

J-MAPにおける自動車・燃料研究の意義

～PEC/JPECの活動を振り返って～

2020年3月

大聖 泰弘

(早稲田大学 研究院 次世代自動車研究機構)

J-MAP自動車・燃料専門委員会



Japan Marine and Auto
Petroleum Program

わが国の大気汚染に係る環境基準

物 質	環境上の条件	達成状況
二酸化硫黄 (SO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ1時間値が0.1ppm以下であること。	全域で達成。
二酸化窒素 (NO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下。	わずかに未達成地域が残る。
浮遊粒子状物 (SPM)	PM10: 1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下で、かつ1時間値が0.20mg/m ³ 以下。	ほぼ全域で達成。
	PM2.5: 1年平均値が15μg/m ³ 以下で、かつ1日平均値が35μg/m ³ 以下であること。	未達成地域が残る。
光化学オキシダント (Ox)	1時間値が0.06ppm以下であること。	全域で未達成。
一酸化炭素 (CO)	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。	全域で達成。

注) 平成9年2月にベンゼン(1年平均値0.06ppm以下), トリクロロエチレン(同0.2mg/m³), テトラクロロエチレン(同0.2mg/m³), 平成11年12月27日にダイオキシン類(同0.6pg-TEQ/m³), 平成13年4月20日にジクロロメタン(同0.15mg/m³), 平成21年9月には, PM2.5の大気汚染に係る環境基準がそれぞれ設定されている。

自動車排出ガス・燃料規制の仕組み

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)

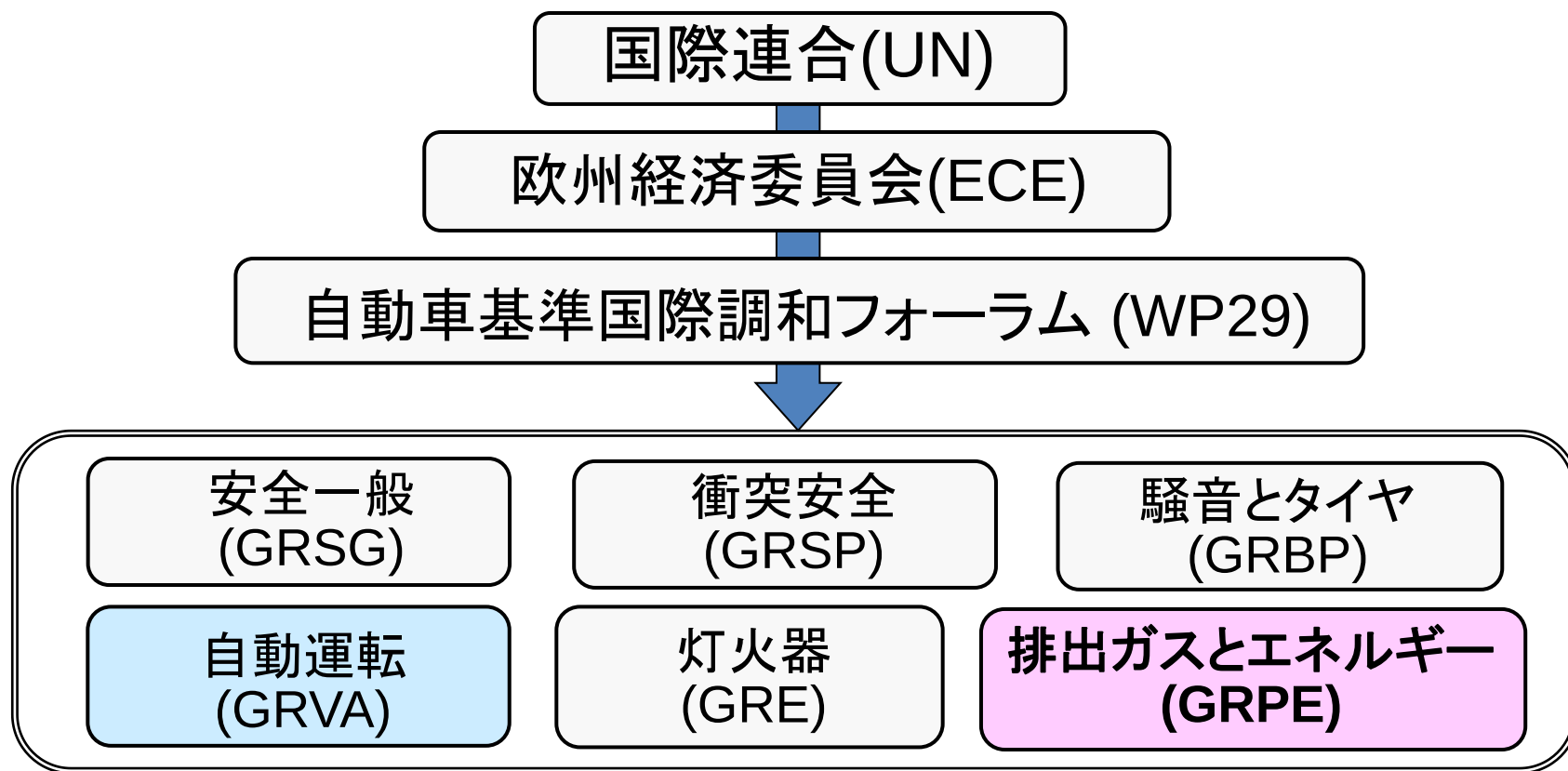
道路運送車両法
(国土交通省)

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)

自動車に関する国際基準調和活動の枠組み



- 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。
- 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。

