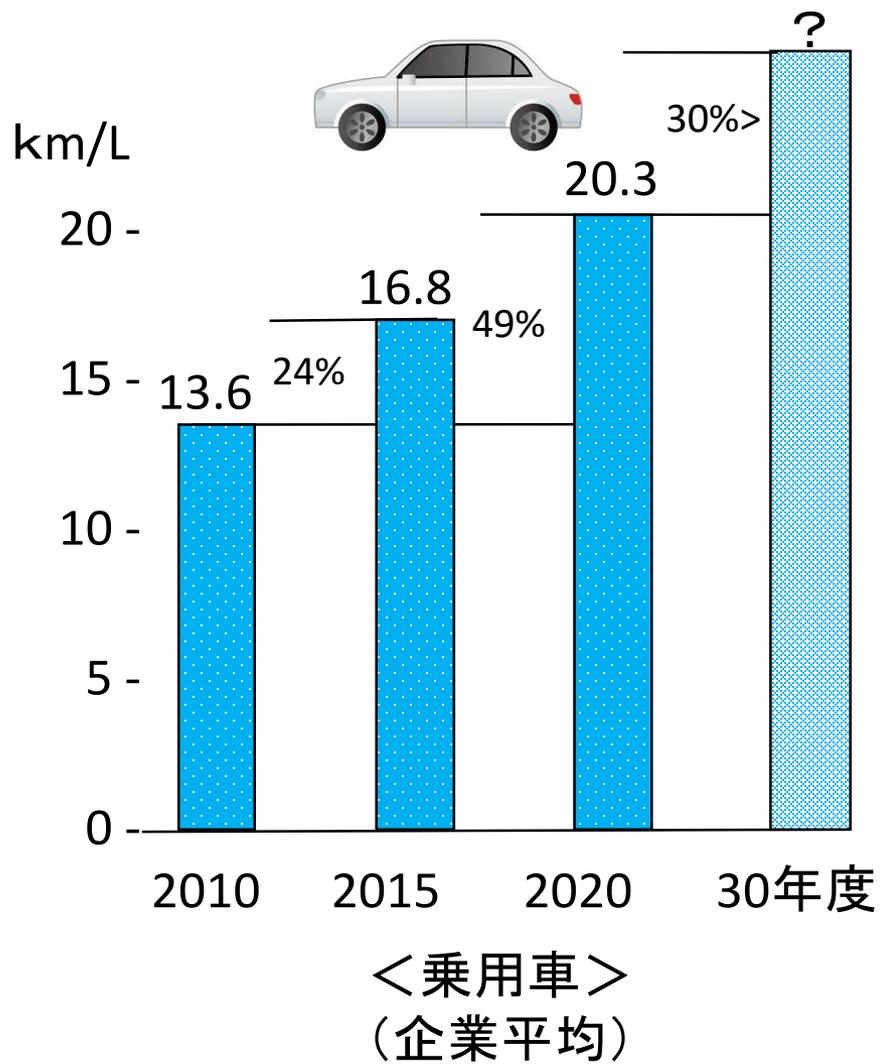
(): 提案値 *: 2030年に2021年比でCO₂を37.5%低減

** : トランプ政権は修正する意向を表明

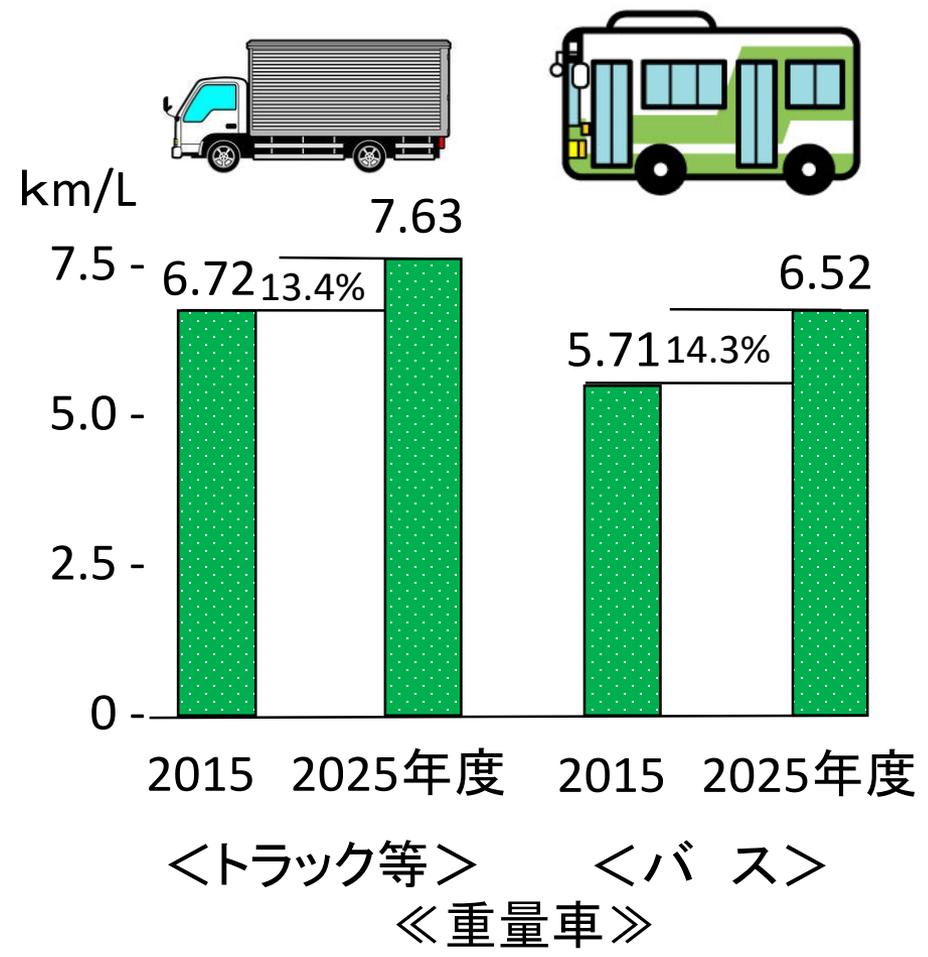
NEDC: New European Driving Cycle

ICCT: The International Council on Clean Transportation

燃費基準（平均値）の推移（国交省，2017年）



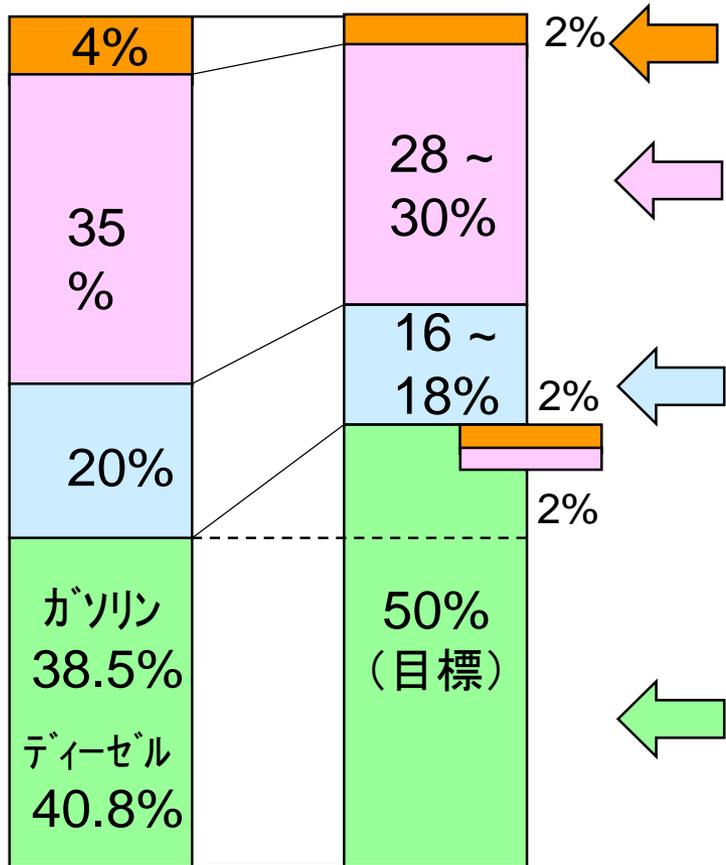
★2015年度基準では2002年度比で約12%改善



戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 「革新的燃焼技術」(2014年度～18年度)

- 乗用車用エンジンにおける正味熱効率50%の達成を目指す取組み
- 2020年から2030年における実用化を目指し、今後の従来車やHV, PHVの燃費改善にも極めて大きく寄与する。

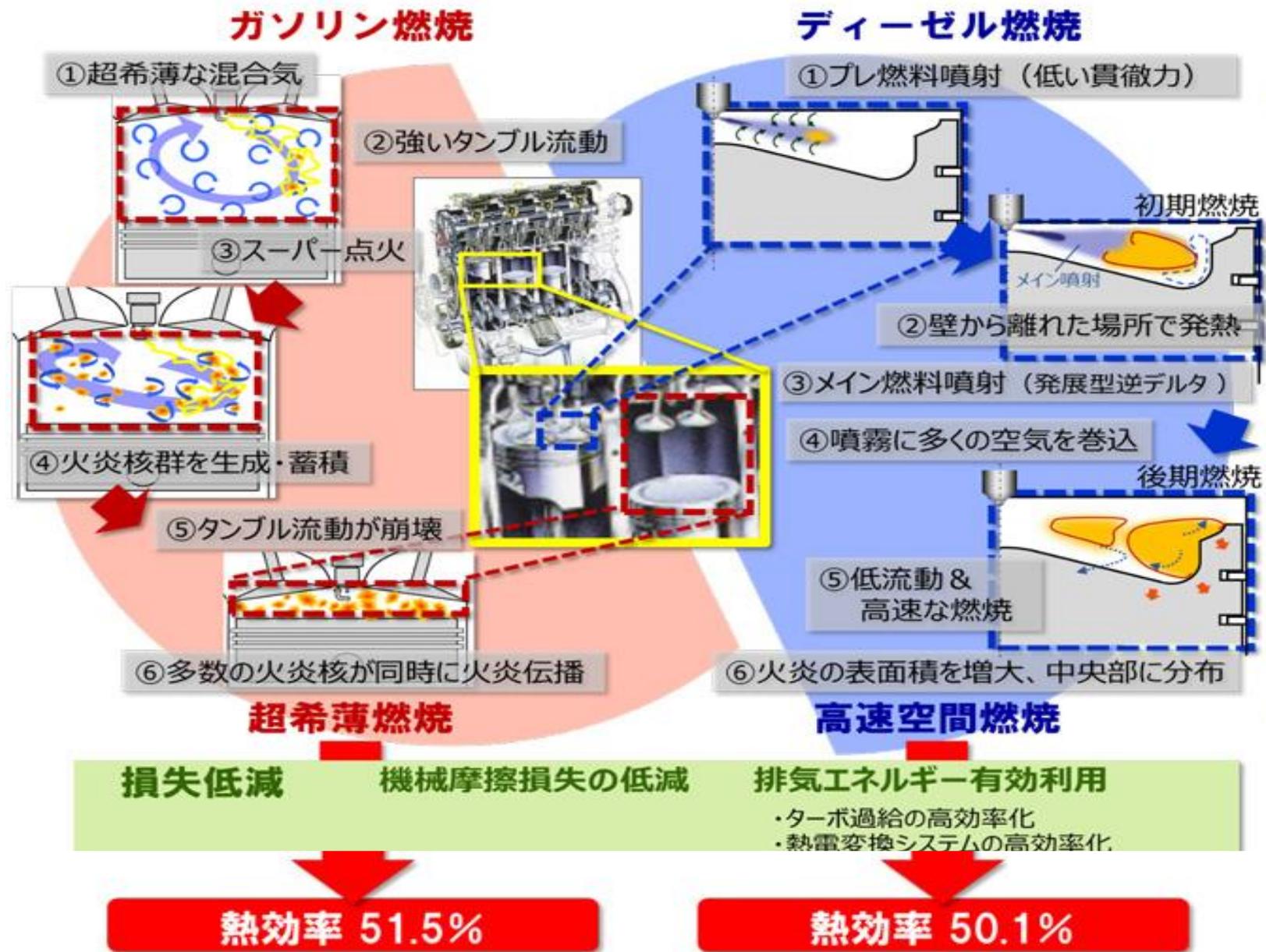
《エネルギーバランス》



《エンジン技術の課題》

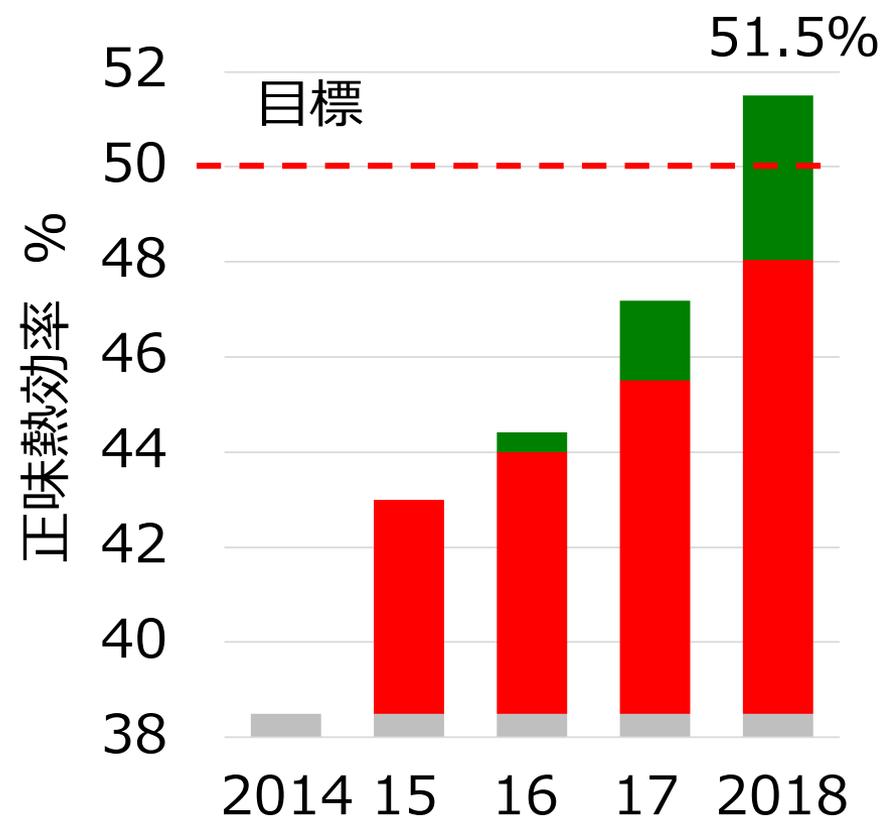
- 機械摩擦損失の半減(高面圧・低粘性化)
- 排気エネルギー有効利用
 - ターボ過給の高效率化(60数%達成)
 - 排熱回収(熱電素子の利用)
- 熱損失の低減
 - 超リーンバーン
 - シリンダ内流動の適正化
 - 分散噴霧ディーゼル燃焼
 - 遮熱材の利用
- 図示仕事の増大(図示熱効率の改善)
 - 燃焼の改善
 - ガソリン: リーンバーン, ロングストローク化
 - ディーゼル: 高分散燃焼

SIP「革新的燃焼技術」で得られた成果

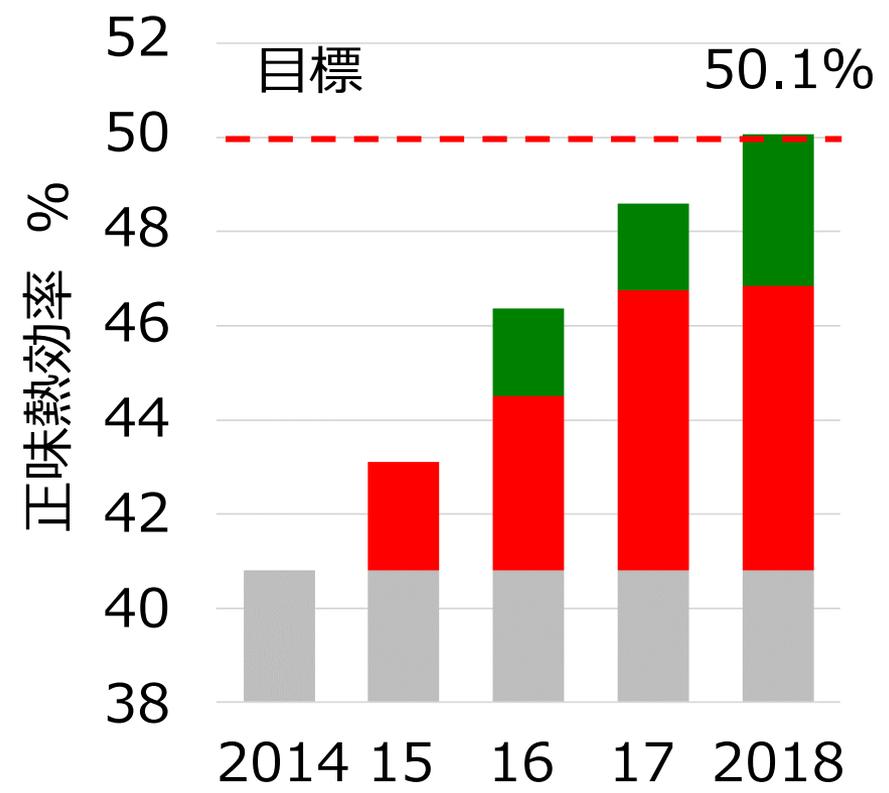


SIP「革新燃焼」の乗用車用エンジンにおける 正味熱効率の達成(2019年1月)

〈ガソリン燃焼〉



〈ディーゼル燃焼〉



■ 燃焼による

■ 損失低減による

- ターボ総合効率 : 69%
- 熱電変換 : 262W×4
- 摩擦低減 : 55.5%

VW社によるディーゼル乗用車の排出ガス不正事件 (“Dieselgate”と呼ばれる, 2015年9月16日)

