

令和2年11月20日

交通安全環境研究所 50周年記念講演会

自動車の安全と環境技術に関する将来展望

～2030年から2050年を見据えて～

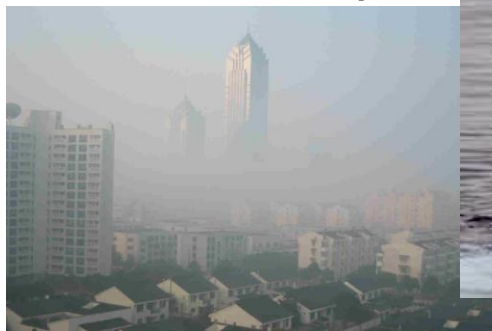
早稲田大学 研究院
次世代自動車研究機構

大聖 泰弘

モビリティに関わる永遠の課題

< 環境 >

大気汚染



地球温暖化

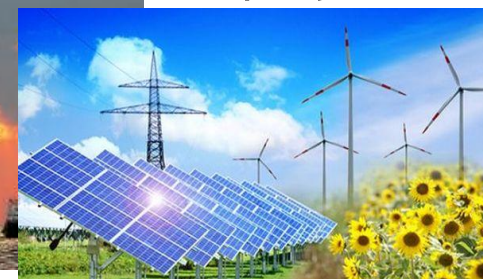


< エネルギー >

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 >



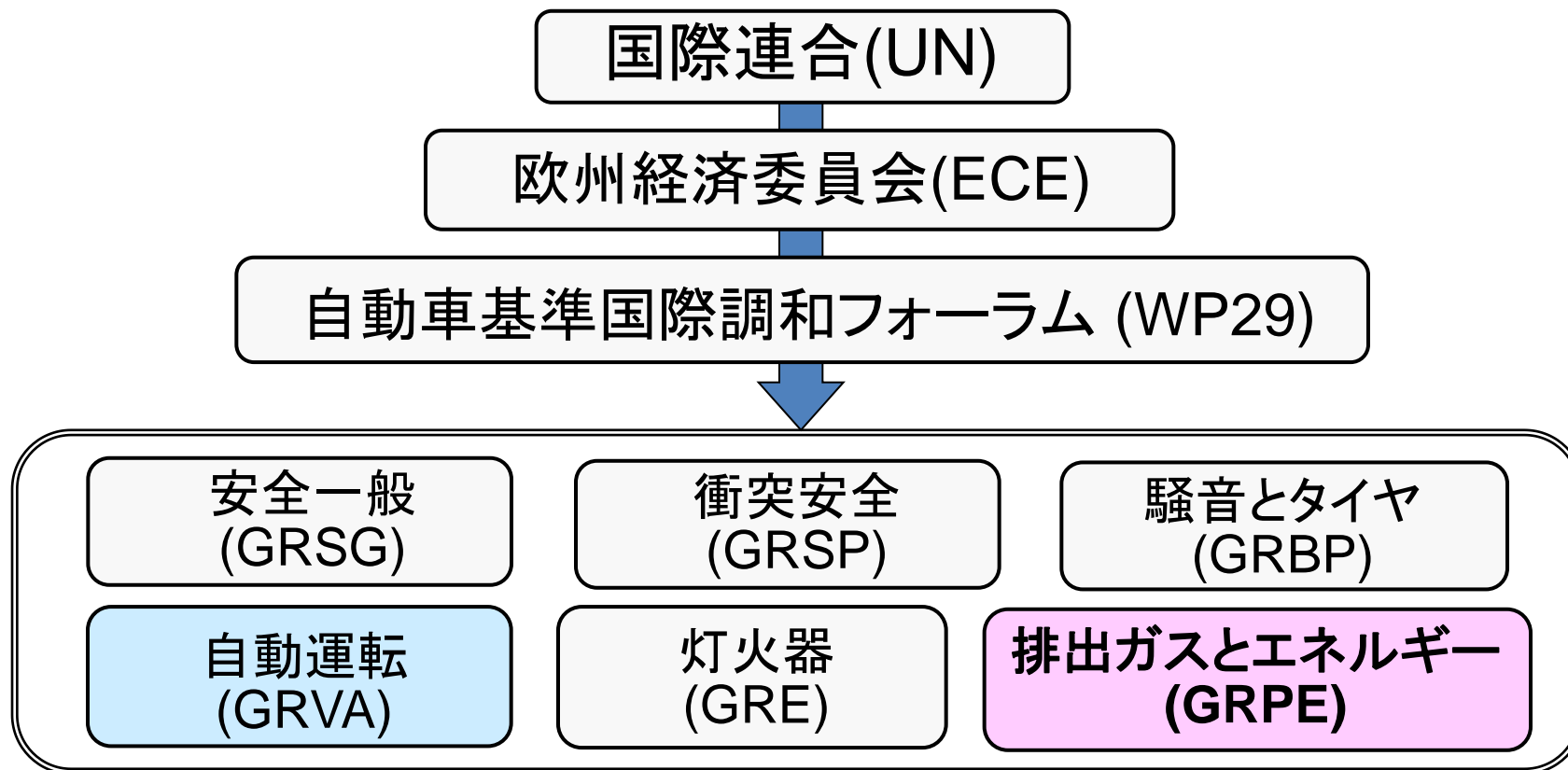
< 自然災害 >



COVID19



米国立アレルギー・
感染症研究所



- わが国としては、開発の合理化が図られる国際基準調和に積極的に参画し、推進すべき。そのような戦略の構築と国際舞台で活躍し得る人材の育成が重要な課題。
 - 交通安全環境研究所がその役割を担い、大きく貢献している。
- 注)各国の基準認証制度が国際貿易の不必要な障害を防ぐためのWTOの「貿易の技術的障害に関する協定」(1995年1月17日発効)に基づく。

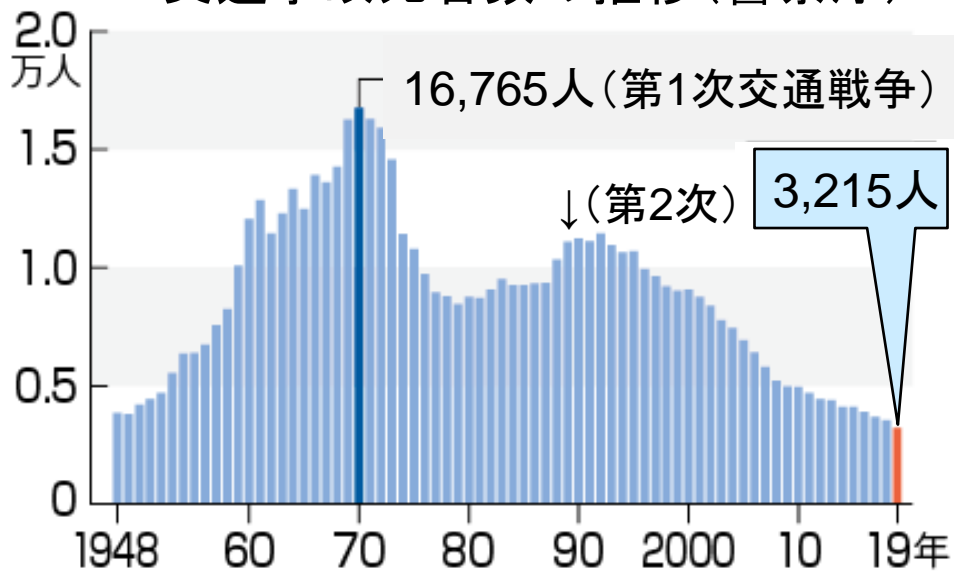
《法令・政策》(国土交通省)

- ・交通安全基本法・同計画(第1~11次)
- ・車両の保安基準の厳格化
- ・先進安全自動車(AVS)技術の研究開発, 実用化を先導

《課題》

- ・高齢者, 交通弱者への対応/HMI
- ・運転支援技術の機能に対する正しい理解の推進

交通事故死者数の推移(警察庁)



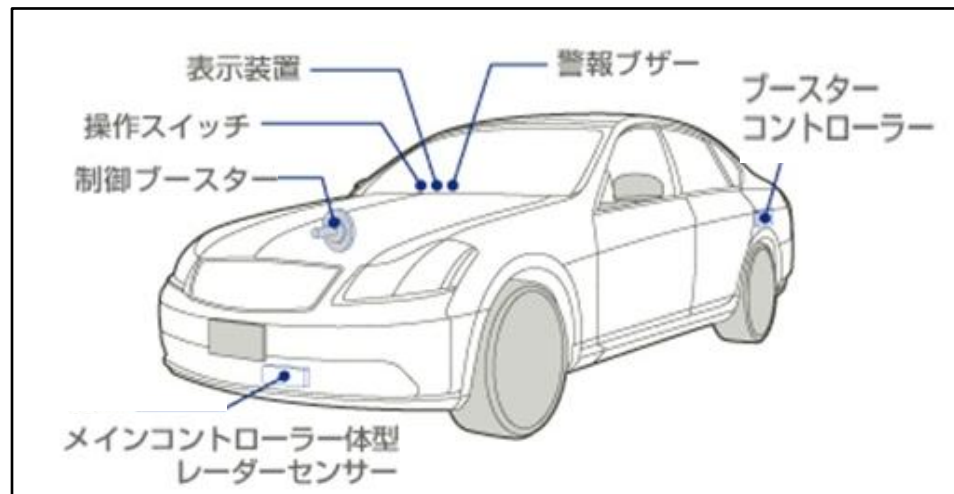
Active/Passive な安全技術例

- シートベルト
- エアバッグ
- ABS
- 衝突安全ボディ
- アダプティブ・クルーズ・コントロール
- ビークル・スタビリティ・コントロール
- タイヤ・プレッシャー・モニター
- 歩行者事故低減ステアリング
- ドライブ・レコーダー
- 渋滞運転支援機能
- 衝突被害軽減ブレーキ
- ふらつき注意喚起装置
- 車線逸脱警報装置
- 車線維持支援制御装置
- 車両安定性制御装置
- ドライバー異常時対応システム
- 先進ライト
- バックカメラ
- 後側方接近車両注意喚起装置
- 側方衝突警報装置

