



2008年2月14日

社会資本整備審議会環境部会・
交通政策審議会交通体系分科会環境部会
第9回合同会議

自動車・燃料技術開発の長期的な動向

早稲田大学大学院創造理工学研究科

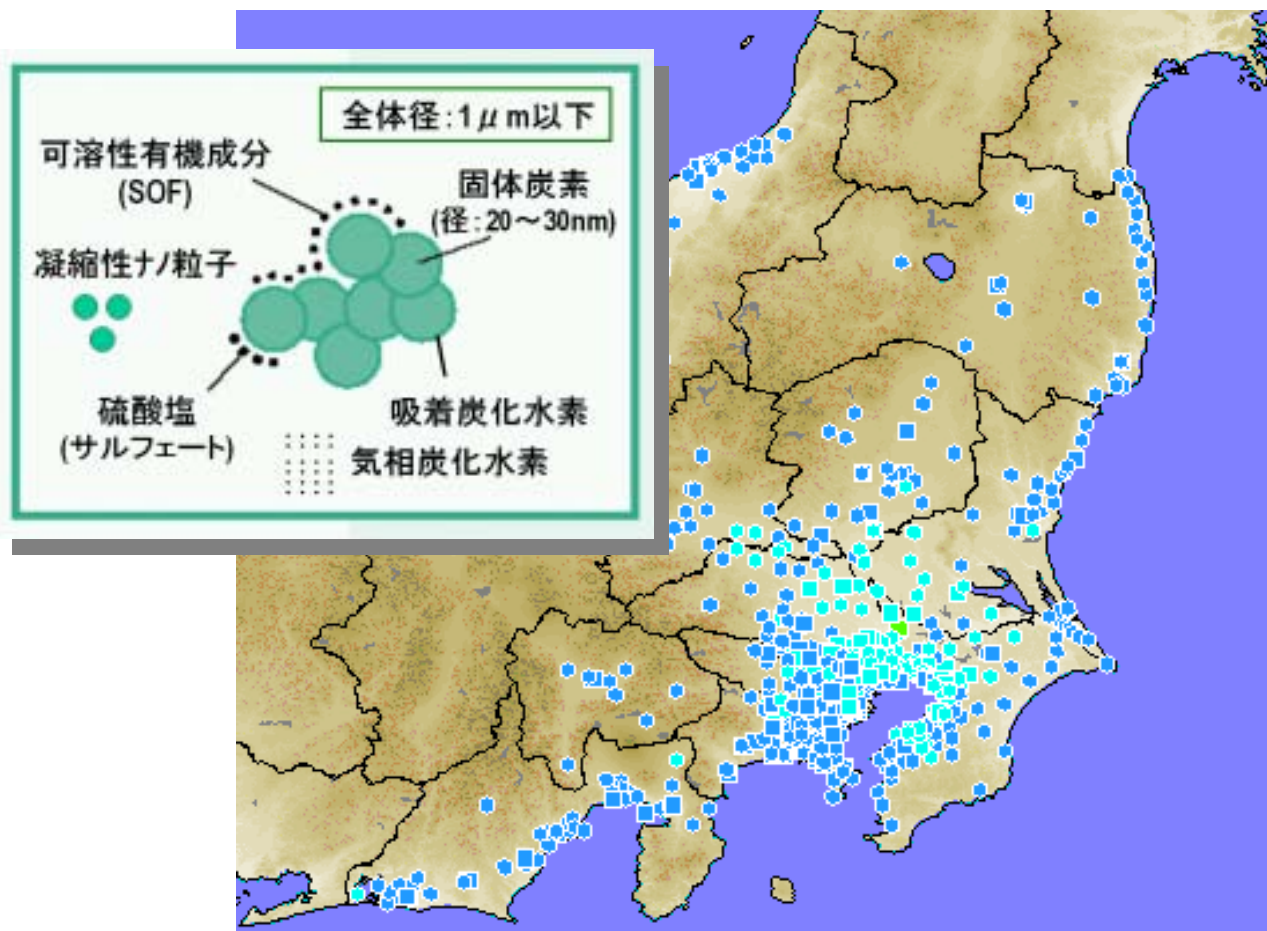
大聖 泰弘

Email: daisho@waseda.jp

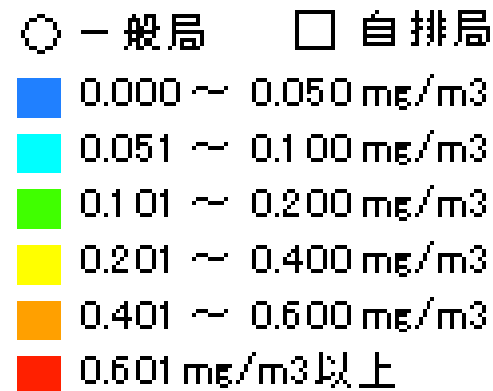
運輸部門における環境負荷低減とエネルギー消費の削減のための3つのアプローチ

- 【1】従来車の燃費改善 (効果の定量性がある。)
 - ・技術的に確実で、最も高いCO₂削減効果
 - ・燃費基準の強化 (2010, 2015年度の規制で4 ~ 5割改善)
- 【2】新動力システム・新燃料の導入 (定量的把握が可能)
 - ・ハイブリッド車 ・電気自動車 (・燃料電池車)
 - ・バイオマス燃料 (バイオエタノール, バイオディーゼル等)
 - ・現状では効果は限定的
- 【3】自動車利用に関わる取組み (今後定量的な把握が必要)
 - ・TDMの推進, ITSやITの活用
 - ・輸送 (積載効率の改善, 営自転換, モーダルシフト, etc)
 - ・業務 (ITの活用で移動を削減, マイカー通勤の自粛, etc)
 - ・私的な利用の見直しと改善 ・エコドライブ等

大気環境行政の最重要目標である 2010年でのNO₂とSPMの大気環境基準の達成は、ディーゼル車排出ガス規制の強化と地域的な取組み(自動車NO_x・PM法等や首都圏ディーゼル車対策)により概ね可能と予想される。