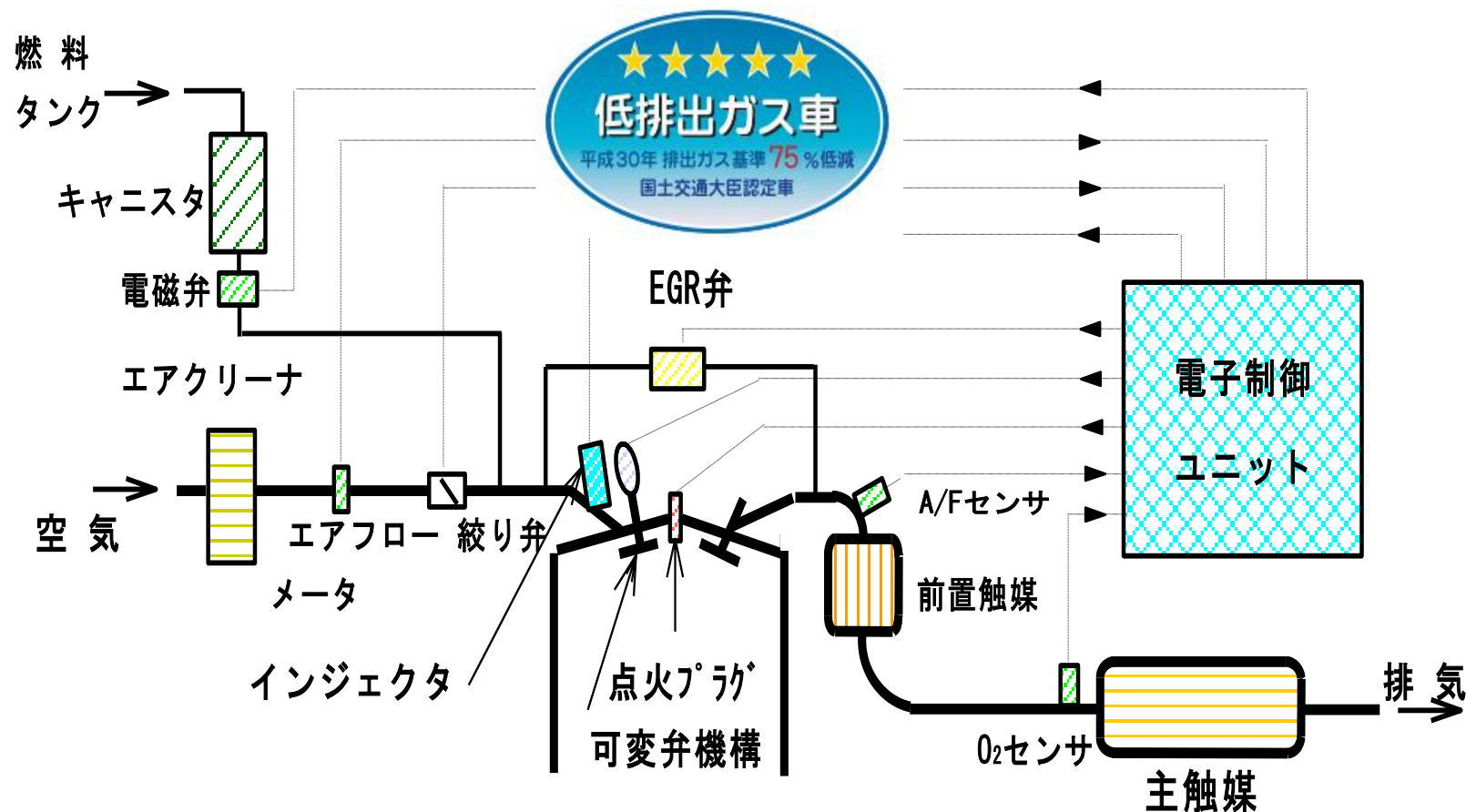
自動車排出ガス規制に係る中央環境審議会の答申

中間答申1996年 第二次 1997年	二輪車規制導入，ガソリンの低ベンゼン化 ガソリン車の新短期，新長期規制 ディーゼル特殊自動車の規制導入	PEC/JPECの活動 1997
第三次 1998年10月	ディーゼル車の新短期（2003～2004年実施）， 新長期規制	JCAP I
第四次 2000年12月	ディーゼル車の新長期規制前倒し（2005年実施）， ディーゼル特殊自動車の規制前倒し <u>軽油の硫黄分低減</u> （500→50ppm）	2002
第五次 2002年4月 第六次 2003年6月 第七次 2003年7月	ディーゼル・ガソリン車の新長期規制 二輪車，特殊自動車の規制強化 <u>軽油の超低硫黄化</u> （50→10ppm）	JCAP II
第八次 2005年4月	ガソリン，軽油の燃料品質の規制強化 ディーゼル・ガソリン車のポスト新長期規制 （2009～10年実施，リーンバーン直噴車PM規制）	2007
第九次 2008年1月 第十次 2010年7月 第十一次 2012年8月	ディーゼル特殊自動車の規制強化 ディーゼル重量車のNOx挑戦目標，E10燃料 二輪車，ディーゼル重量車，ディーゼル特殊車の 排出ガス低減対策	JATOP I 2012 JATOP II
第十二次 2015年2月 第十三次 2017年5月	乗用車等の排出ガス試験法の国際調和（WLTC） 燃料蒸発ガス対策，ストイキ直噴車のPM規制 二輪車の排出ガス低減対策	2015 JATOP III 2018 J-MAP
第十四次 検討中	2020年度前半に提示予定（PN規制他）	2020

わが国における燃費基準の沿革

(1973年)	(第1次石油ショックの勃発)	PEC/JPECの活動
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	1997
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)	JCAP I
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)	2002
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)	JCAP II
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)	2007 JATOP I
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。	2012 JATOP II
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	2015 JATOP III
2017年12月	重量車燃費基準の策定(2025年度目標)	2018 J-MAP
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)	2020

ガソリンエンジンの代表的な排出ガス対策例

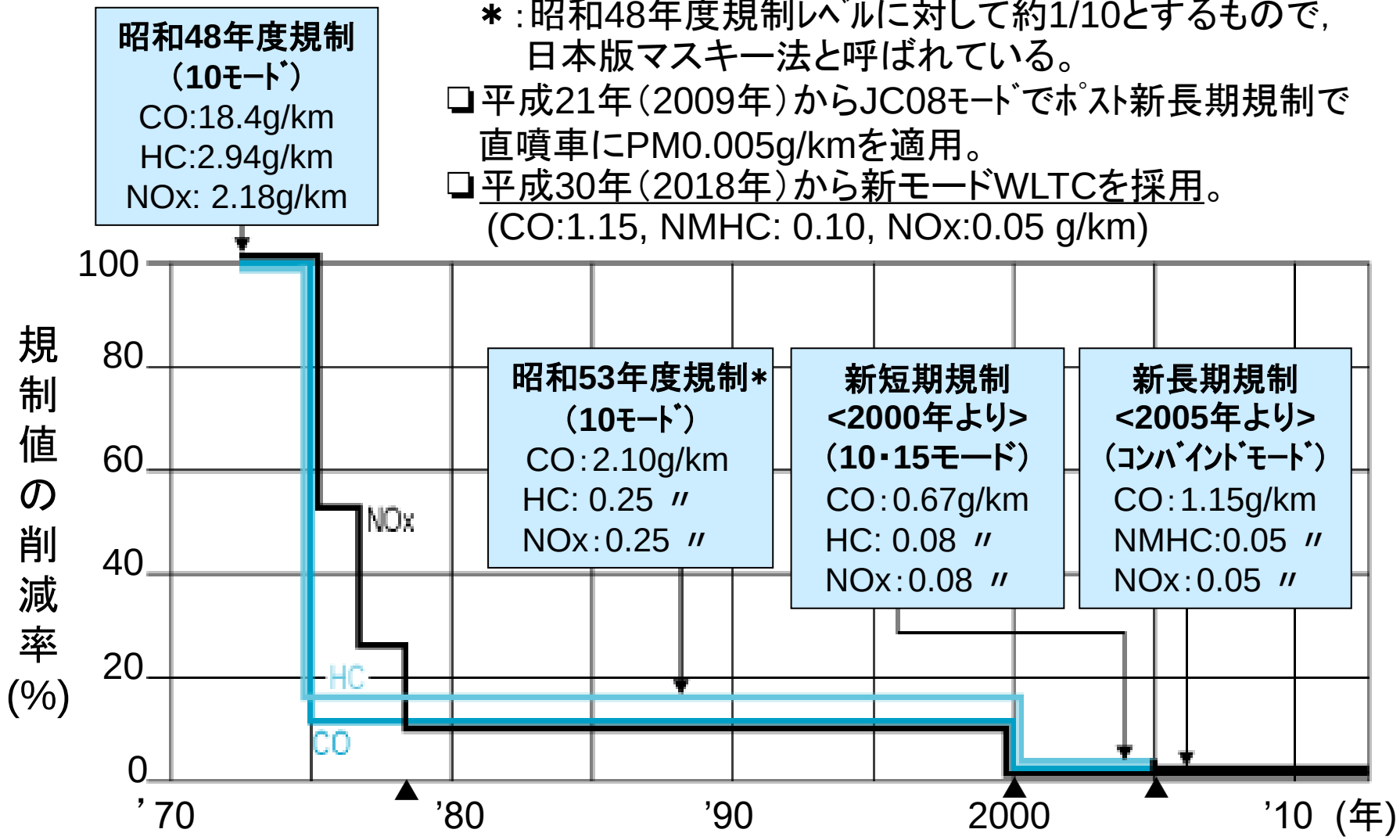


- ❑ ガソリン車は、理論混合比燃焼での三元触媒システムを含む精緻な制御により超低排出ガス特性を実現している。リーンバーンでこれを達成することは難しいのが現状である。
- ❑ 中長期的には燃費規制の強化に適合してさらに進化を続ける必要がある。