安全システムの例（日本の自動車技術330選, JSAE）⁴



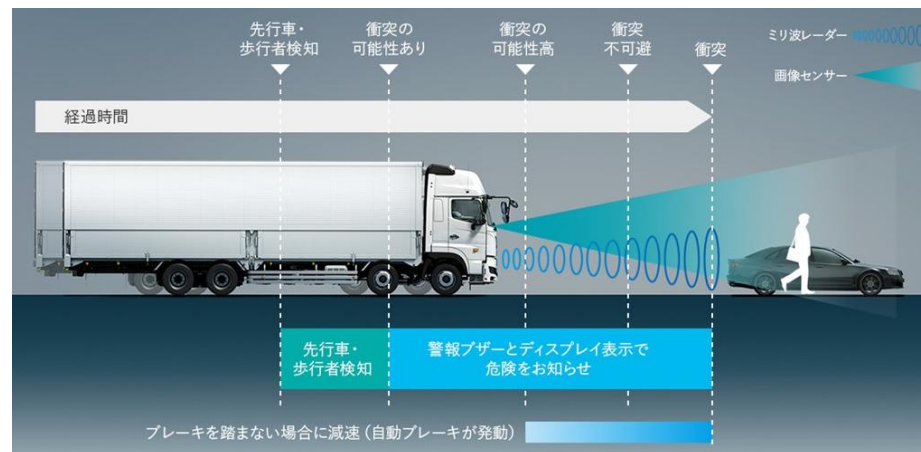
SRSエアバッグシステム（ホンダ，1987年）



インテリジェントクルーズコントロール（日産，2004年）



EyeSight Ver. 2（スバル，2010年）



衝突被害軽減ブレーキシステム（日野，2017年）

ASV 推進計画は 1991 年度から 25 年以上にわたり、ASV 技術の実用化による交通事故の削減に向けて活動を行ってきました。

先進安全技術を統合・発展させる形で自動運転の実用化に向けた新技術の開発が進められている状況等を踏まえて、第 6 期では自動運転も念頭においた取り組みを推進します。

第 6 期 2016~2020 年度

自動運転の実現に向けた ASV の推進

- 自動運転を念頭においた先進安全技術のあり方の整理
- 開発・実用化の指針を定めることを念頭においた具体的な技術の検討
- 実現された ASV 技術を含む自動運転技術の普及

第 5 期 2011~2015 年度

飛躍的高度化の実現

- ドライバー異常時対応システムの基本設計書策定
- 歩車間通信システムの基本設計書策定
- ★ITS 世界会議 2013 東京での通信利用型運転支援システムのデモンストレーション

第 4 期 2006~2010 年度

事故削減への貢献と挑戦

- 交通事故削減効果の評価手法の検討及び評価の実施
- 通信利用型運転支援システムの基本設計書策定
- ★ASV30 台による通信利用型の公道総合実験

第 3 期 2001~2005 年度

普及促進と新たな技術開発

- 運転支援の考え方の策定
- ASV 普及戦略の策定
- 通信技術を利用した技術開発の促進
- ★ASV17 台による通信利用型の検証実験

第 2 期 1996~2000 年度

実用化のための条件整備

- ASV 基本理念の策定
- ASV 技術開発の指針等の策定
- 事故削減効果の検証
- ★ASV35 台によるデモ走行

第 1 期 1991~1995 年度

技術的可能性の検討

- 開発目標の設定
- 事故削減効果の検証
- ★ASV19 台によるデモ走行

AVS 推進検討会

- ・国土交通省 ・関係省庁
- ・企業
(四輪車, 二輪車, 部品)
- ・学識経験者
- ・関係団体
(ユーザー, 保険, 販売)

- 本年6月24日に開催された国連の自動車基準調和世界フォーラム (WP29) 第181回会合において初めて、以下の国際基準が成立。
 - ・乗用車の自動運行装置(高速道路等における 60km/h 以下の渋滞時等において作動する車線維持機能に限定した自動運転システム、レベル3)
 - ・サイバーセキュリティ及びソフトウェアアップデート
- 道路交通法, 道路運送車両法, 車両の保安基準(省令, 細目の告示): レベル3に関する改正が本年4月1日より施行されている。



システムの監視	レベル5	完全自動運転(常にシステムが実施)	2030年代
	レベル4	特定条件下での自動運転 2025年頃? (継続困難な場合にシステムが対応)	2025年頃
	レベル3	特定条件下での自動運転 (継続困難な場合に運転者が適切に対応)	2020年～
運転者の監視	レベル2	高度な運転支援 (システムが前後左右の車両制御を実施)	実用化
	レベル1	運転支援(AEB、ACC、LKA等)	実用化

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-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。

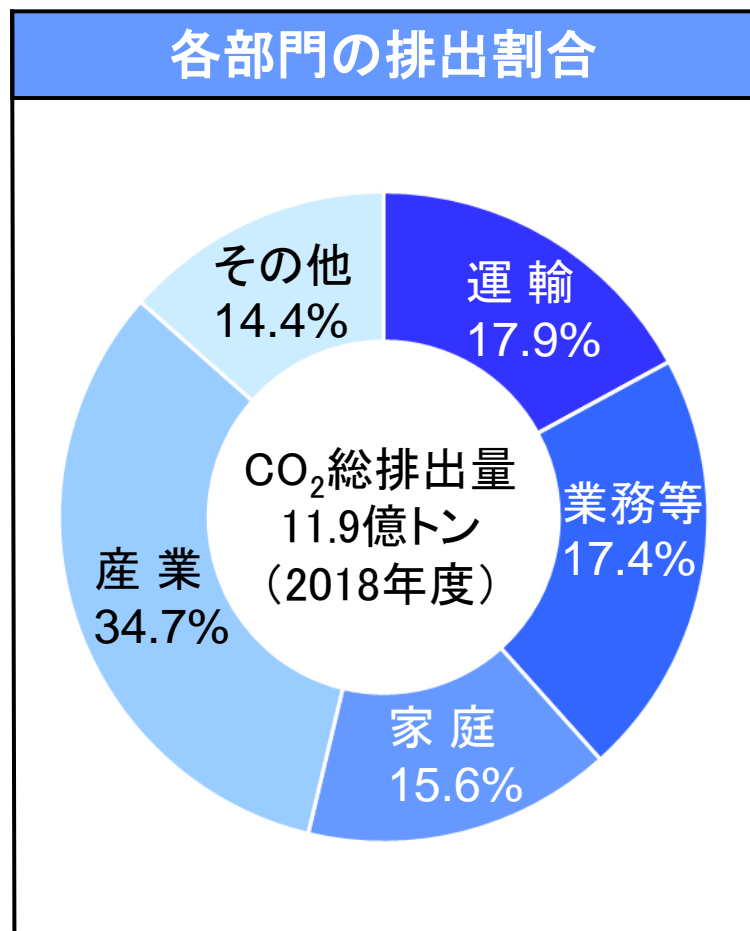
[単位: 百万t-CO₂]

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。

☆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(本年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	9,850	46.2
自家用貨物車	3,532	16.6
営業用貨物車	4,240	19.9
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	4.1
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。

(1973年)	(第1次石油ショックの勃発)
1979年 6月	エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)制定
1979年12月	ガソリン乗用自動車の燃費基準策定(1985年度目標)
1993年 1月	ガソリン乗用自動車の燃費基準の改正(2000年度目標)
1996年 3月	ガソリン貨物自動車の燃費基準の策定(2003年度目標)
1998年 6月	省エネ法改正・・・「トップランナー基準」の考え方の導入
1999年 3月	乗用車, 小型貨物車のトップランナー基準の策定 (ガソリン車:2010年度目標, ディーゼル車:2005年度目標)
2003年 7月	LPガス乗用車のトップランナー基準の策定(2010年度目標)
2006年 3月	重量車(トラック, バス等)のトップランナー基準の策定 (2015年度目標)
2007年 7月	乗用車, 小型バス, 小型貨物車の新燃費基準の策定 (2015年度目標)
2011年10月	経産省・国交省は乗用車の2020年度の新燃費基準を取りまとめ、 発表した。2012年春に関連法令を改正した。
2015年上期	小型貨物車の新燃費基準の提示, WLTPによる乗用車燃費試験法 の検討
2017年12月	重量車燃費基準の策定(2025年度目標)
2019年 6月	乗用車(EVとPHVを含む)の燃費基準策定(2030年度目標)

～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, 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)

- ・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評価が必要である。



【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, 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, マイカー通勤削減, 働き方改革)
- ・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)



1970年から2020年までに生まれた自動車用動力システム

《 わが国の動向 》

《 海外の動向 》

1970年

- ・1970 東京都で光化学スモッグ初確認
交通事故死者数ピーク(交通戦争)
- ・1978 昭和53年排出ガス規制
- ・1985 燃費基準の初施行
- ・1991 Liイオン電池の商業化(ソニーET)
- ・1995 直噴ガソリン車(三菱GDI,トヨタD-4)
- ・1997 ハイブリッド車(トヨタ・プリウス)
- ・1998 省エネ法でトップランナー方式導入

- ・1970 米国マスキー法提案
- ・1973 石油ショック
- ・1980~日米自動車貿易摩擦
- ・1992 地球サミット「リオ宣言」
- ・1993 米国PNGV(燃費3倍プログラム)
- ・1997 京都議定書(COP3)
- ・1998 米国加州LEV, ZEVプログラム
- ・1999 米国加州FCパートナーシップ

2000年

- ・1999 ハイブリッド車(ホンダ・インサイト)
- ・2002 JHFCプロジェクト(~2010)
- ・2009 EV(三菱・iMiEV)
- ・2010 EV(日産・リーフ)/ PHEV(トヨタ・プリウス)
- ・2012 ディーゼル乗用車(マツダ・CX-5)
- ・2013 PHEV(三菱・アウトランダー)
- ・2015 FCV(トヨタ・Mirai)
- ・2016 FCV(ホンダ・クラリティフュエルセル)

- ・2000~EUでのディーゼル乗用車の本格普及
ダウンサイジング直噴ターボガソリン車登場
- ・2008 EV(米国テスラ・ロードスター)
- ・2009 オバマ政権のスマートグリッド構想
- ・2010 EV(GM・シボレーボルト)
- ・2012 米国シェールガス・オイル商業化
- ・2015 VW社のディーゼル不正/パリ協定合意
- ・2017~欧・中・米加州でEV導入計画加速

