

自動車用新燃料と将来の方向

環境研究領域 上席研究員
佐藤 由雄

講演内容

□ 背景

- 自動車燃料の現状と課題

- 新燃料への期待

 - ・自動車のCO₂削減と排ガス問題の解決,石油代替

□ 研究所の取り組み

- 新燃料による排出ガス調査,専用車の開発試作

- 各新燃料の利点と技術的課題

□ 将来の方向

- 主としてCO₂削減と排出ガス低減の技術面から

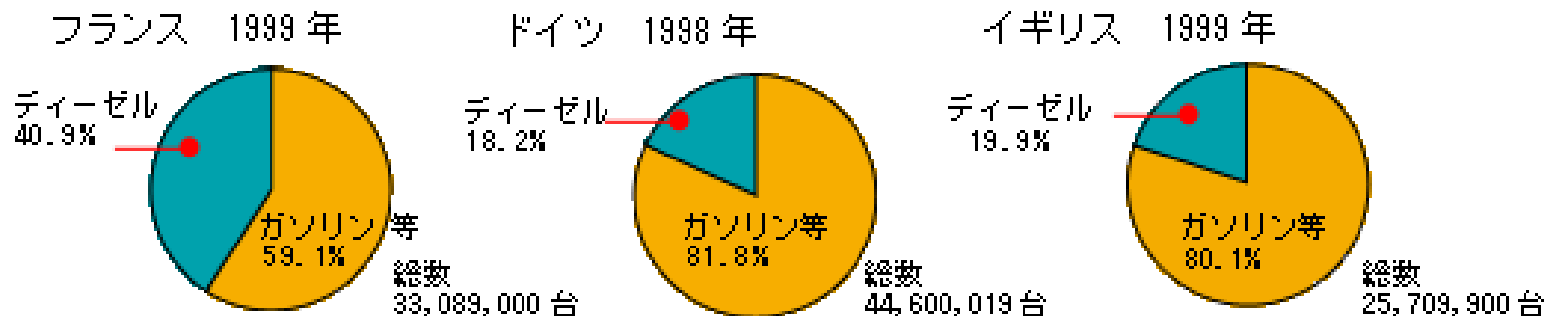
□ まとめ

背景

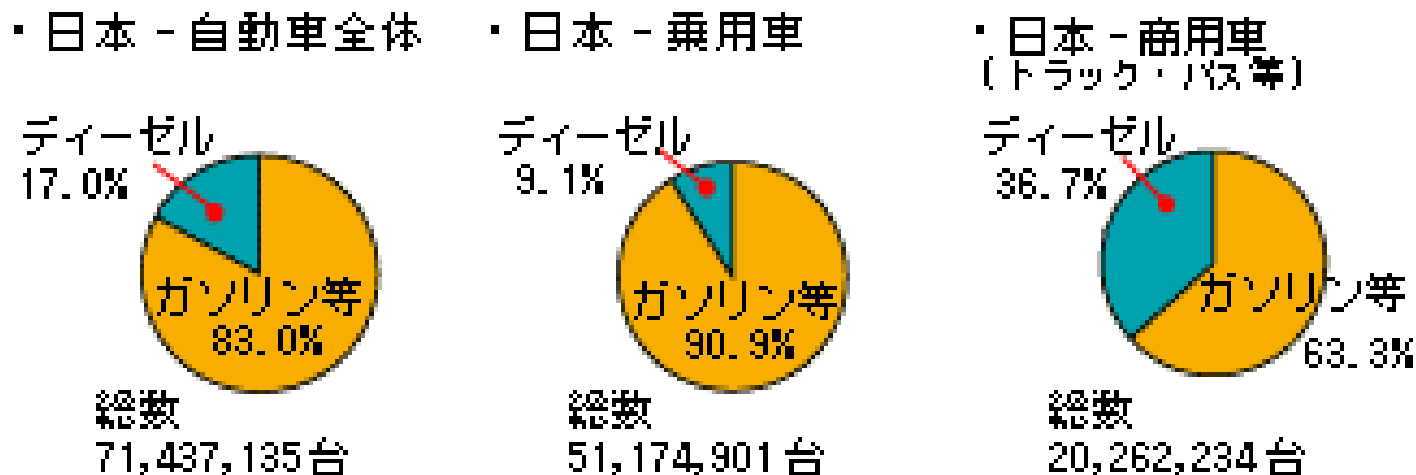


燃料別の自動車保有台数

■燃料別保有台数および構成比（「主要国自動車統計-2000-」日本自動車工業会より算出）



■燃料別保有台数および構成比（1999年）