SPM濃度

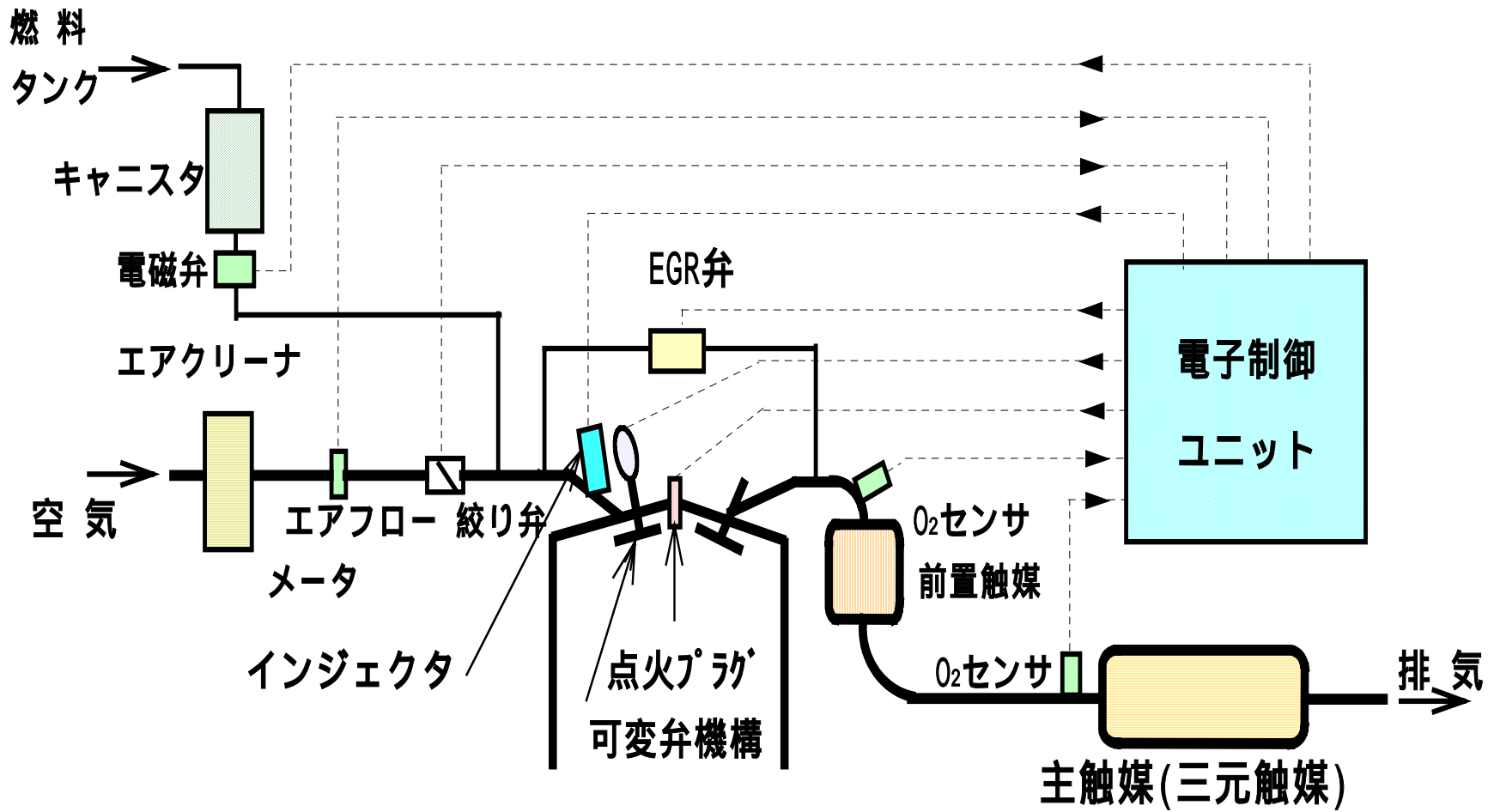


2006年12月5日
19時現在

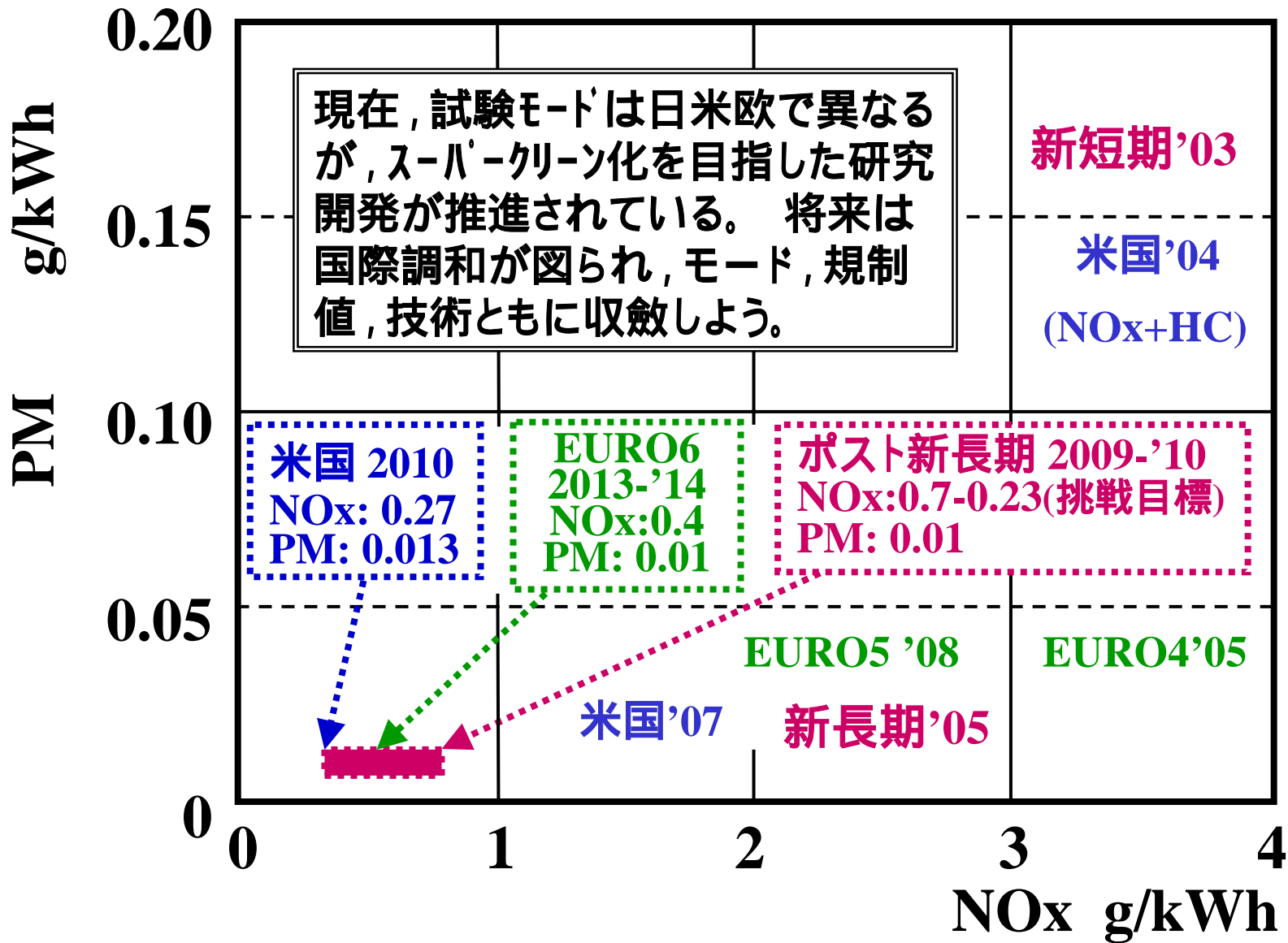
「そらまめ君」による

関東地方の浮遊粒子状物質濃度

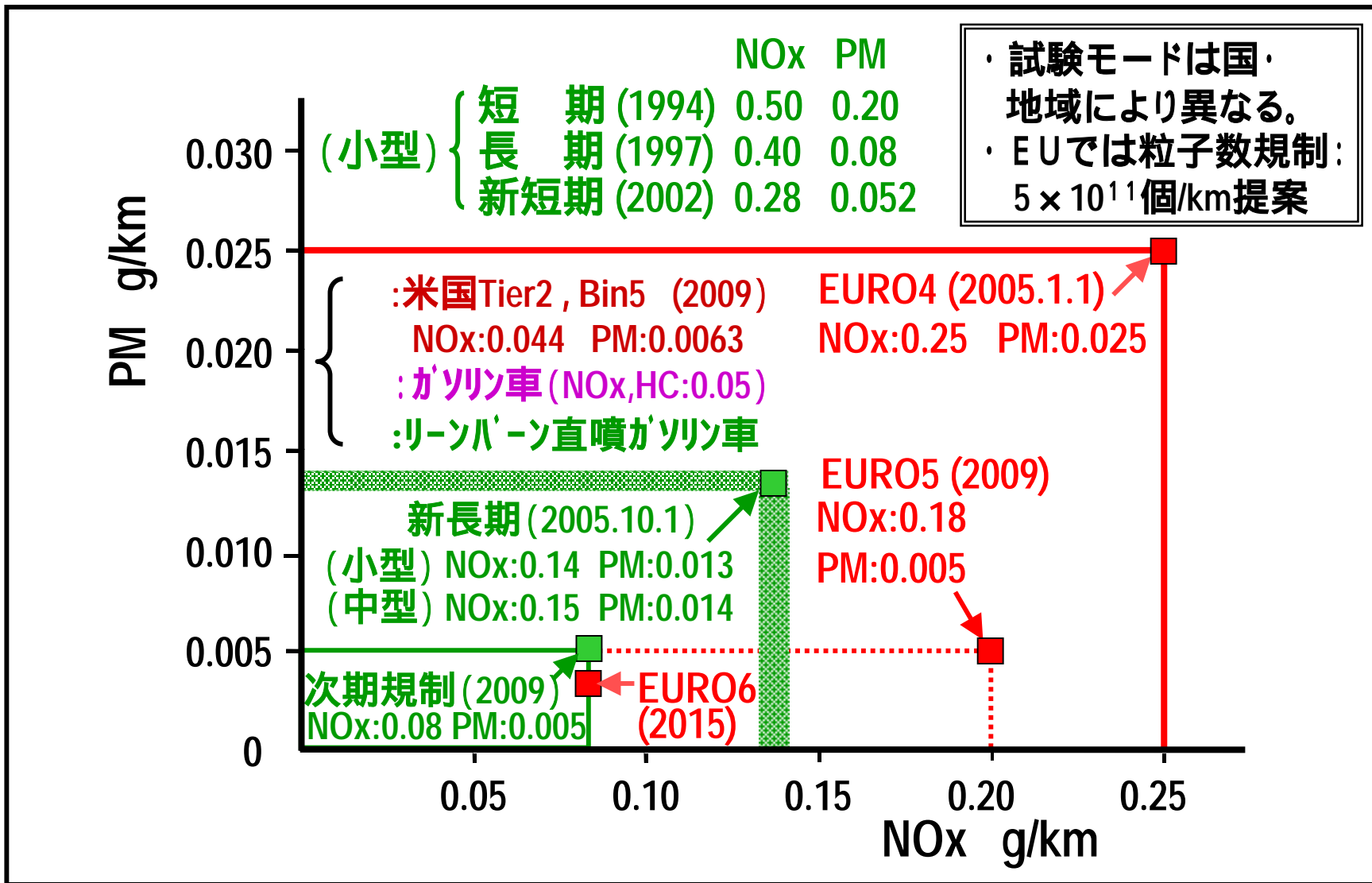
ガソリン車は新長期排出ガス規制(2005年開始)以降, 10・15モードからJC08モードへの変更に対応して冷始動・暖機時の対策を強化し, さらに超低公害車になりつつある!



ガソリンエンジンの排出ガス対策例

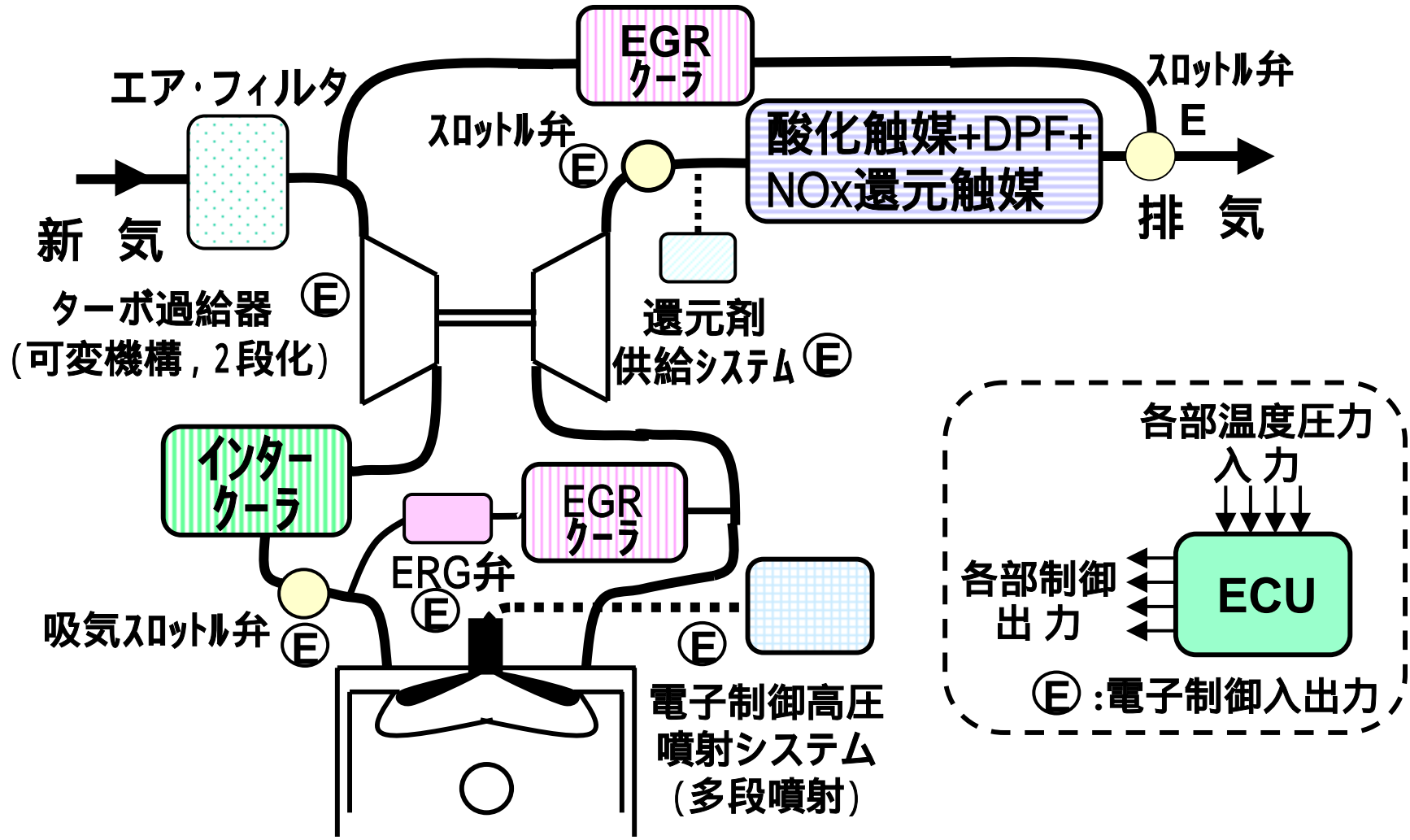


日米欧におけるディーゼル重量車のNO_xとPMの規制



日米欧におけるディーゼル乗用車の NOxとPMの規制値比較

噴射系，軽油の超低硫黄化，排気後処理等，各種技術の複合化の重要性が一段と高まっている。システム全体の最適な制御方式の確立が急務。



今後のディーゼルエンジンの排出ガス対策例

重量車の燃費基準 (2015年度)