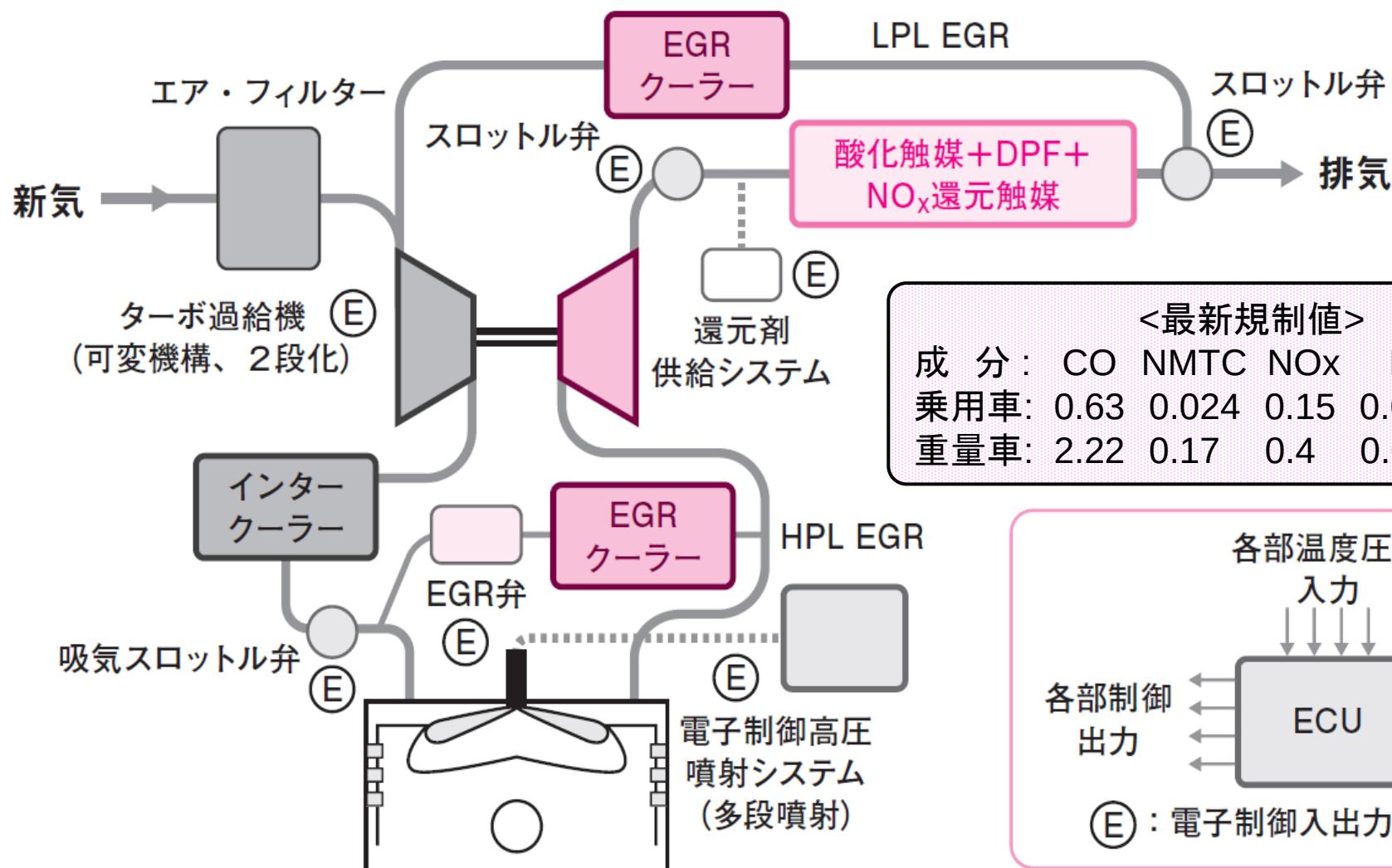
わが国におけるガソリン乗用車の排出ガス規制値の推移 ⁸

(国交省・自工会資料他)

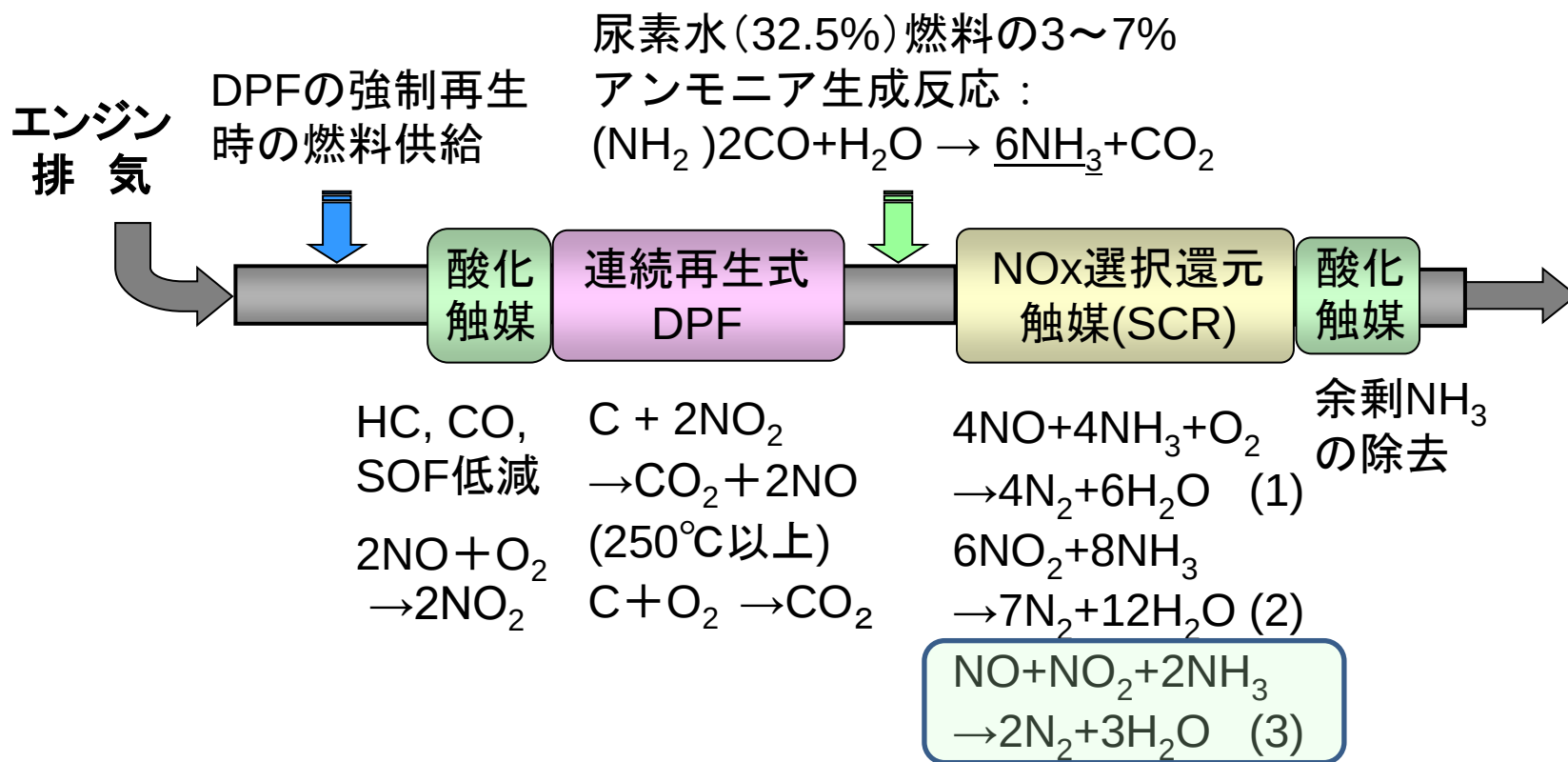
- ❑ 昭和41年(1966年) 4モードによるCOの濃度規制を開始。
- ❑ 昭和50年から11モードによる冷始動時の規制も実施。
- * : 昭和48年度規制レベルに対して約1/10とするもので、日本版マスキー法と呼ばれている。
- ❑ 平成21年(2009年)からJC08モードでポスト新長期規制で直噴車にPM0.005g/kmを適用。
- ❑ 平成30年(2018年)から新モードWLTCを採用。
(CO:1.15, NMHC: 0.10, NOx:0.05 g/km)