2015年

2030年

2050年

☆50年前には予想されなかった技術が続々登場。2030年まであと10年、
2050年まであと30年、どんな技術を実用化し、普及すべきか？
☆2030年以降、電動化と再生可能エネルギーの利用拡大が加速する。

中央環境審議会 答申

大気汚染防止法(環境省)

《排出ガス規制》

自動車の運行の際に排出される
自動車排出ガスの量の許容限度
(告示)

《燃料規制》

自動車燃料の性状に関する許容
限度又は自動車の燃料に含まれ
る物質の量の許容限度(告示)

道路運送車両法
(国土交通省)

道路運送車両の保安基準(省令)

揮発油等の品質の確保等に
関する法律(経済産業省)

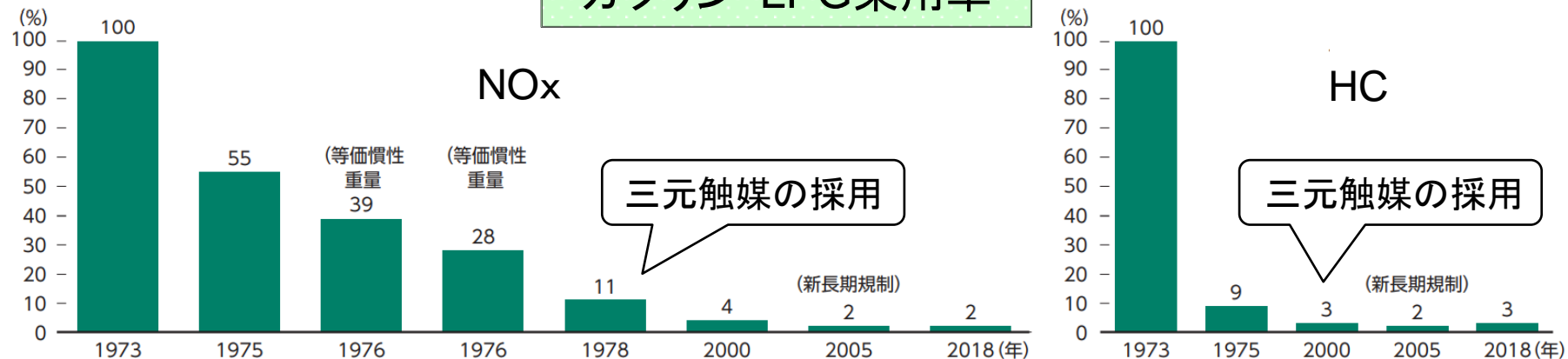
揮発油規格及び軽油規格(省令)

(交通安全環境研究所の貢献)

我が国の自動車排出ガス規制の推移

1973年の値を100とする

ガソリン・LPG乗用車



注1：等価慣性重量とは排出ガス試験時の車両重量のこと。

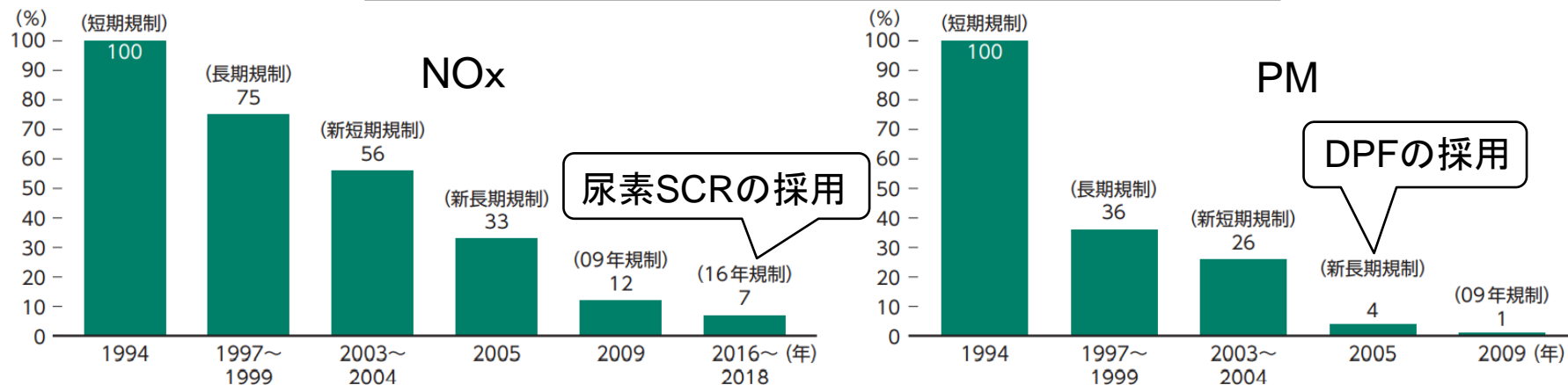
2：1973年～2000年までは暖機状態のみにおいて測定した値に適用。

3：2005年は冷機状態において測定した値に0.25を乗じた値と暖機状態において測定した値に0.75を乗じた値との和で算出される値に適用。

4：2018年は冷機状態のみにおいて測定した値に適用。

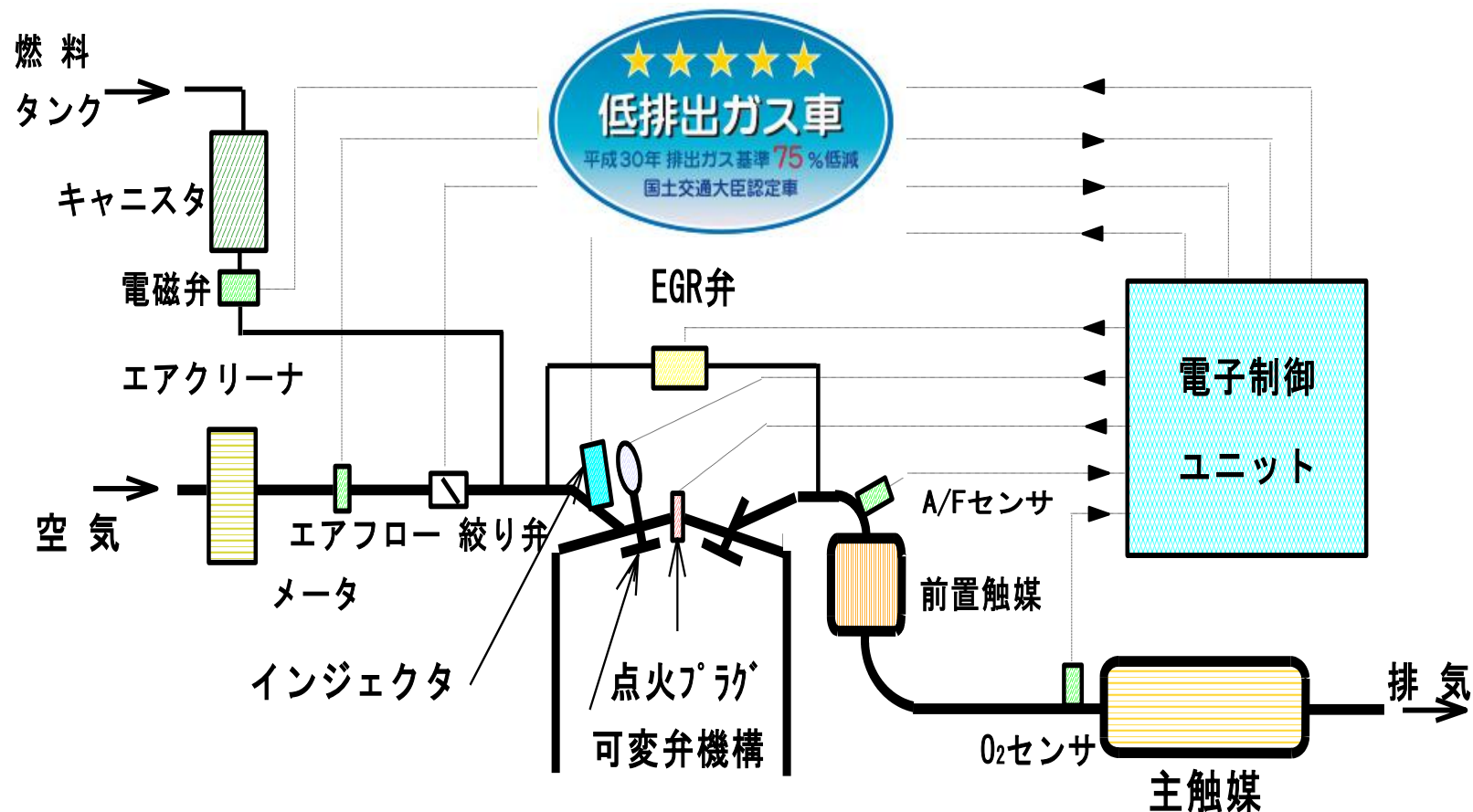
1994年の値を100とする

ディーゼル重量車(車両総重量3.5トン超)