【現 状】自動車全体のCO₂排出量の約40%を占める貨物車のうち、重量車は保有台数で約40%、CO₂排出量で約60%を占めている。世界初の燃費基準。(欧米からも注目)

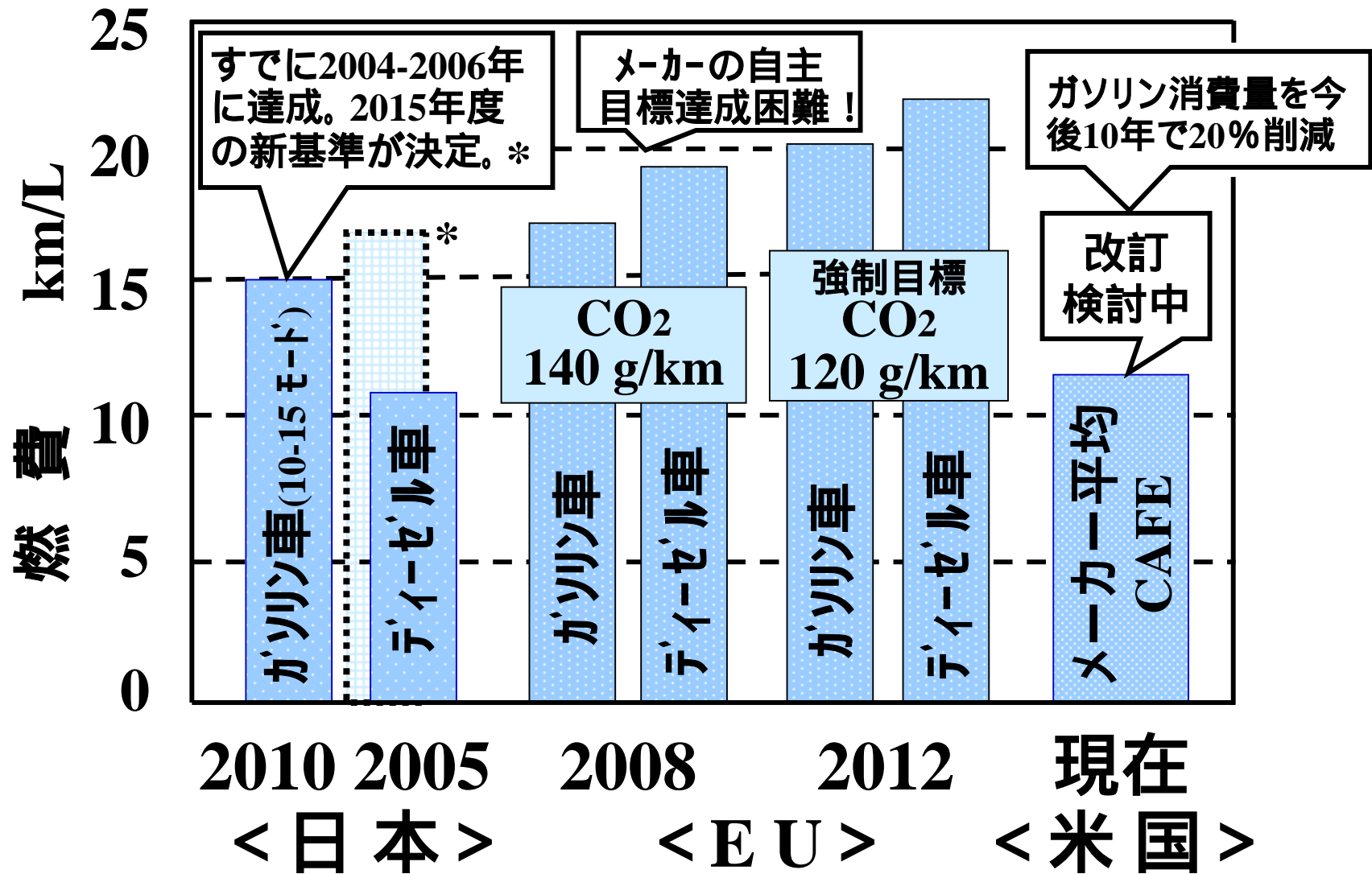
【目 標】重量車燃費の改善とCO₂の排出削減を図るため、自動車メーカー等の判断基準となる事項:

対象となる自動車の範囲	燃費区分
燃費基準値	目標年度

を設定。“トッランナー方式”に基づき、GVW3.5t超の車両に対して2002年度比で2015年度までに平均で12.2%改善する。

【手 法】車体の種類や形状が多いことを考慮し、定常運転でのエンジン燃費特性を元に数値シミュレーションによる評価を行う。

【課 題】2009-10年のポスト新長期規制への適合による燃費悪化を克服することが課題。



日米欧における乗用車燃費基準の比較

乗用車等の2015年度燃費基準 (経産省, 国交省, 2006年)

現 状

- 1995年度比で22.8%の改善を求めた2010年度の乗用車燃費基準はすでに達成され(2004年度に約22%改善), 2015年度基準が設定される。

改訂内容

- “トップラナー方式”を踏襲, 重量区分を一層細分化。
- エンジンと動力伝達技術の改善効果を積み上げることで, 2010年度基準値に対して平均で29.2数%の改善が可能になる見通し。(2004年度比で23.5%改善, 2015年度基準が達成されれば, 1995年度に対して実に51%の改善となる。)
- 乗用車はガソリン車とディーゼル車の区別を撤廃。

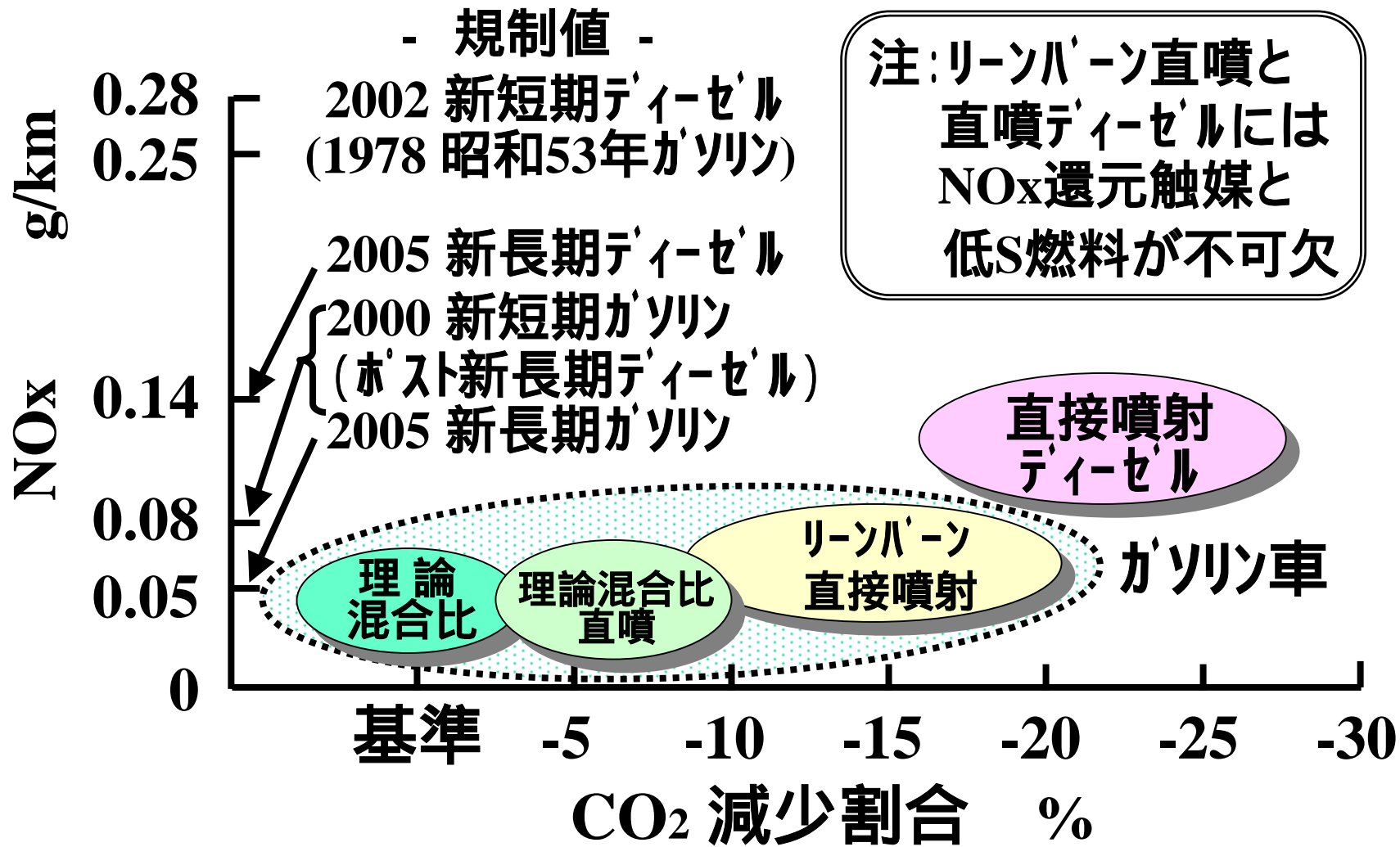
課 題

- 燃費改善技術によるコストアップを燃費改善で取り戻せるか?(グリーン税制で開発と普及を促進)
- モード燃費とともに, 実走行燃費の改善が重要。
- 燃費技術で世界をリードし, グローバルなCO₂削減に貢献。

