



2022年10月25日

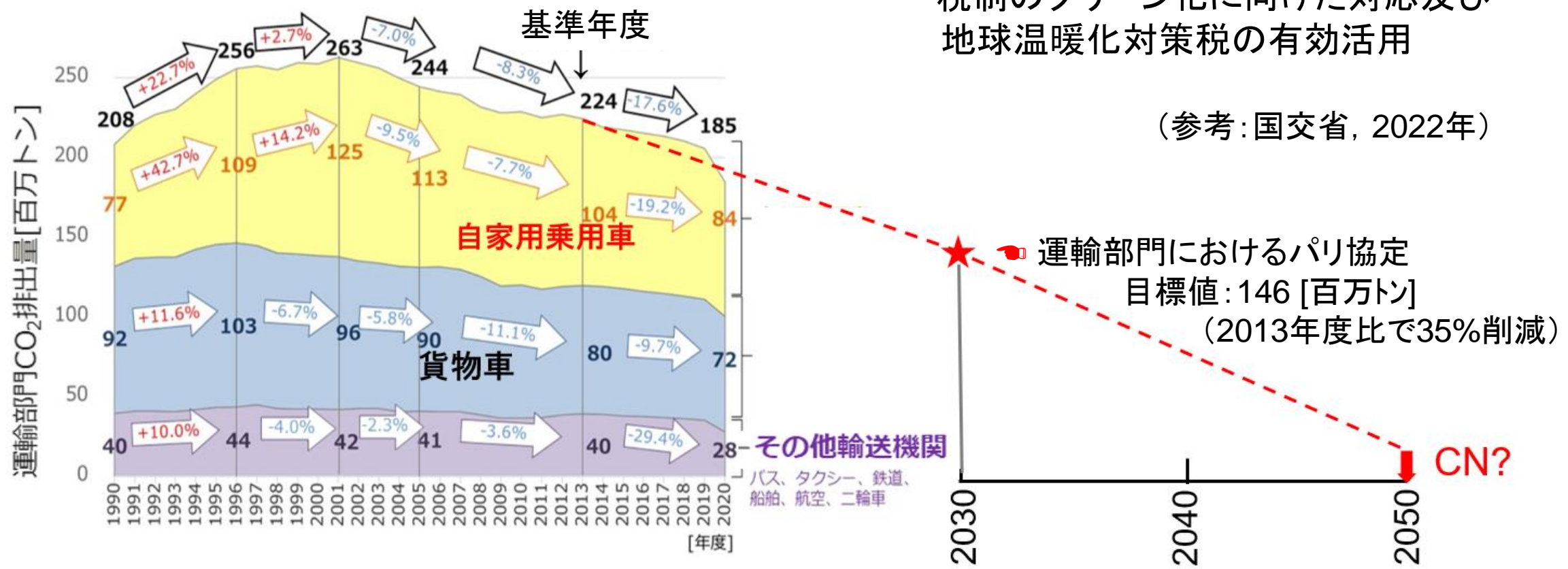
早稲田大学-エイヴィエルジャパン  
連携シンポジウム 2022

内燃機関におけるカーボンニュートラルの  
実現可能性

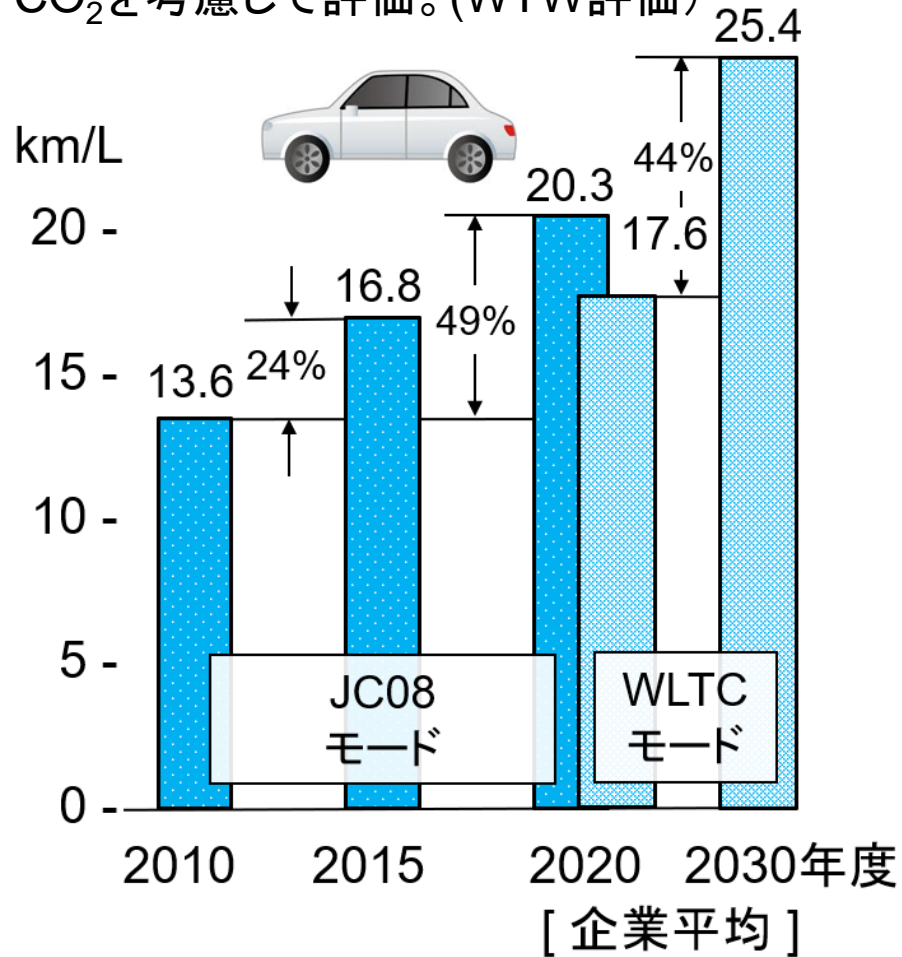
早稲田大学  
大聖 泰弘

- 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）
- グリーン物流の推進
- 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・モーダルシフトの推進

- ☆分野横断的施策
- ・国民運動の展開
  - ・水素社会の実現
  - ・低炭素型の都市・地域構造及び社会経済システムの形成
  - ・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

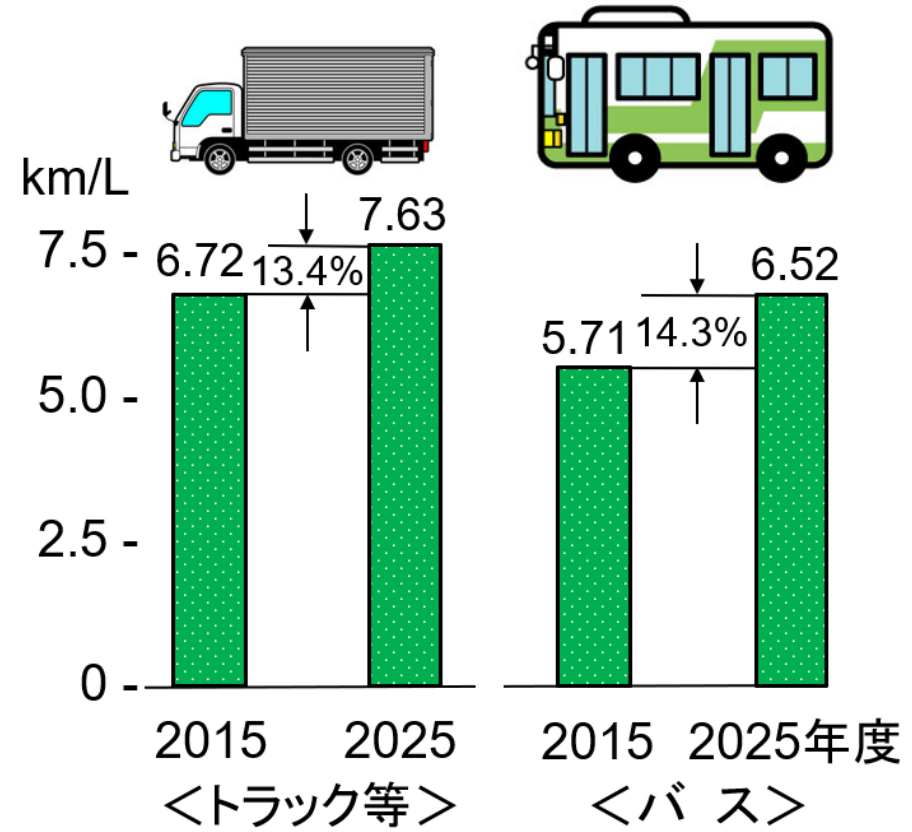


- 2030年度基準では2016年度実績比で約32.4%改善する。
- 2030年度基準では, BEV, PHEVは電源CO<sub>2</sub>を考慮して評価。(WTW評価)



《乗用車》

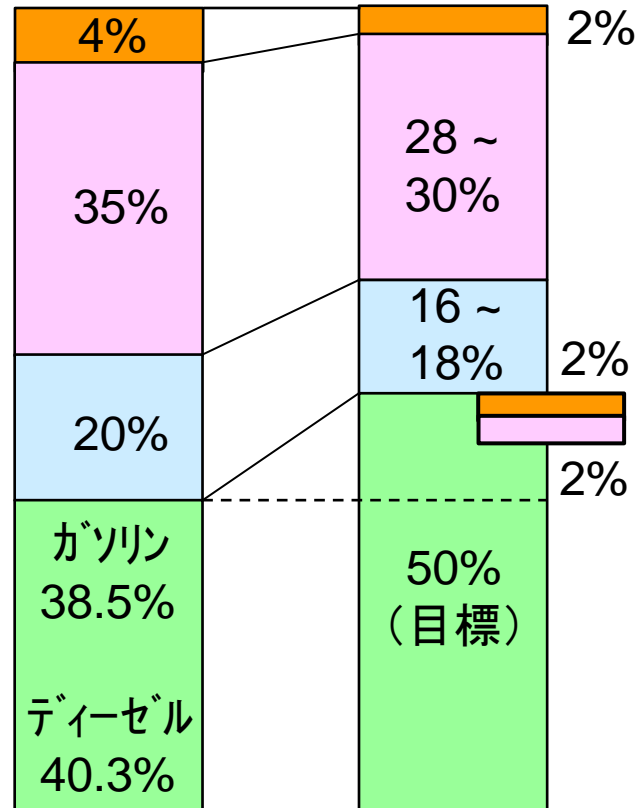
- 2015年度基準では2002年度実績比で約12%改善する。(世界初の基準)
- BEV, PHEV, FCEVは含まれない。
- ☆ 乗用車よりも燃費改善が難しいのが現状。脱炭素には適性に合わせた電動化が不可欠。