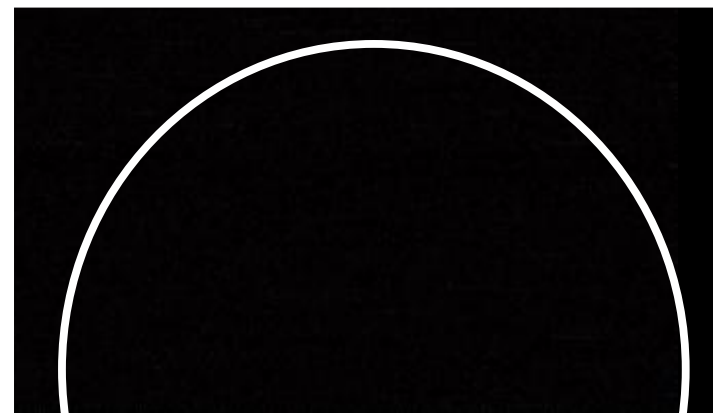
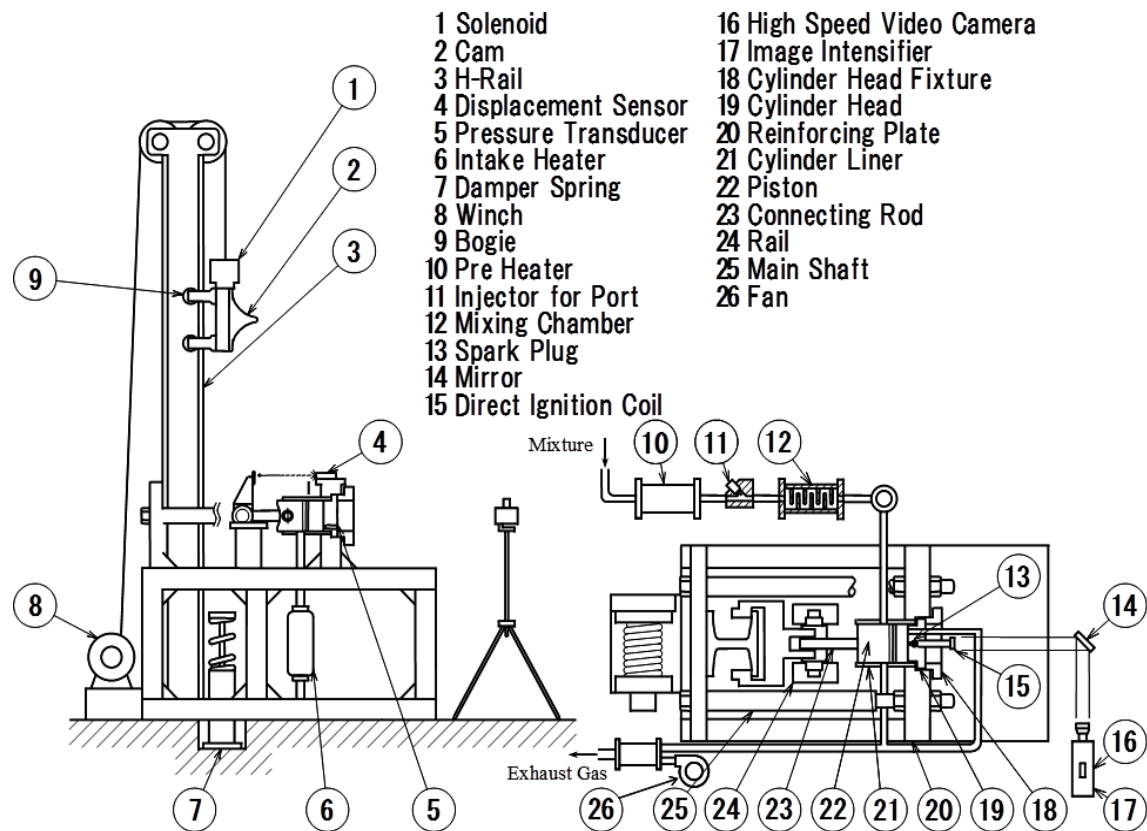


注1：2004年まで重量車の区分は車両総重量2.5トン超。

2：NOxに係る規制は1974年から実施。図4-7-8は濃度規制から現在の質量規制に変更した1994年を基準として記載。



- ❑ ガソリン車は、理論混合比燃焼での三元触媒システムを含む精緻な制御により超低排出ガス特性を実現している。燃費改善技術のリーンバーンでこの特性を達成する高性能リーンNOx触媒の開発が期待される。
- ❑ 中長期的には燃費規制の強化に適合してさらに進化を続ける必要がある。

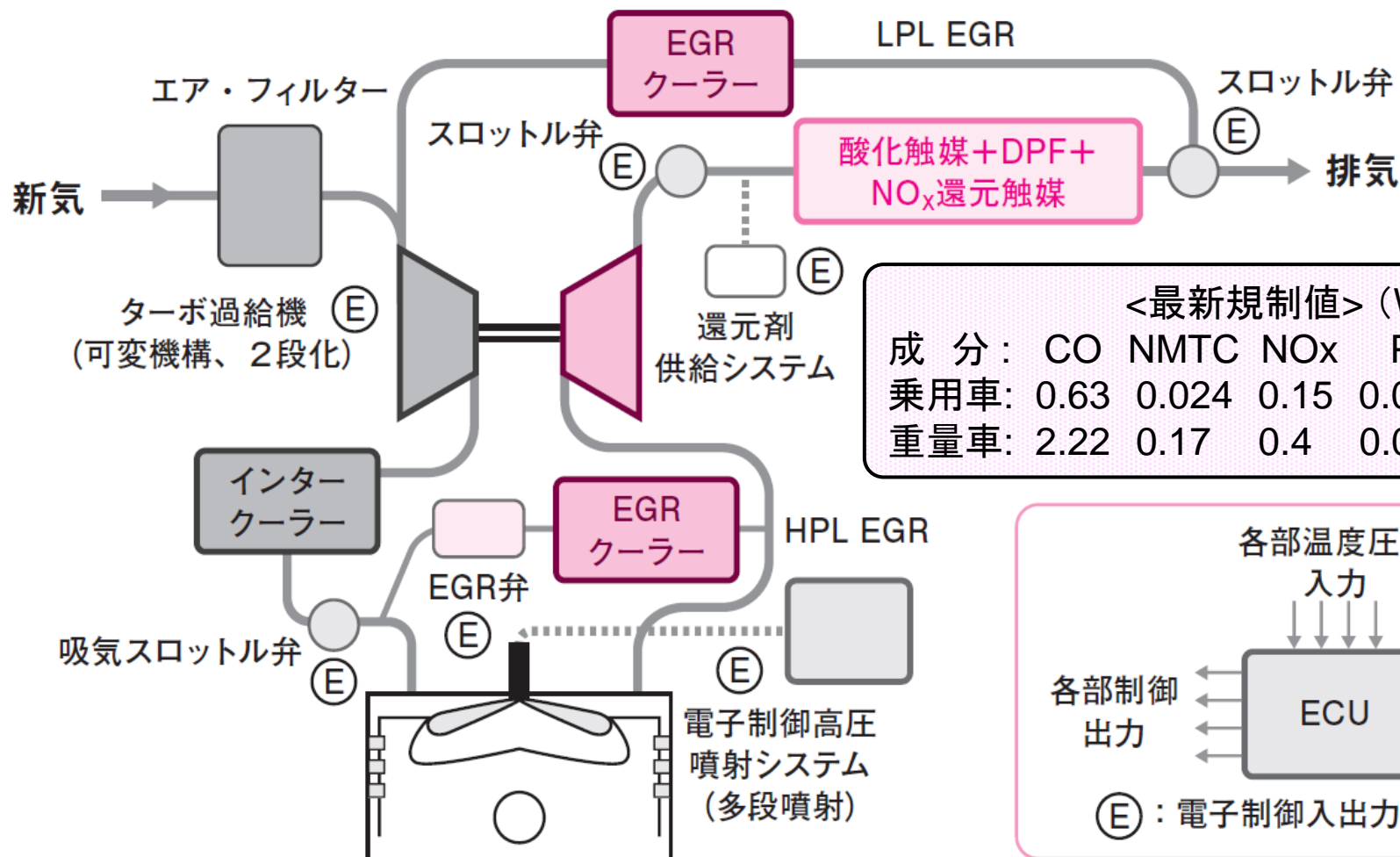


- ・直径 × 行程: 125 × 135mm
- ・圧縮比: 17.0
- ・エンジン回転速度: 800 rpm

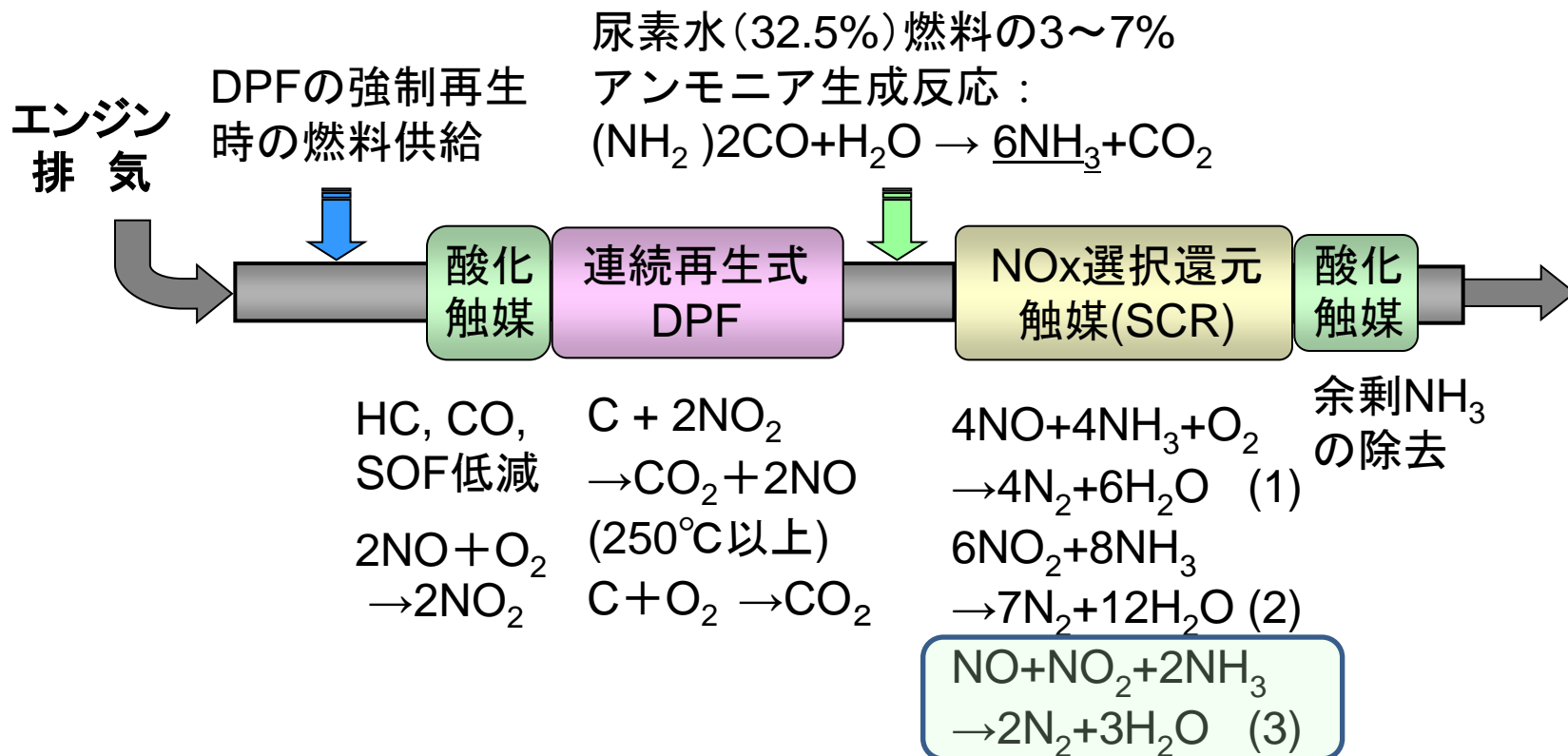
Rapid compression and expansion machine
(急速圧縮膨張装置)