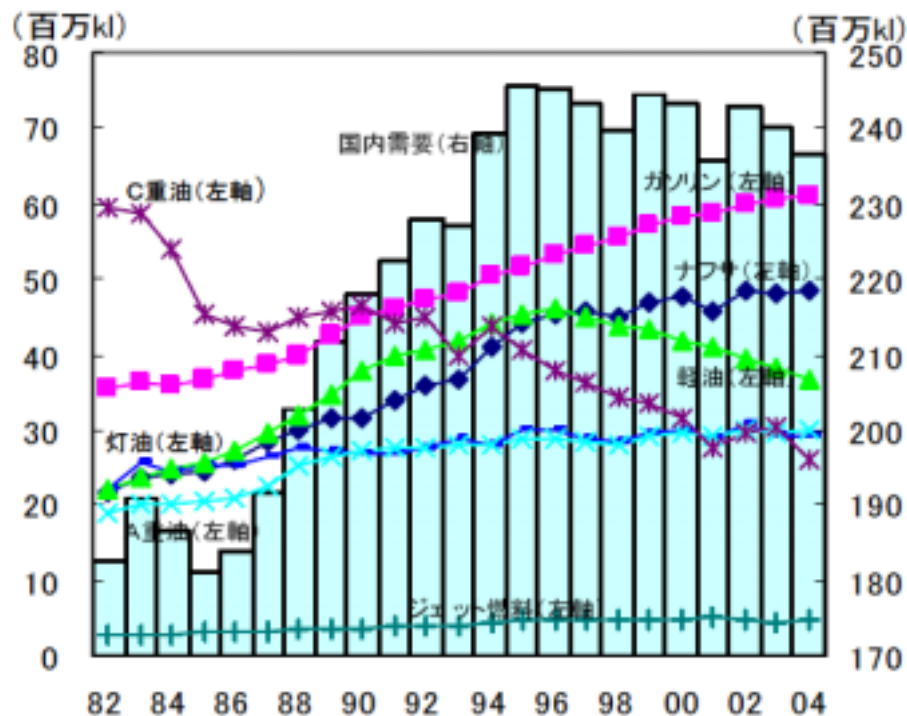


「主要国自動車統計-2000-」日本自動車工業会より算出

http://www.isuzu.co.jp/semi/diesel_1/d_engine/04.html

自動車用燃料使用量の推移

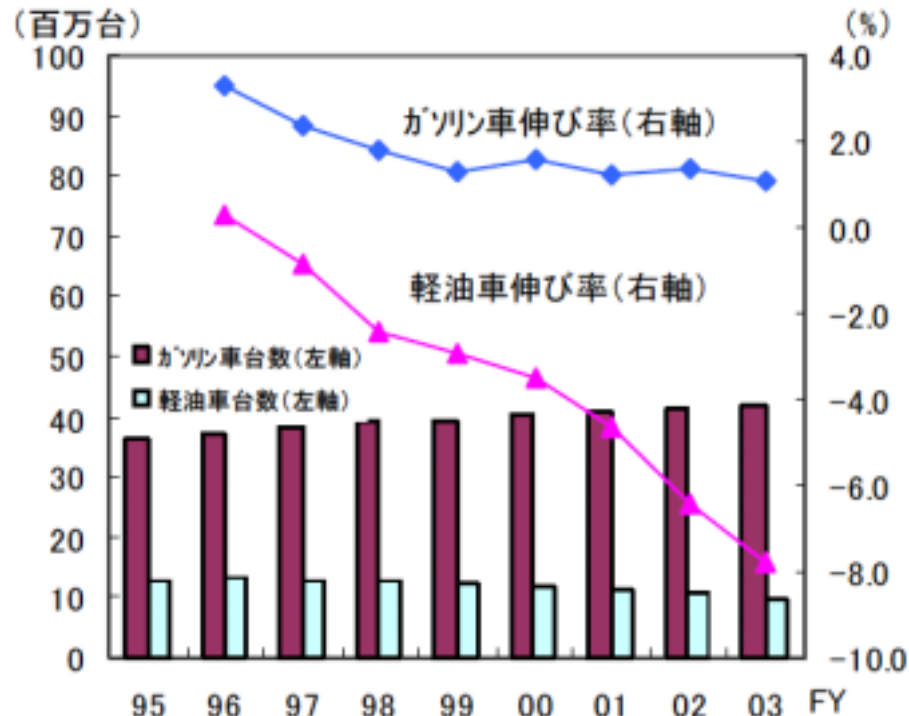