《重量車》

～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～

《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:リーンバーン, 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

☆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。産学の研究組織“AICE”へと発展している。

## 【ゼロエミッションモビリティパワーソース研究コンソーシアム】



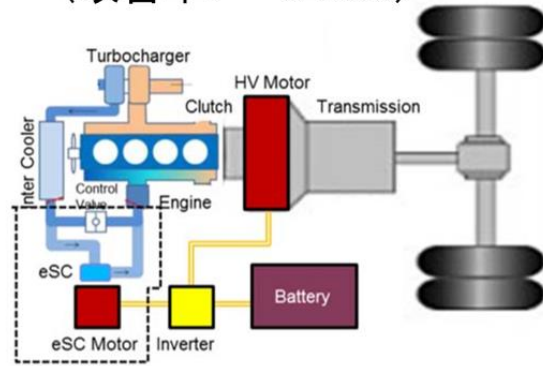
### <目的・設立趣旨(2020年4月)>

SIP「革新燃焼」の成果を受け、エンジンシステムを中心とするパワーソースの研究を通じて、モビリティのゼロエミッション化の実現を目指す。また、大学関係の会員(現在130名)とSIPで支援を得た“AICE”(自動車用内燃機関技術研究組合)を中心とする企業メンバーと緊密に連携して活動を推進する。

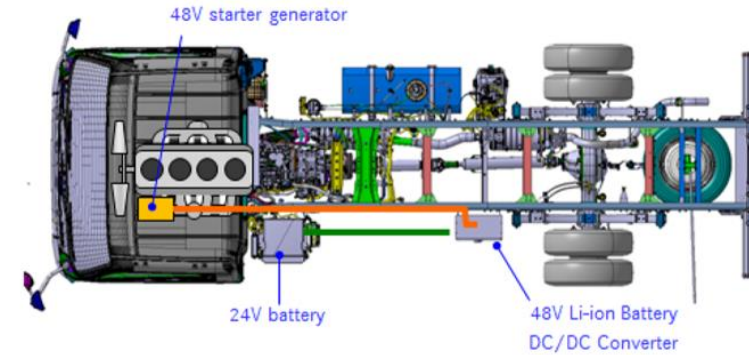
### <活動内容>

- ・産学のニーズ・シーズマッチングによる研究の立案, 公的予算の獲得・研究の実施
  - ・安全な研究実施体制確立の支援や実験設備の有効活用に資する情報の提供
  - ・モビリティパワーソースに関するデータベースの構築と運用
  - ・学生・若手研究者等将来を担う人材の育成
  - ・産学の研究活動や技術情報を共有する場としての行事開催やデジタル環境の整備
- ☆後述する「グリーンイノベーション基金事業」(合成燃料事業)の一部を担当

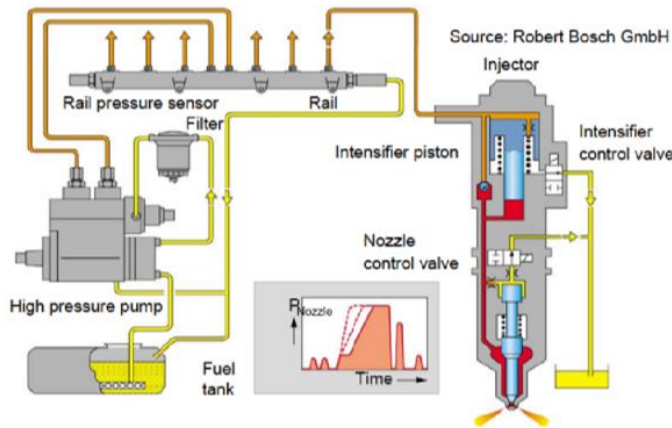
【パラレルハイブリッド】  
(改善率: ~12.5%)



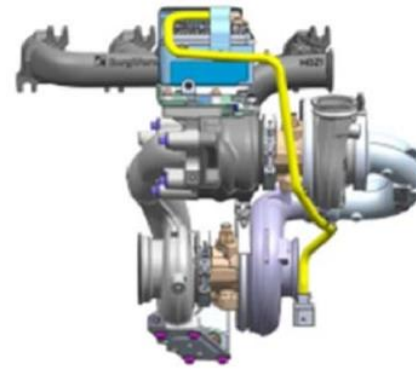
【マイルドハイブリッド】 (48V電源)  
(改善率: ~5.0%)



【高圧燃料噴射】 (250MPa以上)  
(改善率: ~1.4%)



【2ステージターボ】  
(改善率: ~3.3%)

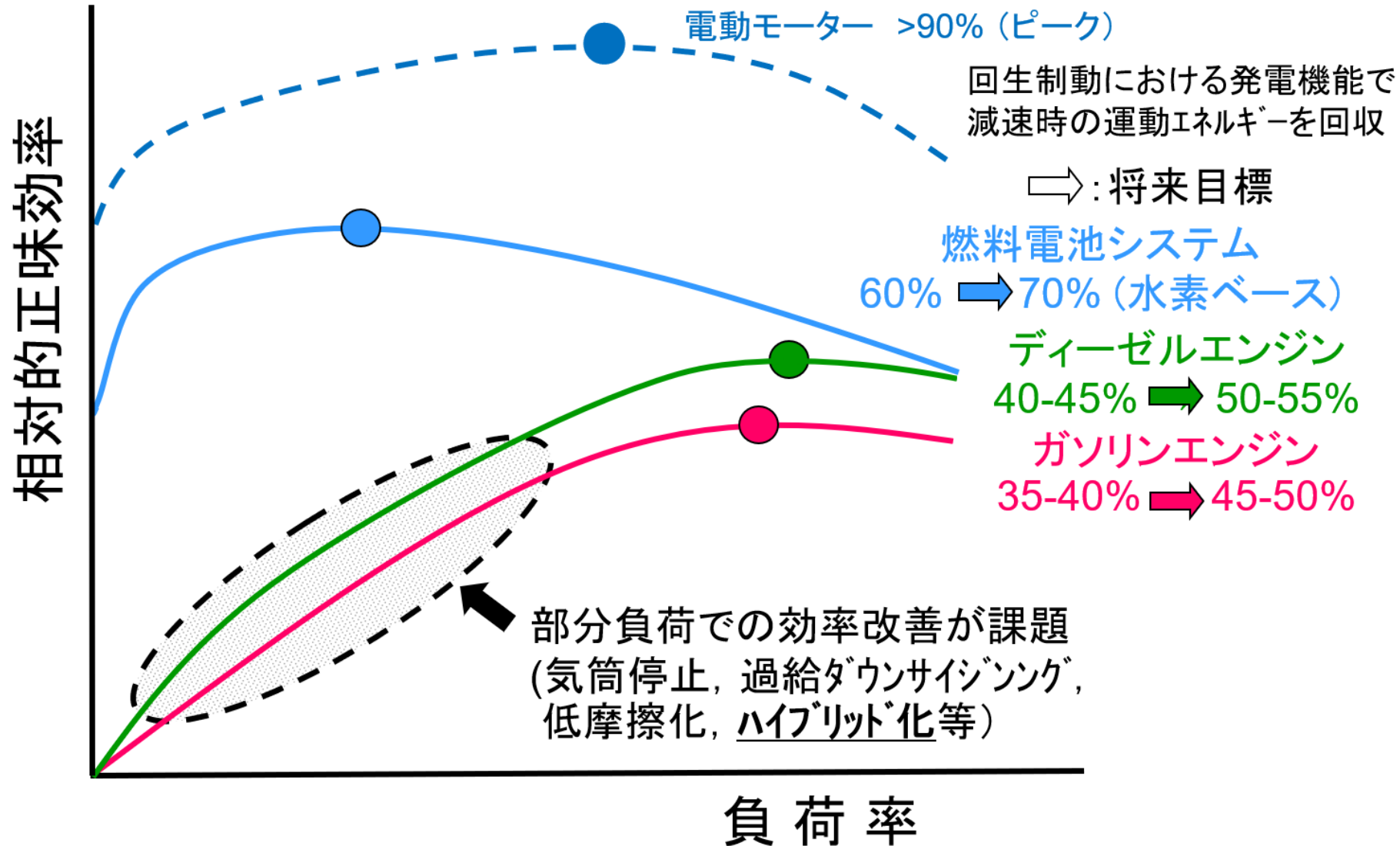


【機械式自動トランスミッション】  
(改善率: ~8.5%)