ディーゼルエンジンの代表的な排出ガス対策例



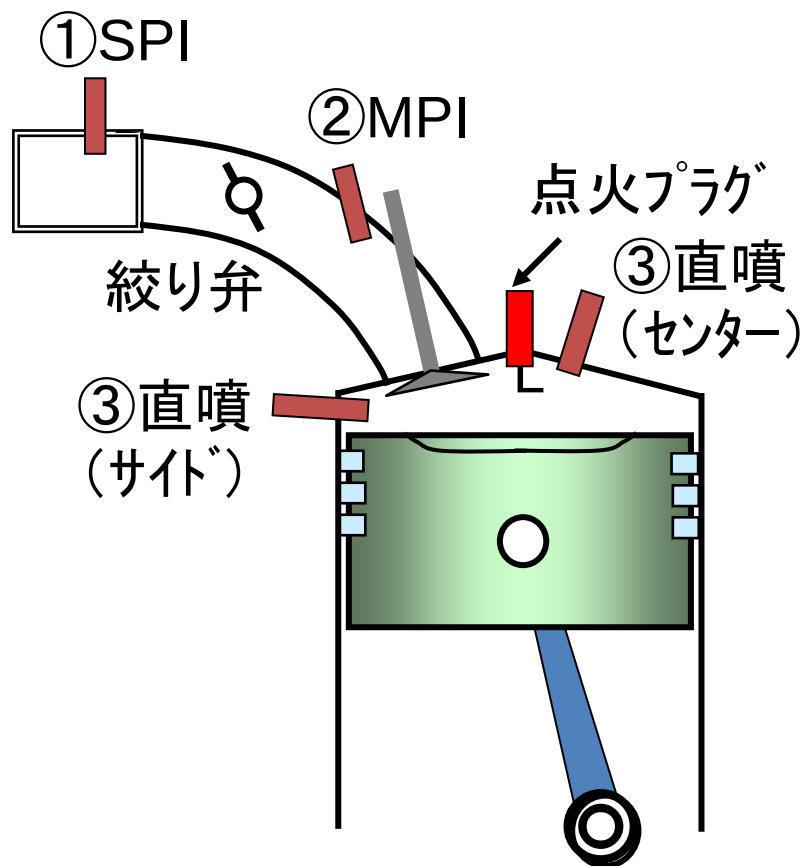
低硫黄軽油を利用して、燃料噴射系と排気後処理(DPFと尿素SCR)の最適な制御システム化、信頼・耐久性の確保、コスト低減が重要。長期的に一層の高効率化を目指す必要がある。



- <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

ガソリンエンジンにおける燃料供給方式とその特徴

①→③: 燃料の輸送遅れ,
分配性, 始動性の改善



① SPI (シングルポイントインジェクション)

○ 簡易的なシステム

△ 厳密な空燃比制御が困難

② MPI (マルチポイントインジェクション)

○ 厳密な空燃比制御が可能

○ 気筒間の供給バラツキの抑制

◎ 三元触媒によりNO_x大幅低減

③ 筒内直接噴射

◎ 希薄な成層燃焼/理論混合比

◎ 耐ノック性向上(高圧縮比化)で
燃費改善, LSPI/HSPI対策

◎ 過給・ダウンサイジングとの組合せ

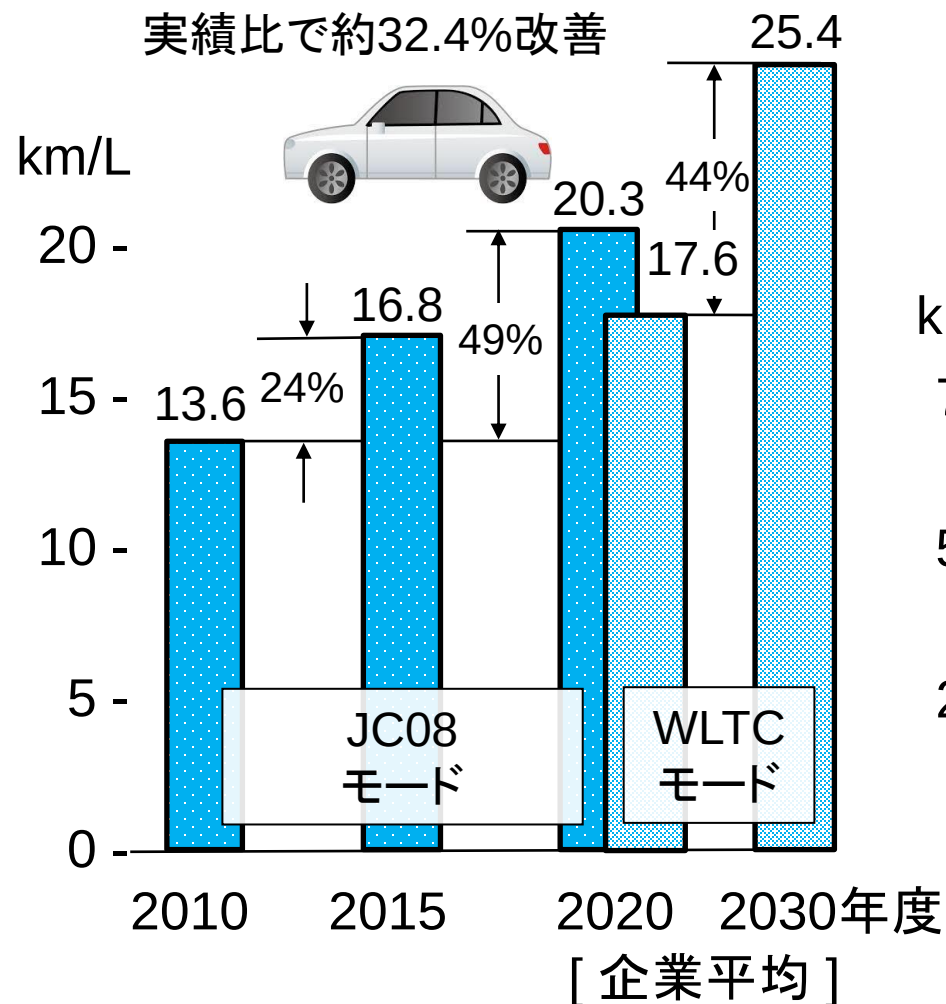
○ 大量EGRによるHCCIの可能性

△ 低温PM, PN対策, GPFが必要?

△ 希薄燃焼ではNO_x還元触媒が
必要(低S燃料が必須)