☆不均一な噴霧燃焼により、
NO_xと粒子状物質が同時に
発生する。

<早大:大聖研究室>



- ❑ 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, コスト低減が重要。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) で悪化する排出ガスの評価と対策が不可欠。(RDE規制)



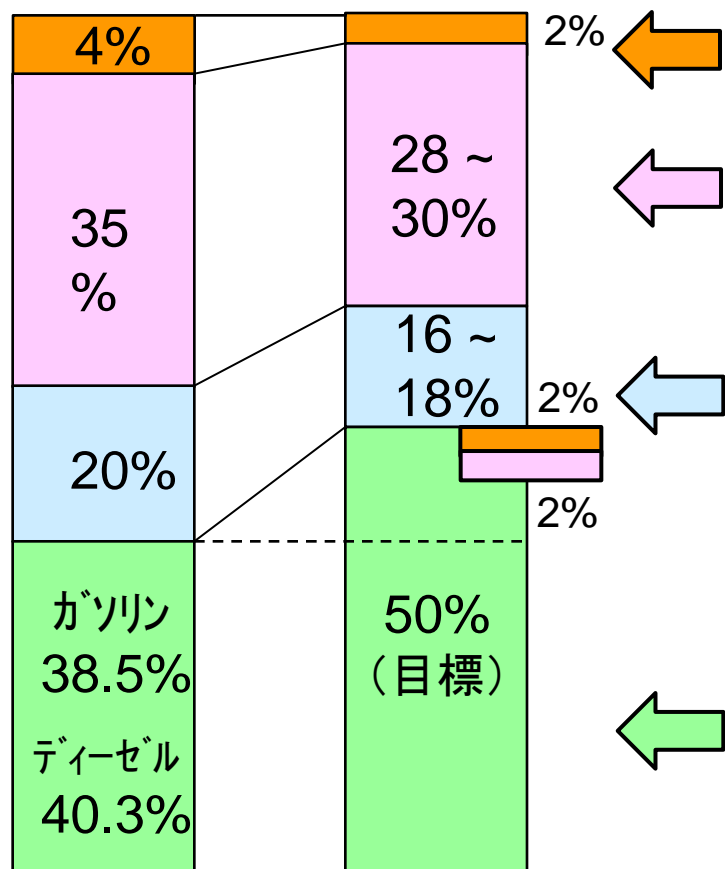
☆長年にわたって交通研との共同研究を実施

- <課題>
- 燃焼によるNOxとPM低減, 燃費改善と後処理をどう分担するか?
 - DPFの強制再生での燃料消費抑制
 - 低温でのSCR浄化率の向上
 - 尿素水供給量制御の最適化
 - HCやS被毒の抑制と触媒種の選択
 - アンモニアとN₂Oの排出抑制
 - コンパクト化
 - 信頼耐久性の確保

～究極の正味熱効率50%を達成するための技術課題～

☆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)

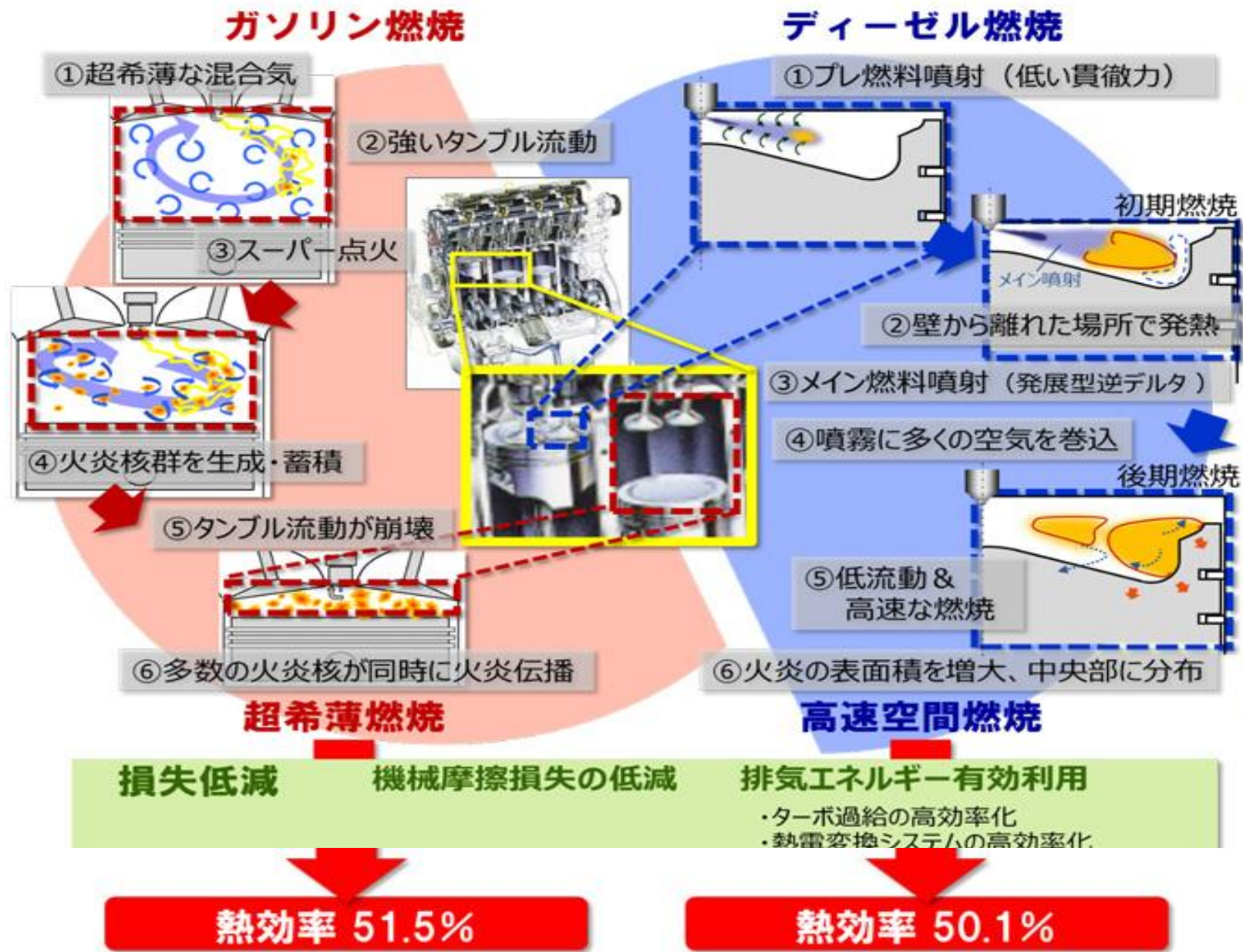
熱損失の低減

- ・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)

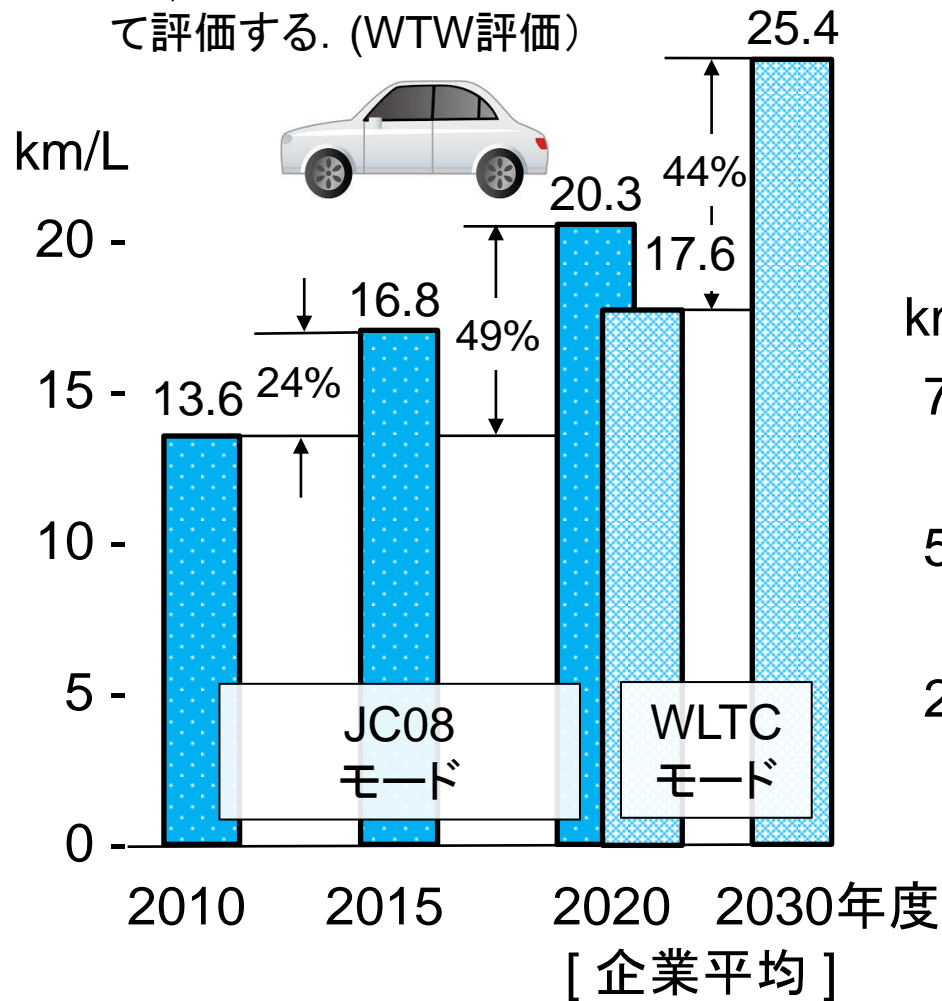
- ・燃焼の改善
- ガソリン: リンバーン, ロングストローク化
- ディーゼル: 高分散燃焼

SIP「革新的燃焼技術」で得られた成果



燃費基準(平均値)の推移(国交省, 2019年)