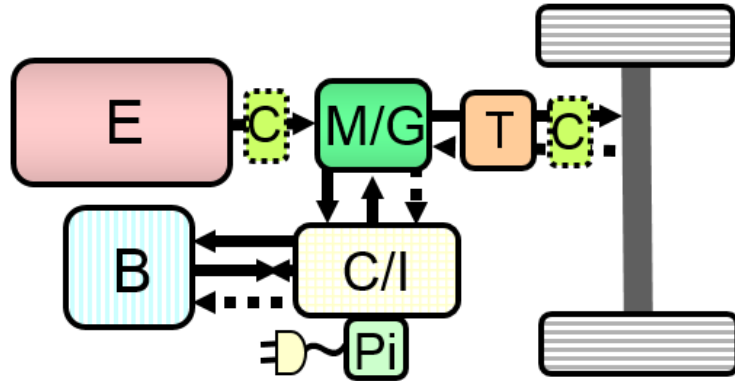


☆2030年に向けた重量車のCO<sub>2</sub>排出量低減には、これらのエンジン関連技術のみでは不十分であり、一層の電動化や低炭素燃料の利用を追究する必要がある。

国交省・経産省資料, 2019年

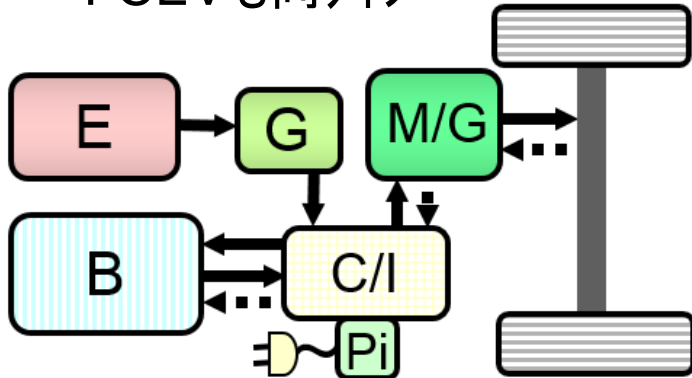


(アイドルストップ, 回生, パワーアシストを含む  
簡易な機構や48Vシステムも登場)



＜パラレル(マイルド)＞【15-50%】

FCEVも同タイプ



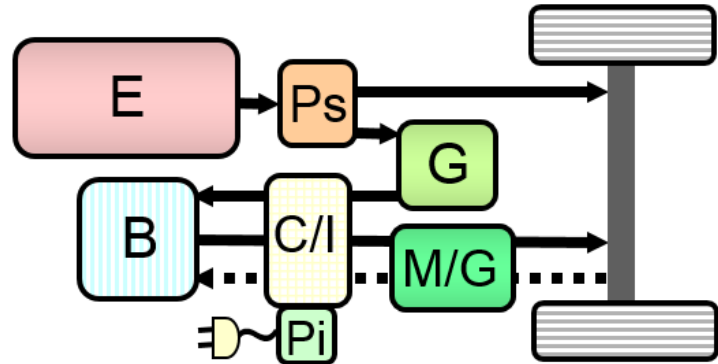
＜シリーズ(フル)＞【50-100%】

＜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

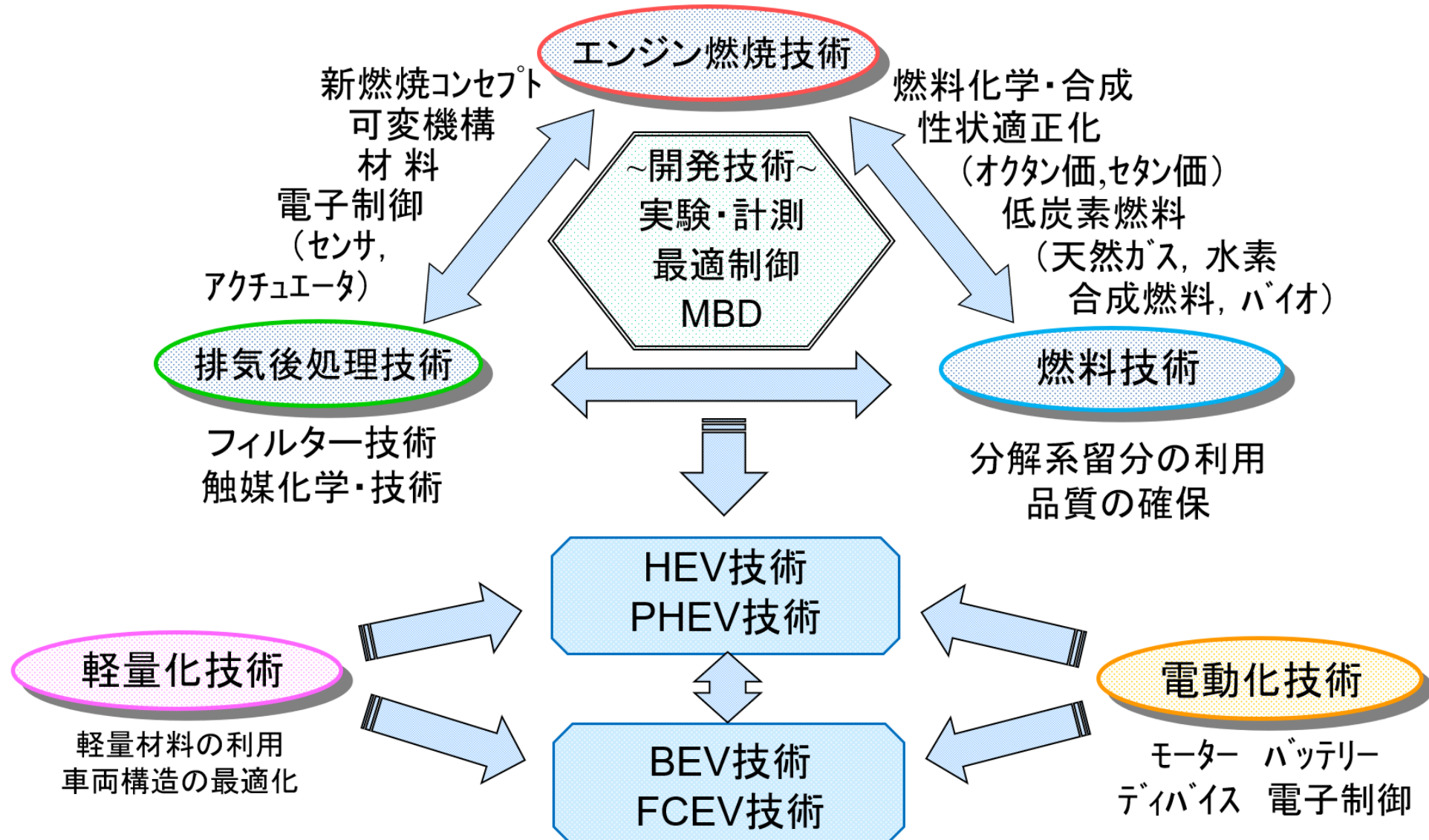
回生制動は、運動エネルギーの10-20%程度を回収し、燃費向上に貢献する。

プラグイン化によってCO<sub>2</sub>排出量はBEVに近づく。

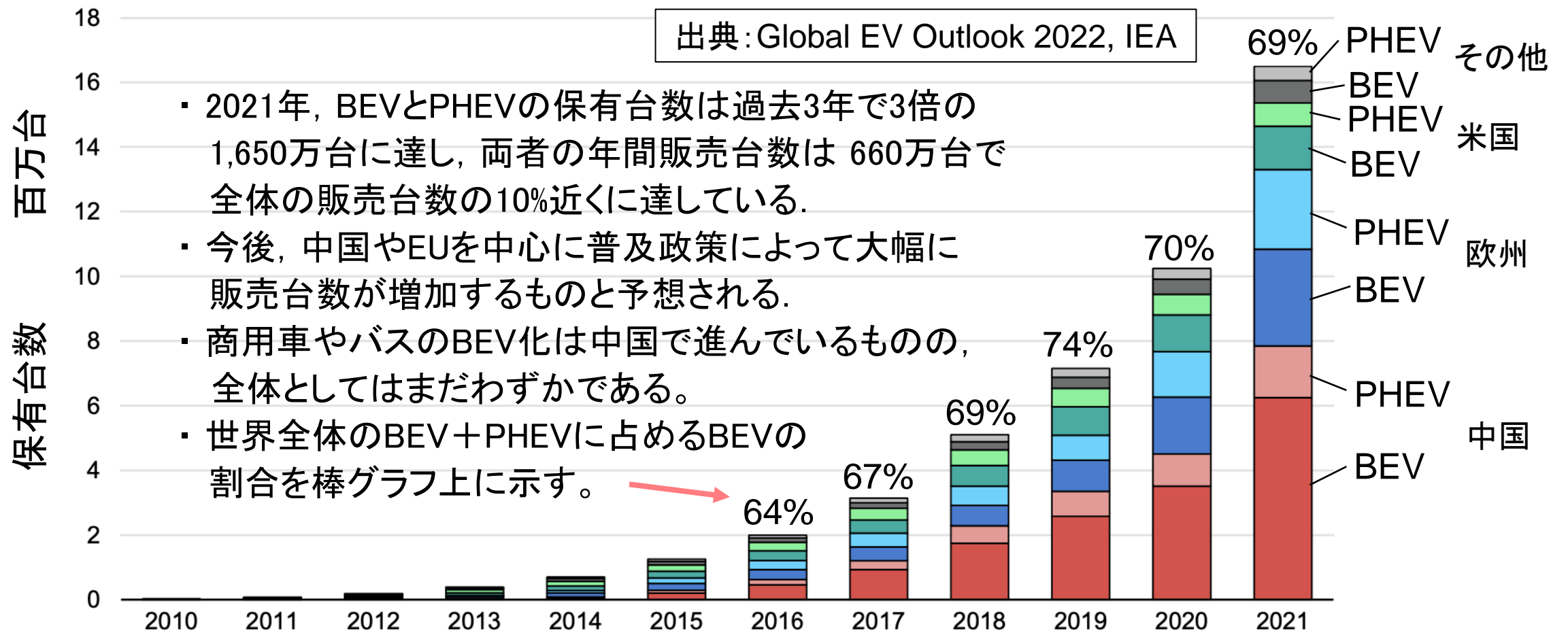


＜シリーズ/パラレル(フル)＞【50-100%】





出典: Global EV Outlook 2022, IEA



- 2021年, BEVとPHEVの保有台数は過去3年で3倍の1,650万台に達し, 両者の年間販売台数は660万台で全体の販売台数の10%近くに達している.
- 今後, 中国やEUを中心に普及政策によって大幅に販売台数が増加するものと予想される.
- 商用車やバスのBEV化は中国で進んでいるものの, 全体としてはまだわずかである.
- 世界全体のBEV+PHEVに占めるBEVの割合を棒グラフ上に示す。