自動車の燃費改善技術

燃費改善率 : 10%以上 : 5~10% : 5%以下

対 象		技 術 (G:ガソリン車, D:ディーゼル車)	
エンジン	新方式	直噴ガソリン(G) ミラサイクル	ハイブリッド化 リーンバーン(G)
	制 御	アイドルストップ 空燃比,点火時期制御	減速時燃料カット の高精度化(G)
	機 構	4弁化 可変弁機構(VVT等による可変圧縮比) 可変気筒機構	可変ターボ過給 エンジンの小型化
	摩擦低減	潤滑特性の改善	運動部の軽量化
駆動・伝達系	ATの改善	無段変速機(CVT) ATの電子制御化	自動化MT ATの多段化
車 体		軽量化(樹脂,軽金属,超高張力鋼の利用) 空気抵抗低減(高速時) 低転がり抵抗タイヤ	
その他		補機類の高効率化 廃熱の利用	



ガソリン乗用車とディーゼル乗用車における
NO_x と CO₂ のトレードオフ関係

今後のディーゼル乗用車の課題

高いトルク特性の反面，排出ガス規制の強化に対応した燃料噴射系，排気後処理系の開発が最大の課題。

運転条件に対応した精緻な制御方式の確立が必要性。

その際のコストが大幅にアップする。

- ・コストアップを量産効果でどこまで抑制出来るか？
- ・車両価格のアップ分を燃費の良さで取り戻せるか？

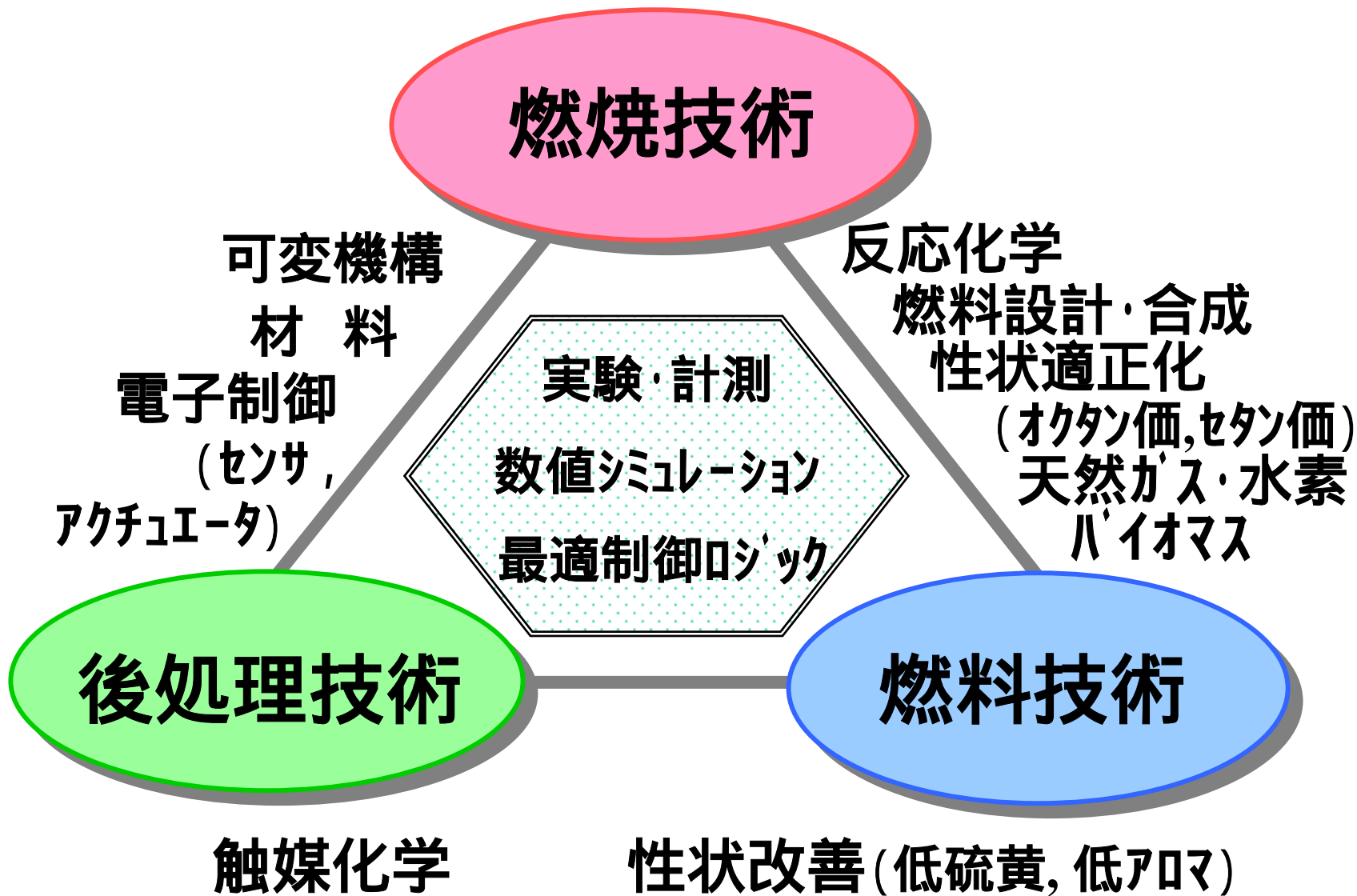
大衆車，中クラス車，高級車で商品性が異なる。

エンジンと変速機との組合せも重要。(MT, CVT, AT, AMT?)

今後，ガソリン車の一層の燃費向上(HCCI, 直噴, エンジンのダウンサイジング等)も見込まれ，コスト面でも競合する。

マイクロ・ハイブリッドやマイルド・ハイブリッドの可能性もある。

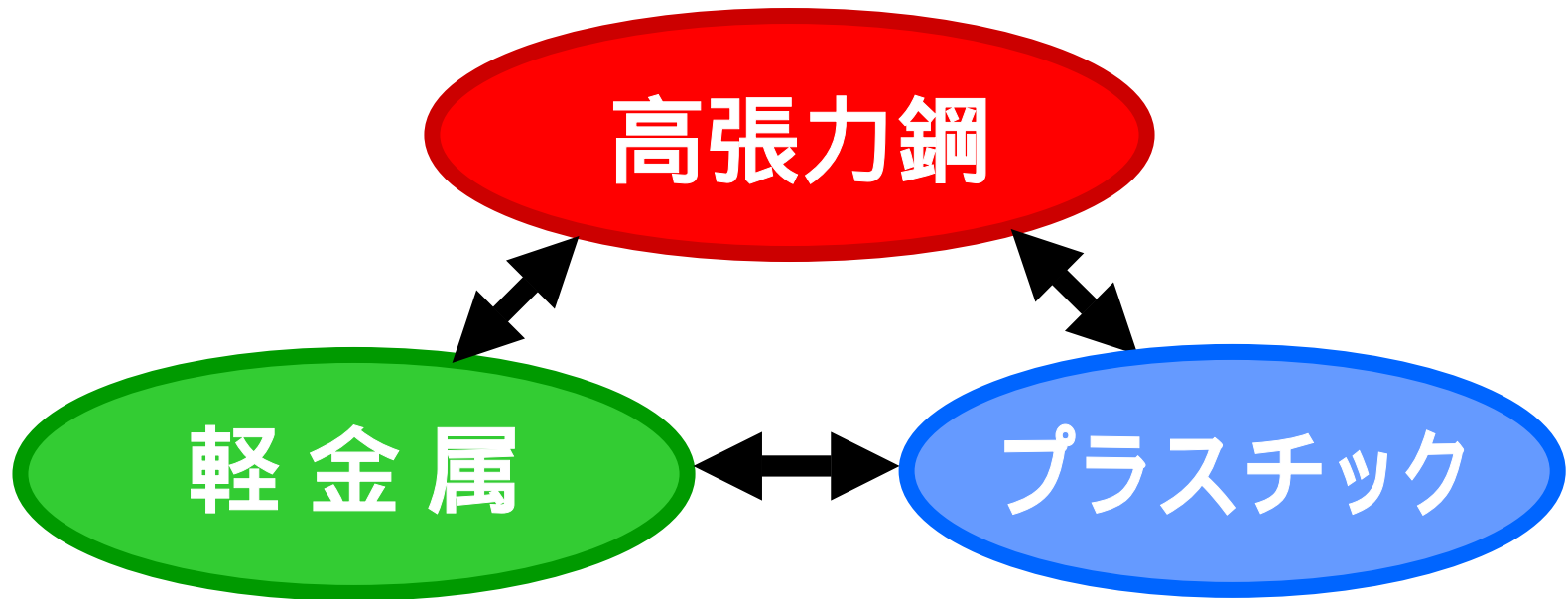
石油精製も含めて，ディーゼルシフトはCO₂の削減上好ましい。



低排出ガス車と低燃費車の指定とグリーン税制 ～平成18, 19年度～

2010年 燃費基準 2005年 新長期 規制	新 車 排出ガス50%低減 	新 車 排出ガス75%低減 
基準 + 10% 達成車 	(軽減なし)	(自動車税) 概ね25%低減 (自動車取得税) 15万円控除
基準 + 20% 達成車 	(軽減なし)	(自動車税) 概ね50%低減 (自動車取得税) 30万円控除

グリーン税制は、低燃費・低公害車の開発と普及の促進に有効。
 08年と11年の試験モードの変更で実質的に排出ガス規制が強化される。その際に3つ星と4つ星の違いはあるか？ 消費者の選択の要因を探る。