The **I**nternational **C**ouncil on **C**lean **T**ransportation



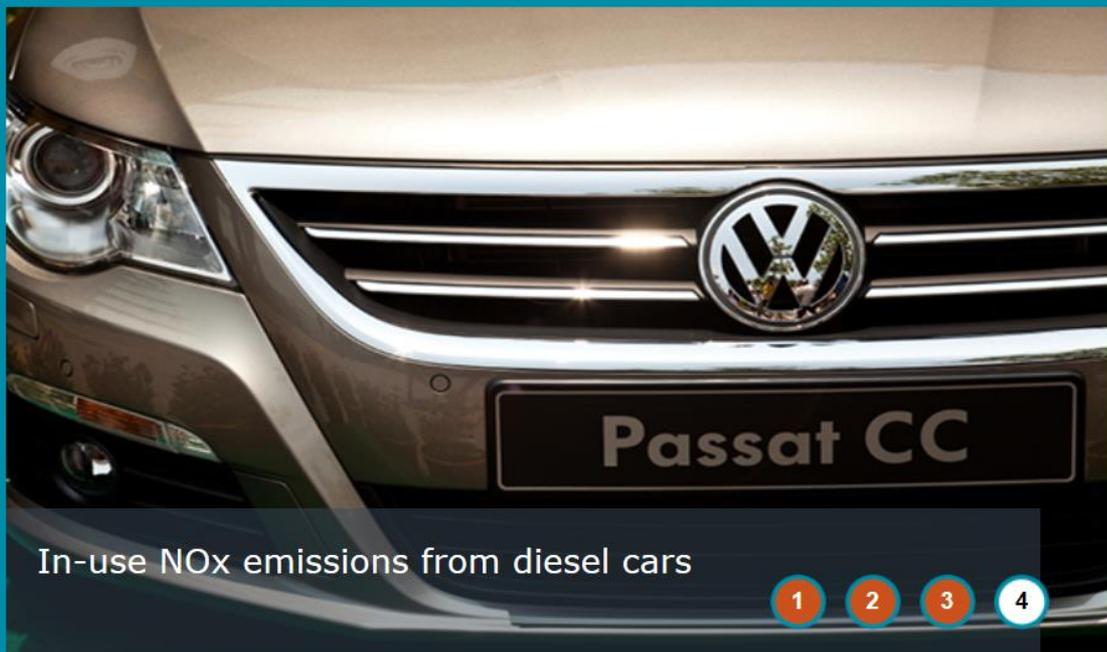
🔍
▼ PUBLICATIONS

PROGRAMS

WHERE WE WORK

WHO WE ARE

INFO & TOOLS



WHERE WE WORK

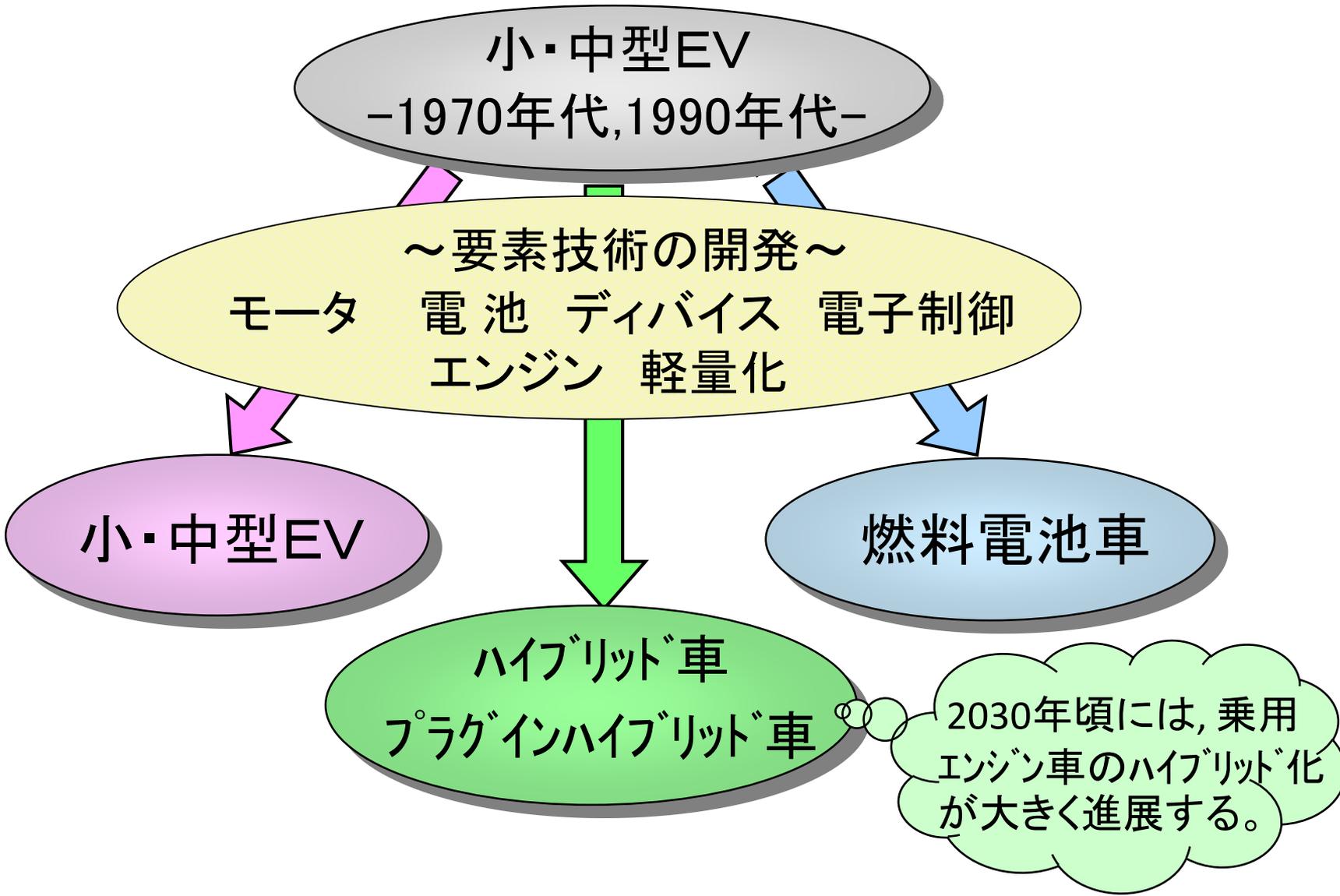
SELECT REGION

TOPICS

- Europe's vehicle CO2 targets
- Airline fuel efficiency
- US heavy-duty vehicle regulation
- In-use NOx emissions

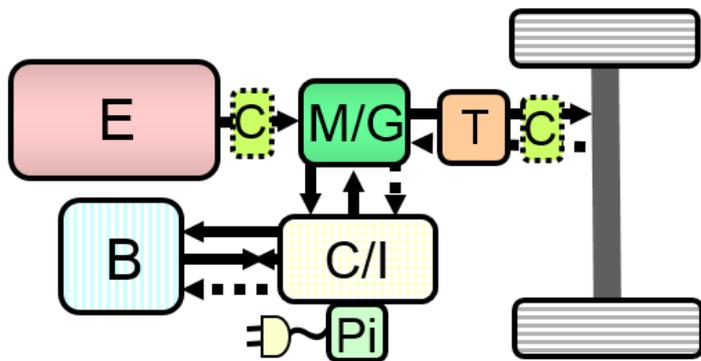
これを契機に、欧州ではディーゼル乗用車市場が低迷し、VW社の電動化への加速化、大都市におけるディーゼル乗用車の乗り入れ禁止、2040年を目途とするエンジン車の販売禁止等の動向が見られる。

今後の自動車の電動化



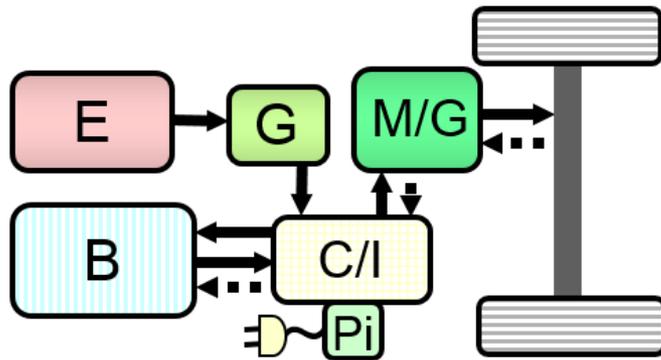
各種のハイブリッド方式と燃費改善

(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

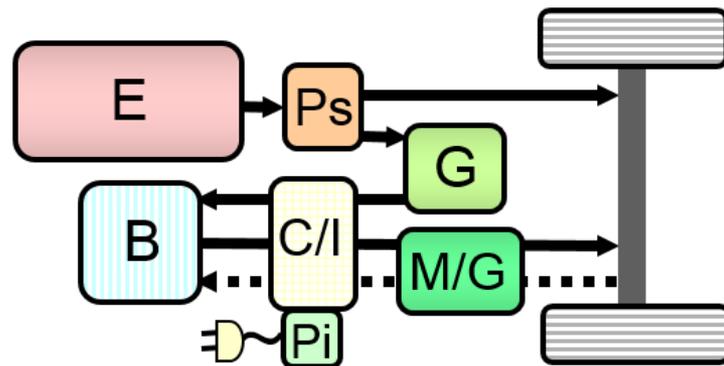


〈シリーズ(フル)〉【50-100%】

〈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
 - 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%】

最近のわが国におけるハイブリッド車



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, Isuzu



Diesel Parallel Hybrid Bus, Hino

国内外の各種のEV (2017-2019年)



Chevrolet Bolt, GM



i3, BMW



E-Golf, VW



Leaf, Nissan



Model 3, Tesla



Honda Urban EV Concept



E-Canter, Mitsubishi

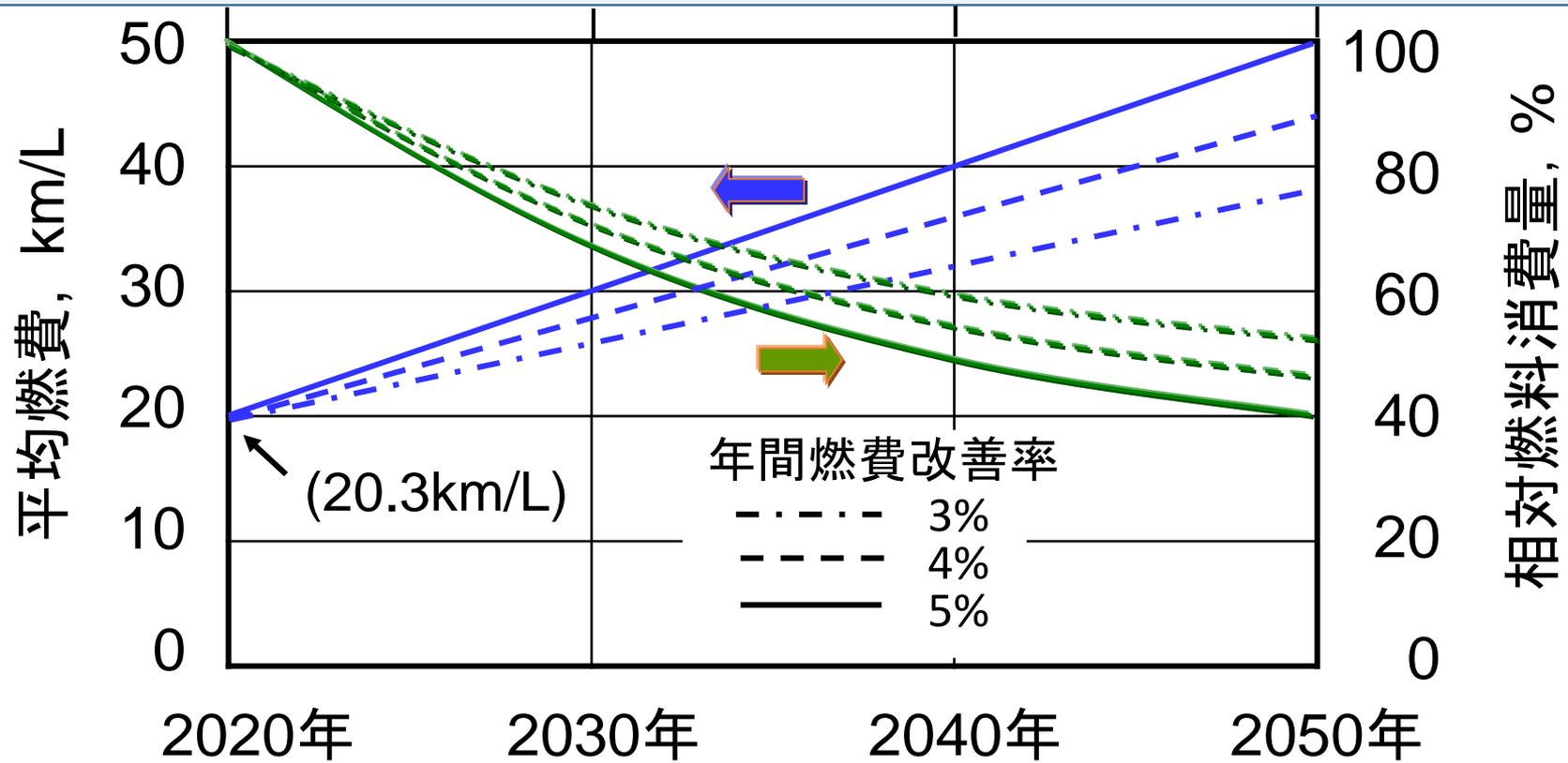


Semi in 2019?, Tesla

乗用車の将来の平均燃費目標

改善率:5%/年

CO2 : 116 77.4 58.0 46.4 g/km



米国加州のZEVと中国のNEV規制

□米国加州におけるZEV規制の強化

- ・販売割合： 2018年：4.5% ⇒ 2025年：22%
- ・対象メーカー（州内で6万台以上販売するメーカー）
Ford, FCA, トヨタ, ホンダ, 日産, VW, BMW, Daimler, Hyundai/Kia, マツダが対象。
- ・2018年からはハイブリッド車は除外し, BEV, FCV, 水素エンジン車、一定割合のTZEV(Transitional ZEV, PHV)が対象。
- ・東部数州も追随する。☆トランプ政権はZEV規制の中止を求めている。

両国が世界のEV市場を大きくリードする。



Tesla

□中国のNEV(New Energy Vehicle)政策

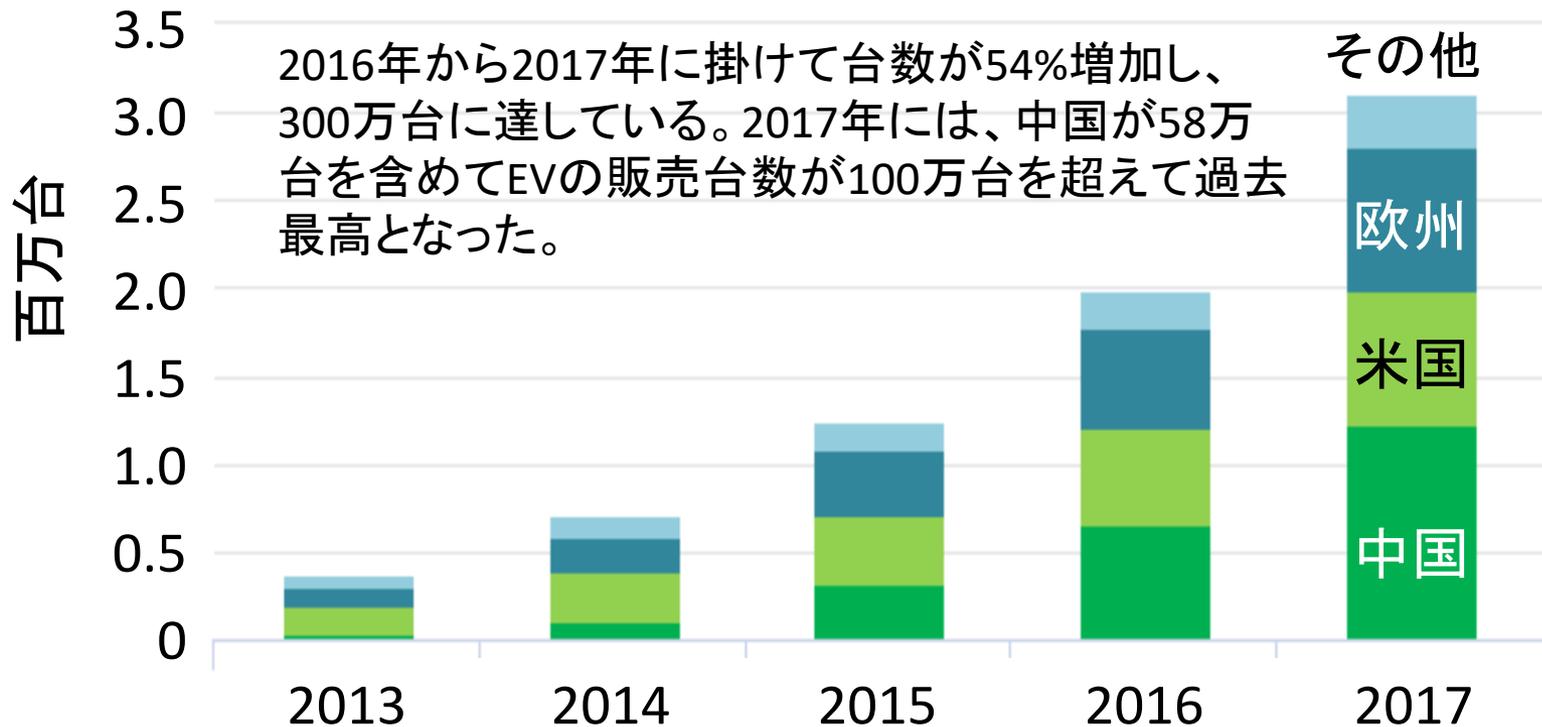
- ・対象：自動車を年間5万台以上製造・販売する企業
- ・規制：2019年 10% 3台分の燃費がCAFÉで0カウント
2020年 12% 2台分
PHEV: 50kmEV走行, 燃費が2.8L/100km以下
2019年 2.5台分, 2020年 1.5台が各々燃費0カウント
- ・EVの技術振興とコストダウン誘導 ・優遇制度終了後の反動懸念も...
- ・EV大国になる!? バッテリーを含む生産設備が過剰になるリスクがある?
- ・CO2削減効果や大気改善の即効性は期待できない。