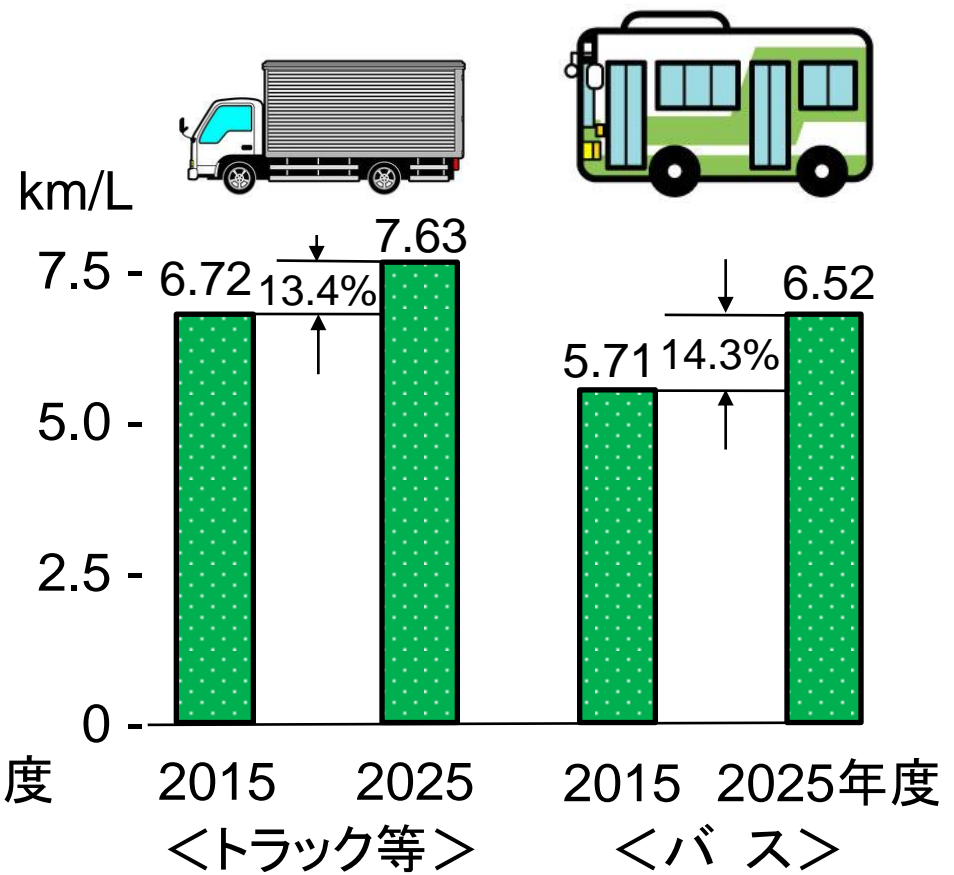
- 2030年度基準では2016年度実績比で約32.4%改善.
- EV, PHVは電源CO₂も考慮して評価する. (WTW評価)



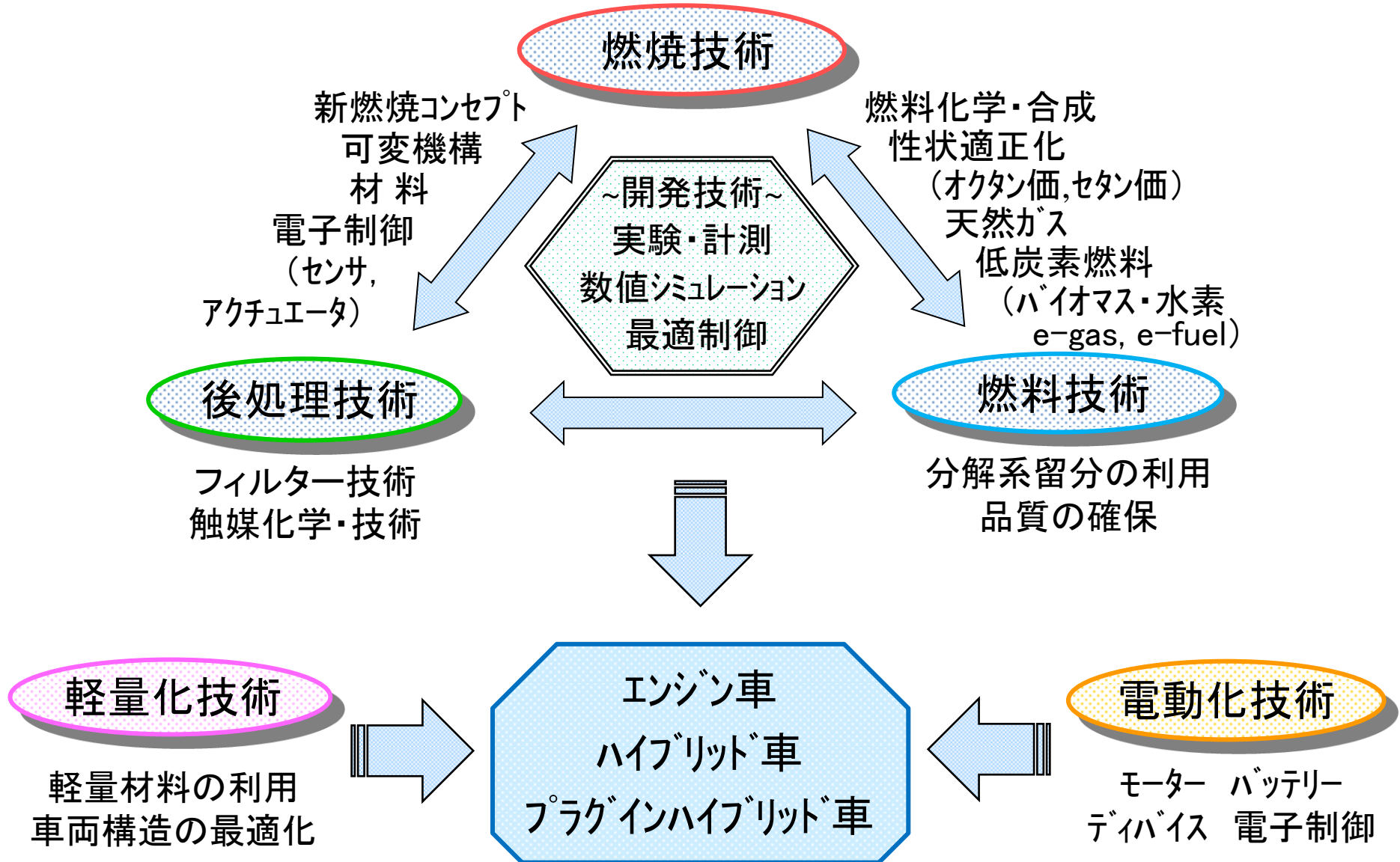
《乗用車》

- 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. 電費測定法は検討中(交通研)

☆ 燃費改善が乗用車よりも難しいのが現状



《重量車》



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

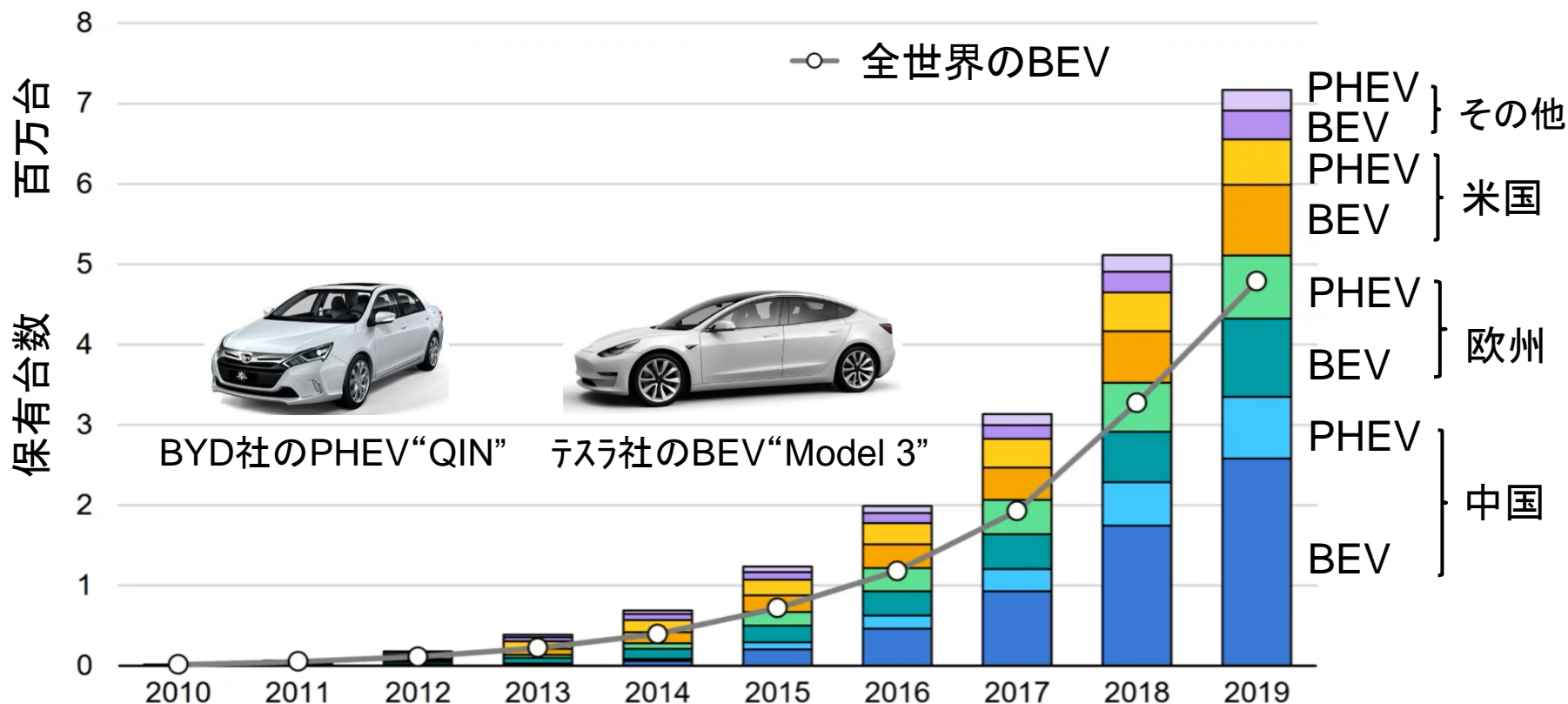
車種	バッテリー容量 kWh	車両重量比 (対ガソリン車)	燃費比 (対ガソリン車)
ガソリン車	(燃料:400~500)	—	—
ディーゼル車		1.06	1.15~1.20
HEV	1~2	1.05~1.15	1.20~1.90
PHEV	10~20	1.15~1.20	1.8
BEV	20~80	1.20~1.30	3~4*
FCV	1~2 (水素:150~170)	1.30~1.40	1.8~2.5*