燃費改善のための有力技術。パワーシステムの小型化，排出ガス対策の負担軽減にも大きく寄与。生産性，安全性，資源性，リサイクル性，コストに配慮した上で，燃費改善に活用。（グローバル展開が難しい）事故防止や衝突安全に関わるに新たな挑戦的技術課題を提供。

3つの軽量化材料の活用

自動車用の各種新燃料・エネルギー

バイオマス系燃料(廃棄物系を含む): 資源量として制約があるが, 任意の割合で混合可能で車両技術の対応が容易。

- バイオエタノール: サトウキビ, トウモロコシ等から製造セルロース(廃棄物)からの製造技術の開発に期待。(わが国では現状のE3からE10へ)
- ETBE: バイオエタノールとイソブチレンから製造, 高オクタン価でガソリンにブレンド(石油連盟は7%混合を推奨)
- バイオディーゼル(BDF): 菜種油, パーム油, 廃食油をメチルエステル化(軽油に5%混合したB5が使用可能)
- BTL: 各種原料をガス化して合成(今後の研究開発に期待)
- 電気: CO₂削減に極めて有効。Liイオン電池の開発に期待。
- 天然ガス: ガソリン車のエンジン技術を活用。
- CNG (スタンド311箇所, 3万台)を地域物流・路線バスで活用。
- GTL, DME, メタノール, 水素

新エネルギー導入に向けた欧米の取り組み

～石油の消費抑制とCO2削減に向けて、新エネルギーの導入が全世界で加速するものと予想される。～

【アメリカ:ブッシュ政権】(2007年)

今後10年間でガソリン消費を20%削減する“Twenty in Ten”イニシアティブを提案

2017年までに年間350億ガロンの再生可能燃料・代替燃料使用の義務化(バイオマス, GTL, CTL等の代替燃料を含む)

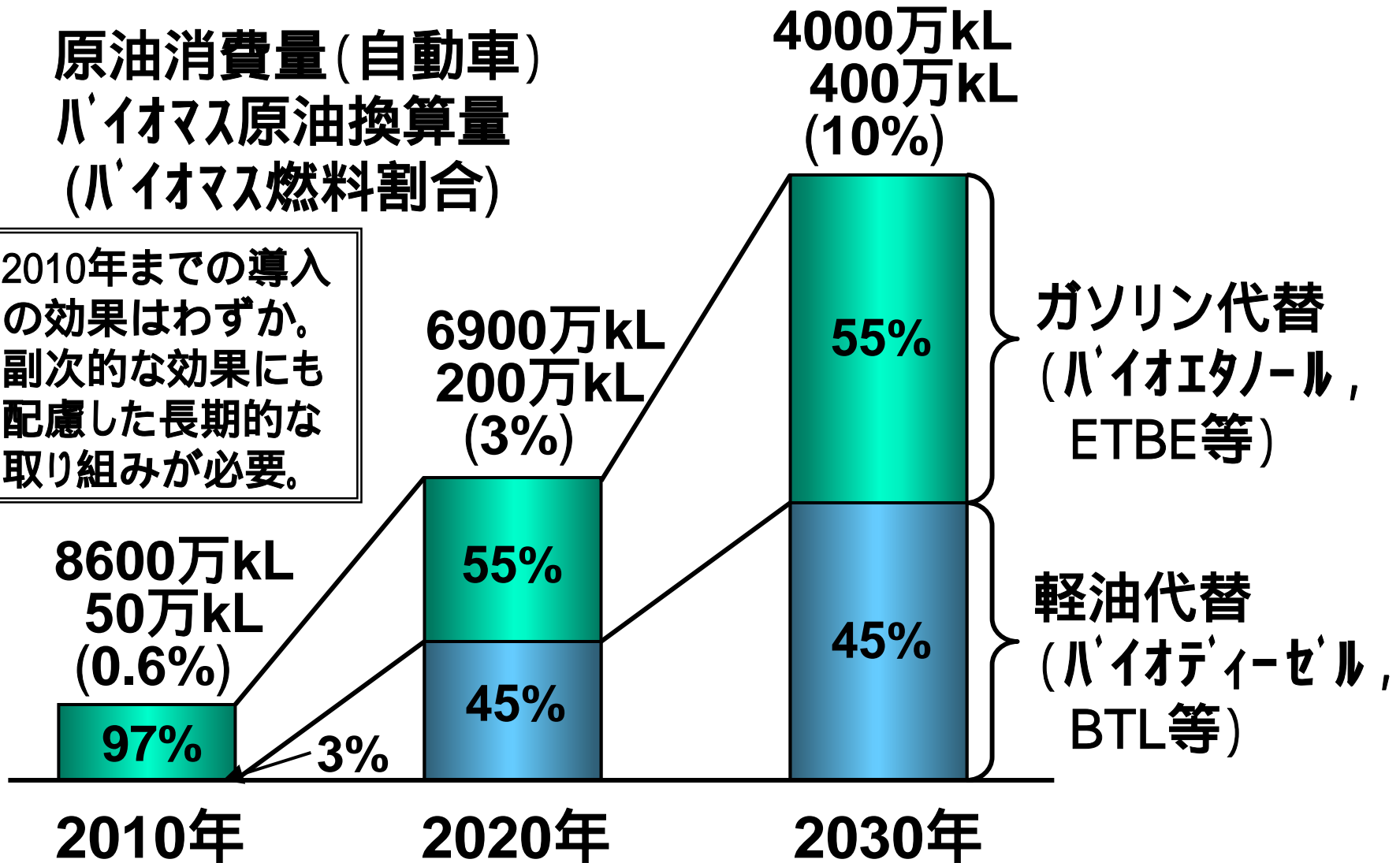
【EU:「再生可能エネルギーロードマップ」を提案】

再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%に引き上げ、輸送用燃料の最低10%をバイオ燃料で代替する拘束力のある目標を設定

加盟国は、国別行動計画(National Action Plan)の作成義務

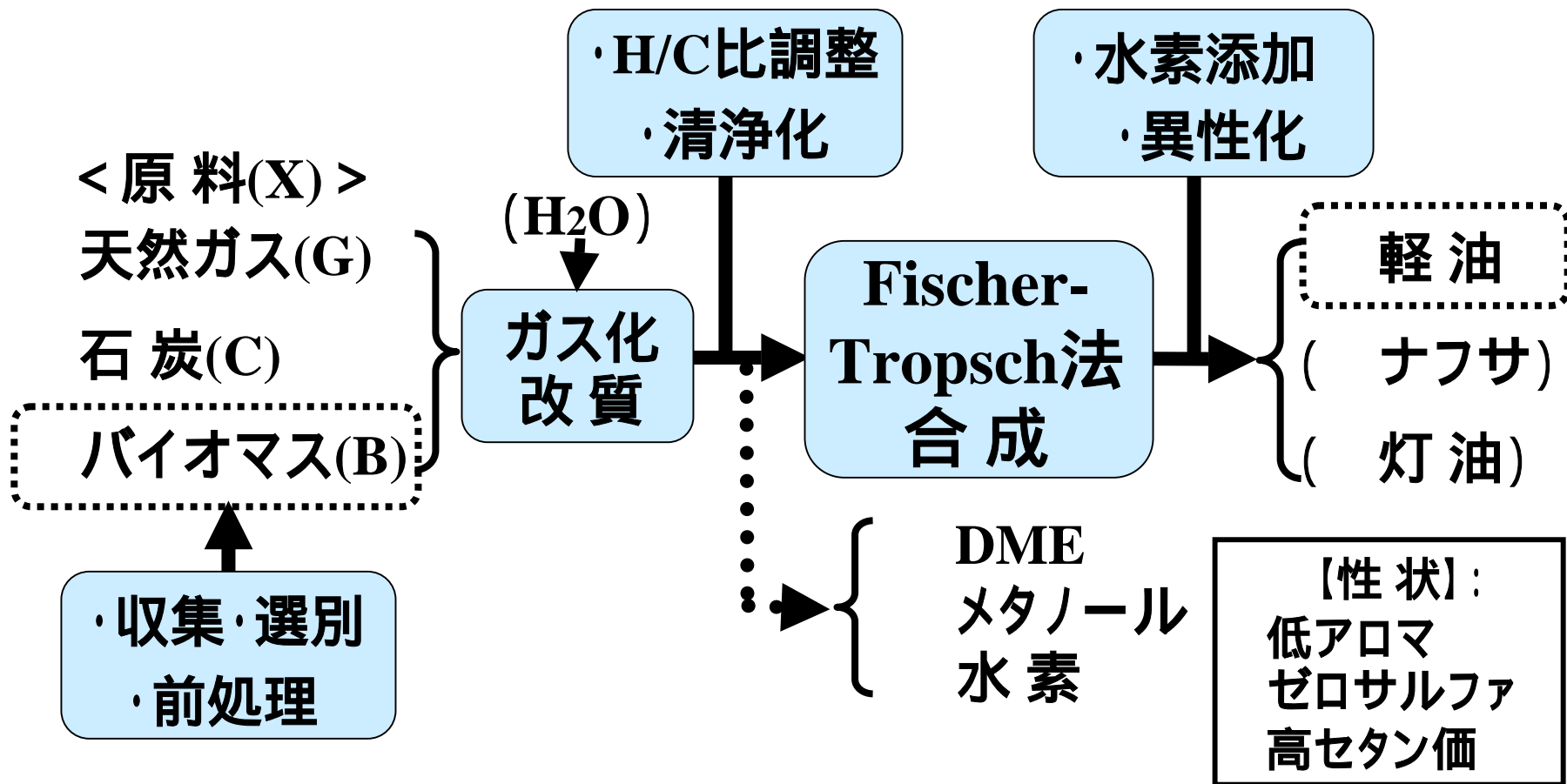
原油消費量(自動車)
 バイオマス原油換算量
 (バイオマス燃料割合)