BYD

各国・地域におけるEV保有台数の推移

(出典: Global EV Outlook 2018, IEA)



- 各国の普及策が現状で推移すれば、EVの新車販売台数は年率24%で増加し、2020年には400万台、2030年には2,150万台になる。世界の販売台数の累計は2020年までには1300万台、2030年には1億2500万台に達する。これは、全保有乗用車・軽量車の保有台数の約10%に相当する。
- 積極的な普及策を講じると、2030年には累計2億2000万台に達する可能性がある。
- ★ Li、ネオジム、コバルト等の価格高騰を招く恐れがある。

日産が新型リーフを発表（2017年9月6日）

- ・最先端のe-パワートレインにより航続距離が400kmに延伸（電費：10km/kWh）
- ・ドライバーの運転負担を軽減するe-Pedalを搭載
- ・プロパイロット（プロパイロット パーキング）を搭載
- ・「Apple CarPlay」などコネクテッド技術の搭載
- ・東京電力のCO₂排出係数（2016年度）486g/kWhを用いると48.6g/km
- ・実走行の電費：7km/kWh, CO₂：東京電力では69.4g/km, 火力では109.5g/km
- ・2019年1月9日、バッテリー容量を62kWhに増やした「リーフe+」を発表。
エネルギー密度を25%, 航続距離を40%増大。

国内で10万台、グローバルに40万台販売（2018年現在）

全長・全幅・全高・WB	4,480・1,790・1,540・2,700mm
車両重量・総重量	1,490-1,520kg・1,765-1,795kg
バッテリータイプ・容量	Liイオン・40kWh（旧：30kWh）
電気モータータイプ・名称	PM同期交流型・EM57
最高出力（旧：80kW）	110kW/3,283~9,795rpm
最高トルク（旧：280Nm）	320N・m/0~3,283rpm
航続距離（JC08モード）	400km 実走行では280km? （旧：280km）
充電時間（普通充電）	16時間（3kW）/ 8時間（6kW）
SOC80%までの充電時間	40分（急速充電）



- ・バッテリーセル（正極：NiMnCo）
エネルギー密度：240Wh/kg
- ・セル質量：167kg
- ・パッケージ質量：約300kg

EV用充電インフラの現状(2018年5月現在)



【充電器設置数】

急速充電器

普通充電器

合計

約7,600基 + 約22,100基 = 約29,700基^{*1}

【急速充電器の主な設置場所*2】



日産販売店など 約1,890基



コンビニ 約1,040基



商業施設 約900基



自治体 約460基



道の駅 約860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。

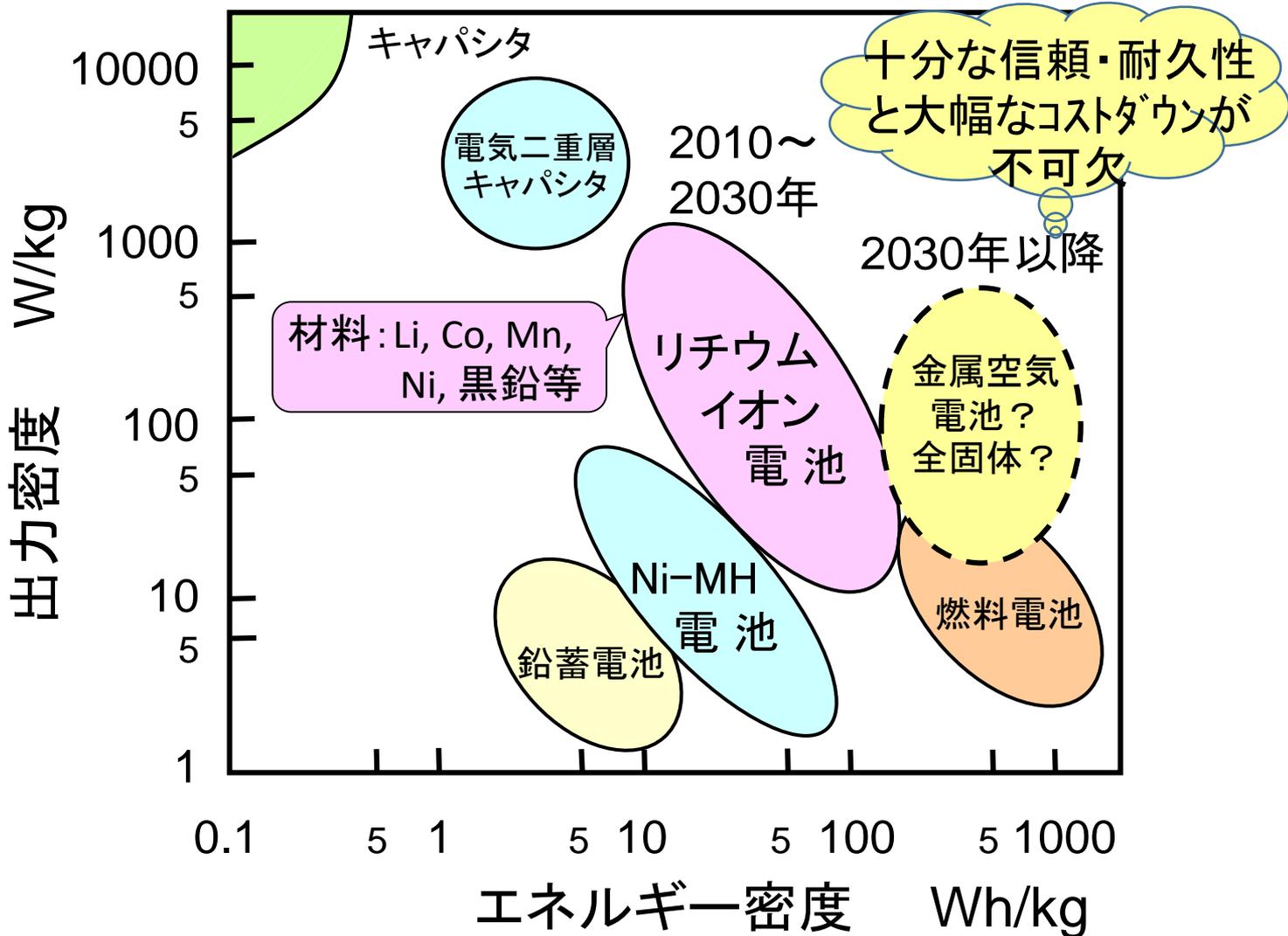


高速道路 約410基

2017年度末, ガソリン
スタンドは30,747箇所

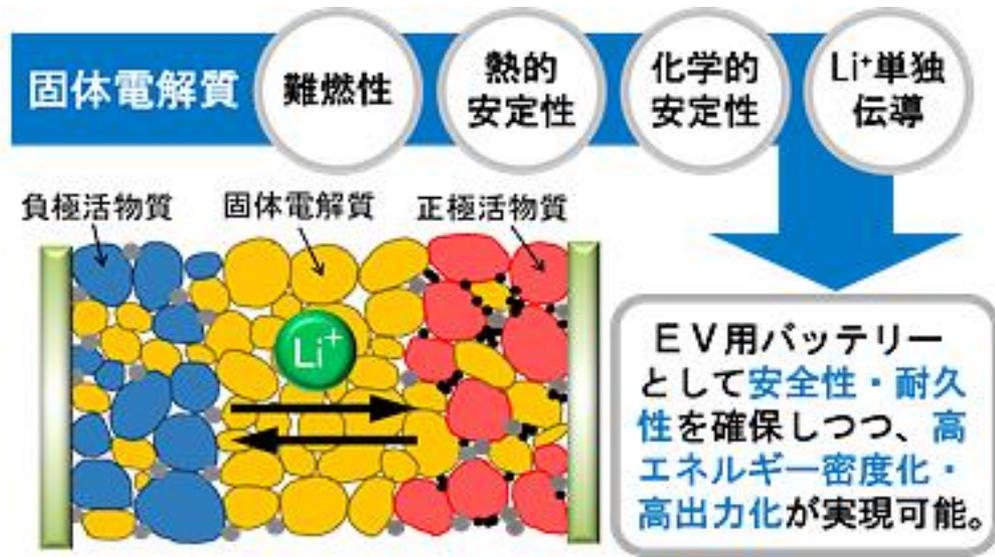
- 現在, 急速充電システムでは予約できないのが難点。
- 高速道路のSAでは複数配置が必要。
- 再生可能な電力をどう活用するかも課題。
(資料: 日産, 2018年10月現在)

各種の蓄・発電システムの比較



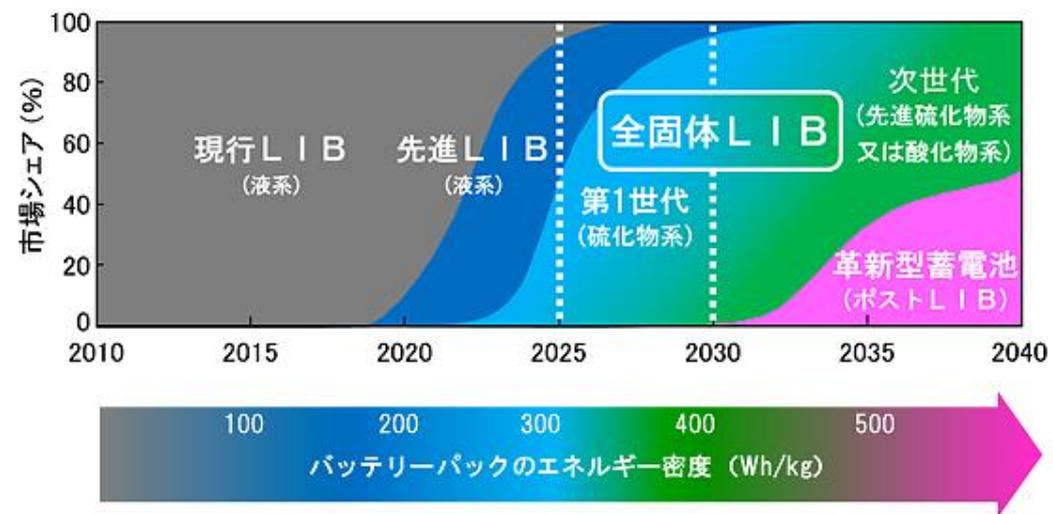
資料提供: 早大・逢坂教授

全固体リチウムイオン電池の研究開発プロジェクトの第2期が始動 (NEDO, 2018年6月15日発表)



2018年度～22年度
産学官による約100
億円のプロジェクト

全固体リチウムイオン電池の構造



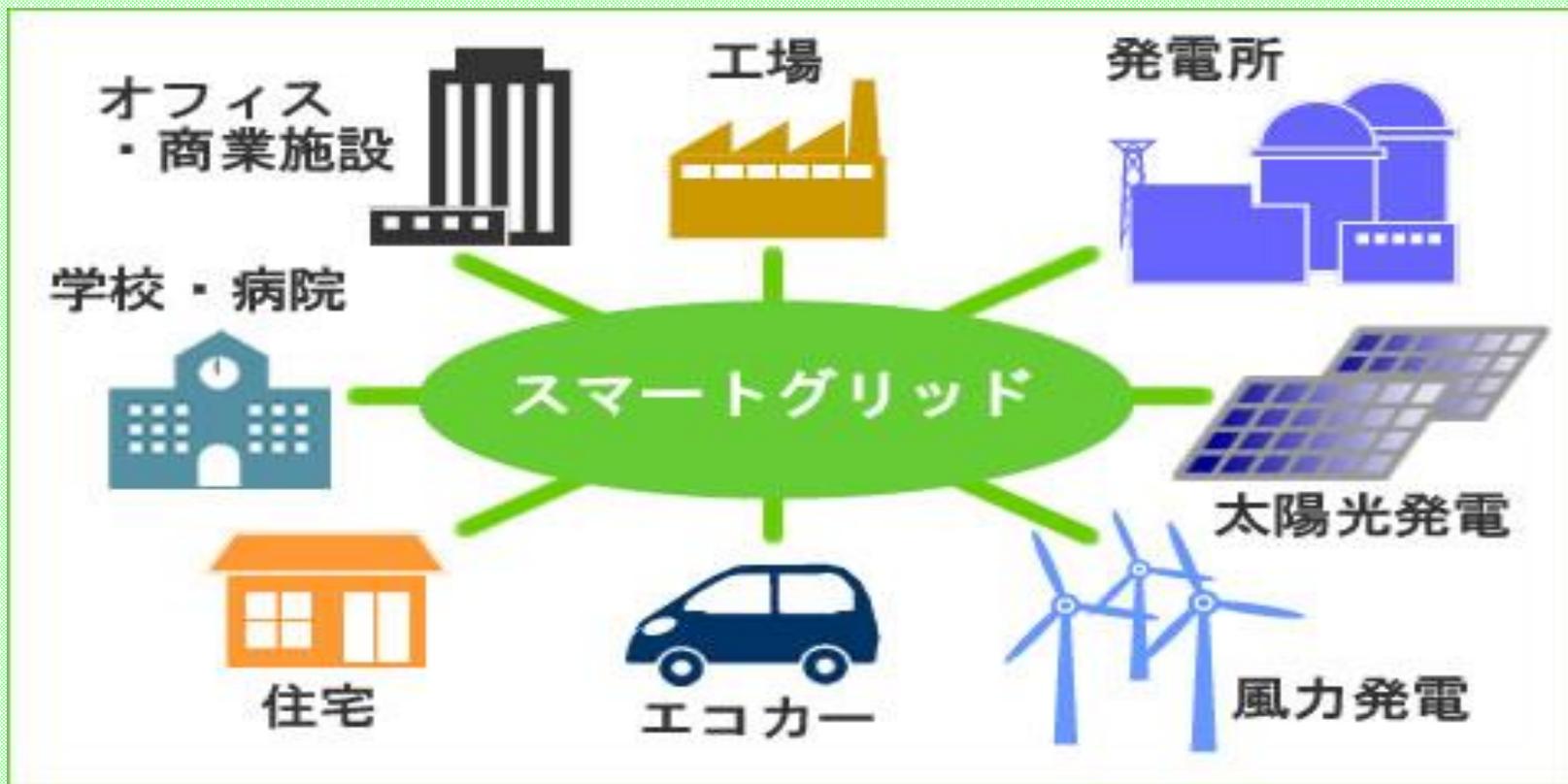
EV用バッテリーの技術シフトの想定

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
PHV	2020～ 2030	60	50	10	20
EV	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)

EVとPHEV用の電力に関わる課題



V2Xの拡大: Vehicle to X, X: Grid, Home, Building, etc.