*: 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)

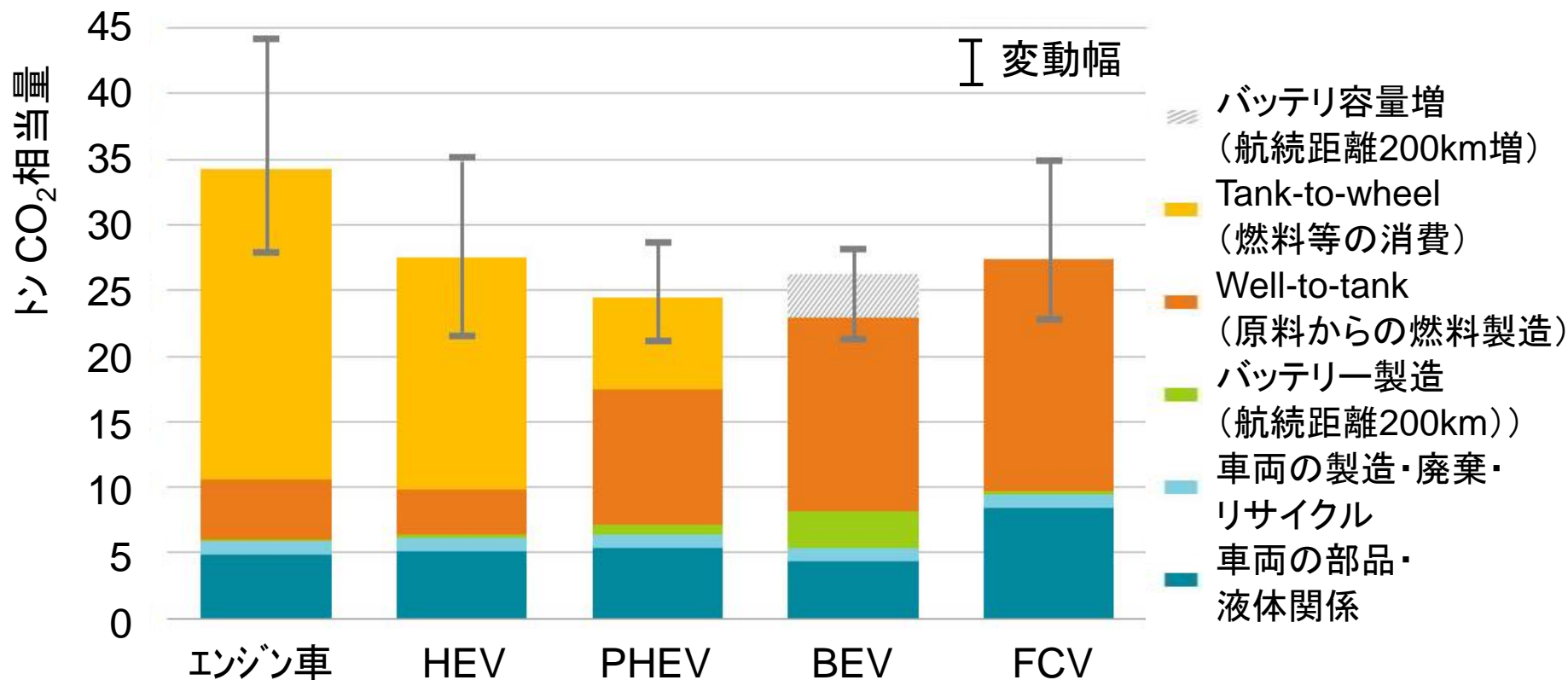
- BEVとFCVでは, 各々電池と水素系統が重たいことが車重の増大の要因。
- 急激なBEVの普及は, コバルト, ニッケル, ネオジウム等の需要増に繋がり, 価格高騰を招く恐れがある。HEVやPHEVのバッテリー容量は大幅に少量で済む利点がある。
- PHEVは, 従来車やHEVからBEVへの「橋渡し」の役割を長期的に担う可能性がある。
- 電力の発電, 燃料製造を含めた「LCA評価」が必要である。

世界のPHEVとBEVの保有状況の推移



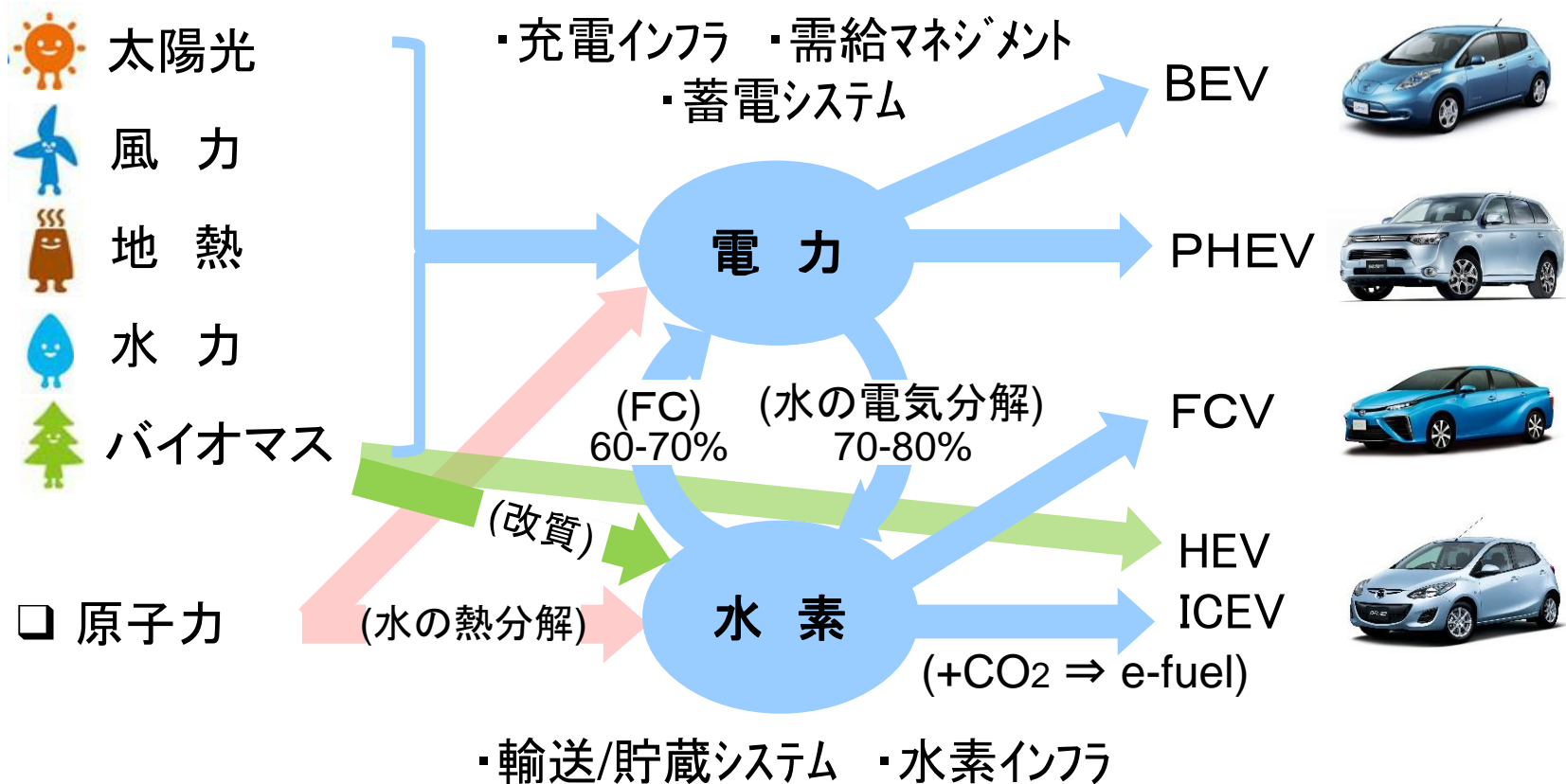
- 2019年末で全世界のPHEVとBEVの保有台数は720万台に達し、中国が約45%を占めている。全体でPHEVとBEVの保有比は、1:2
- 2019年の全世界の売上げは約200万台で、全販売に占める割合は2%弱であった。
- 今後、EUでもCO₂対策として、エンジン車を製造・販売を規制する動きが強まる。

< 仮定：乗用車で15万km走行した場合 >



- 今後の燃費とCO₂排出量の評価は、TTW⇒WTW⇒LCAへ
- BEVでは、バッテリーの積み過ぎは、かえってCO₂の増加を招く。
- その一方、電力の低炭素化がCO₂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。