□ BEVの需要急増と国際紛争の勃発によって, バッテリーの原材料(リチウム, コバルト, ニッケル)をはじめ, 関連資源やそれから製造される部品類のコストが高騰し, 車両価格の上昇を招いている。

□ それらのサプライチェーンの確保が課題とされている。

□ PHEVが全体の約3割を占めている。トラック, バスのBEVの普及はまだわずか。



プリウス, トヨタ



プラグイン・プリウス, トヨタ



プラグインアウトランダー  
三菱自



ソリオ  
(マイルドハイブリッド (ISG))  
スズキ



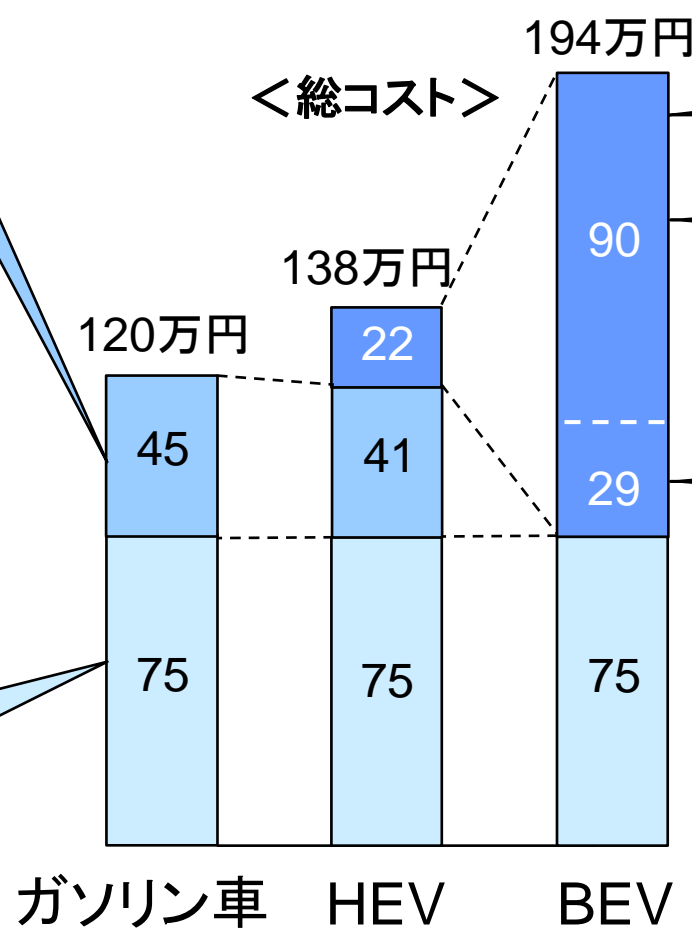
ノート, e-Power  
(シリーズハイブリッド)  
日産



フィットハイブリッド  
ホンダ

わが国では、乗用車のHEV技術は世界を先導しており、国内のシェアは30%を超え、2030年度燃費基準の達成に大きく貢献するものと予想される一方、今後電力の低炭素化に応じてBEVの普及にも注力すべき状況にある。

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

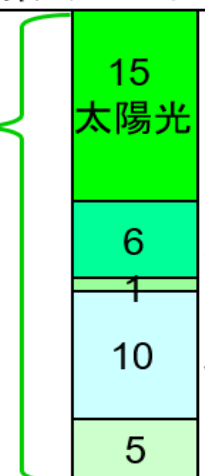
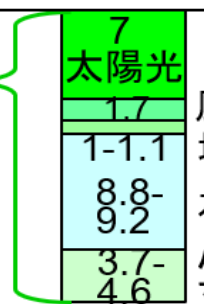
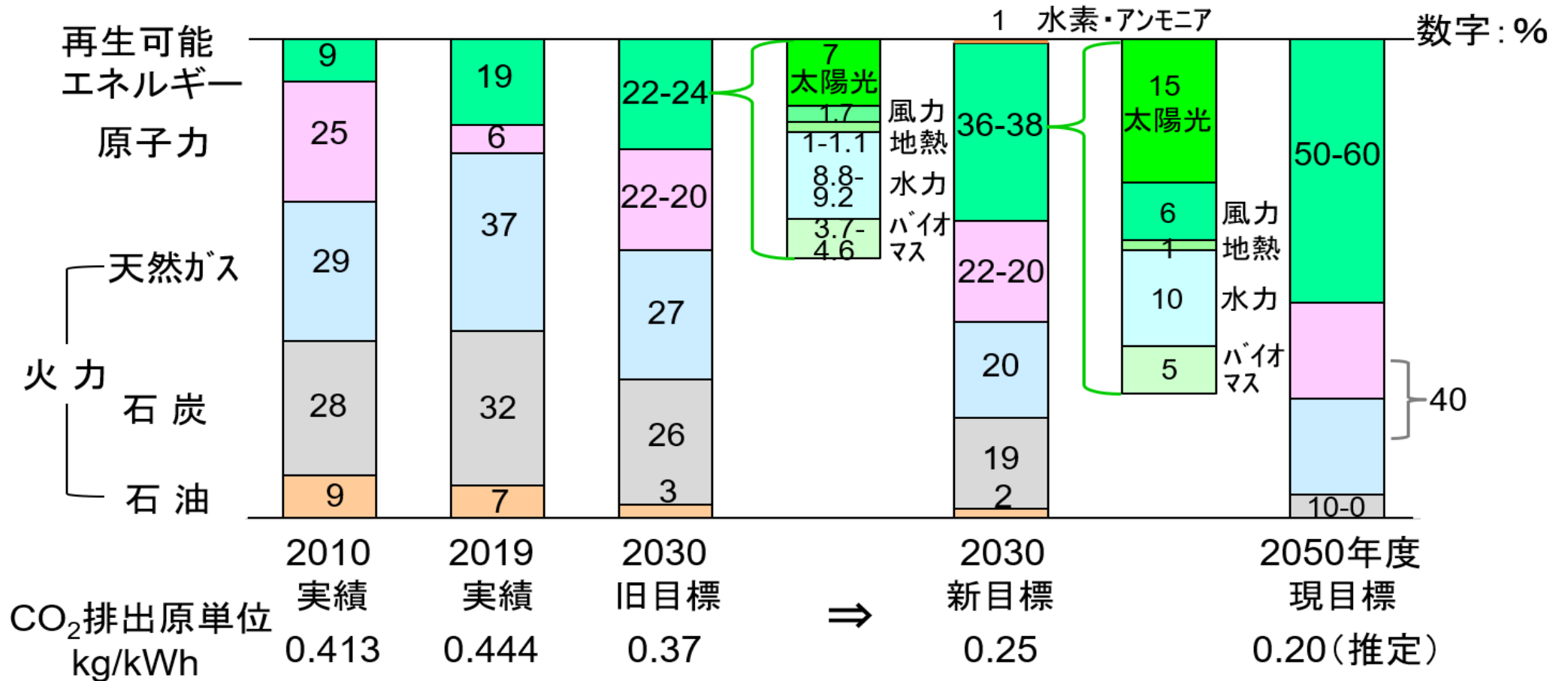


単位: 万円

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

(出典: 日経, マークライズ, 2021年3月)

- 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。



- ❑旧目標の構成は第5次エネルギー基本計画(2018年)と一致。第6次計画では、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、2030年度には9,340億kWhへと9%減少すると予想。(2021年7月21日)
- ❑再エネの変動とEVやPHEVの充電需要の電力マネジメントが必要である。
- ❑再エネと原子力の割合増加はBEV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の需要増加により, リチウム, コバルト, ニッケル, ネオジム等の価格高騰を招いている。  
HEVやPHEVはバッテリー容量を少量に抑えられる利点がある。
- PHEVは, HEVからBEVへの「橋渡し」や共存の役割を長期的に担う可能性がある。
- 電源, 燃料製造を含めたCO2の「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⇒300万t程度の確保を目指す。

□2050年に向けた革新的関連技術の着実な開発が必要。⇒ 2,000万t/年導入

- ・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

□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。)