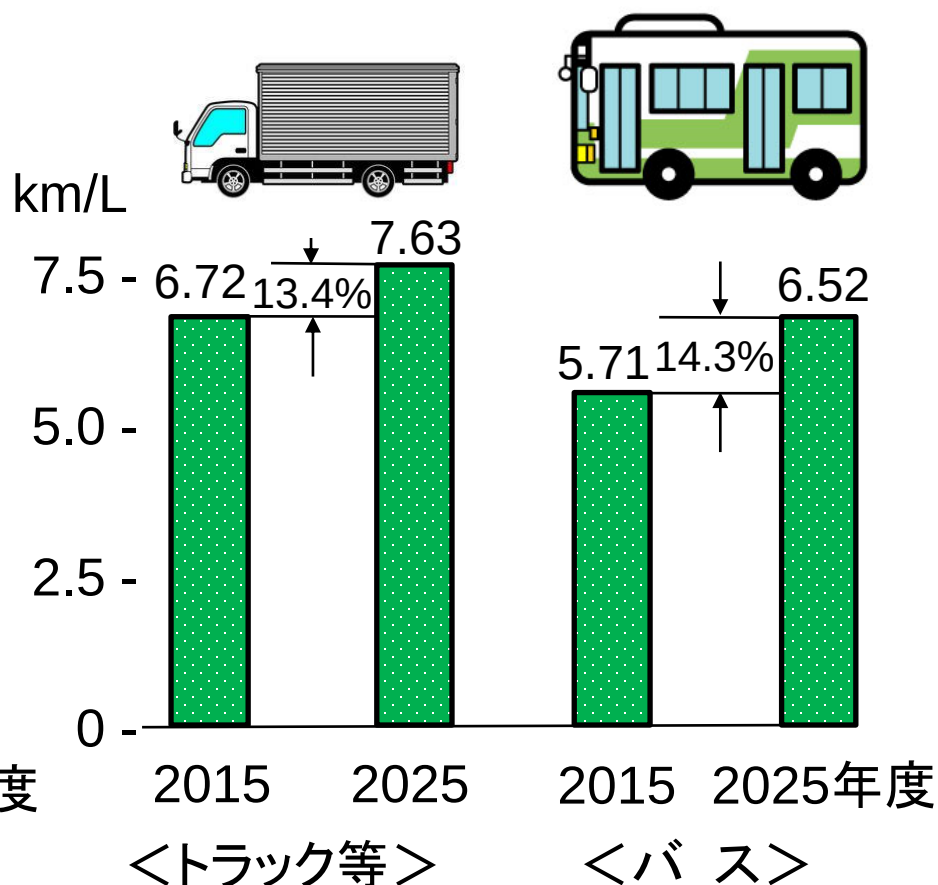
△ コスト高

□ 2030年度基準では2016年度実績比で約32.4%改善



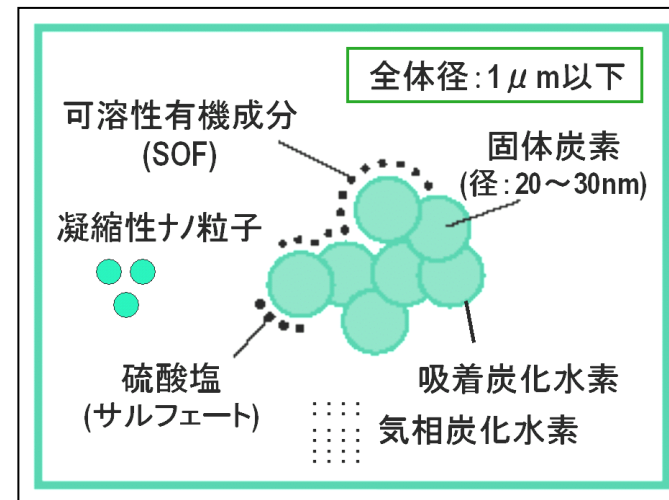
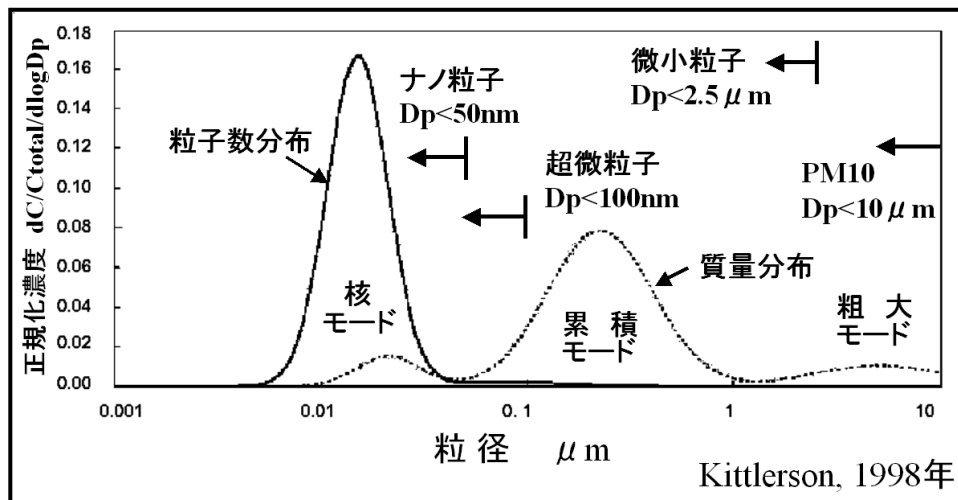
《乗用車》

□ 2015年度基準では2002年度実績比で約12%改善



《重量車》

ディーゼルナノ粒子の生成と対策



影響因子	・燃料性状（・排気温度　・大気との希釈率　・保持時間　・湿度）
成分	・軽油の硫黄分　・潤滑油と添加剤　・燃料と燃焼起源（T90, 芳香族）
生成要因	・低温でDPF内に捕捉された成分の温度上昇時の蒸発と希釈による凝縮 ・DPF再生時, NOx吸蔵触媒でのリッチスパイク時
規制動向	・EUでのPN規制: 乗用車 6×10^{11} 個/km, 重量車 6×10^{11} 個/kWh ★直噴ガソリン車にも適用（冷始動, 壁面衝突等で排出, GPFが必要か?） ・わが国でも“PM2.5”の環境基準が設定された。（2009年9月）
対策	・大部分はDPFで捕捉可能。酸化触媒でも除去　・軽油低硫黄化 ・潤滑油消費量の低減, 添加剤の改善　・DPF再生時とリッチスパイク時対策
課題	・PM2.5への影響の解明　・測定法の確立　・粒子数規制の可否の検討

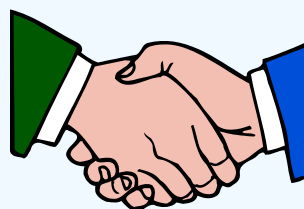
PEC/JPECにおける燃料利用技術事業

将来の自動車・燃料における技術課題の解決を 目指した自動車・石油の共同研究

- ・ 将来の環境課題の解決・エネルギーセキュリティ確保に寄与
- ・ 将来の燃料を適用する際の技術課題の確認と解決策の検討

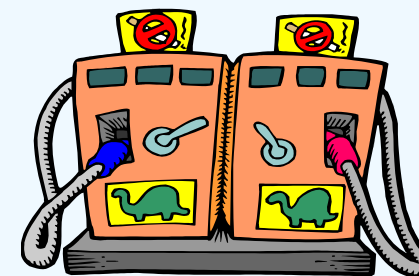


自動車に関する技術
(既販車や最新規制車で
燃料を使う側)