国内燃料油需要推移



(出所) 経済産業省「石油統計」よりみずほコーポレート銀行産業調査部作成

(注) 2004年度はみずほコーポレート銀行産業調査部予想

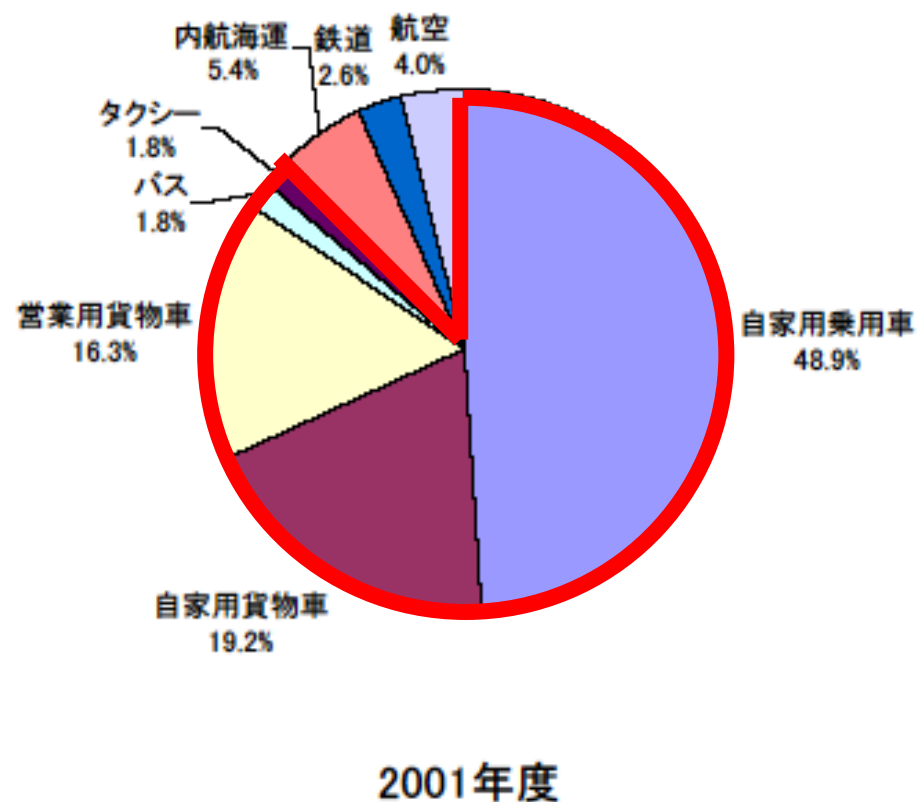
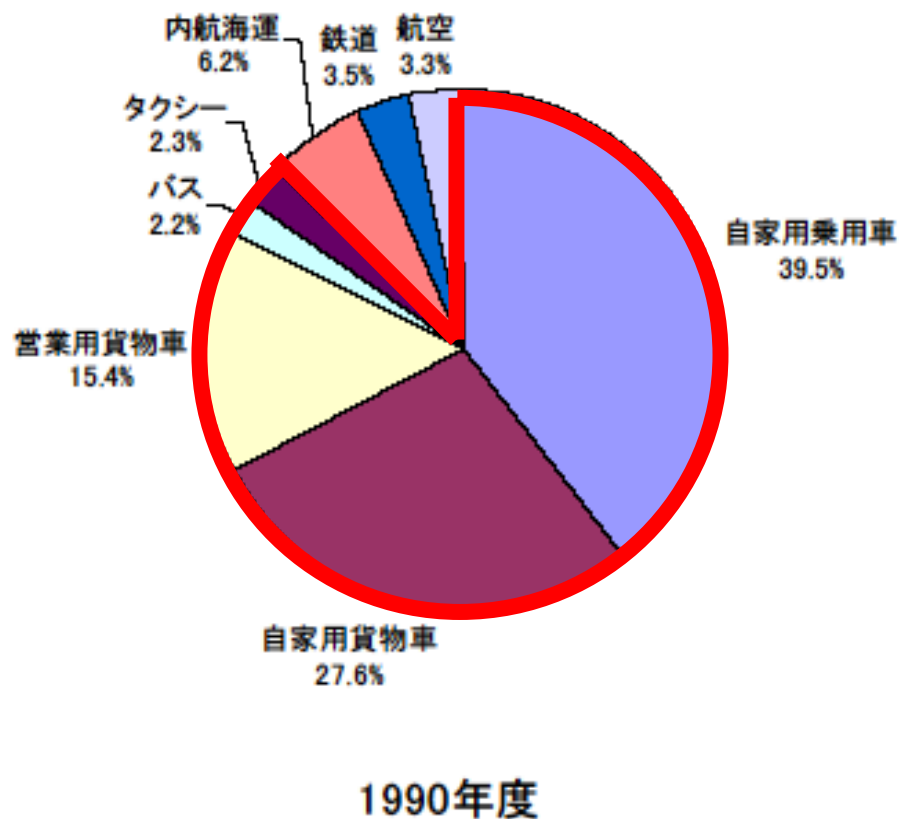
燃料別自動車保有台数推移