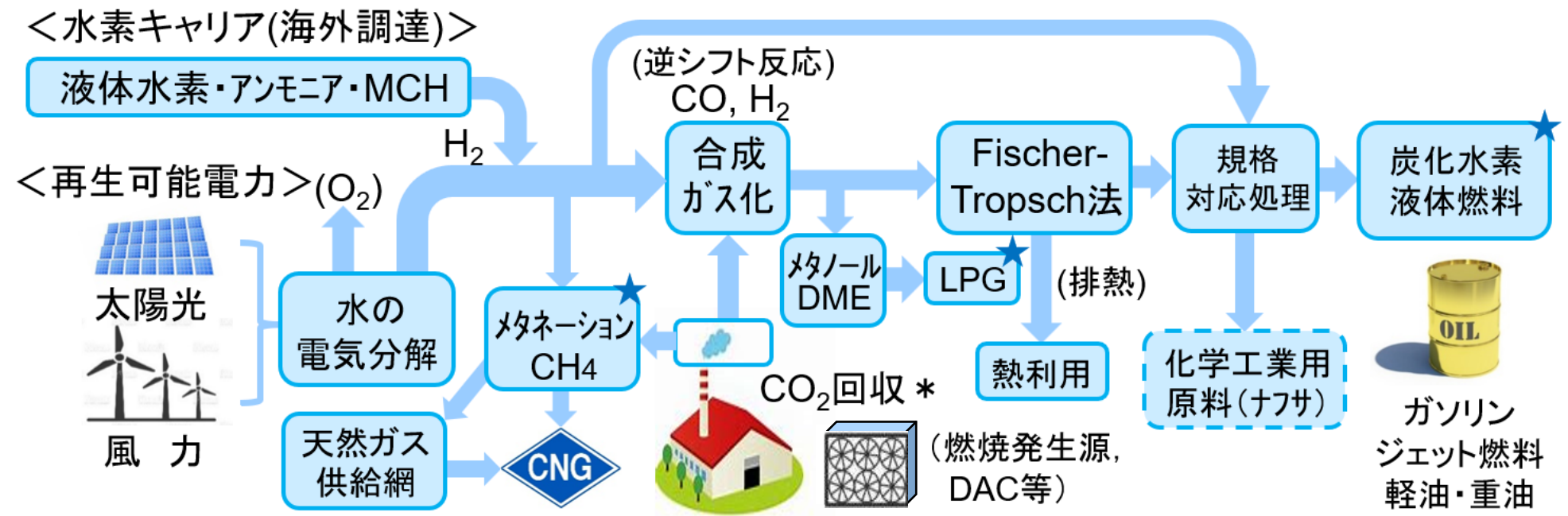
□ステーション事業:2020 年代後半に経営自立化。(設置費用:4億円⇒2億円)

水素の有用性

再生可能な電力等で製造し, 貯蔵・輸送する媒体とし, 発電や自動車燃料, 製鉄, 化学工業用原料として利用する。欧州や中国でも注目。

- 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

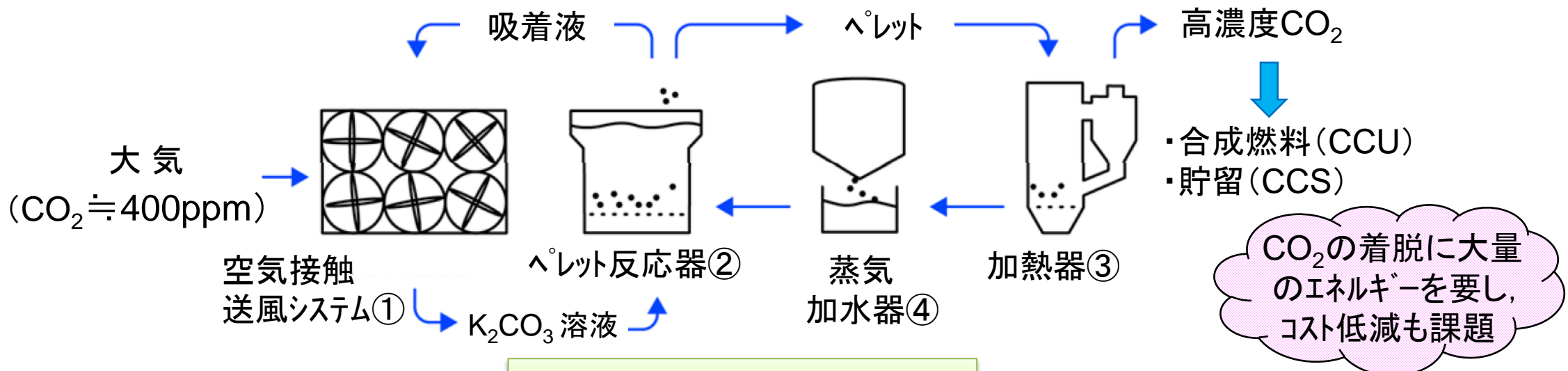
水素ステーションと台数	2021年3月	~2025年	~2030年
水素ステーション・箇所	162	320	900⇒1,000
FC乗用車・台数	5,268	200,000	800,000
FCバス・台数	104	—	1,200
FCフォークリフト・台数	330	—	10,000



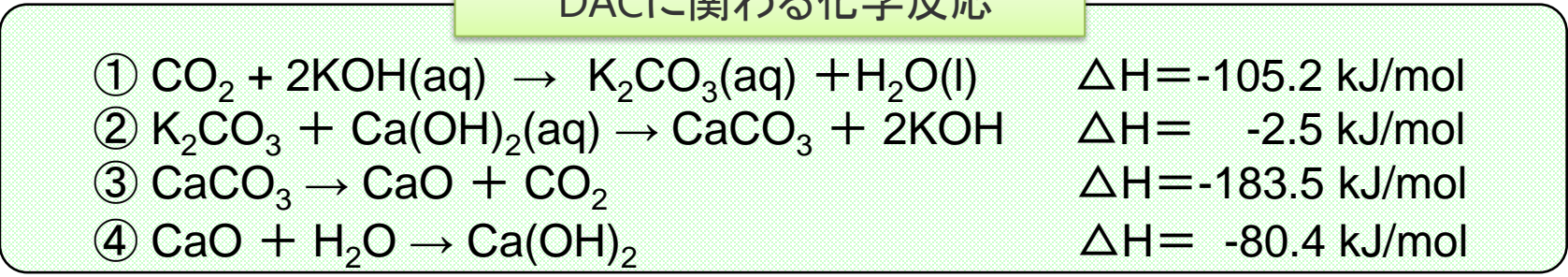
- ★: 2022年4月, グリーンイノベーション基金(NEDO)の合成燃料事業として採択されている。
- 共電解法により, H<sub>2</sub>OからのH<sub>2</sub>生成とCO<sub>2</sub>からCOへの還元を同時に行う方法, H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>から直接FT合成を行う方法も検討される。 \* : CCU (Carbon Capture and Utilization) の一種である。
- エンジン車, HEV, PHEVに対してCO<sub>2</sub>をWell-to-Wheelで削減する効果があると見られるが, LCAによる効果の検証が必要である。普及初期では, 従来燃料への混合利用(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, 合成効率が低く, 高コストであり, 実用化と量的供給の成否は不確実。(現状, 700円/L ⇒ 将来, 200円/L)
- H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>からメタネーション反応により, グリーン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)車用燃料に利用する。
- 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)。



## 《カナダ・Carbon Engineering社の湿式DAC法》



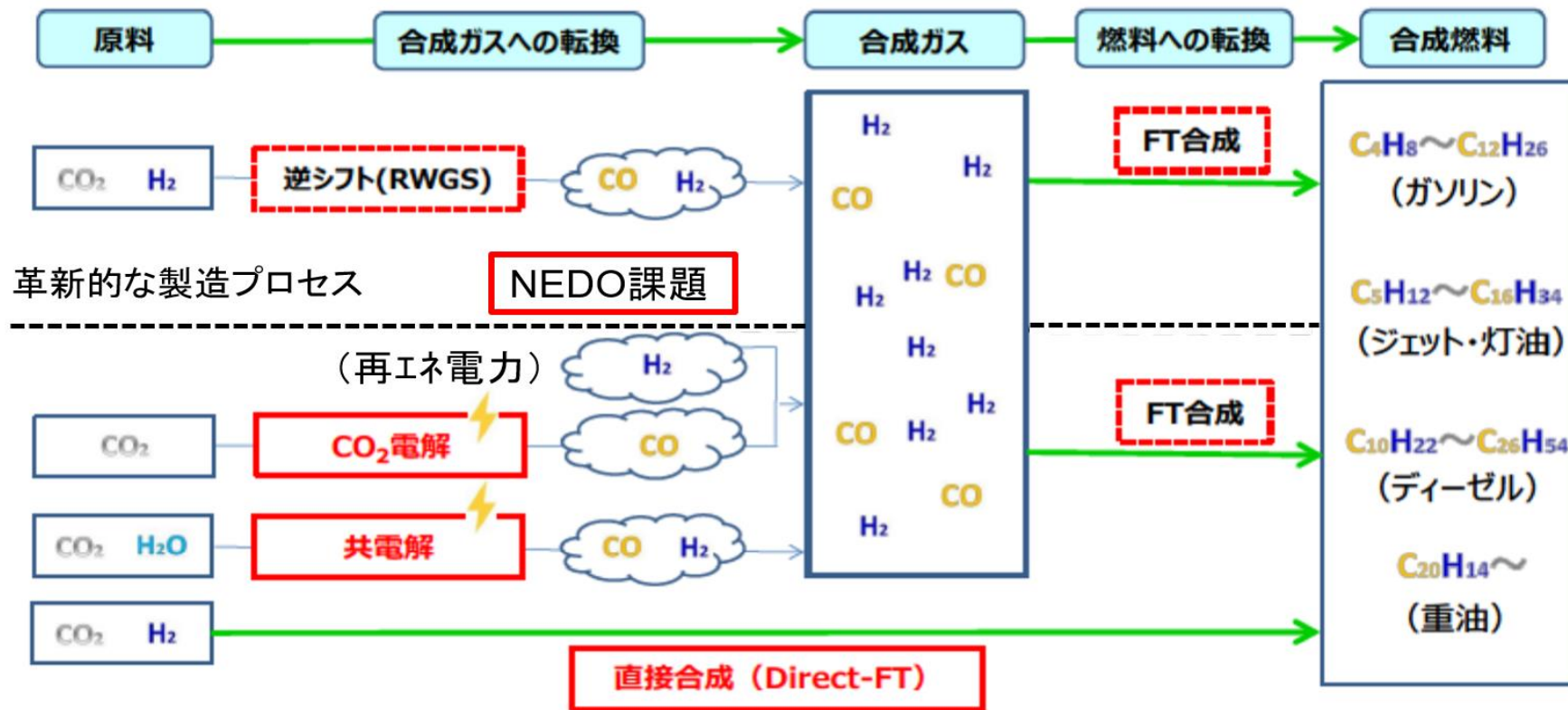
### DACに関する化学反応



### DACに取り組む他企業

- ・Climeworks (スイス)
- ・Antecy, Skytree (オランダ)
- ・Hydrocel (フィンランド)
- ・Global thermostat, InfiniTree, CarbonCapture, Occidental, 1PointFive (米国)
- ・IHI, 川崎重工, 三菱重工 (日本)