2010年までの導入の効果はわずか。副次的な効果にも配慮した長期的な取り組みが必要。



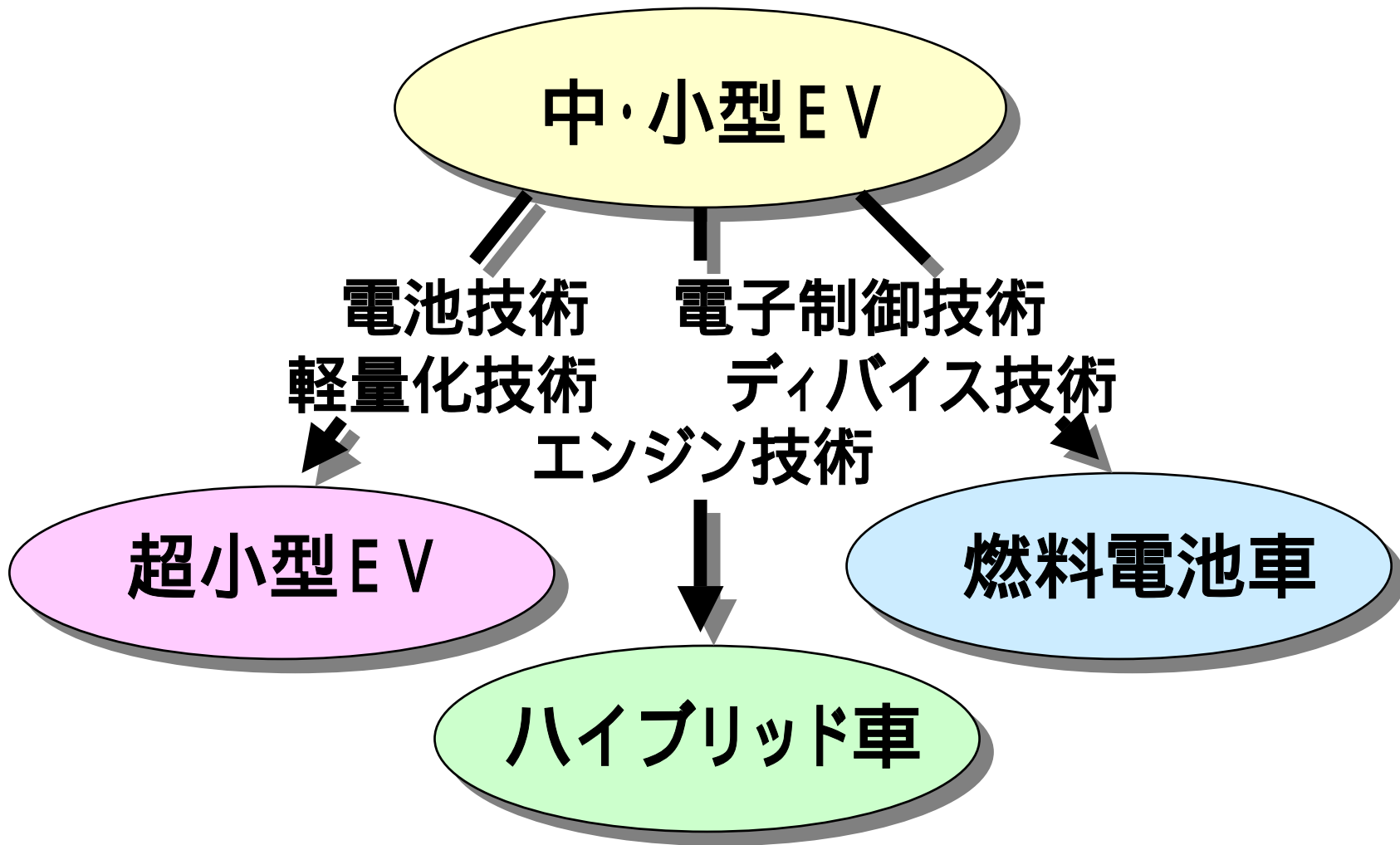
自動車用バイオマス燃料の普及目標

(エコ燃料利用推進会議報告書より(環境省, 2006年))



BTLについては, Choren社(独), Neste Oil社(フィンランド)がプラント化, わが国では産総研で研究中, 米国DOEでも取り組んでいる。

各種原料XからのXTL(液体燃料)の合成



今後の電気自動車の発展



軽ガソリン車比で

- ・CO₂を72%低減
- ・走行費用: 夜間電力で1/9
昼間電力で1/3

車長 × 幅 × 高	3,395 × 1,475 × 1,600mm(軽)
車両重量	1,080kg
乗車定員	4名
最高速度	130km/h
駆動方式	後輪駆動
一充電走行距離	160km(10・15モード)
モーター	種類: 永久磁石式同期型 最高出力: 47kW 最大トルク: 180N・m
電池	種類: リチウムイオン 総電圧: 330V 総電力量: 16kWh

充電形態	電源	充電時間
家庭充電(フル充電)	200V(15A)	約7時間
	100V(15A)	約14時間
急速充電(80%充電)	3相200V-50kW	約30分

次世代電気自動車“iMiEV” (三菱自動車, 2007年)
(電力各社と実証試験中)

小型・超小型電気自動車の復活の可能性

～ 90年代のEVブームの悪夢を克服して、その特長を活かす～

低振動，低騒音，低速トルクが大きい運転しやすい。

家庭での夜間電力の有効利用（インフラ制約からの解放）

- 低コスト，低CO₂，発電側のメリット -

冷始動が容易でゼロエミッション，回生制動が可能。

エンジン車のような暖機時のエネルギー損失がない。

リチウムイオンバッテリー等の高性能バッテリーを活用する。大幅なコストダウンが課題。（先行的な導入計画が必要）

少人数の近距離走行に特化した新たなモビリティ手段を創出。
(バッテリーの積み過ぎはコストアップと重量増で悪循環のもと。
車両軽量化も進める。)