共同研究

経済産業省補助金事業

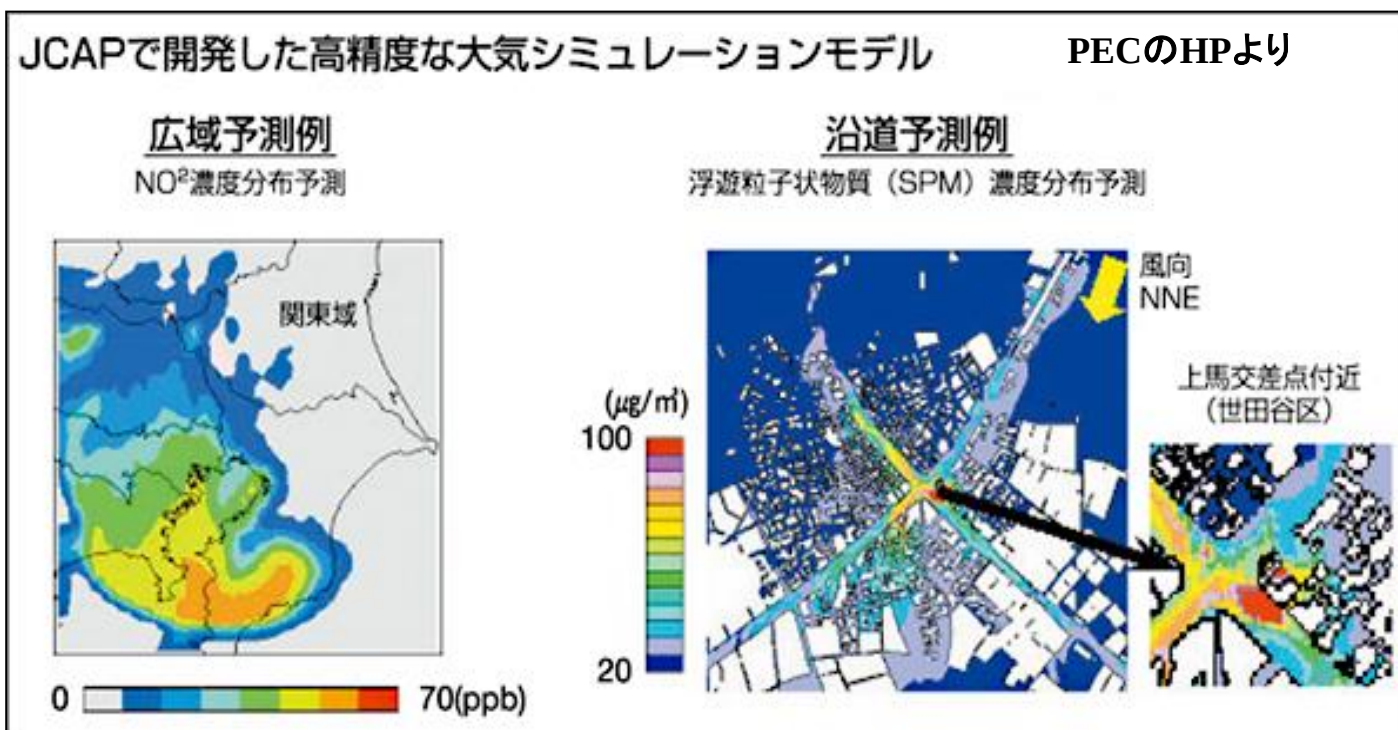


石油燃料に関する技術
(燃料を作る側)

自動車・燃料技術に関する重要な課題を効果的に解決

JCAPから, JTOP, J-MAPへと, 「大気環境保全・改善」を前提に, 地球温暖化, エネルギーセキュリティ対応のため, 「CO₂削減」「燃料多様化」「排出ガス低減」を同時解決する自動車・燃料利用技術の確立を目指す。

- 原油性状や各成分の需給関係からガソリンや軽油の組成や性状が変わる可能性があり, 既販車の燃費や排出ガスへの影響を調査し, その対策方策を探る。
- 排出ガス規制の強化による大気環境改善効果の検討・評価を行う。(大気モデルの活用・提供を図る。)



PEC/JPECにおける燃料利用技術事業の経緯

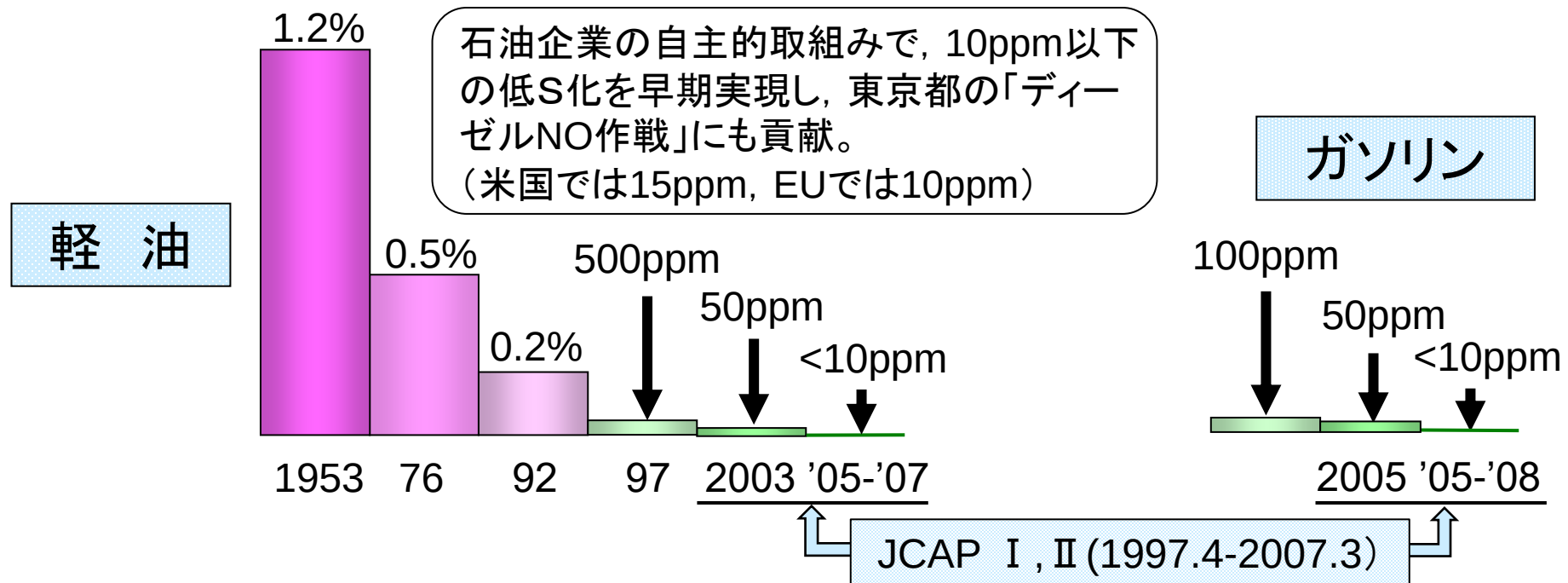
1997年4月自動車業界と石油業界の共同研究がスタートし、2020年に至る23年間の実績（経済産業省の補助金事業）

Japan AuTo Oil Program

Japan Clean Air Program

Japan Marine and Auto Petroleum Program

呼 称	JCAP I	JCAP II	JATOP I	JATOP II	JATOP III	J-MAP
期 間	'97.4～'02.3 (5年間)	'02.4～'07.3 (5年間)	'07.4～'12.3 (5年間)	'12.4～ '15.3 (3年間)	'15.4～ '18.3 (3年間)	'18.4～ '20.3 (2年間)
目 的	大気環境改善 (一層の 排出ガス低減)		「CO ₂ 削減」「燃料多様化」「排出ガス低減」の同時実現			
実 施 内 容	☐ ガソリン、軽油の低S化 (10ppmによるエミッション及び燃費向上効果を 確認 ☐ ETBE 8% (E3相当) 混 合利用は、排出ガスと実 用性能の点で問題のな いことを確認		☐ 燃料多様化への対応検討(JATOP I) ・バイオ燃料の高濃度利用(E10, ETBE22, B5等) ・非在来型石油基材の利用 ☐ 将来のディーゼル燃料の検討(JATOP I) ☐ 分解留分の自動車用燃料としての利用に関する研究 (JATOP II, III, J-MAP)			



- 排出ガス規制の強化に伴う低S化の必要性(大気中のSO₂も低減)
 - ・ NO_x低減のためのEGRによるエンジン部品の腐食摩耗の対策
 - ・ 潤滑油由来の灰分(CaSO₄)によるDPFの目詰まり防止(低アッシュ油の利用)
 - ・ NO_x吸蔵還元触媒におけるS成分の吸蔵・被毒の抑制
 - 特に新長期規制, ポスト新長期規制対応のリーンバーン直噴ガソリン車とディーゼル車における利点(被毒回復制御時に必要な燃料消費量の抑制)
- 精製過程での超深度脱硫によるCO₂増加
 - ・ NO_x吸蔵還元触媒装着車の普及促進で克服?
- 船用エンジンの硫黄は、2020年に2.0%から0.5%以下に低減(J-MAP)