Direct Air Capture  
- A key technology  
for net zero, IEA,  
2020他



□ 欧米各所で始まっているプロジェクト例:

- ・Audi, WESTKUSTE, SunFire, 航空宇宙センター(ドイツ) ・Repsol(スペイン) ・Total(フランス) ・Haru Oni(チリ)
- ・Norsk e-fuel, Nordic Blue Crude(ノルウェー) ・Infinium他(米国加州) ・Haldor Topsoe(デンマーク)
- ・オックスフォード大(英国) ・カーボンエンジニアリング(カナダ)

□ 合成の高効率化とプラント規模の拡大, コスト低減が課題。

合成燃料研究会「中間取りまとめ」(経産省, 2021年4月)

＜グリーンイノベーション基金事業の一環として採択（NEDO, 2022年4月19日発表）＞

## ○液体燃料（輸送用燃料）

### (i) 合成燃料

【研究開発項目 1-①】液体燃料収率の向上に係る技術開発（最大7年間）

テーマ：CO<sub>2</sub>からの合成反応を用いた高効率な液体燃料製造技術の開発：ENEOS

- ・2022～2025年度：要素技術開発及び 160L/day ベンチプラントで検証
- ・2025～2028年度：50kL/day パイロットプラント

（将来：～2040年：1,600kL/day プラント（約50万kL/年の粗油生産））。

【研究開発項目 1-②】燃料利用技術の向上に係る技術開発（最大6年間）

テーマ：乗用車および重量車の合成燃料利用効率の向上とその背反事象の改善に関する技術開発：自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）

- ・課題：燃料組成，オクタン価，セタン価，蒸留特性，粘性等の影響を検証し，適切な性状を提案する。硫黄や芳香族成分がゼロである利点を活かす。

2020年度  
ガソリン需要：  
4,523万kL

これに必要な量  
H<sub>2</sub>: 28.5万t/年  
CO<sub>2</sub>: 274万t/年

### (ii) 持続可能な航空燃料（SAF）

【研究開発項目 2】持続可能な航空燃料（SAF）製造に係る技術開発（最大5年間）：出光興産

## ○気体燃料（産業用・家庭用）

### (iii) 合成メタン

【研究開発項目 3】合成メタン製造に係る革新的技術開発（9年間）：東京ガス，IHI，JAXA

### (iv) グリーンLPG

【研究開発項目 4】化石燃料によらないグリーンなLPガス合成技術の開発（最大9年間）：古河電工

合成燃料研究会「中間取りまとめ」(経産省, 2021年4月)

《各製造ケース》

国内の水素を活用し、  
製造する (1)

海外の水素を国内に  
輸送し、製造する

海外で製造する

将来、水素価格が  
20円/Nm<sup>3</sup>となる (2)

	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	製造コスト	トータルコスト
	100円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ	5.91円/kg × 5.47kg/ℓ		
	= 634円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約700円/ℓ
	32.9円/Nm <sup>3</sup> + 14.65円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ			
	= 301円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約350円/ℓ
	32.9円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ			
	= 209円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約300円/ℓ
<hr/>				
	20円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ			
	= 127円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約200円/ℓ

＜想定＞ (1) 国内電力価格: 20円/kWh以下 (2) 海外電力価格: 1~2円/kWh + 輸送コストほか  
合成燃料1ℓの製造に要する H<sub>2</sub>: 6.34Nm<sup>3</sup> (0.570kg), CO<sub>2</sub>: 5.47kg

- 2040年前後での商用化に向けて、H<sub>2</sub>価格: 20円/Nm<sup>3</sup>でもガソリン・軽油の価格(税抜き)に比べて高価である。
- H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>の大量調達先と製造プラントの設置場所は何処に？
- 中間取りまとめを受けて、グリーンイノベーション基金の合成燃料事業の採択に繋がった。
- 「合成燃料(e-fuel)の導入促進に向けた官民協議会」が発足した。(経産省, 2022年9月)

経済産業省, 2022年9月

- 合成燃料の商用化に向けては、技術面・価格面の課題に加え、認知度向上のための国内外への発信や、サプライチェーンの構築、CO2削減効果を評価する仕組みの整備等の課題に対応するため、官民が一体となって取り組んでいくことが重要である。
- これらの議論を加速させるため、「合成燃料(e-fuel)の導入促進に向けた官民協議会」を設立する。また、それぞれの課題について専門的な議論を行う場として同協議会の下に、「商用化推進WG」、「環境整備WG」を設置。
- 検討結果については、総合資源エネルギー調査会等にも共有し、必要な政策の検討へとつなげていく。

## 合成燃料官民協議会

- 合成燃料の導入促進に向けた総合的な検討
- 各WGにおける検討のとりまとめ
- 政府関係機関等への報告・提言

## 商用化推進WG

- モビリティ分野（自動車・航空機・船舶）を中心とした合成燃料の商用化に向けたロードマップの策定、サプライチェーン構築の検討・実証
- モビリティ分野以外における合成燃料の導入可能性の検討
- 合成燃料の導入促進に向けた広報活動 等

## 環境整備WG

- CO2削減効果を評価する仕組みの整備
- 合成燃料の導入促進につながる枠組み（GXリーグ等）の活用
- 国際的な認知度向上 等

## 構成員

### 【供給】

- ・製造（石油連盟）
- ・流通（全国石油商業組合連合会）

### 【需要】

- ・自動車（日本自動車工業会）
- ・航空機（定期航空協会）
- ・船舶（日本内航海運組合総連合会（内航船）  
日本船主協会（外航船））等

### 【研究機関、有識者、政府】

- ・経済産業省（事務局）、国土交通省
- ・NEDO、産業技術総合研究所 等

項目	電気	水素	合成燃料
生成原料の前提条件	低炭素(再生可能)電力の利用	グリーン水素を利用 FCEV(ICEV)	グリーン水素と回収CO <sub>2</sub> の利用
生成効率(電力ベース)	—	○	△
エネルギーコスト	○	△	▲
供給インフラのコスト/利便性	□/□	△/△	○/○
車両搭載性	△	△	◎
動力システム効率	◎	○(□)	□
車両コスト	□	△(○)	○
利用車種	BEV, PHEV 乗用車・小中商用車	乗用車・トラック	ICEV, HEV, PHEV 乗用車・トラック
走行距離	短・中距離	中・長(短・中)距離	長距離

従来車に対して, ▲:非常に劣る △:劣る □:同等 ○:優れている ◎:きわめて優れている

- <課題>
- 燃料・エネルギー生成, 部品/車両製造・利用・処分に関わる“LCA”が必要
  - 燃料・エネルギーの「供給量」「CO<sub>2</sub>低減効果」「コスト」の比較が必要
  - 普及には, 利用者に対する利便性と経済的負担の低減への配慮が重要
  - 大型貨物車の電動化, 低・脱炭素化は困難な課題

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必要, 性状劣化対策
水素化BDF (HVO),		□	○	□/△	□	○	LCA必要, コスト減
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)	□/△	◎	▲/△	△	○	コスト減, 耐久性向上, 水素インフラ
メタン (圧縮, SI)	天然ガス	△	□	□/□	△	□	メタンスリップ抑制, LNGVの開発
	バイオメタン	△	○	□/□	△	○	メタンの回収・量的確保
	合成メタン	△	○	□/△	△	○	H <sub>2</sub> とCO <sub>2</sub> 源確保, 生成効率改善
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, BTL		□	○	□/▲	□	○	CO <sub>2</sub> とH <sub>2</sub> 供給, 合成効率改善
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, コスト減

従来ディーゼル車に対して ▲:非常に劣る △:劣る □:同等 ○:優れている ◎:きわめて優れている

・ SI: 火花点火燃焼, それ以外は圧縮着火燃焼

・ 水素: 再生可能エネルギーで生成し利用すると仮定する。 ・ 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, コスト低減, 利便性の確保

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>・パラルレル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</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 △:劣る □:同等である ○:有用である



- ❑再生可能な電力で製造したグリーン水素を燃料として使うことが前提条件となる。
- ❑熱効率がガソリンエンジンを超えてどこまでディーゼルエンジンに近づけられるかが課題。中長期的には、ハイブリッド化が必要である。
- ❑ベースエンジンは、乗用車ではガソリンエンジン、中重量車では、火花点火としたディーゼルエンジンを利用する。満タン走行距離は、従来燃料には及ばない。
- ❑異常燃焼(バックファイア, プリイグニッション等)や急激燃焼の抑制対策が必要。
- ❑FCEVで要求される高純度水素(99.97%)は不要だが, 供給インフラを共用する。
- ❑燃料供給方式(70MPaまたは35MPaの高圧タンクから供給する)

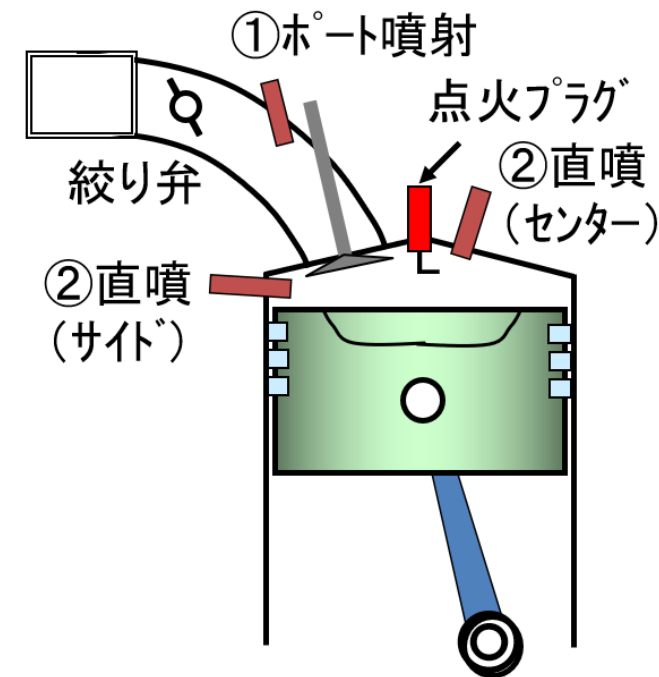
## ①ポート噴射(PFI)