EVの消費電力を考える。

- わが国の年間電力消費量 W_t : 797,100GWh (2015年度)
- EVの実走行電費: 7km/kWh (Leafの例)
- 1台のEV ・1日走行距離: 23.4km (国交省資料)
 - ・年間走行距離: 8540km
 - ・年間消費電力: 1,220kWh (30,500円 [25円/kWh])
- EVの年間消費電力 W_e (W_e/W_t)
 - 100万台: 1220GWh (0.153%)
 - 500万台: 6100GWh (0.765%)
 - 1,000万台: 12,200GWh (1.531%)
- 100万kWの原発1基の年間発電量(年間稼働率80%): 7,010GWh (575万台のEVの電力量)
- 2万台のEV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。V2Xが必要になる。
- 将来、走行距離により課税されると予想される。



わが国における電源の比較

電源	送電端 CO ₂ 排出量 g/kWh*	発電コスト 円/kWh (2030年予測)	設備 利用率%	稼働 年数
石炭火力	943	12.9	70	40
石油火力	738	28.9~41.7	10~30	40
LNG火力	599	13.4	70	40
太陽光	38	12.5~16.4	12	20
風力	25	13.6~21.5 (陸上) 30.3~34.7 (洋上)	20 (陸上) 30 (洋上)	20
原子力	20	10.3~	70	40
地熱	13	16.8	10~80	40
水力	11	11.0	45~60	40~60
バイオ	10~	29.7 (専燃) 13.2 (混焼)	80	30~40
全国平均値	540	24	-	-

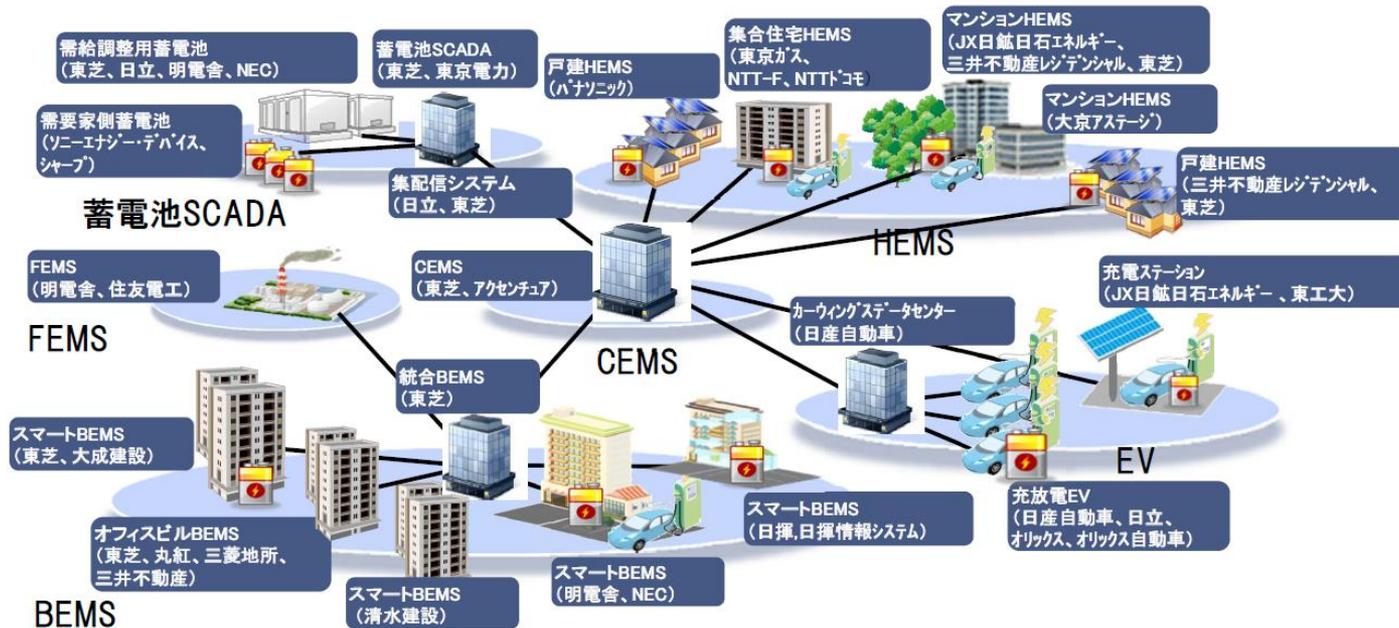
経産省，電力中央研究所の資料(2015年)等を元に作成

*: 設備と運用を含む排出量

横浜スマートシティプロジェクト (YSCP) の概要 (2010年度～2014年度, 経産省) 発表2015年3月

■ 導入実績／目標

HEMS (4,230軒/4,000軒), PV (37MW/27MW), EV (2,300台/2,000台)
CO2排出削減量 (39千トン/30千トン), CO2削減率 (29%/25%)



- 他に, 豊田市, けいはんな学園都市, 北九州市が参画した。
- ☆将来の普及拡大に向けてインフラコストは誰が負担するか?
- その後, V2X(X: Grid, Home, Building等)の取組みも始まっている。

トヨタ自動車の多様なFCV戦略



2014年12月“Mirai”販売開始、年間3千台生産、今後増産の予定。



2017年1月、元町工場にてFCフォークリフトの利用開始



2018年3月、FCバス“Sora”を100台製造し東京都を中心に販売すると発表。



2017年4月19日発表 米国加州港湾地区で利用
“Mirai”のFCスタック2基と12kWhの駆動用バッテリーを搭載し、約500kWの出力と約1,800N・mのトルク性能を確保し、総重量約36トンでの走行が可能。

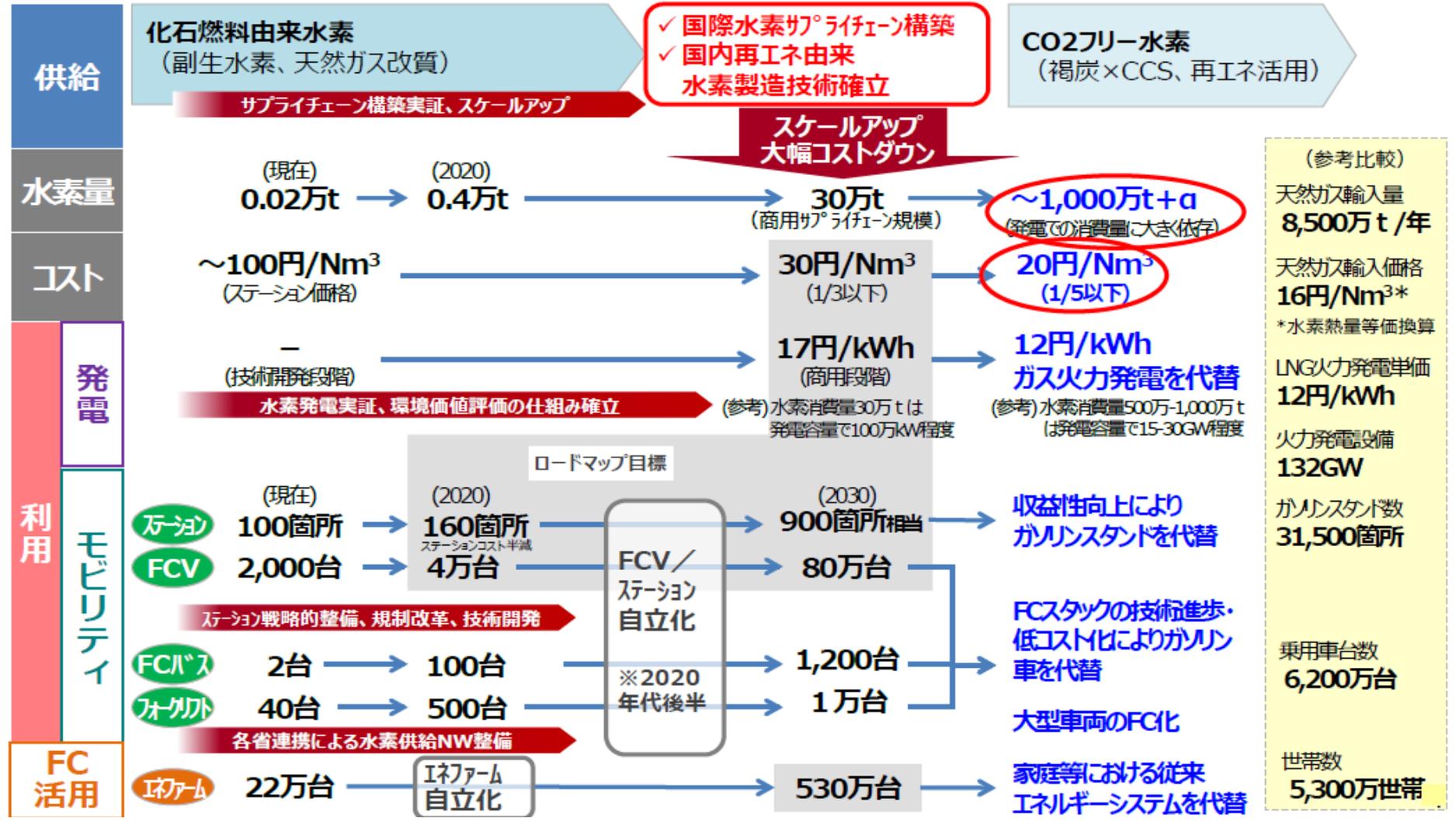


2018年6月6日、セブンイレブンでは、2019年より配送用FCトラック(走行距離200km程度)を2台利用すると発表。

☆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！

「水素基本戦略」のシナリオ

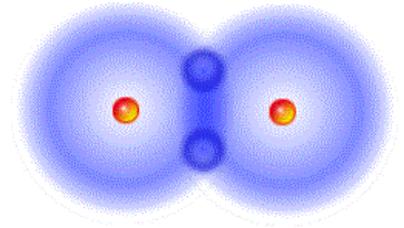
（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 2017/12/26）



燃料電池車と水素製造・ステーション

□水素の供給体制構築

- ・現状では、ナフサや天然ガスから製造されている。
- ・2040年に向けて、水素の製造、輸送・貯蔵にわたる炭素フリーを実現する必要がある。国の支援も重要。
(エネ庁ロードマップ, 2016年) ・LCAに基く評価が必要。
- ・製造・供給側では、当面政府の支援を受けて、ステーションを増やして大幅なコスト低減(5億円⇒3億円)を図り、長期的にはビジネス成立性を実現すべき。



□自動車メーカーの努力

- ・性能向上と大幅なコストダウンの努力が必要。

□一般国民の理解

- ・水素を利用することの必要性, メリット, 安全性, 事故対応等に関する理解と周知を図るべき。

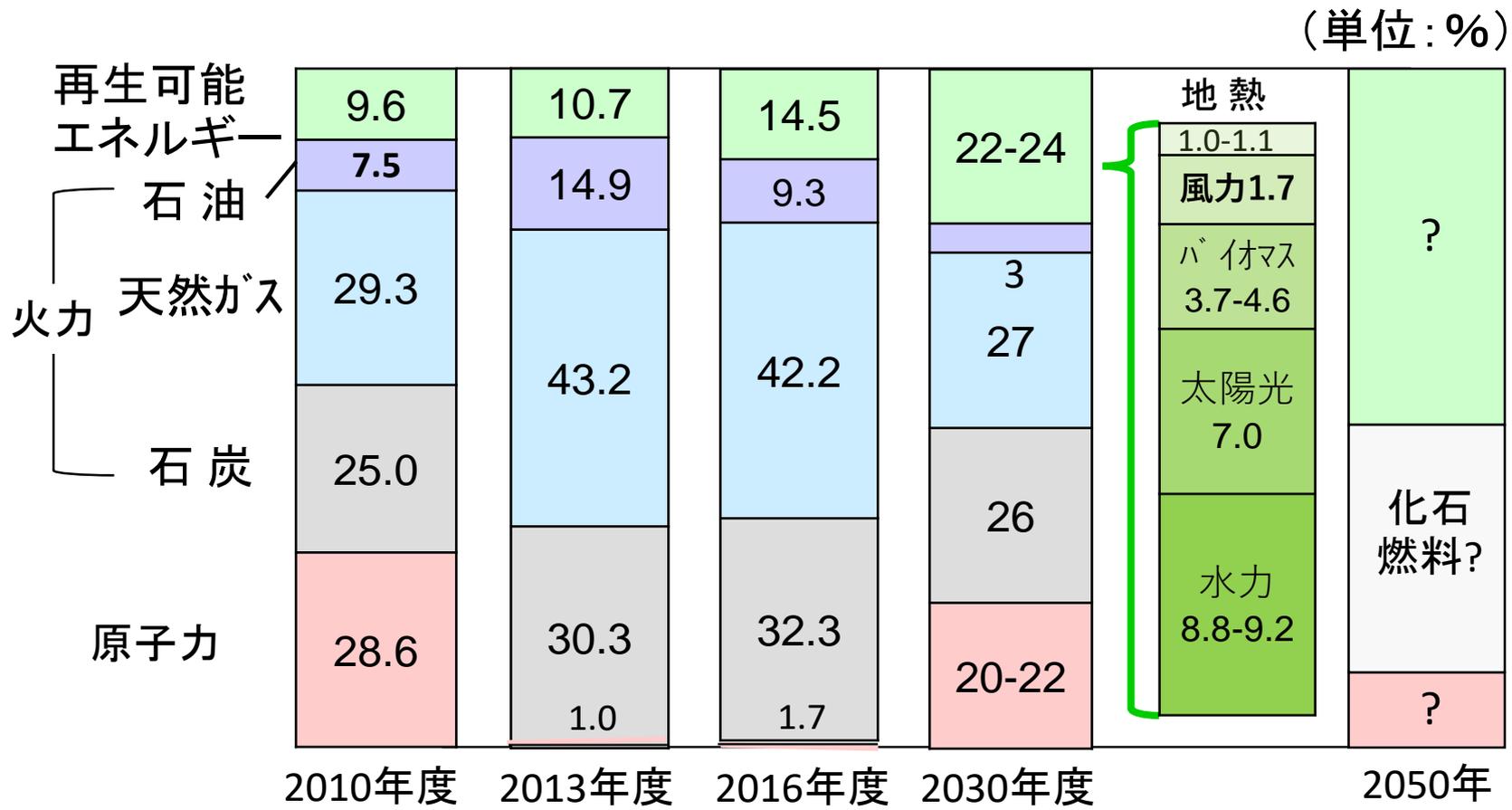
□欧米の動向把握と連携

- ・長期戦になる状況にあって、欧米の政府とメーカーの本気度を見極め、参入を促す努力が必要。
- ・安全に関わる国際基準調和でリーダーシップを発揮。



あなたの家の真向かいに水素ステーションの建設予定の看板が立ったらどうしますか？

想定される電源構成(経産省, 2015年7月)



- ・ 2030年度の構成割合は第5次エネルギー基本計画でも閣議決定された。(2018年7月)
- ・ 原子力と水力はベース電源, 需給変動は火力と蓄電システムで対応する。
- ・ 将来の再生可能エネルギーと原子力の構成割合増加はEVやPHVの低CO₂に寄与。
- ・ 2030年度には2013年度に対して電源起源のCO₂が30数%削減される?

EVとFCVの消費エネルギー比較

比較項目	L車	M車
□実エネルギー消費費	7km/kWh	100km/kg-H ₂
□年間消費量	1,220kWh	85.4kg
□年間燃料経費(現状)	30,500円	85,400円
[エネルギー単価]	[25円/kWh]	[1,000円/kg-H ₂]
(将来の目標価格)	(12円/kWh)	(20円/Nm ³)
□100万台普及時電力割合	0.153%	0.52%

□クルマの平均走行距離: 23.4km/日, 8,540km/年 (国交省資料)

□水素1kgを生成するための電気分解に必要な電力量:

$$\cdot 140\text{MJ/kg} = 38.9\text{kWh/kg}$$

□1台当りの年間必要電力量: 3,320kWh

電気分解効率80%とすると、4,150kWh

☆わが国の年間電力消費量Wt: 7.971×10^{11} kWh (2015年度)

将来の EV vs FCV の競合

項目	EV	FCV
車両コスト	バッテリーが高コスト要因	高価(大幅なコストダウン必要)
製造工程	簡易(部品数約3割削減)	スタックとポンベの量産化難?
ランニングコスト	電力は安価(<25円/kWh)	現状では割高
走行距離	日常走行では十分	長距離走行が可能
チャージ時間(利便性)	急速充電10分以内が必要	短い(3分程度)
チャージインフラコスト	20~50kW(200~400万円) ⇒150kW, 350 kW(?)	5億円⇒3億円 (用地確保難)
チャージビジネス成立性	当面低収益 (例:月額2千円定額制)	極めて低い (ステーション設置拡大が課題)
希少資源の使用	Nd, Li, Co, Ni ...	Pt, Nd...
社会受容性	良好	一般への周知が必要

- 各々の特質を活かして共存するか? それとも優勝劣敗が起こるか?
- 急速充電可能な電力グリッド vs 水素ステーションの戦い
- 電力も水素もどこまで低炭素化できるかが中長期的な重要課題。
- EV用電池がさらに高性能化し, 電力グリッドの構築を含めて高電力の急速充電が広範囲に可能になれば, EVに軍配が上がる?

電力と水素による低炭素化の選択肢

再生可能エネルギー



太陽光



風力



地熱



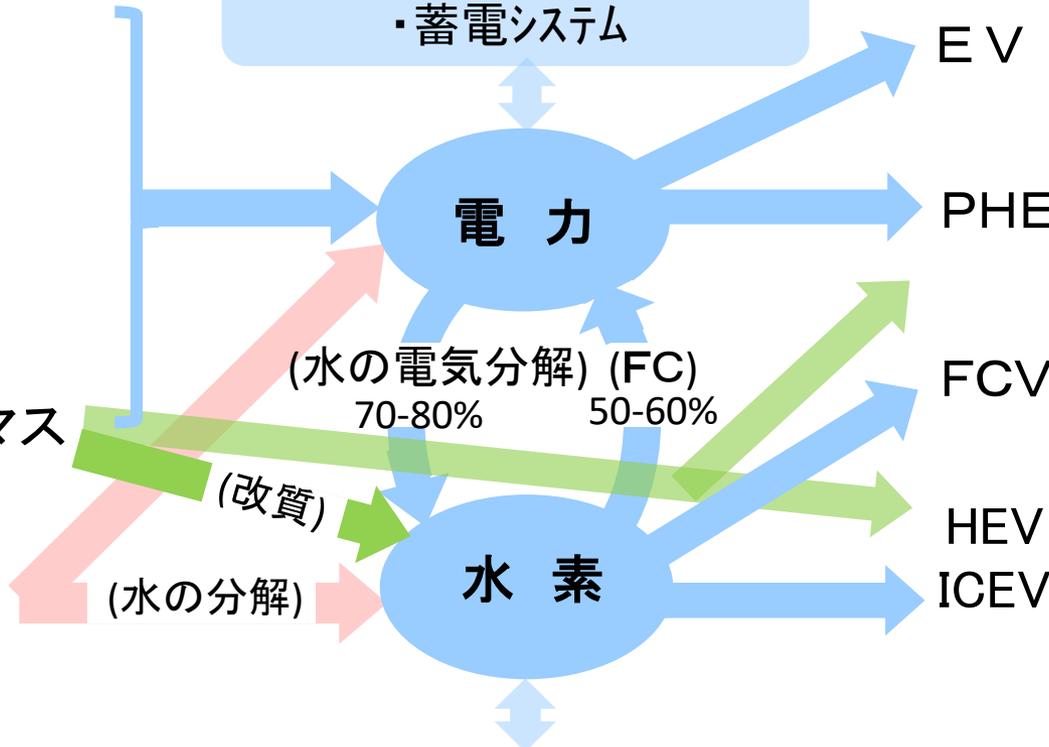
水力



バイオマス

原子力

・充電インフラ ・需給マネジメント
・蓄電システム



EV



PHEV



FCV



HEV

ICEV



☆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、CO2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なLCA(あるいはWTW評価)とともに費用対効果の評価が必要である。