既販車でバイオ燃料や低セタン価燃料を使用した際の「CO₂削減」「燃料多様化」「排出ガス低減」の3課題の同時実現の可能性を明確化する。

□バイオディーゼル(FAME)を高濃度(5%超)に混合した場合のエンジン系統と排出ガスへの影響に関わる技術的課題を明確化

⇒FAME混合軽油の規格化(品質確保法):B5

□エタノール10%混合ガソリン(E10)の規格化(品質確保法, JIS)と車両における技術的課題を明確化

⇒運転性能, 燃料系統部品の耐腐食性, ゴム材の透過/膨潤の防止, 燃料蒸発ガス抑制機能など安全・環境面の対策が講じられることになった。

□将来を想定した低セタン価試験燃料使用時の既販車における運転性能, 排出ガスへの影響を把握

＜背景＞：国内燃料油需要の減少とA重油及びB・C重油の需要減少に対して
重質油の分解系ガソリン・軽油の有効利用の検討を行うことが重要。

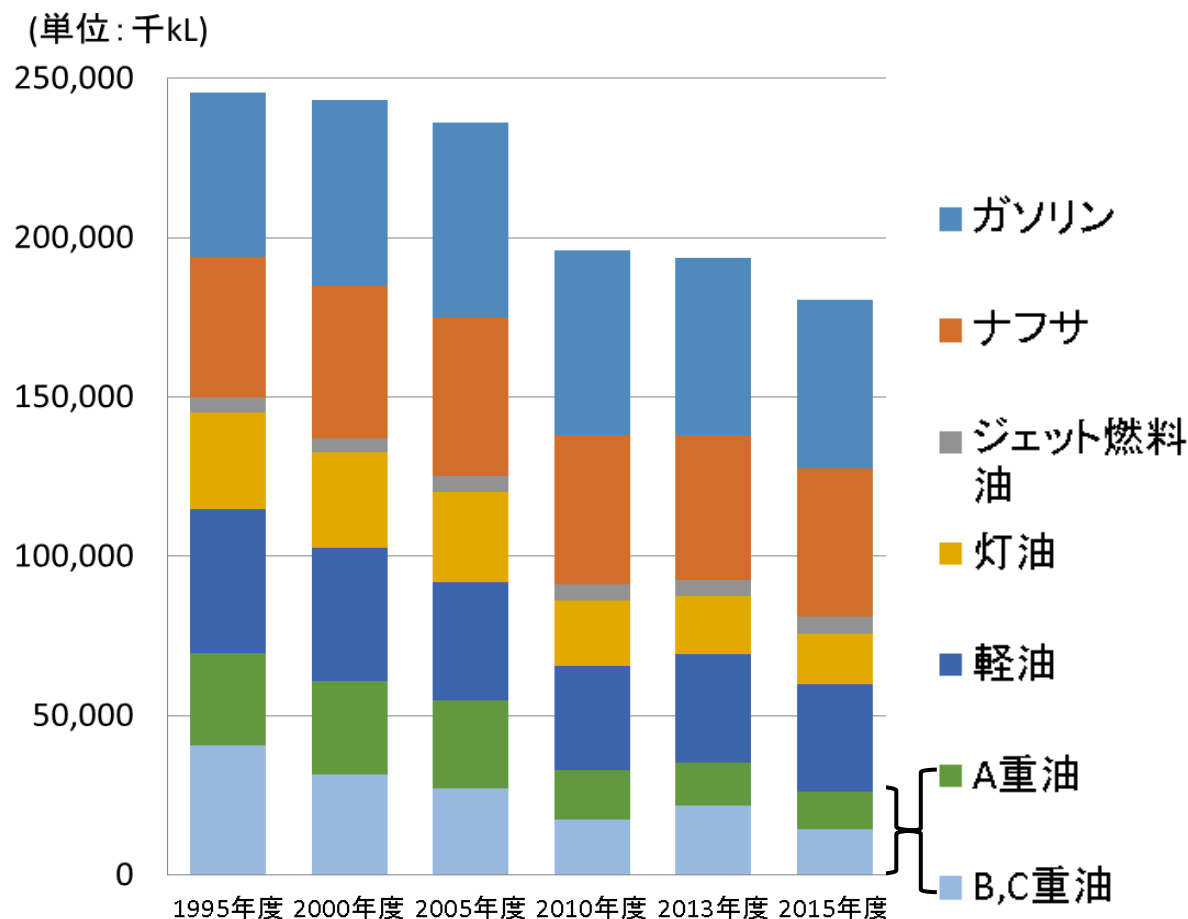
⇒ JATOP II, IIIの取組みへ

□1次告示(2010年7月):
「重質油分解装置」装備率
(重質油分解装置能力/
原油処理装置能力)の
向上義務づけ

□2次告示(2014年6月):
「残油処理装置」装備率
(残油装置能力/
原油処理装置能力)の
向上義務づけ

□3次告示(2017年10月):
「減圧蒸留残渣油(VR)」の
処理率向上義務づけ

(資源エネルギー庁HPを参照)



JATOPⅢの成果(1)～ディーゼル車研究の成果～

JATOP

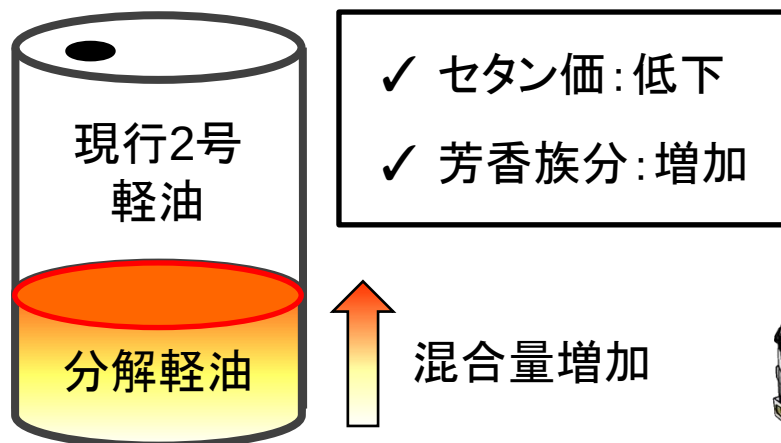
□燃料側

分解軽油混合増で芳香族分が増えても、一定のセタン価を維持しつつ蒸留軽質化することが、DPF負荷に対する燃料側の対策として有効なことを明らかにした。一方、セタン価向上剤に含まれるN成分によって、NO_x排出量が増加する点に注意を要する。

□車両側

そのような燃料を利用する場合、尿素SCRシステムはNO_xだけでなく、DPF負荷に対しても有効であることが分かった。

【分解軽油混合増による性状変化】



【懸念される自動車性能】



- ✓ 排出ガス・燃費
- ✓ DPF負荷
- ✓ 排気系ハード
- ✓ 噴射系ハード

～分解ガソリンの混合量増加に伴う影響について～

- ❑ オレフィンが30vol%程度まで増加しても、重質アロマが現行市場上限相当であれば、排出ガス、デポジットの悪化は認められなかった。
- ❑ その際、相対的にトータルアロマが減少するため、重質アロマが増加する場合でも、PNの増加を抑制できる可能性があることがわかった。例えば、トータルアロマが5vol%低減の場合、C11Aが1vol%増加しても、PNは分解ガソリン増量前と同程度以下になると考えられる。
- ❑ さらに、オレフィンが40vol%程度まで大幅に増加しても、重質アロマが現行市場相当(C11Aは1vol%程度)であれば、排出ガスとデポジットの悪化は認められなかった。