(出所) 国土交通省「自動車輸送統計年報」よりみずほコーポレート銀行産業調査部作成

www.mizuhocbk.co.jp/pdf/industry/1001_08.pdf

輸送機関ごとのCO2排出量割合

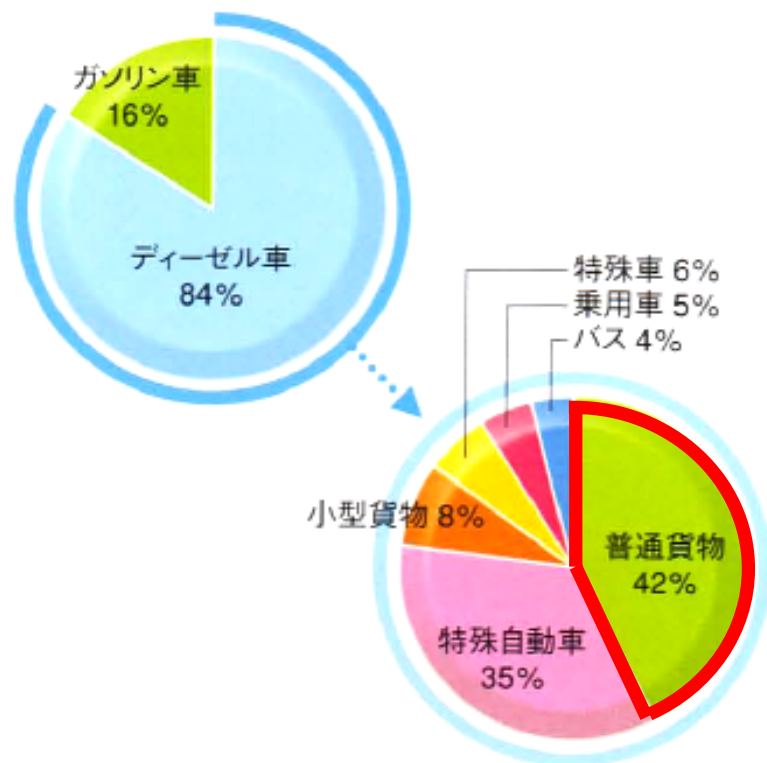


www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/koutu/kankyoku/1/shiryoku5.pdf

車種別のNO_x, PM寄与率

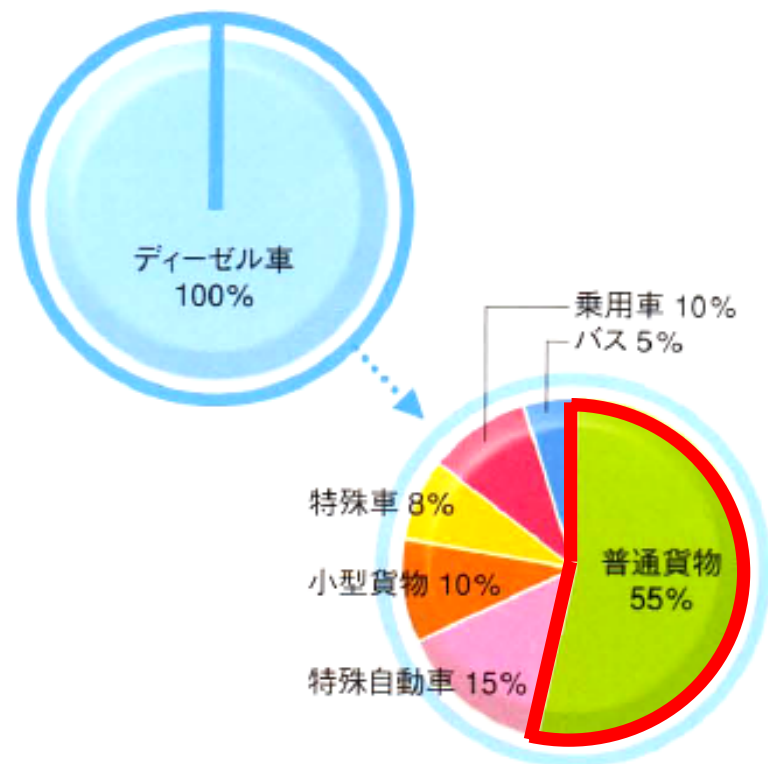
NO_x (窒素酸化物)

自動車からのNO_x総排出量(全国): **95万トン**



PM (粒子状物質)