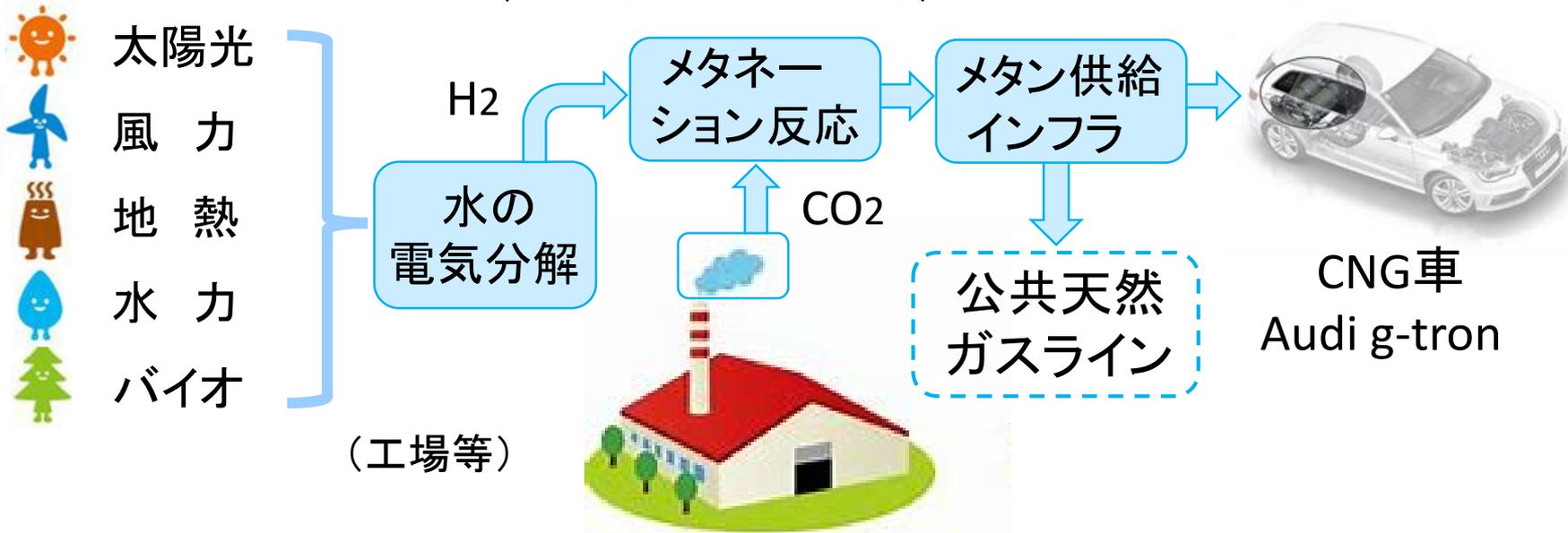
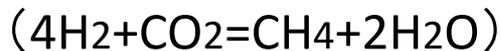
水素社会に向けたエネルギー技術の開発



日本機械学会誌
2016年4月

独・Audi社の自動車用非化石燃料の取組み ～e-gasとe-fuel～

<再生可能な電力>



- 従来のガソリン車に対してCO2をWell-to-Wheelで約80%削減する効果がある。CCU(Carbon Capture and Utilization)の一種。
- g-tronユーザーには燃料を無料で提供している。
- バイオマスを利用した液体燃料(e-fuel)についての検討している。

2020～2030年の乗用車車種別政府目標

(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)

車種	2017年(実測)	2020年	2030年
従来車	63.97%	50～80%	30～50%
次世代自動車	36.02%	20～50%	50～70%
HEV	31.2%	20～30%	30～40%
EV / PHEV	0.41 / 0.82%	15～20%	20～30%
FCV	0.02%	～1%	～3%
クリーンディーゼル車	3.52%	～5%	5～10%

□日本の2017年度 新車乗用車販売台数: 438.6万台

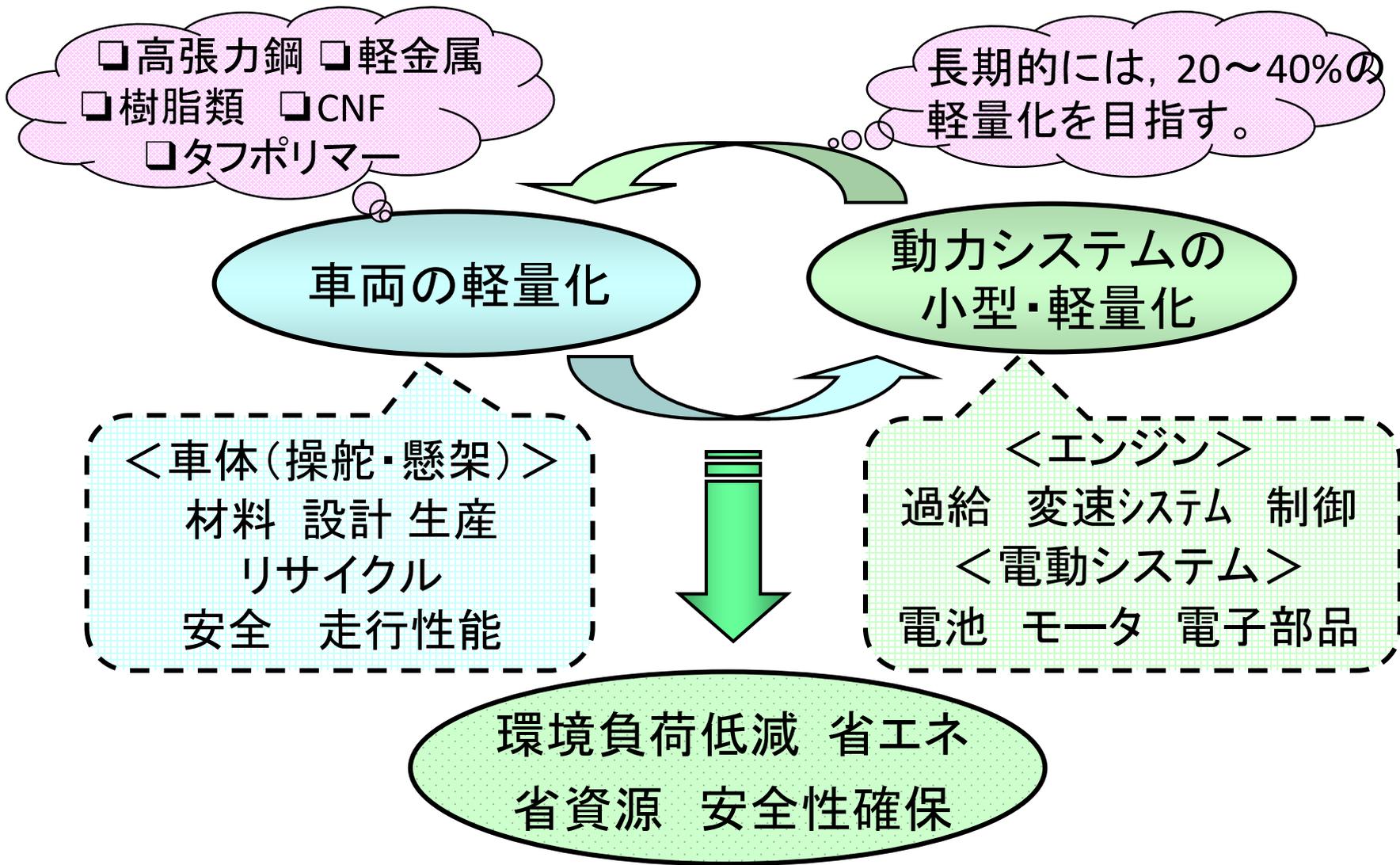
□日本以外の主要国の電動車販売シェア(2017年)は、5%以下である
のが現状。 ・米国: 4.0% ・ドイツ: 3.0% ・フランス: 4.8%
・中国: 3.0% ・インド: 0.03%

中クラス車のバッテリー容量，車両重量，燃費の比較

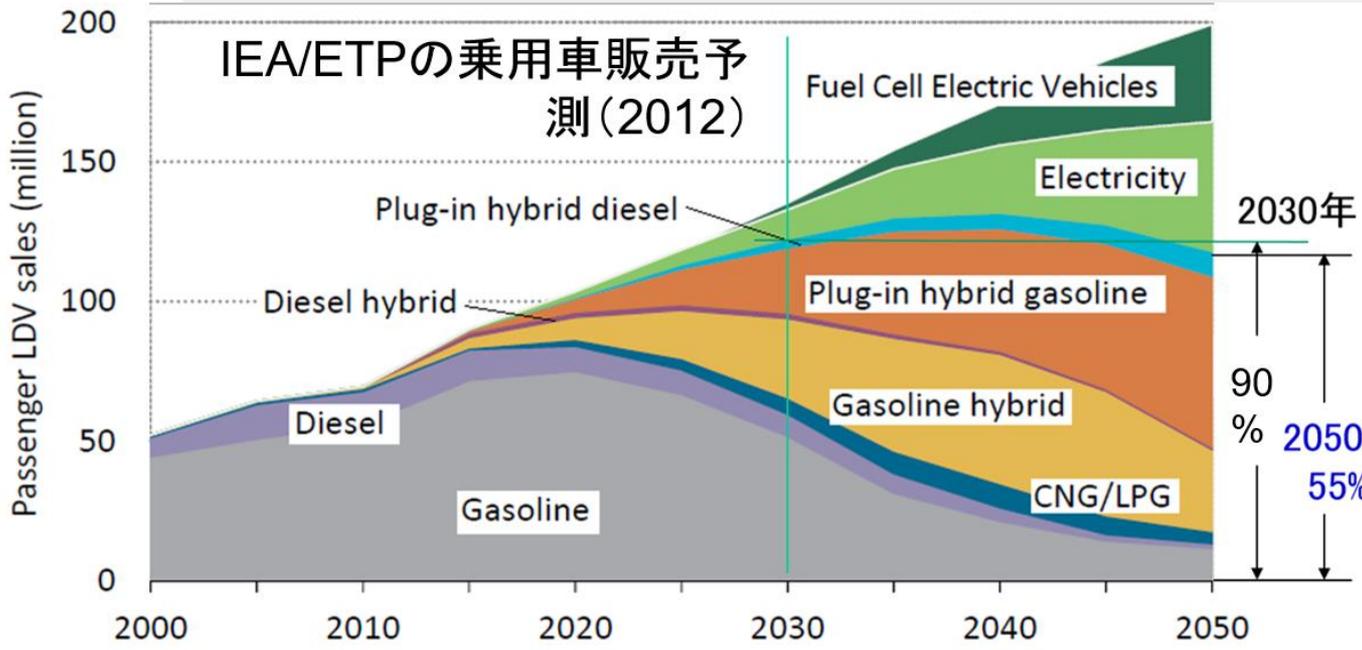
車種	バッテリー容量 kWh	車両重量比 (対ガソリン車)	燃費比 (対ガソリン車)
ガソリン車	(燃料:400~500)	(1.0)	(1.0)
ディーゼル車		1.06	1.15~1.20
HV	1~2	1.05~1.15	1.20~1.90
PHV	10~20	1.15~1.20	1.8
BEV	20~80	1.20~1.30	3~4*
FCV	1~2 (水素:150~170)	1.30~1.40	1.8~2.5*

*: 走行時の消費エネルギー(Wh/km)からの概算値

動カシステムのダウンサイジングと 車両の軽量化の相乗効果



2050年に至る乗用車のシェアと重要技術



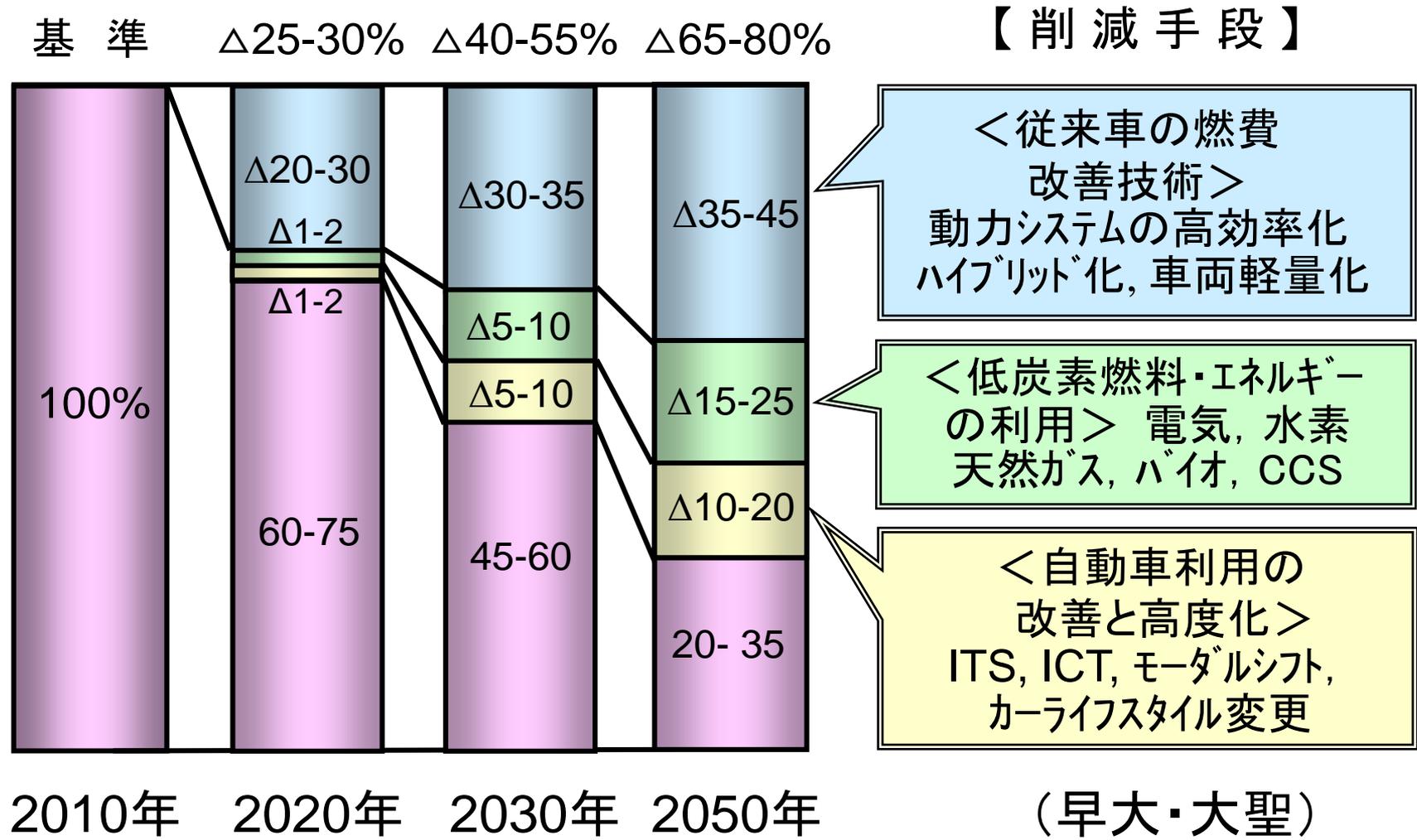
2050年においてもエンジンは使われ続けているが... CO2対策上、利用が制限される？

各技術の課題

各技術の重要度

電力・水素の低炭素化 (EV, PHEV, FCV)	再生可能な電力・水素の活用 ステーション整備と電力需給管理
バッテリー・電動化 (EV, HEV, PHEV, FCV)	高性能ポストLiイオンバッテリー開発 数千円/kWhへの低コスト化
エンジン (ICEV, HEV, PHEV)	正味熱効率の向上 軽小中～重量車: 50～55%
軽量化 (すべての車種に必要)	車両重量: 20～40%程度低減 安全性の確保

中長期的な自動車CO₂排出量の削減予測



＜従来車の燃費改善技術＞
 動力システムの高効率化
 ハイブリッド化, 車両軽量化

＜低炭素燃料・エネルギーの利用＞
 電気, 水素
 天然ガス, バイオ, CCS

＜自動車利用の改善と高度化＞
 ITS, ICT, モーダルシフト,
 カーライフスタイル変更



- 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の燃費改善にも極めて有効である。
- 2050年に向けた脱石油と低炭素化のためには、HEV, EV, PHEV, さらにはFCVを含む電動化と低炭素で再生可能な電力・エネルギーの活用が不可欠である。
- 電動化において、バッテリーのエネルギー密度の大幅な向上とコスト低減が最も重要な課題である。
- 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マネジメントシステム(デマンドレスポンス)の構築が不可欠である。
- FCVにとっては、長期的な計画に基づき、社会受容性を確保しつつ、低炭素水素の利用、大幅なコスト低減、生産性の向上を図る必要がある。
- 車両の軽量化はあらゆる車種に対して継続的に取り組むべき重要な課題である。
- 2050年における温室効果ガス80%の削減を実現するためには、これらの技術的な目標の達成のみでは不十分であり、交通システムや自動車の利用のあり方を見直し、変革を図る必要がある。(「モビリティ・イノベーション」の実現。)
- 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し、産学官の連携のもと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。