【分解ガソリン混合増による性状変化】



- ✓ オレフィン: 増加
- ✓ 重質アロマ: 増加



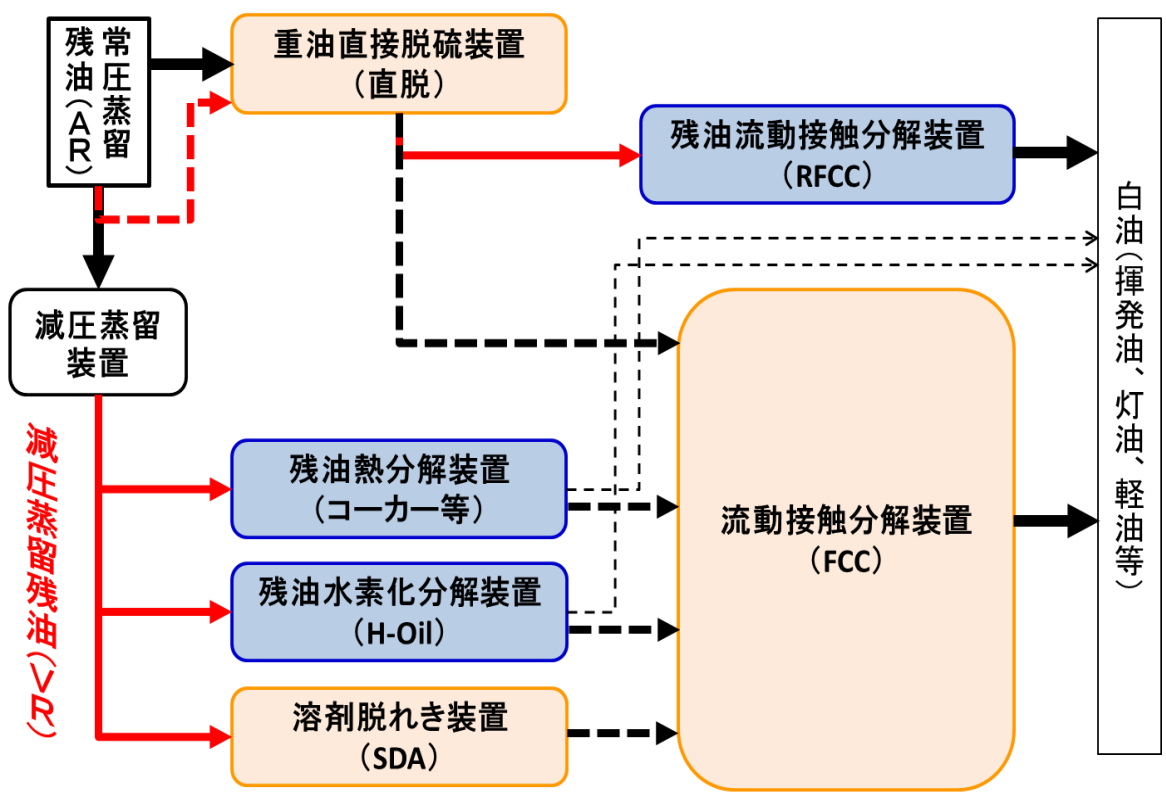
混合量増加

【懸念される自動車性能】

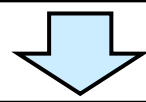
- ✓ 排出ガス・燃費
- ✓ デポジット



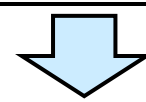
エネルギー供給構造高度化法の新基準を受けて



＜3次告示＞（2017年10月）
各社に減圧蒸留残渣油 (VR) の処理率 (=1日当りVR通油量/1日当り原油処理量) 向上を義務づけ。(2021年度末までに国内平均VR処理率を7.5%程度まで向上。)



残渣油の処理率の更なる向上により、分解系留分が増加すると想定される。



石油の有効利用の手段として、分解系留分の自動車燃料としての利用拡大が必要とされた。

1次告示
2010～2013年度
対象装置

2次告示
2014～2016年度
対象装置

3次告示
2017～2021年度
VR処理率(量)増加

JATOP I 2007～2011年度	JATOP II 2012～2014年度	JATOP III 2015～2017年度	J-MAP 2018～2019年度
------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------------

【1】JATOPⅢで明らかになった課題について、対策の可能性を明らかにする。

□ディーゼル車研究（自動車業界と石油業界の共同研究）

- ・DPF負荷に対する燃料側の対策として実用化に資する蒸留軽質化の効果を確認する。

□ガソリン車研究（自動車業界と石油業界の共同研究）

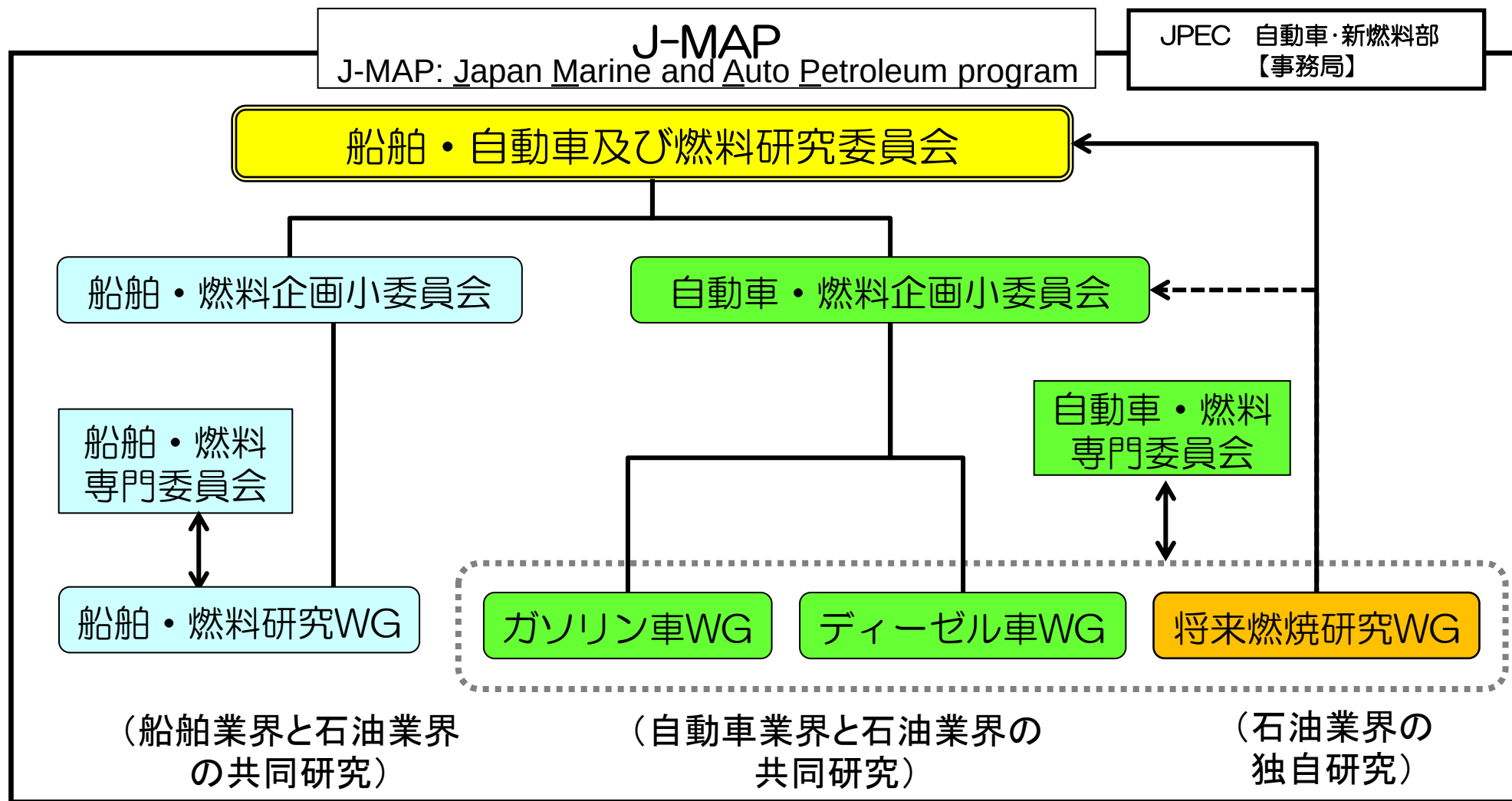
- ・分解ガソリンの利用拡大に伴って重質アロマ分が増える場合に懸念される自動車からのPN排出について、種々の車両技術に対する燃料組成による改善効果を把握する。
- ・分解ガソリンの利用拡大に伴ってオレフィン分、重質アロマ分が増える場合に懸念されるエンジンデポジットへの影響、添加剤等による改善効果を把握する。

【2】分解ガソリン留分の将来にわたっての利用可能性の把握に資する。

□将来燃焼研究（石油業界の独自研究）

- ・将来のエンジンにおける高効率燃焼技術の一つである「超希薄燃焼」に対する燃料性状影響に関する技術的知見を得る。

J-MAPの委員会・WG運営体制図



- ディーゼル車WG報告(自動車業界と石油業界の共同研究)
- ガソリン車WG報告(自動車業界と石油業界の共同研究)
- 将来燃焼研究WG報告(石油業界の研究)

今後の自動車用エンジン・燃料技術