自動車からのPM総排出量(全国): **7.6万トン**



環境省データをもとに作成

自動車のCO2削減と排出ガス対策

□ 燃料電池自動車

- CO2と排出ガス問題の究極の解決策
- 技術的課題の解決やコスト低減，大型車などへの展開には相当の時間を要する

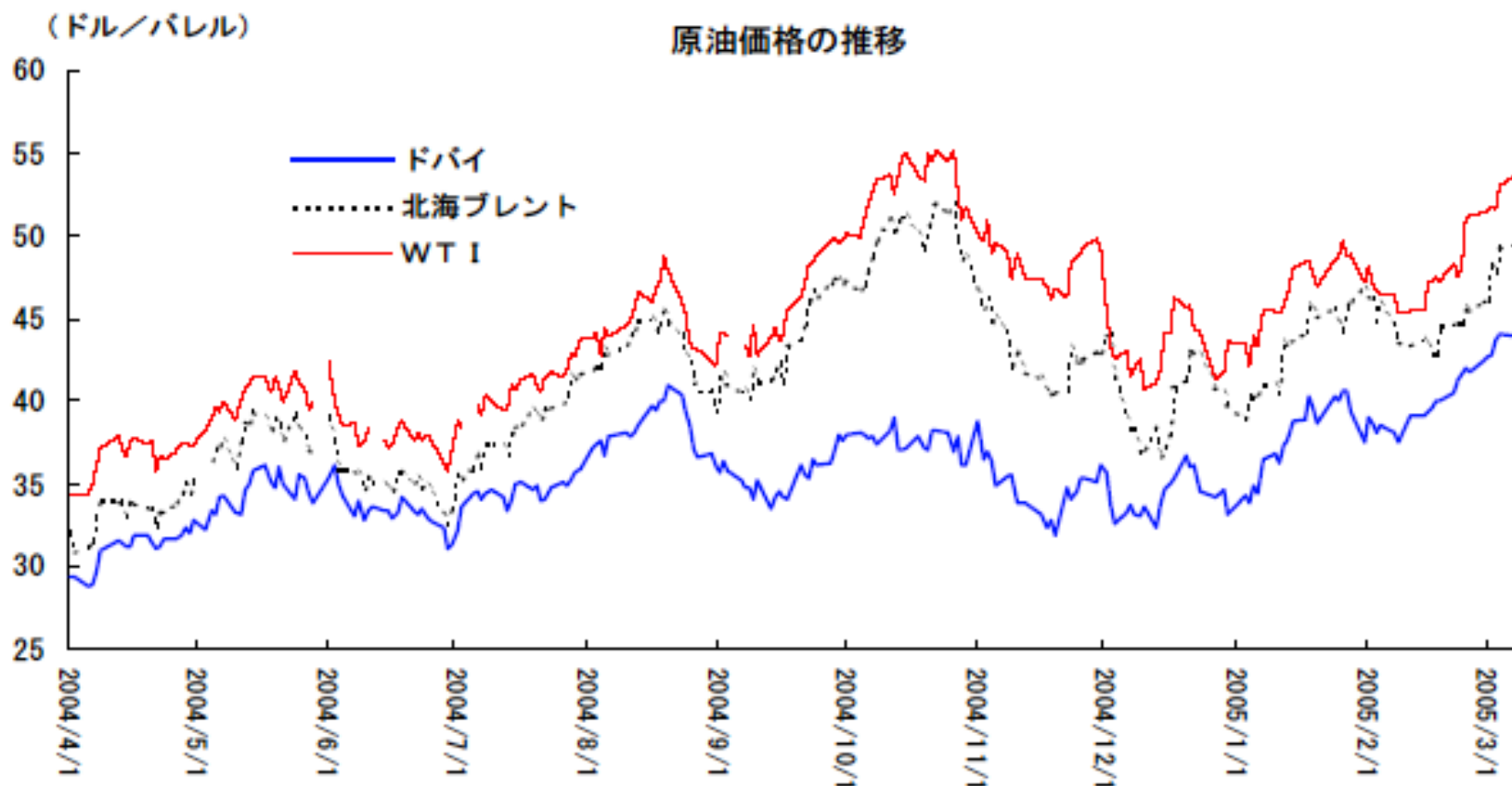
□ ガソリン乗用車の燃費改善 (CO2削減)

- 新動力システムとしてハイブリッド車が期待
- 排出ガス対策技術は高度化，既存の燃費改善要素技術も成熟
- 新たな要素技術開発も進められているが，ガソリン消費量は微増

□ 大型ディーゼルトラックの排出ガス対策

- 低燃費が特長のディーゼルエンジン，CO2排出量が少ない
- 排出ガス低減のための要素技術の改良は限界に近づいている
- 排気後処理技術も開発されつつあるが課題も多い
- 軽油性状の影響 (PM生成，硫黄被毒など) も大きい

原油価格の推移



WTI(ウエストテキサス・インターミディエイト原油):