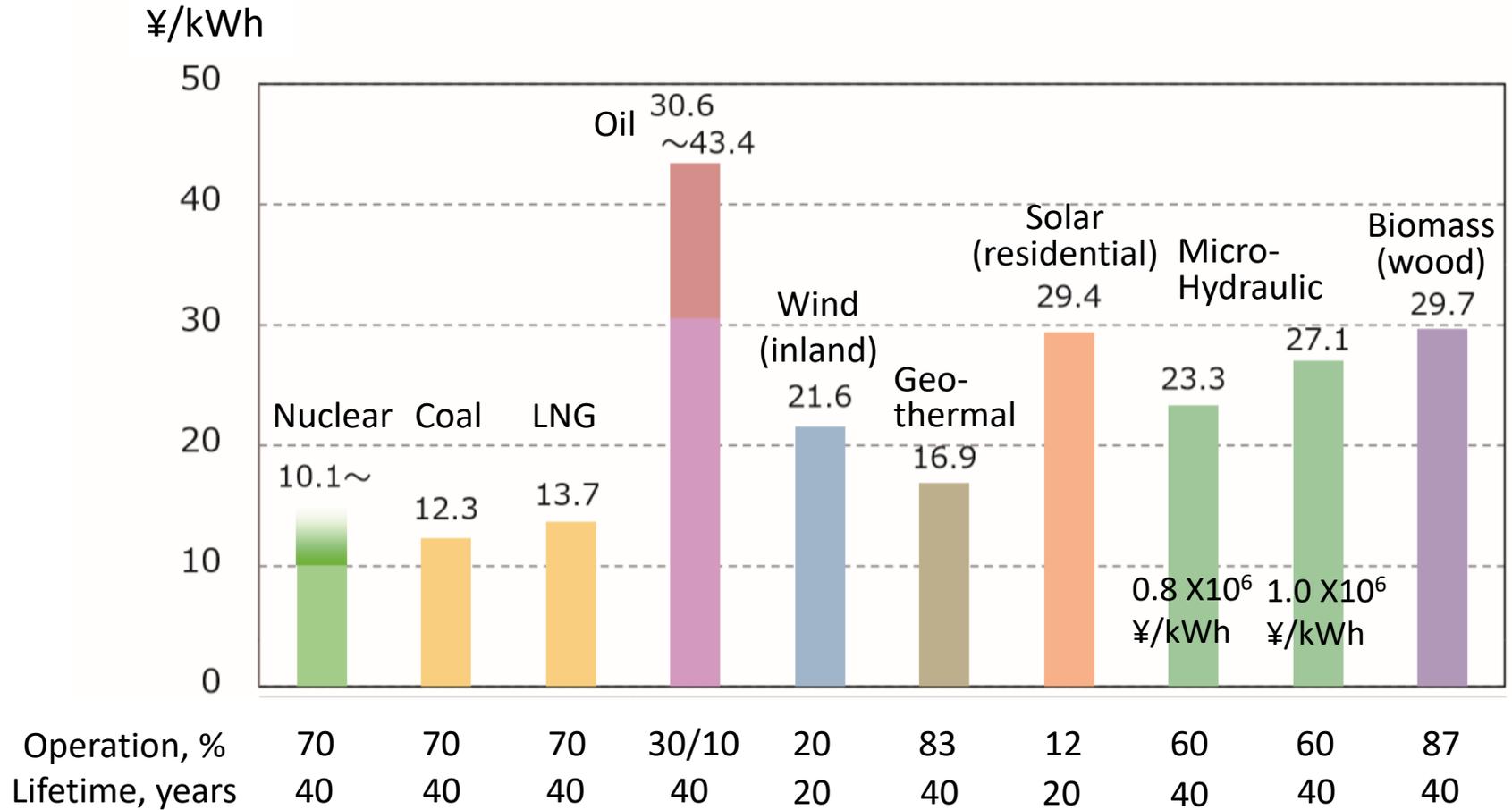
Daimler's New Concept "CASE"

Connected **A**utonomous **S**hared, Services **E**lectric



- APPENDIX -

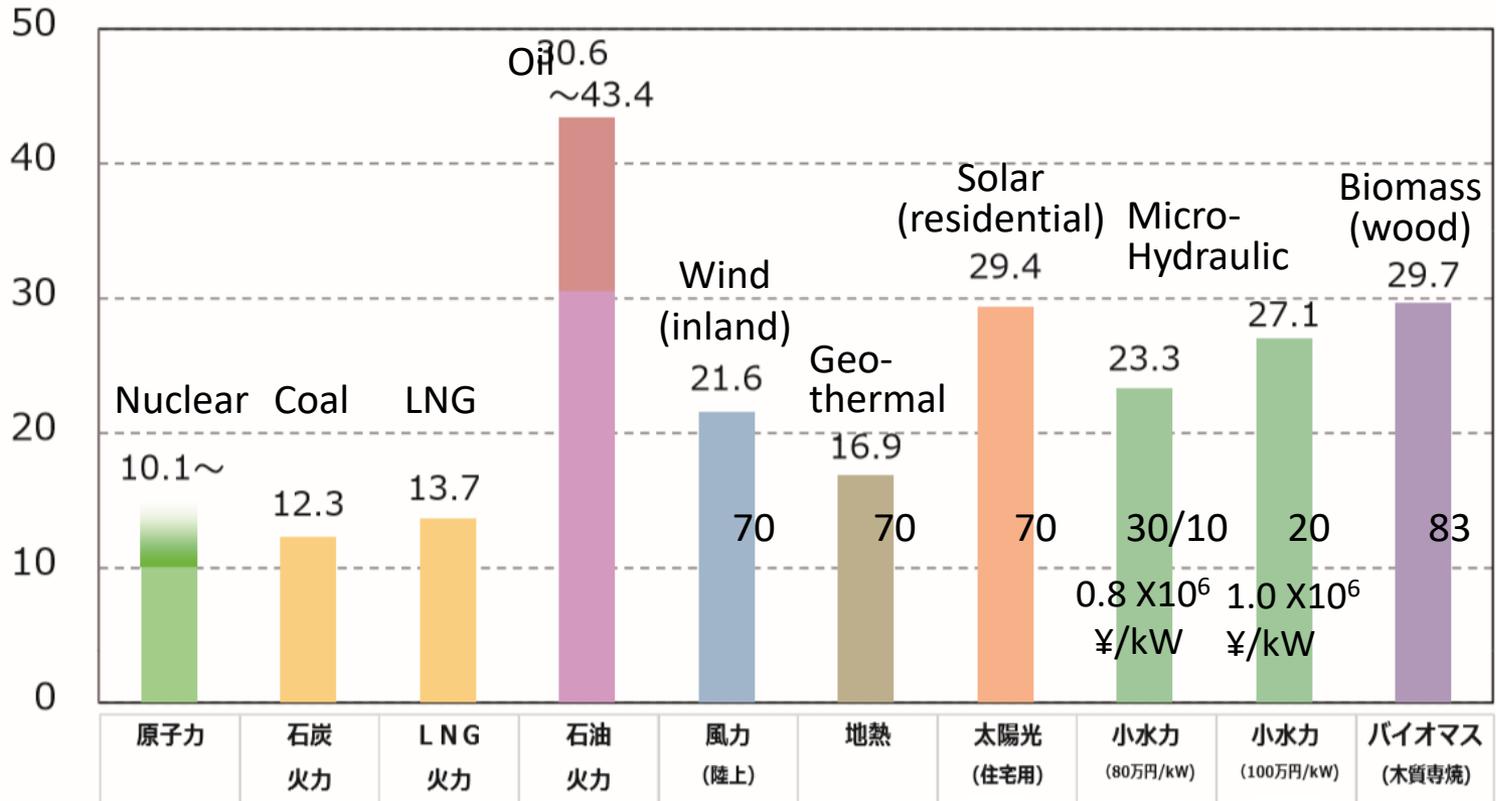
Power Generation Costs in Japan (METI, 2015)



- APPENDIX -

Power Generation Costs in Japan (METI, 2015)

¥/kWh

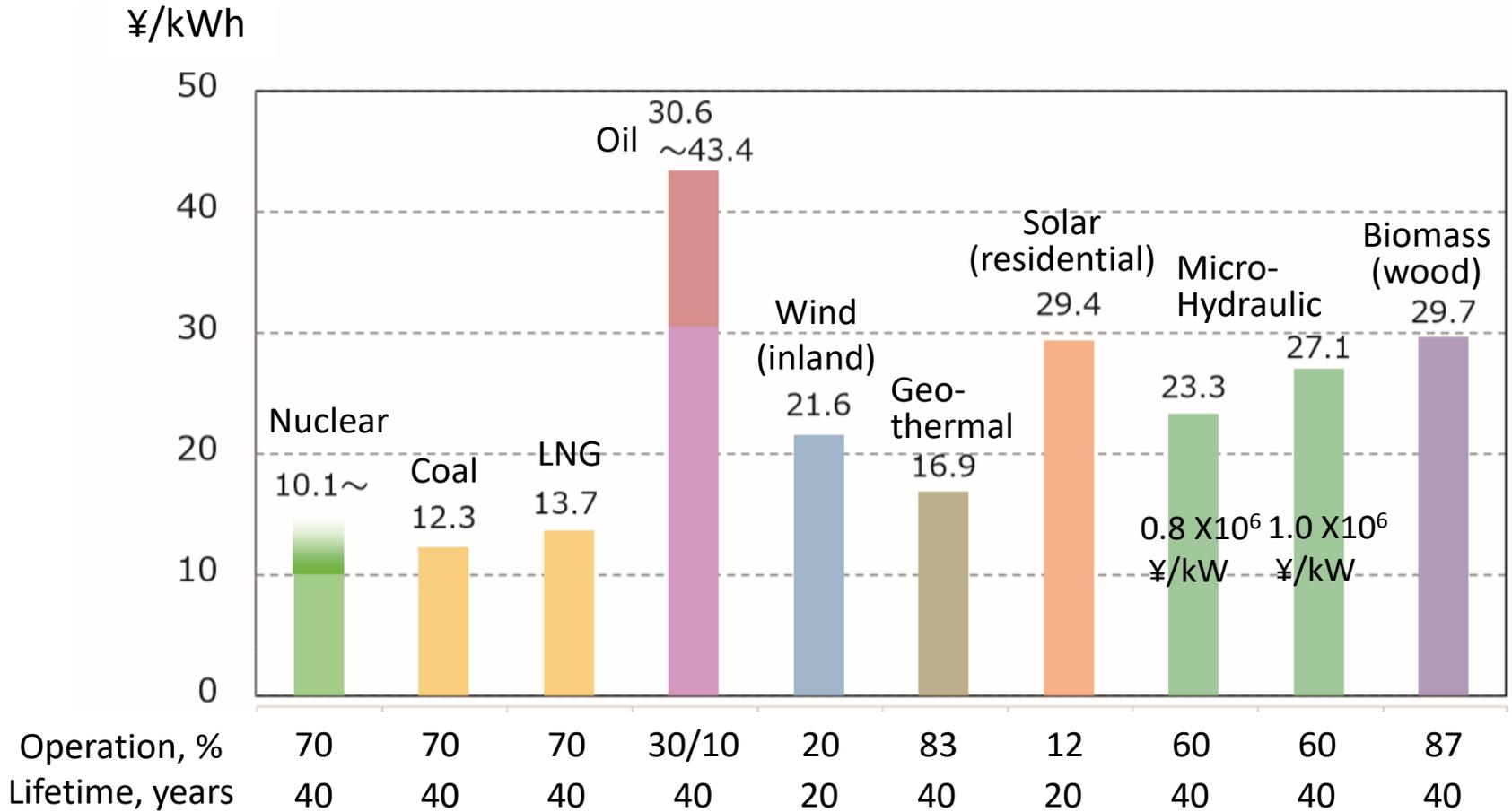


設備利用率	40 / 70	40 / 70	40 / 70	30 / 10%	20 / 20	40 / 70	20 / 12	40 / 70	40 / 70	40 / 70
稼働年数	40年	40年	40年	40年	20年	40年	20年	40年	40年	40年

ation, %
me, years

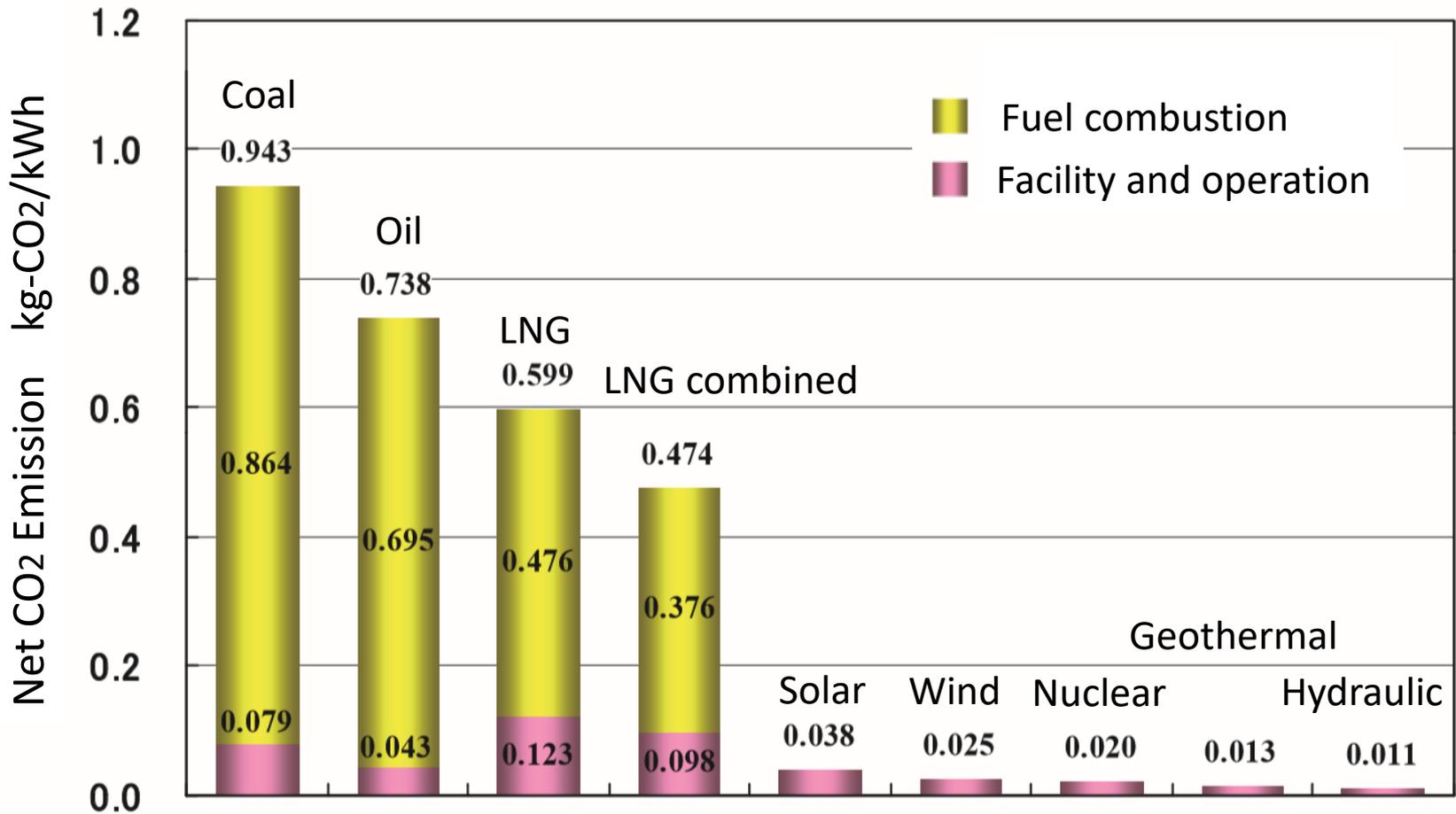
- APPENDEX -

Power Generation Costs in Japan (METI, 2015)



Net CO₂ Emissions from Various Electric Power Plants

Central Research Institute of Electric Power Industry
Japan, 2016

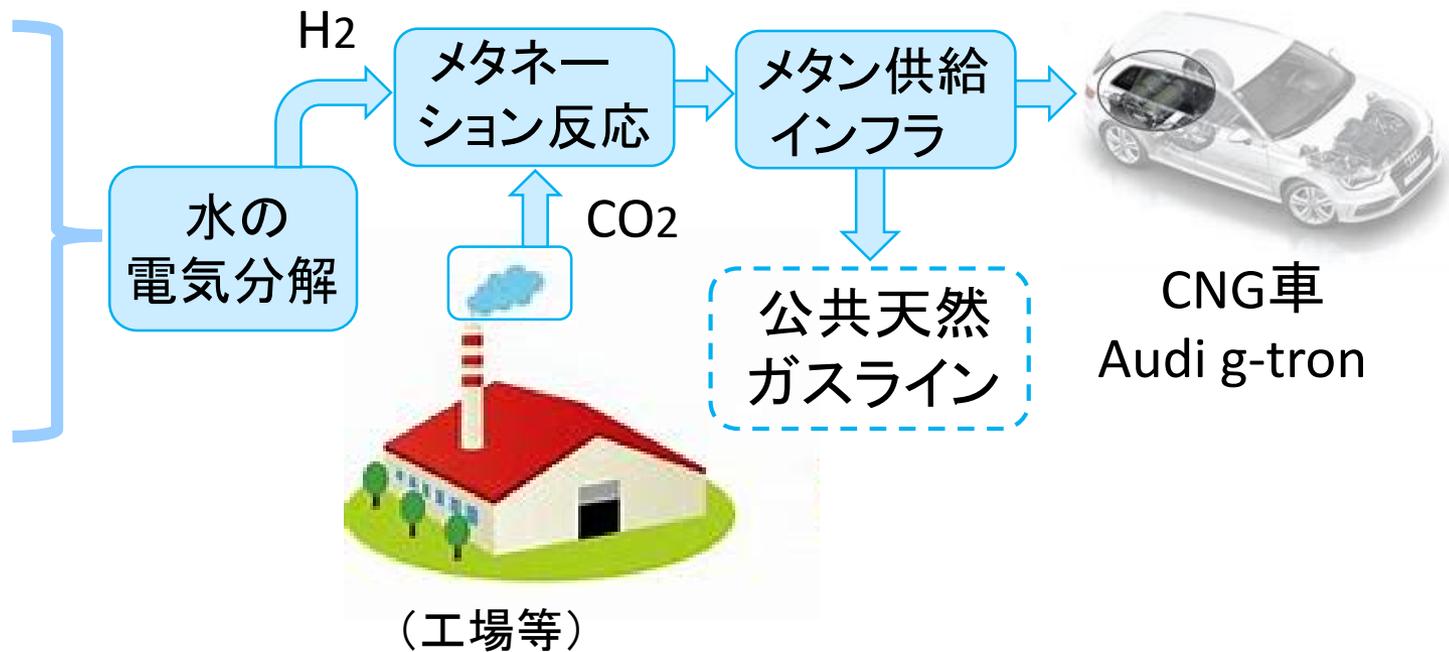


独・Audi社の自動車用非化石燃料の取組み ～e-gasとe-fuel～(1/2)