- ・バックファイアの可能性があるので, 吸排気バルブタイミングの調整が必要。
- ・圧縮比, 点火時期, 燃焼室形状の最適化が必要。
- ・容積効率が低下するので, 出力性能の向上にはターボ過給が不可欠。

## ②直接噴射(DI)

- ・バックファイアの発生と容積効率の低下を防止できる。
- ・圧縮早期噴射が現実的。全体として希薄な成層燃焼となるので, 混合気形成の適正化が必要。
- ・圧縮後期の噴射では, 圧縮圧力に抗する高噴射圧が必要で, より高い耐久性が求められる。タンク内の水素が低圧になると, 昇圧システムが必要となる。

- ❑NOx低減のためには, 超希薄燃焼やEGRシステム, NOx還元触媒(SCR)等が必要となる。



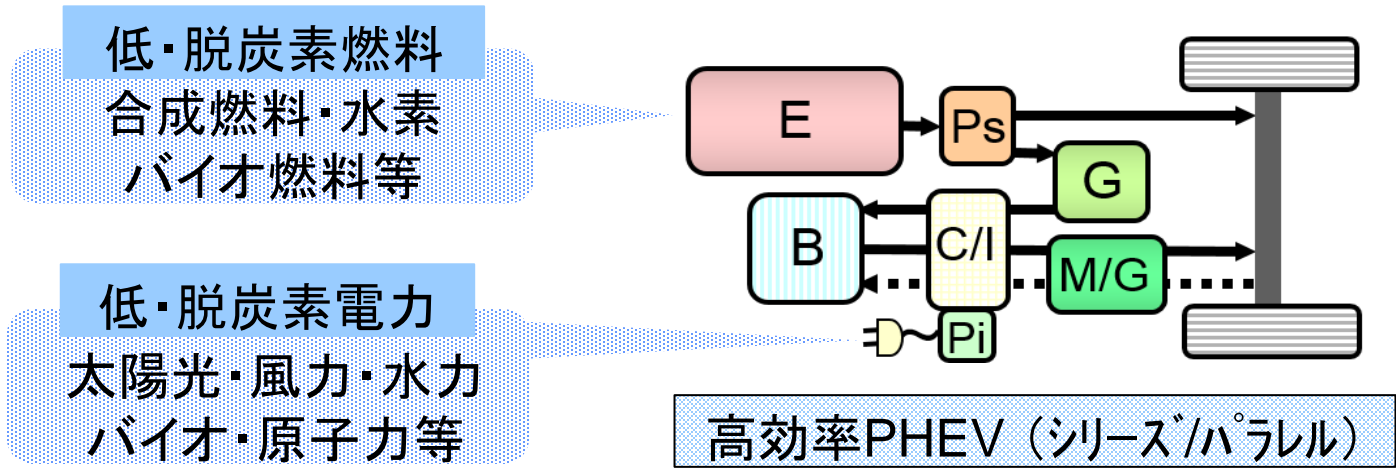
### 最近の水素エンジン研究開発例

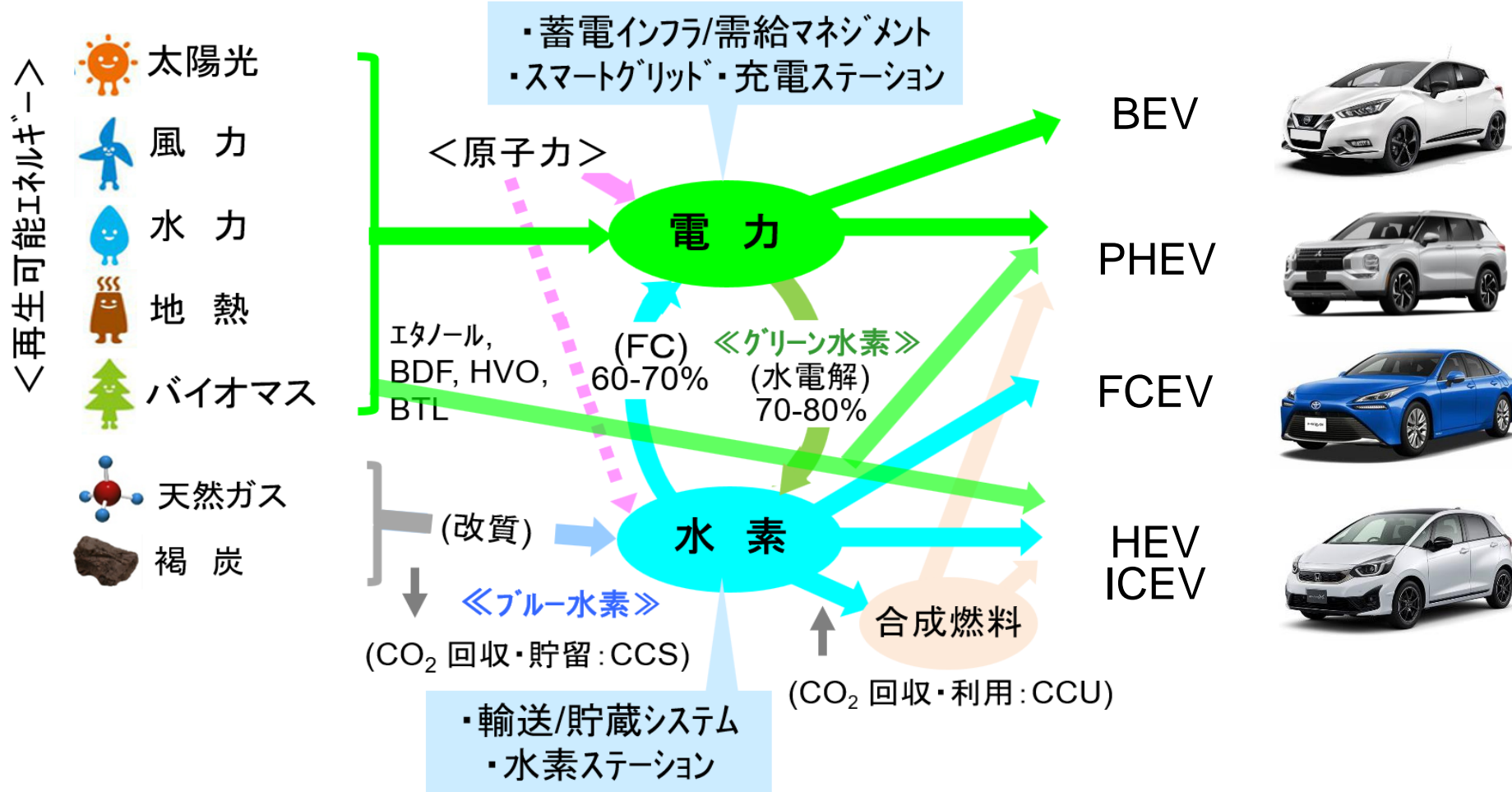
- ・FEV, KEYOU, Bosch, MAN\*, Porsche(ドイツ)
  - ・トヨタ(日本)
  - ・Cummins\*(米国)
  - ・Renault(フランス)
  - ・AVL(オーストリア)
  - ・TNO\*(オランダ)
  - ・中国: FAW
- (\*: 重量車用)

- エンジンの究極的な熱効率(50~55%)の改善を果たした上で、自動車用動力システムとしてさらに 燃費向上を図るには、HEVやPHEVでの利用が不可欠である。
- その場合、乗用車、商用車等の用途により、BEVやFCEVとの棲み分けを図る必要がある。
- PHEVでは、バッテリー搭載量がBEVの1/4~1/3で済み、充電インフラや充電時間の不都合を回避できるメリットもある。また、低・脱炭素電力の利用でさらにCO<sub>2</sub>の低減が可能となる。
- 2030年を超えて、エンジン用の燃料としては、ガソリンや軽油から低・脱炭素燃料への移行を図る必要がある。
- その候補としては、合成燃料、グリーン水素、バイオ燃料(BDF, HVO, エタノール, メタノール, BTL等)が挙げられる。以下の諸点についてこれらの燃料を適切に評価すべきである。