この用途ではFCを上回る高効率と多様な電源利用の可能性。

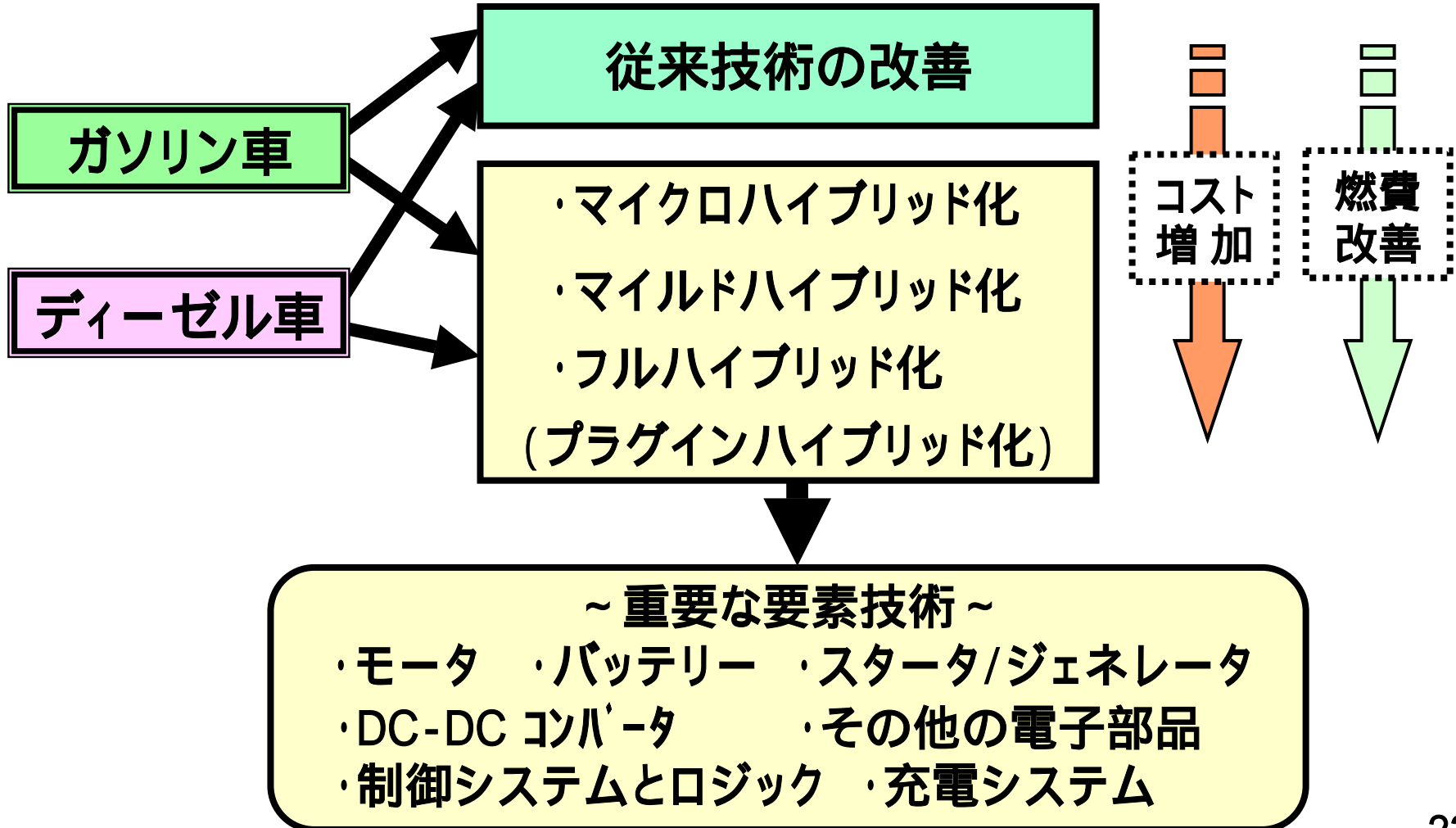
将来，電源の非化石燃料割合の増加によって低CO₂を促進。

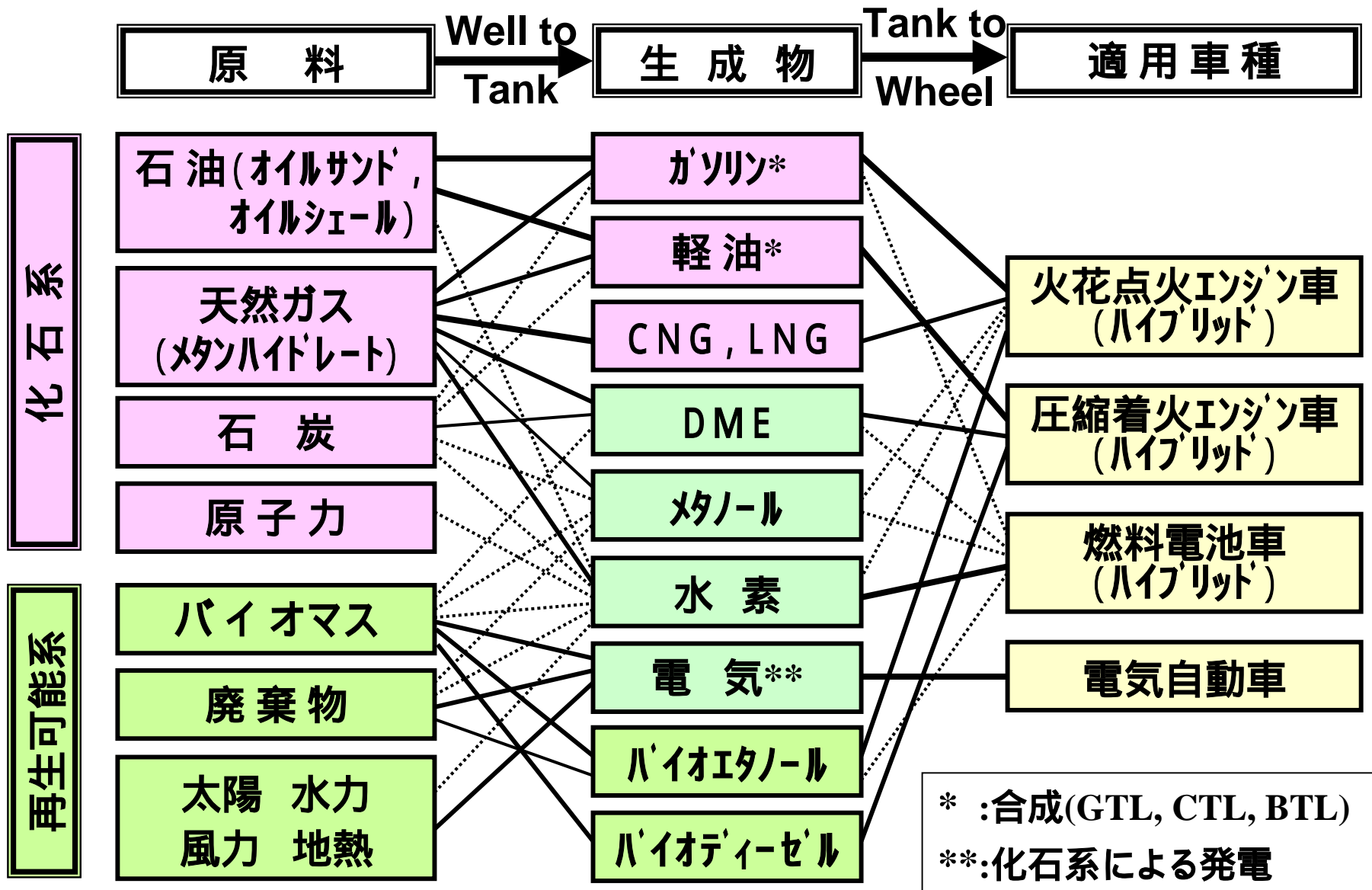
使い方によってプラグインハイブリッドがライバルになる？

ニッチな市場で，利益が出ないのが最大の悩み。解決策は？

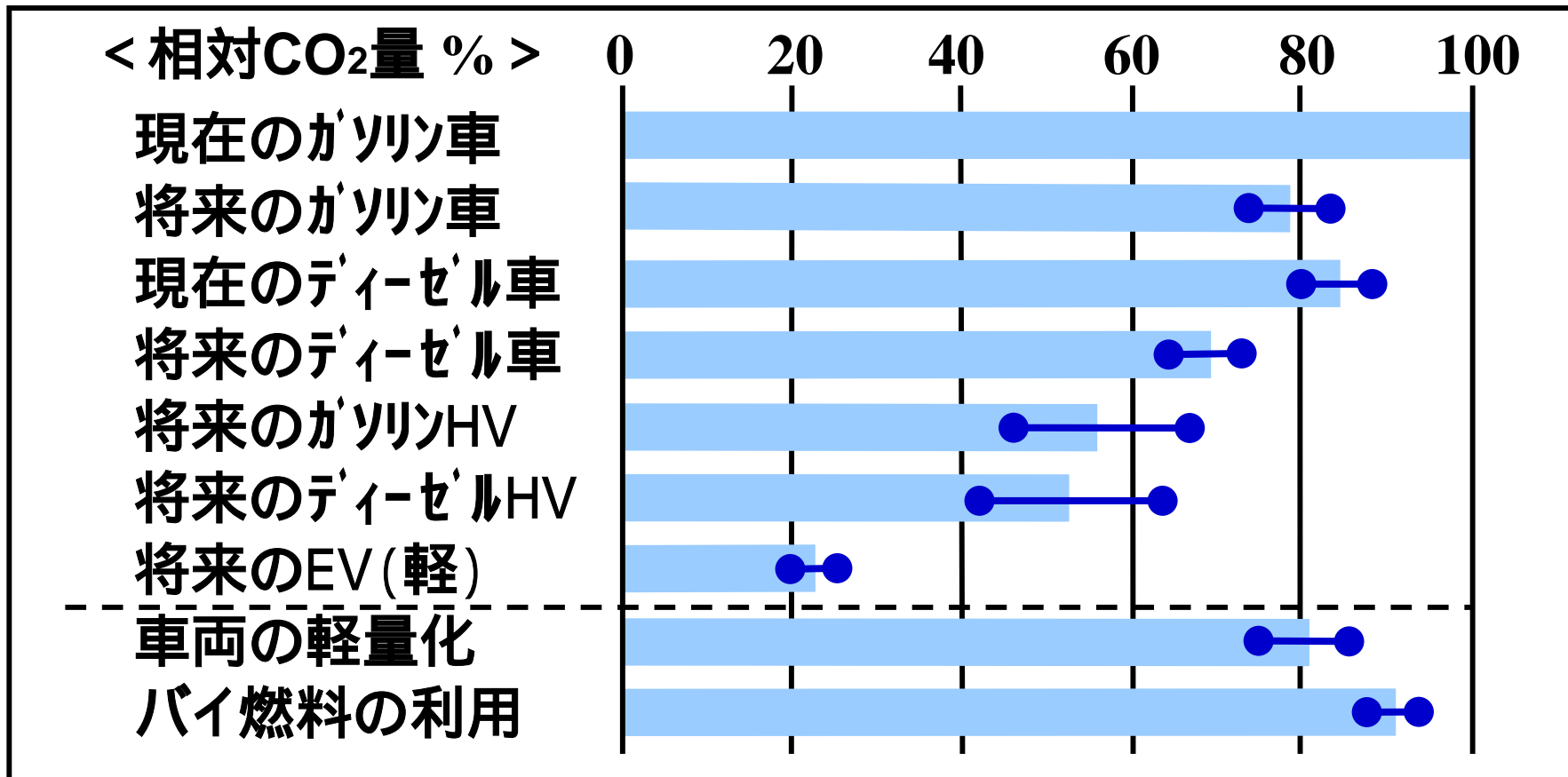
燃費改善技術の選択肢

動機：石油価格の高騰，燃費規制の強化，CO₂対策の強化





自動車用将来燃料・エネルギーの生成ルート



- 【仮定】
- ・総合効率=燃料効率×車両効率
 - ・EV電源における化石燃料火力の熱量割合:50%
 - ・バイオマスの熱量換算混合割合:6~12%
 - ・車両の軽量化:20~40%

将来の各種乗用車のCO₂排出量比較
 (現在のガソリン車基準, 将来:2020~2030年, 大聖)

交通需要マネジメント(TDM), 高度道路交通システム(ITS), 情報技術(IT)の役割と効果の活用

渋滞解消, 交通安全, 最短ルートの誘導に加えて環境負荷低減, 燃費改善, エコドライブにも寄与する“環境ITS”を推進。

効率化に加えて, 環境負荷低減に有用な“IT物流”を推進。

公共交通機関の利便性の大幅向上を図る。(ITを使って携帯やカードによる予約や乗り継ぎを実現する。)

過度のインフラ依存(コスト負担)を抑制して進める。

効果に定量性がないのが現状。難題ではあるが, 環境改善, CO₂削減効果, 交通安全の向上を定量的に把握する数値モデル手法を追究し, それにより将来の諸対策の削減効果を予測すべき。

エコドライブの効果と課題

運輸事業者のドライバーから始まっている。効果はいずれ飽和するが、その状態を維持するには、ドライバーに対する持続的な動機付け(教育)が極めて重要。

燃料消費量、CO₂の削減を定量的に把握し、経済的なメリットを認識する。業態別の燃費平均値を提供することで、自社のエコドライブ目標を明確化する。

事業者に対して実施を促し、広範な普及を目指す。「グリーン経営認証」に取り込む。燃費の記録には透明性が重要。

副次的効果

- ・交通事故削減
- ・社内の環境に関わる意識改革
- ・労使関係の改善

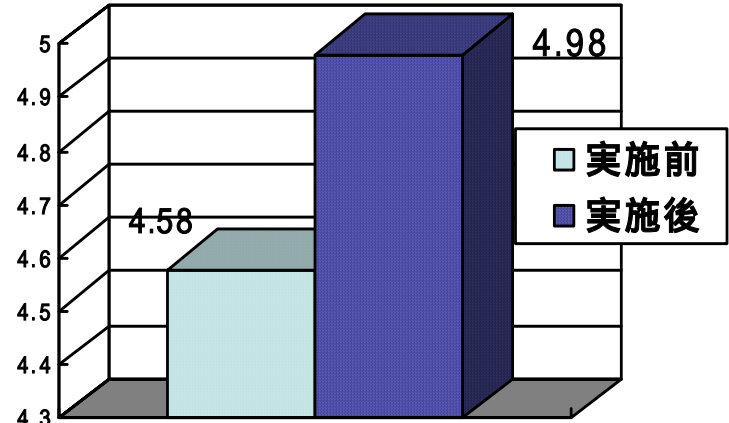
トラックと乗用車を含む自家用車への普及拡大が課題。わが国全体でのマクロな効果の把握が必要。トラック1台で年間CO₂1トン削減。数百万トンのCO₂削減効果がある。

(対象:トラック事業所:11社,台数:1310台)