<再生可能な電力>



太陽光
風力
地熱
水力
バイオ



- ❑従来のガソリン車に対してCO₂をWell-to-Wheelで約80%削減する効果がある。
- ❑g-tronユーザーには燃料を無料で提供している。

独・Audi社の自動車用非化石燃料の取組み ～“e-gas”と“e-fuel”～(2/2)

□“e-fuel戦略”の一つである“e-gasoline(benzin)”をバイオマスから二段階のプロセスを経て製造する。

＜ステップ1＞ Global Bioenergiesのデモプラントで、ガス状のイソブテン(C₄H₈)を製造する。

＜ステップ2＞ ロイナにあるブラウンホーファーの化学・バイオ技術プロセスセンター(CBP)で、(再生可能)水素を加えることでイソブテンをイソオクタンに変換する。

□イソオクタンは、硫黄や芳香族を含まず、高オクタン価な燃料であり、ガソリン代替燃料として極めて好ましい。

□もう一つの“e-fuel”として“e-diesel”についても検討を進めている。

(2018/3/9 Audi社発表)



Audi社のパイロットプラント

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
PHV	2020～ 2030	60	50	10	20
EV	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)

Roles of Intelligent Transport Systems

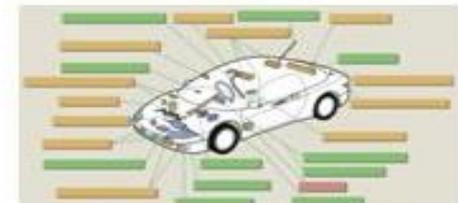
Drivers, cars and roads are connected using advanced ICTs to achieve safe, eco-friendly and convenient mobility (ITS Japan)



Car Navigation



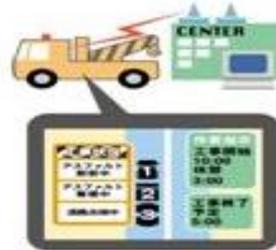
ETC



Safe Driving Assistance



Traffic Management



Road Management



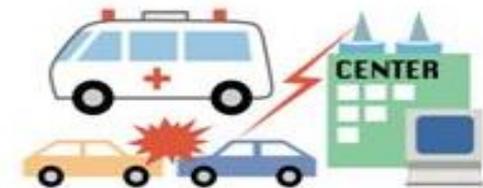
Mass Transit Management



Commercial Vehicle Management



Pedestrian Assistance



Ambulance Vehicle Management

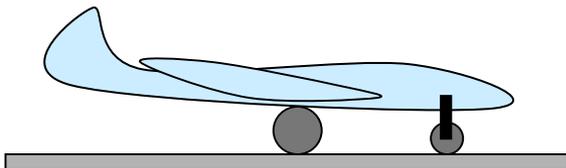
How to create the Processes for Disseminating Next-Generation Vehicles

- Social acceptance -

- Performance
- Fuel economy
- Price
- Zero emissions
- Durability
- Safety

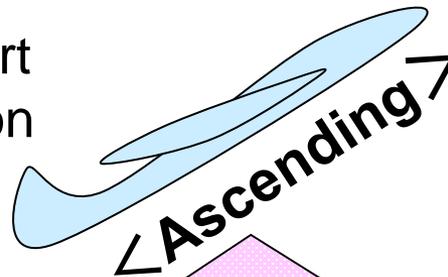
- Continued policies -

- Incentives
- Financial Support
- Deregulation
- Standardization
- Public awareness



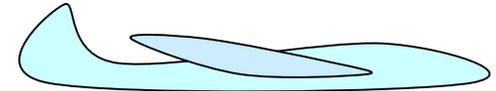
<Taxing >

- Demonstration - 2002 – 2013



<Ascending >

- For next two to four decades -
- Coexisting and competing with conventional vehicles
- EVs are competitive for short distance drive.
- HVs and PHVs are competitive for long distance drive.
- Significant cost reduction is essential.
- Decarbonizing hydrogen

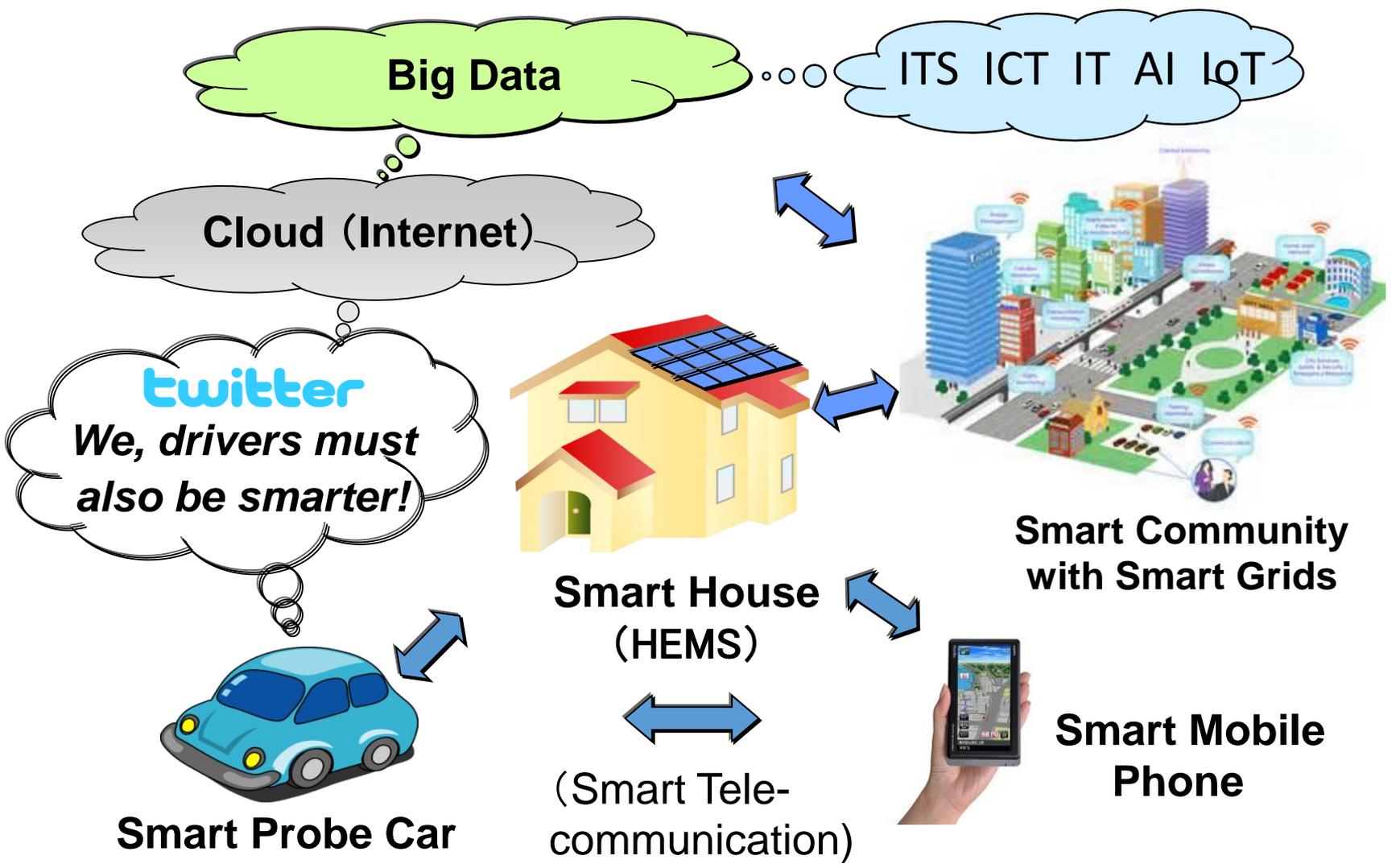


<Cruising >

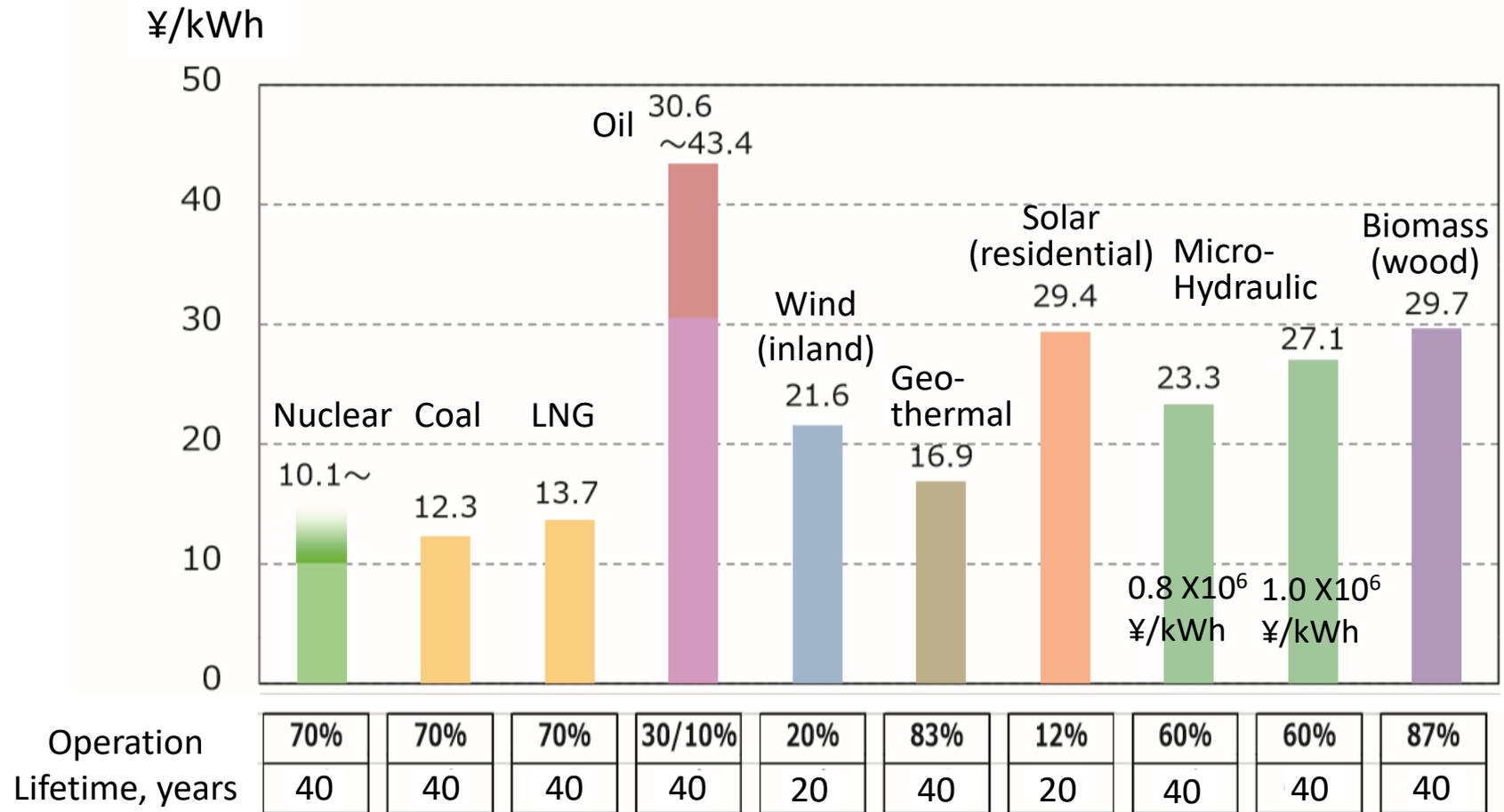
- Commercialization - 20X0?

Almost 800,000 FCVs with 320 hydrogen stations in 2030

Smart Mobility, Housing and Community



Power Generation Costs in Japan (METI, 2015)



Market Share Targets for Passenger Cars in 2020-2030 (proposed by METI, 2010)

< Targets Achieved by Automakers' Efforts >

Vehicle Type	2020	2030
Conventional Vehicles	>80%	60 - 70%
Next Generation Vehicles	<20%	30 - 40%
Hybrid Vehicles	10 - 15%	20 - 30%
EVs and Plug-in HVs	5 - 10%	10 - 20%
Fuel Cell Vehicles	<1%	1%
Clean Diesel Vehicles	<1%	<5%

< Government Targets >

Vehicle Type	2020	2030
Conventional Vehicles	50 - 80%	30 - 50%
Next Generation Vehicles	20 - 50%	50 - 70%
Hybrid Vehicles	20 - 30%	30 - 40%
EVs and Plug-in HVs	15 - 20%	20 - 30%
Fuel Cell Vehicles	<1%	<3%
Clean Diesel Vehicles	<5%	5 - 10%

Comparison of LDV Fuel Economy Standards based on NEDC, ICCT 2015

Country	Year	km/L	L/100 km	CO ₂ g/km
Japan	2020	22.1	4.52	105
E U	2021 (2030)	24.4 (39.0)	4.10 (2.56)	95 (59.4)
USA	2025	22.5	4.44	103
China	2020 (2025)	19.8 (25.0)	5.05 (4.00)	117 (93)
India	2021	20.5	4.88	113