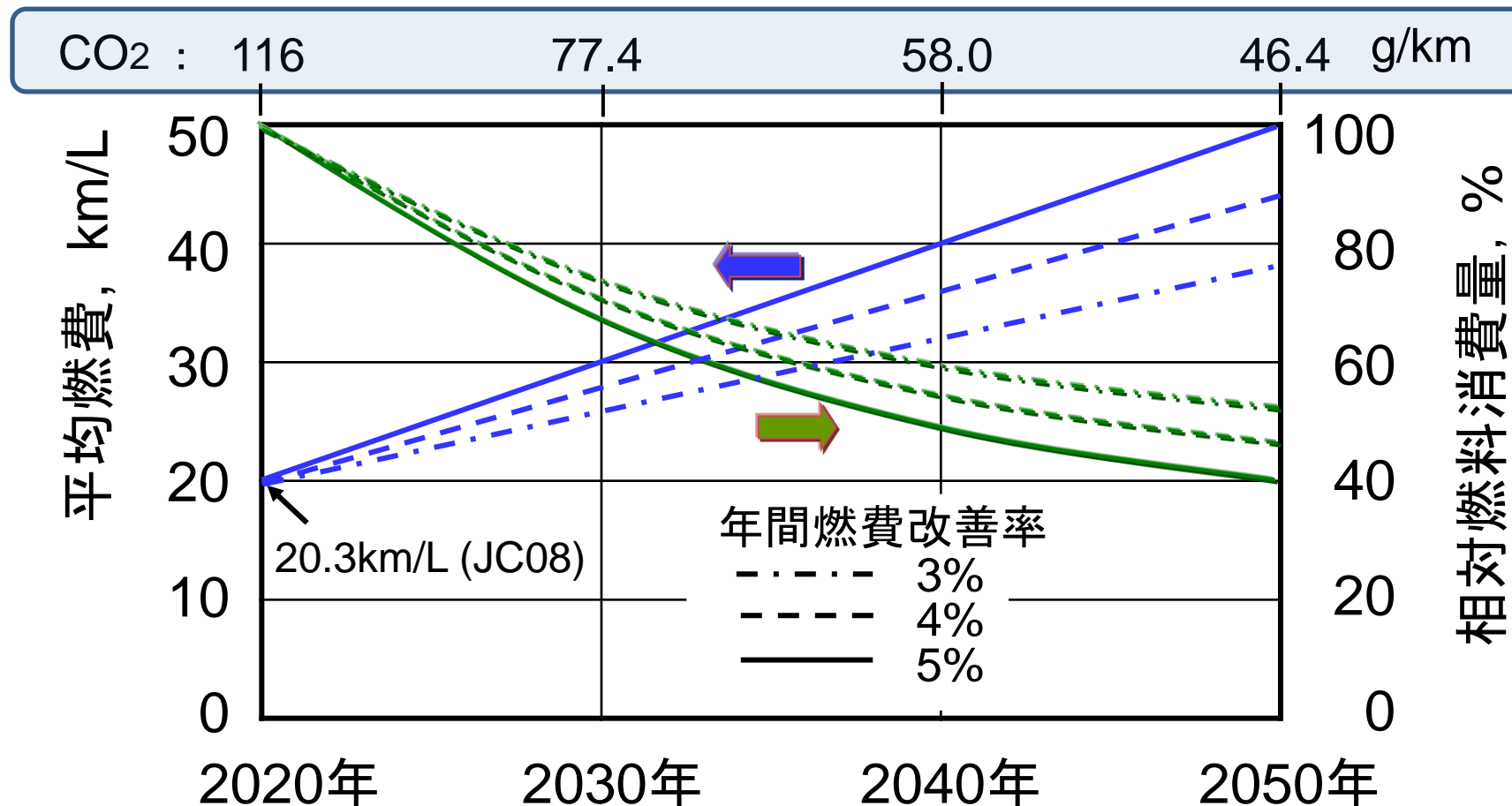
<再生可能エネルギー>



☆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なLCAとともに費用対効果の評価が必要である。

乗用車の将来の平均燃費目標

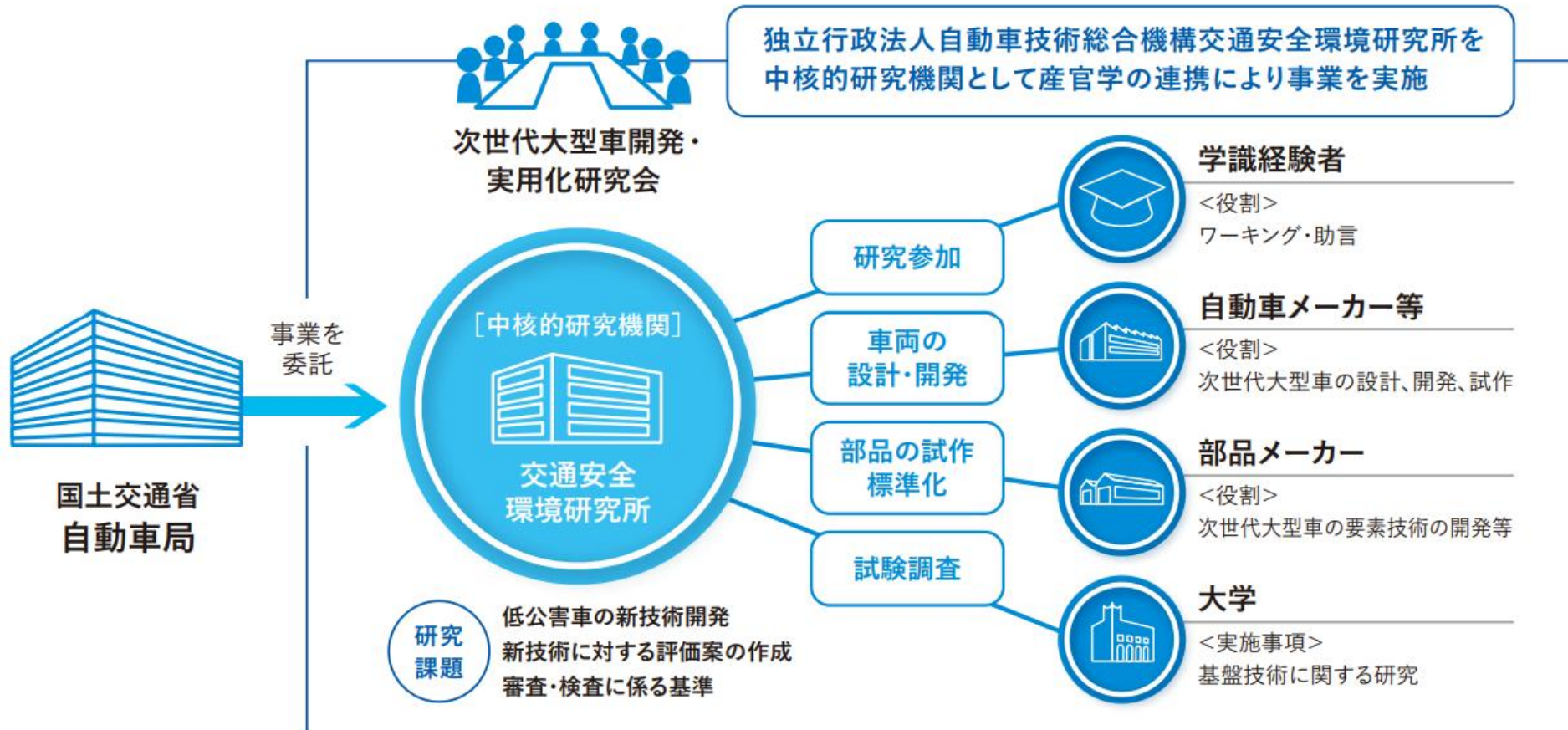
改善率:5%/年



□長期的に大幅な燃費改善／CO₂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。

《2002年度～2018年(第1～4期)》

国交省HPより



《課題対象》

- ❑ 燃料: DME, FTD, 水素, CNG, LNG
- ❑ 電動バス・トラック: HEV, PHEV, BEV
- ❑ スーパークリーンディーゼル車
- ❑ 各種車両の燃費・排出ガス性能の試験法開発

- 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？
 - ・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。）
リニア新幹線で余剰となる新幹線の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CO₂低減
が難しい状況！

CO₂の低減効果の
評価が必要！



“CASE”, “MaaS” with Corona Virus 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?
- ・ 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)

□われわれは、どんな『社会』と『生活』を望むか？

- ①技術先進国として一定の成長率を維持し、経済的に満たされた生活。
- ②低成長を受け入れ、地域に根差した牧歌的生活。①と②の両立はあるか？
- ・超高齢化，労働人口の減少を前提とすべき！
- ・「コンパクトシティ」「スマートシティ」は実現可能は？

コロナ禍を克服して

- ✓ 低炭素社会
- ✓ 自然共生社会
- ✓ 循環型社会

□さらに安全で環境に優しい『移動』と『物流』を実現する手段とは？

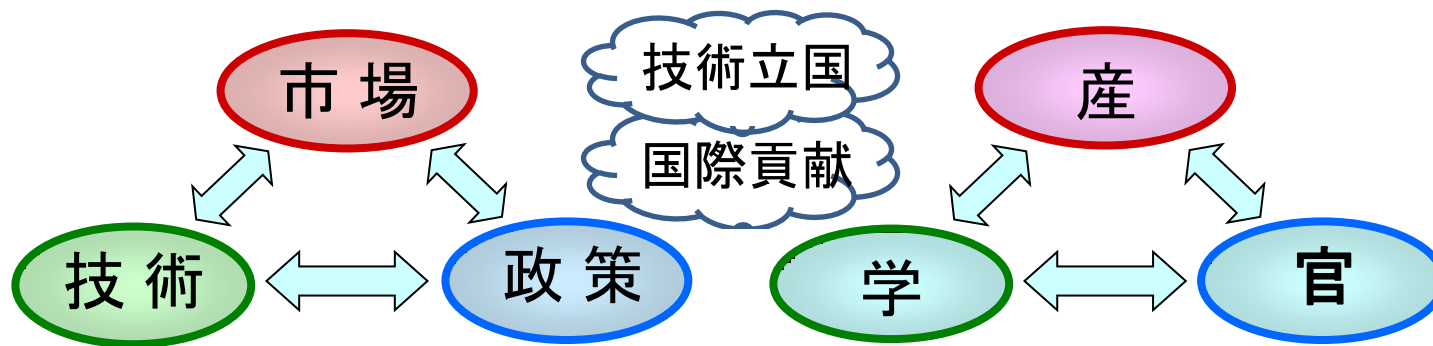
- ・公共交通機関／マイカー／タクシー／カーシェア／ライドシェア／長距離ライドシェア
- ・パーソナルモビリティ(バイク／自転車／シニアカー／電動ツール／徒歩)
- ・運転支援／自動運転(乗用車, コミュニティバス, 宅配, 高速道トラック)
- ・電子商取引／買い物代行(ネットショッピング／ドローンの利用)
- ・ロボットの活用: ラストワンマイル／域内移動／物流ターミナルの荷捌き
- ・ワークシェア／テレワーク／サテライトオフィス／クラウドソーシング(ワーキング)

働き方改革

交通権

☆高齢者・交通弱者や過疎地住民への対応も重要な課題

2030年から2050年に向けた取組み



- 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。
- 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(デマンドレスポンス、VPP等)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、社会受容性を確保しつつ、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。交通安全も含めて産学官が協力し、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。



ご清聴有り難うございました。