燃費:8.7%向上

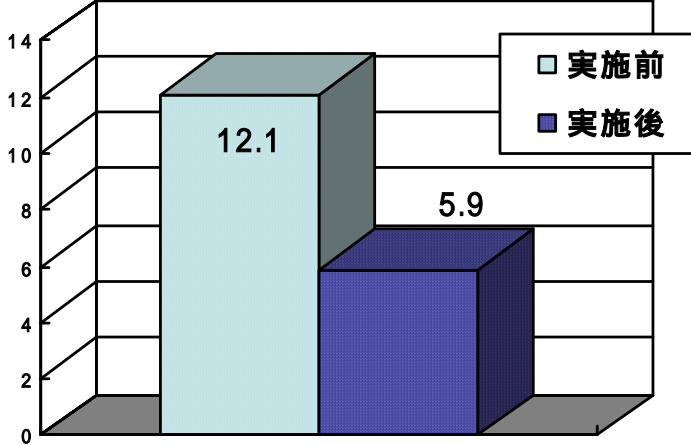
交通事故:49%削減

平均燃費
km/L



実施前後の燃費比較

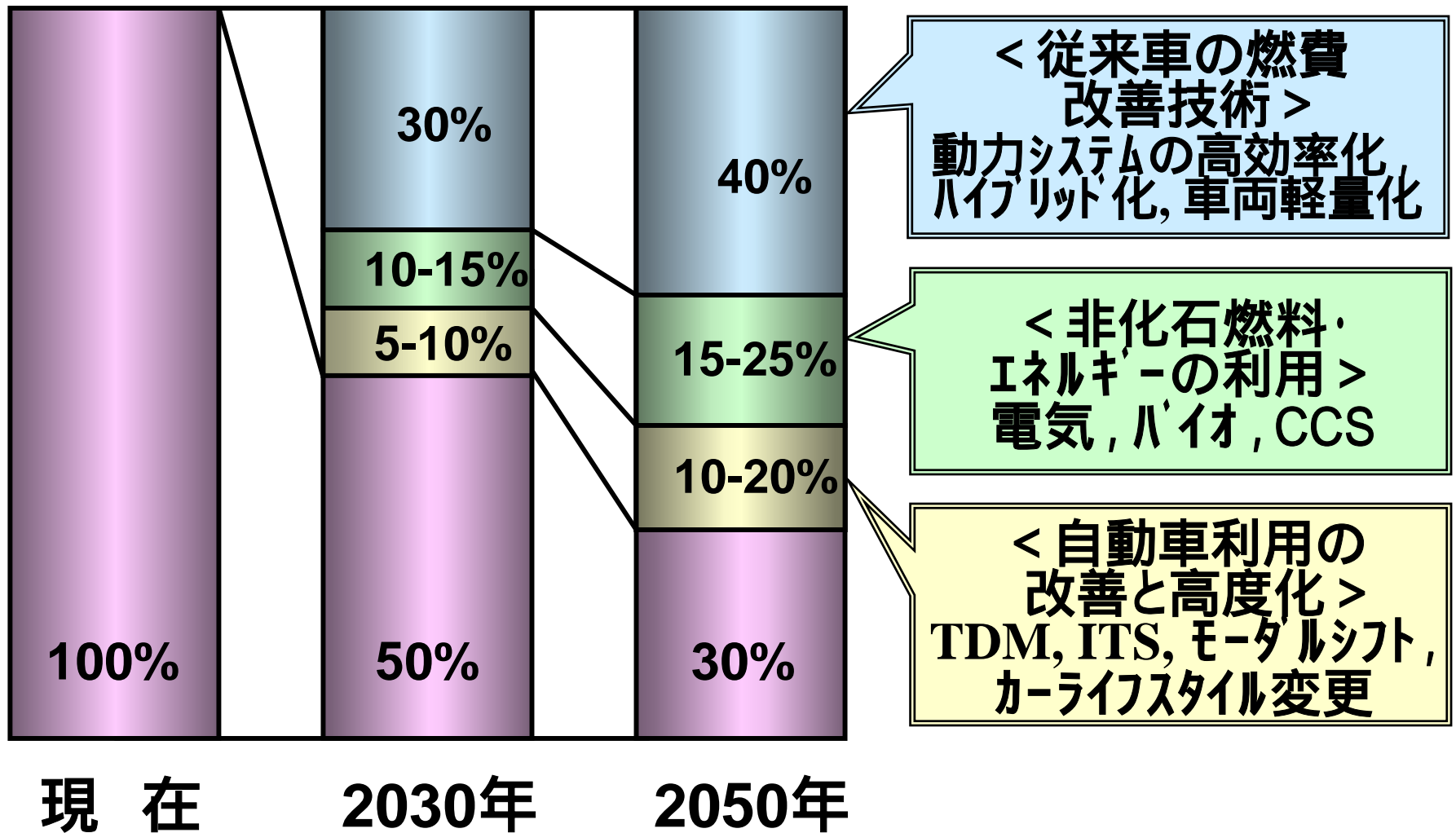
事業所平均
事故件数



交通事故件数(平均値)

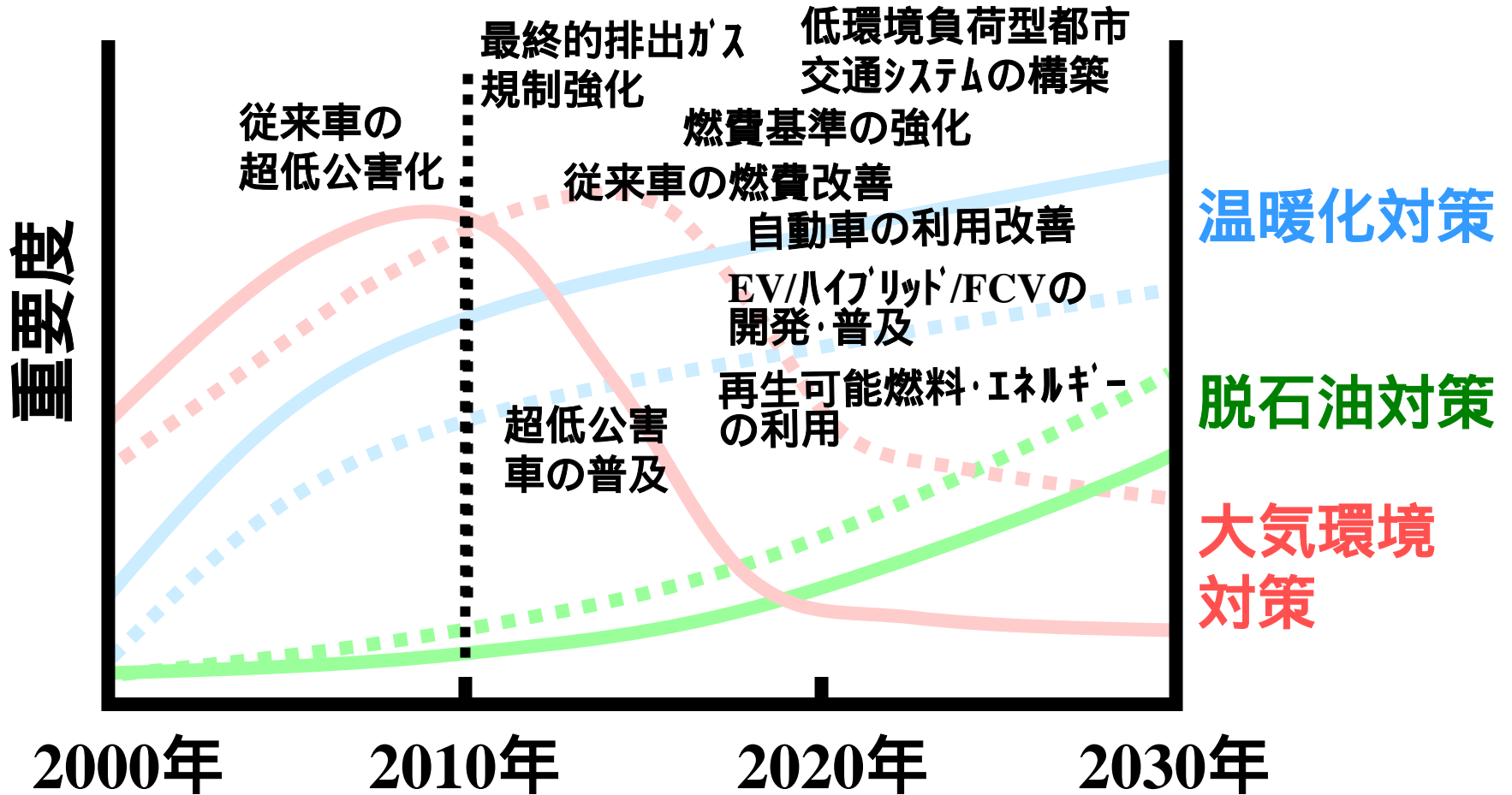
エコドライブによる燃費改善と事故削減効果

出典:間地,春日,石,大聖,「エコドライブ活動による燃費向上と交通事故低減について」自動車技術会春季学術講演会(2006年5月)



長期的な自動車CO₂排出量の削減予測(大聖)

—— 先進国 途上国



今後の自動車と燃料に関わる政策と
研究開発の重要度

まとめと今後の展望

ガソリン車とディーゼル車は、日米欧において2010年前後に施行される最終的な排出ガス規制に適合した上で、燃費向上技術の発展・進化を続け、今後少なくとも20年から30年は主要な地位を保ち続けるものと予想される。

それらの進展には、燃焼技術に加えて、後処理技術と燃料技術の3者に関わる要素技術の組合せを複合・最適化することが不可欠である。

エンジン技術に加えて、ハイブリッド化、EV、バイオ燃料の利用、車両の軽量化、さらにはITSやITの活用を含めて自動車利用の改善・見直しを推進すれば、運輸部門におけるCO₂を5割から7割の削減が長期的には可能であろう。

運輸交通分野における環境エネルギーに関連する先進技術の開発は、わが国が技術立国として世界をリードする上で最も重要な課題の一つである。

環境と安全は、技術と政策の両面で相乗効果をもたらす点にも大いに注目すべき。

先進技術の開発を促進し、その普及を図るためには、長期的な展望のもとに効果を評価して政策を講じる必要がある。

その技術や政策手法については、モータリゼーションが進展している途上国への積極的な提供・導入が期待される。

(わが国の自動車は排出するCO₂は世界全体の1%であり、国内での抑制努力は必要であろうが、先進技術の広範な普及によってもたらされる地球規模の貢献はそれをはるかに上回る。)