(): Proposed

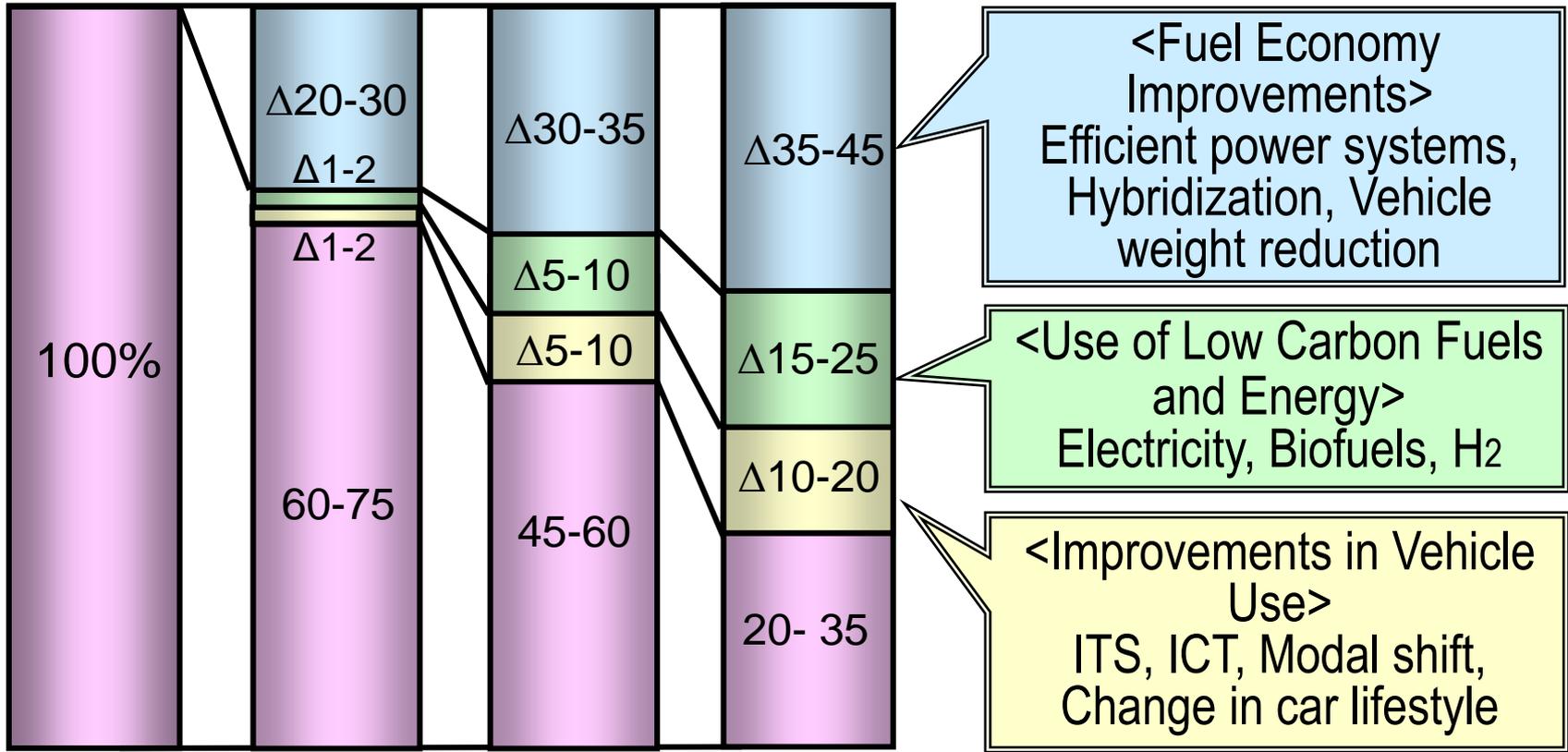
NEDC: New European Driving Cycle

ICCT: The International Council on Clean Transportation

Projected Long-term Reduction in Motor Vehicle CO₂ Emission in Japan

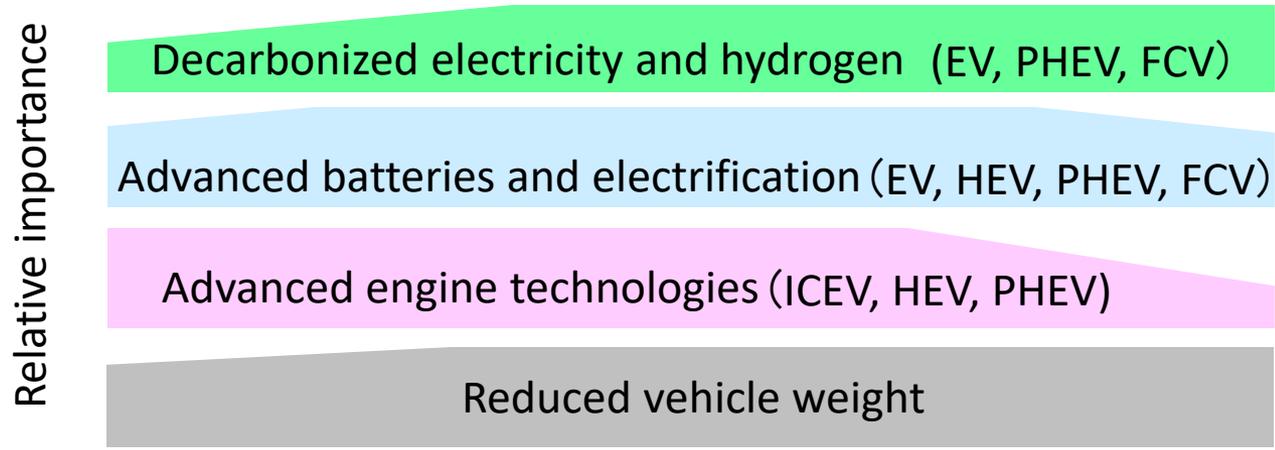
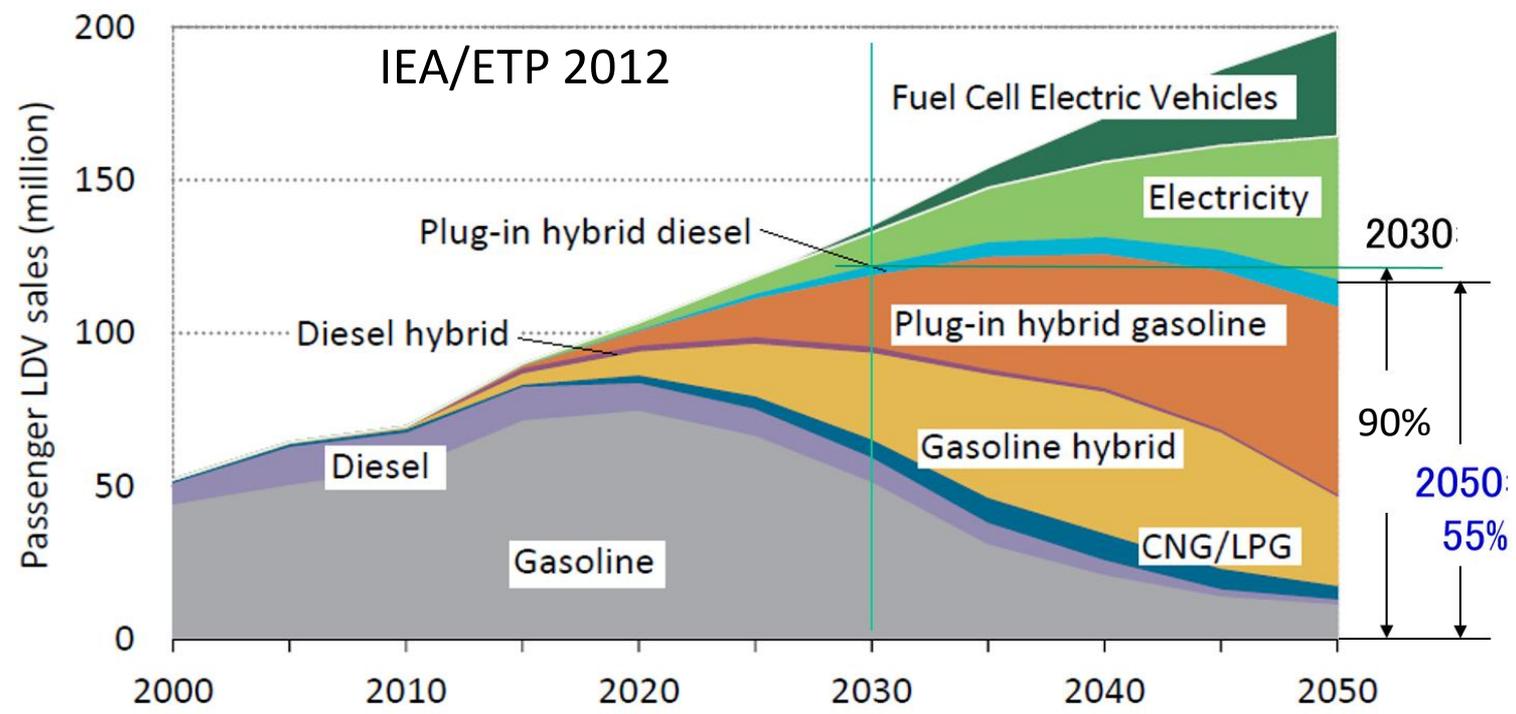
Reference $\Delta 30-40\%$ $\Delta 45-55\%$ $\Delta 65-85\%$

【 Measures 】



(By Y. Daisho)

Projected Next Generation Passenger Vehicles' Share Worldwide and Relative Importance for R&D

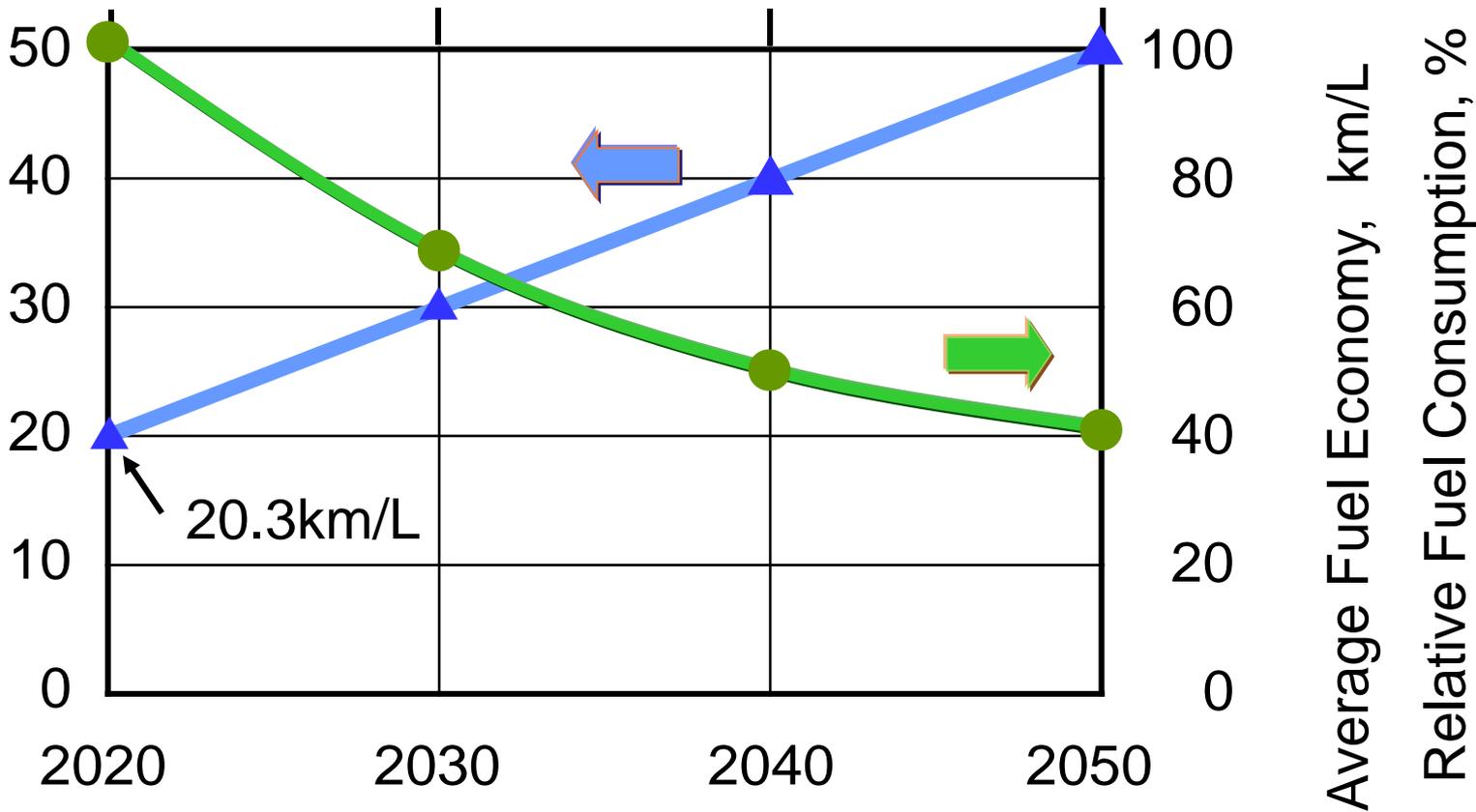




*Let's keep our Planet clean and cool!
Thank you for your kind attention.*

Future Passenger Car Fuel Economy Targets by Y. Daisho

CO₂ : 116 77.4 58.0 46.4



EV Recharging Spots in Japan



[充電器設置数]

急速充電器

普通充電器

合計

約7,600基 + 約22,100基 = 約29,700基*1

[急速充電器の主な設置場所*2]



日産販売店など 約1,890基



コンビニ 約1,040基



商業施設 約900基



自治体 約460基



道の駅 約860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。



高速道路 約410基

*1 急速充電器約7,600基と普通充電器約22,100基の合計
 (2018年10月末時点 ゼンリン調べ)。

*2 2018年10月末時点 ゼンリン調べ。

Honda's CLARITY FUEL CELL (Announced in October, 2015)

- ❑ Vehicle price: ¥7.66 million including value added tax, March, 2016
- ❑ FC stack volume is 33 L, reduced by 33% compared to FCX Clarity.
The FC system is installed in the front, enabling to carry 5 passengers.
Energy density: 3.1 kW/L, FC output: 100 kW, Motor power: 130 kW
- ❑ Rear hydrogen tank, Pressure: 70MPa, Full-recharging time: 3 minutes
Range: 700 km (based on JC08 mode)
- ❑ Electricity storage: Li-ion battery unit
- ❑ Size (L × W × H): 4,895 × 1,875 × 1,475mm
- ❑ "Power Exporter 9000" can provide electricity to the home for 7 days.
- ❑ Renewable hydrogen can be supplied by utilizing a "Smart Hydrogen Station."



Honda's FCV-Related Systems (March, 2015)



“Honda Power Manager”
for a V2H system

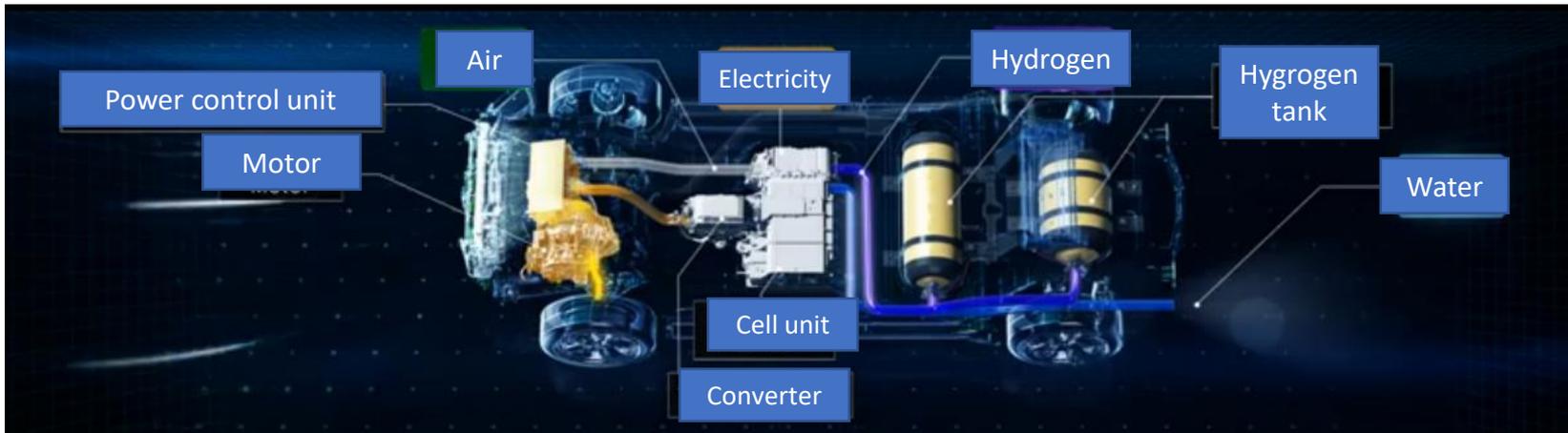
“SHS”: Smart Hydrogen Station
(Solar and wind energy is used to
produced electricity.)

“Honda Power Exporter CONCEPT”
providing electricity via an outlet



Toyota launched FCV "Mirai" in Nov., 2014

- ❑ "Mirai" is the world-first mass production fuel cell passenger car sold worldwide.
- ❑ Specifications
 - 70MPa (2 tanks) ▪ Range: 700 km ▪ Max. speed: 170 km/h
 - Power density: 3 kW/L (100 kW) ▪ Cold startability: -30°C
 - Vehicle efficiency: 65%
- ❑ Almost all related patents will be opened.
- ❑ Price. 7.23 Million yen (Tax incentive: 2 million yen)
- ❑ Annual production schedule: 700-1,000 in 2014-15, 2,000 in 2016 and 3,000 in 2017



A Variety of Toyota's FCVs, 2014-2017



“Mirai” December, 2014



FC Forklift, January, 2017



FC Bus with two Mirai's FC systems sold to the Tokyo Metropolitan Government, February, 2017



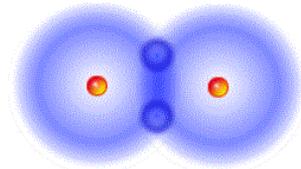
FC Truck , in U.S. California bay areas April, 2017

The truck has two “Mirai’s FC systems, 12kWh battery unit and 500kW power motor unit with 1,800N·m torque. The gross vehicle weight is 36 tons.

Other automakers are expected to follow or collaborate with Toyota.

A Roadmap for Disseminating Hydrogen Fuel Cell Vehicles in Japan (METI, 2016-2017)

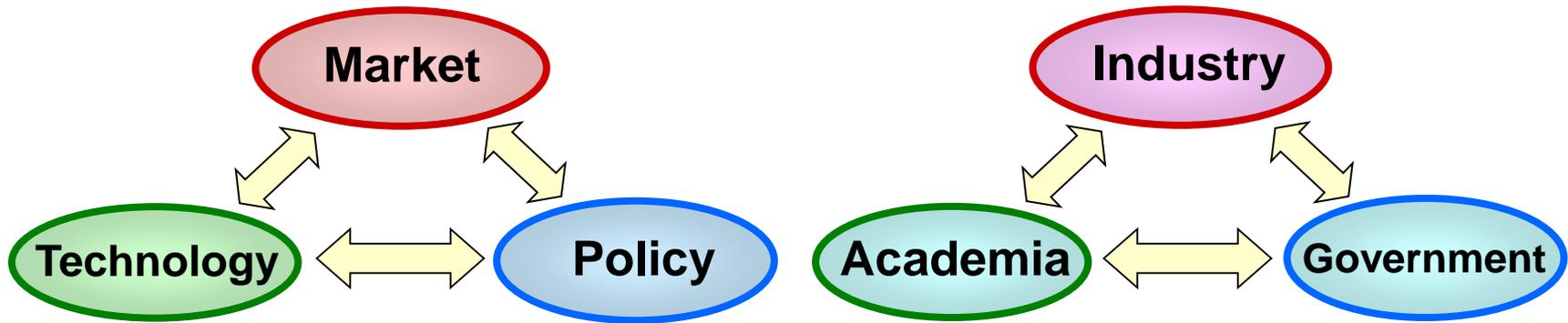
- ❑ Number of registered FCVs:
 - **40,000 by 2020** ▪ **200,000 by 2025** ▪ **800,000 by 2030**
 - (▪ 3-6 million in 2040 ▪ 8-16 million in 2050)
- ❑ FCVs should include not only passenger cars but also forklifts, trucks, buses, vessels, etc.
- ❑ Number of hydrogen stations:
 - **160 by 2020** ▪ **320 by 2025** (▪ 720 in 2030)
- ❑ Hydrogen should be CO₂ free in terms of production, transportation, storage and usage by 2040.
- ❑ Hydrogen carriers including organic hydride, ammonia and liquefaction are the most promising measures to store and transport hydrogen. (SIP)
- ❑ Technological and economical issues should be discussed and overcome to introduce renewable hydrogen.



Examples of policies for reducing GHGs in the transportation sector in Japan

- ❑ Improving conventional vehicles' fuel economy
- ❑ Disseminating next generation vehicles
- ❑ Other measures
 - Enhancing advanced ITS measures
 - Improving road traffic flows
 - Enhancing the use of public transportation
 - Increasing freight transportation using railway and/or coastal shipping
 - Improving efficiencies for road, railway, aviation and shipping freight
 - Enhancing coordinated freight transportation
 - Centralizing traffic signals/ using LED traffic signals
 - Disseminating eco-driving, autonomous driving and car sharing
- ❑ Establishing specially designated areas for green transportation
- ❑ Establishing collaborative policy-making among ministries
- ★ Effects of each measure must be quantified, taking into account its side-effects and overall cost-effectiveness.

Issues for Developing and Disseminating Next Generation Vehicles



- ❑ Social activities for sustainable mobility in terms of environmental protection, energy security, economy, convenience, safety, comfort and resiliency to disasters.
- ❑ Continued governmental support and collaboration between industry, academia and government for developing advanced mobility technologies
- ❑ Strengthening global competitiveness for transportation-related technologies
- ❑ Developing and disseminating technologies related to renewable fuels and energy such as electricity, bio-fuels, hydrogen etc.
- ❑ Creating new environmentally friendly car lifestyles
- ❑ Developing technologies related to ITS, IT and ICT for us to drive conveniently, efficiently and safely.
- ❑ Technological and policy contributions to emerging economies