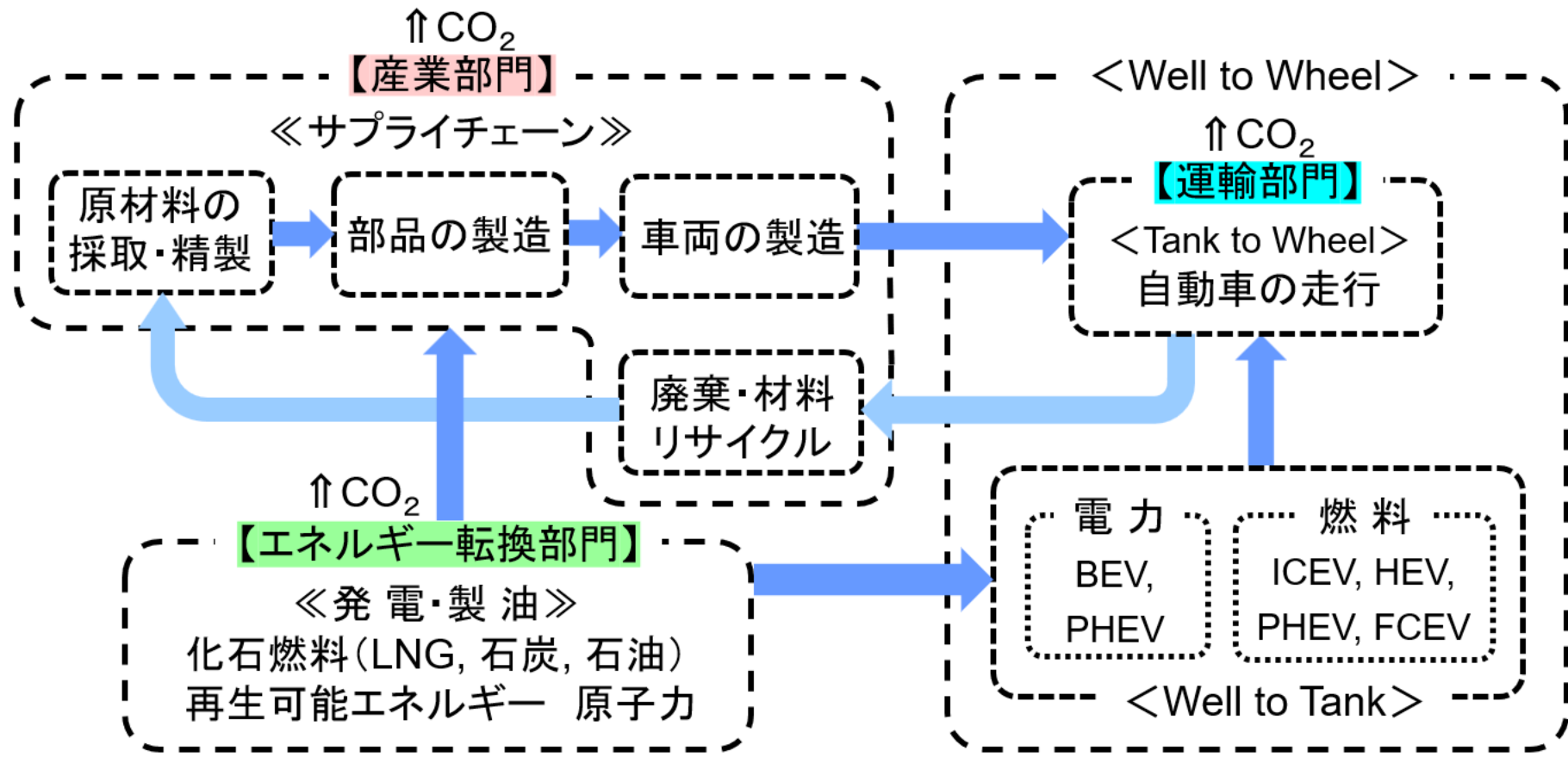
- ✓ 低・脱炭素特性と低トータル・コスト
- ✓ 燃料の輸送・貯蔵・供給の利便性

- ✓ 長期的に安定な供給可能性
- ✓ 主要燃料に対する補完的な役割





- 現状の天然ガス，ナフサ等の改質（グレー水素）からグリーン・ブルー水素へ。
- 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のLCA CO<sub>2</sub> とともに費用対効果の評価が必要である。
- 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。



- ❑ 各段階(部門)で発生するCO<sub>2</sub>を評価し、全体としてゼロに近づける努力が必要。
- ❑ 電力の低・脱炭素化は、材料・部品・車両(サプライチェーン)の製造、BEVやPHEVの走行におけるCO<sub>2</sub>低減のために重要。部品では、バッテリーの製造での低炭素化が注目されている。
- ❑ LCAの方法については、国際標準化の検討が必要。⇒EUの『炭素国境調整措置』
- ❑ 部品メーカーにとっては、使い易い共通の評価方法の普及も必要。「JAPIA LCI算出ガイドライン/ツール」を公開(2019年)

## 《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＞

□ 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(1台50kWh，200万台相当)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。

□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。

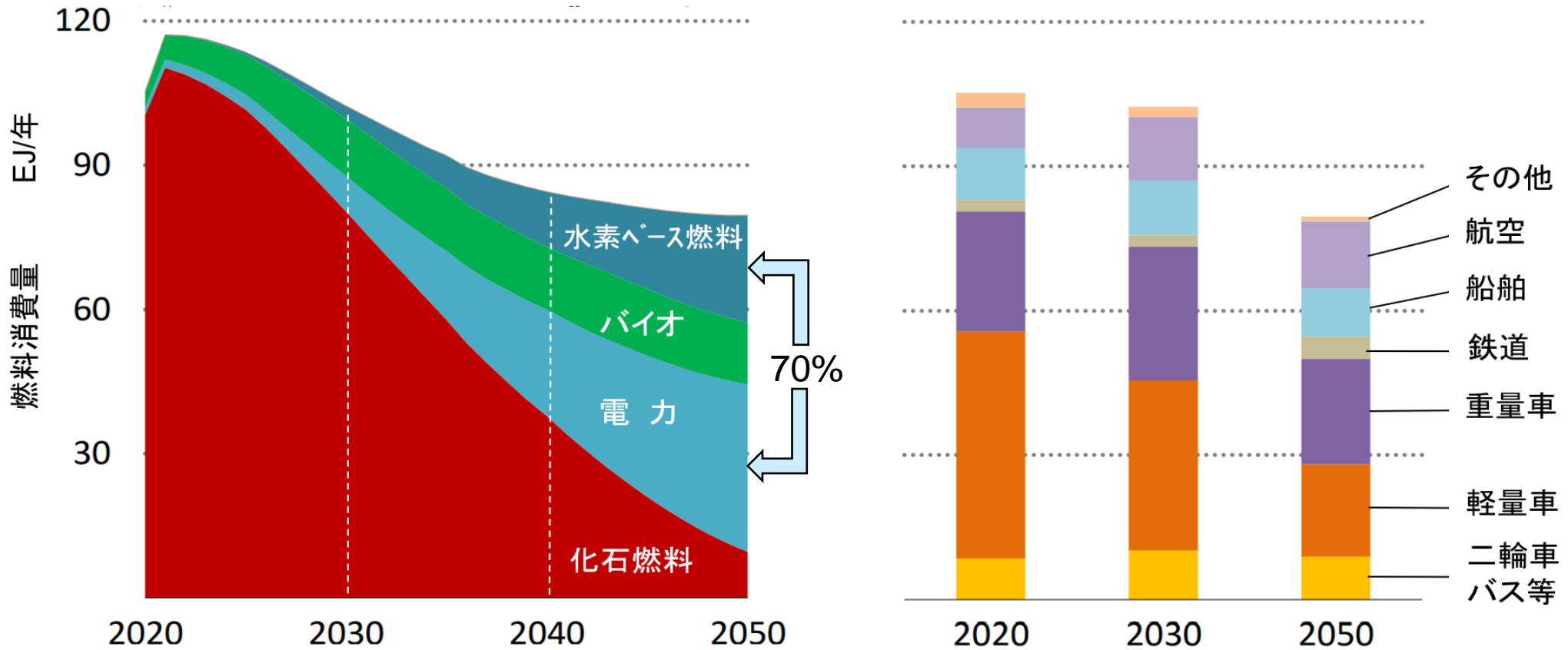
□成長戦略で掲げた重点14分野を18事業に集約し、「グリーン電力」「エネルギー構造転換」「産業構造転換」の3分野ごとのWGにおいて、詳しい事業目標や配分額などの詳細が検討された。

□各事業について、目標や配分額などの詳細を決めた上でNEDOで公募が行われ、逐次事業が開始されている。2022年9月現在、16テーマが決定している。

:自動車関連

分野	18事業のテーマ	億円
グリーン電力の普及促進	① 洋上風力発電の低コスト化	1195
	② 次世代太陽光発電の開発	498
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	3000
	④ 再エネ電力を活用した水電解の水素製造	700
	⑤ 製鉄プロセスにおける水素活用	1935
	⑥ 燃料アンモニアサプライチェーンの構築	688
	⑦ CO2を用いたプラスチック原料製造技術開発	1262
	⑧ CO2を用いた燃料製造技術開発	1153
	⑨ CO2を吸収するコンクリート等製造技術開発	568
	⑩ CO2の分離・回収等技術開発	382
	⑪ 焼却施設のCO2削減技術開発	-
産業構造転換	⑫ 次世代蓄電池・モーターの開発	1510
	⑬ 車両電動化に伴う供給網変革技術の開発	420
	⑭ スマートモビリティ社会の構築	1130
	⑮ 次世代デジタルインフラの構築	1410
	⑯ 水素・電動航空機の開発	211
	⑰ 水素・アンモニアを用いた次世代船舶の開発	350
	⑱ 農林水産業のCO2削減・吸収技術の開発	-

IEAによる“Net Zero Emissions by 2050” シナリオ(NZE), 2021年10月



☆世界の気温上昇を1.5°Cに抑制するために、世界の運輸部門のエネルギー需要は2050年までに電力と水素ベースの燃料が70%を占める必要がある。(各地域の燃料・エネルギー供給状況を考慮すべき。)



- 2030年を超えて石油が利用可能な状況にあつて、ICEVは一層の低炭素化のためには、エンジンを高効率化した上で、HEVやPHEVへと転換を図り、さらには、“合成液体燃料”の利用可能性を探る必要がある。
- ICEV, HEV, PHEV用の燃料としては、それ以外に、バイオ系燃料、グリーン水素等が補完的に利用される可能性があり、それぞれのLCAによるCO<sub>2</sub>低減とコスト、安定供給性、利便性について検討する必要がある。
- 2050年に向けた脱炭素化のためには、PHEV, BEV, さらにはFCEVを含む電動化、再生可能な電力・エネルギーの活用拡大、LCAによるCO<sub>2</sub>排出量の算定が不可欠である。
- 合成燃料を用いるHEVやPHEV, FCEVの普及には、長期的な計画に基づき、グリーン水素の大幅なコスト低減と安定した海外調達を含む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、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、技術立国としての市場で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期待される。