米国のテキサス州で産出する原油で、ニューヨーク取引所で原油先物取引の対象として上場されており、その取引価格は原油価格の国際的指標になっている。

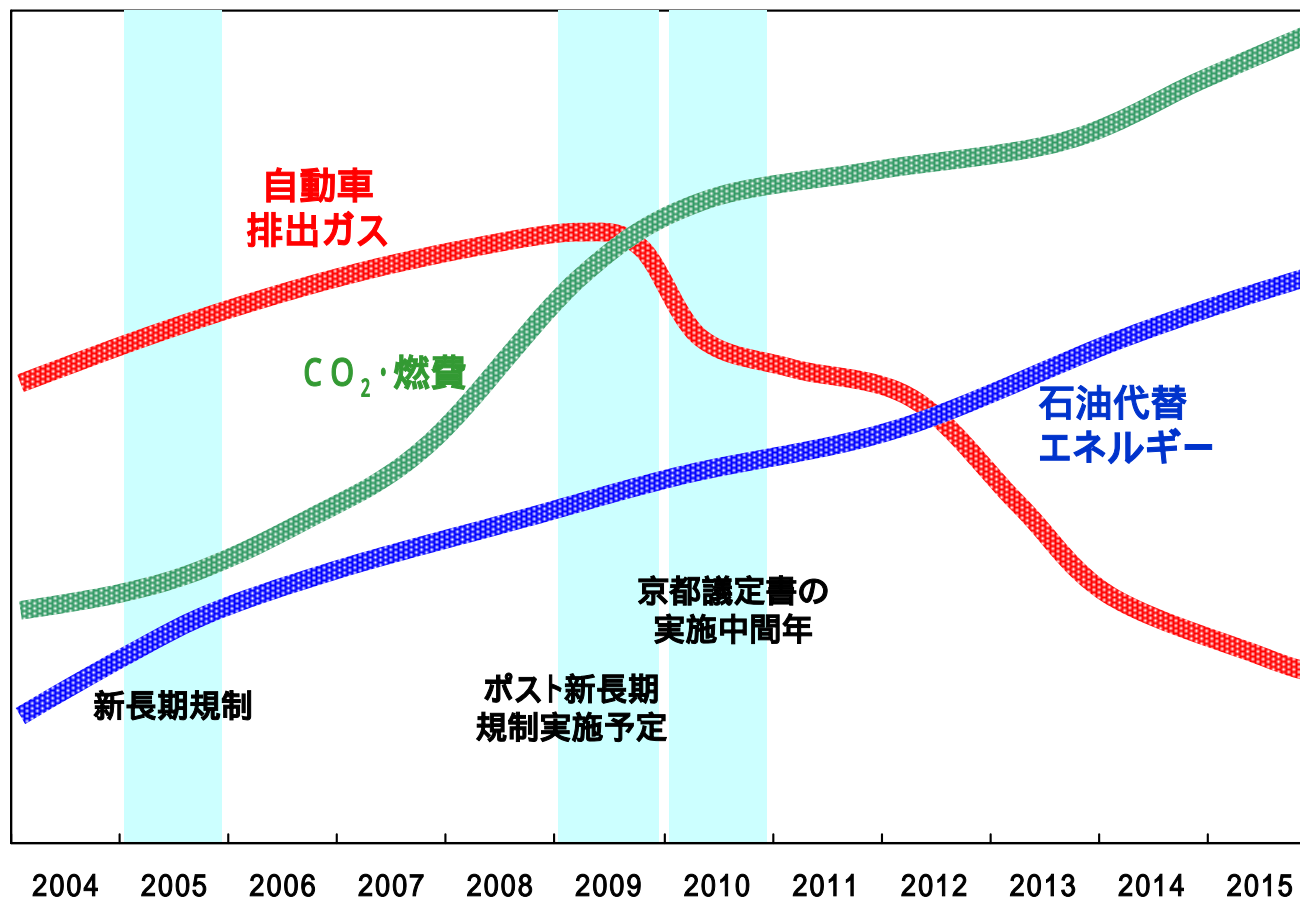
ドバイ原油:

アラブ首長国連邦のドバイで生産される原油。ドバイ原油とオマーン原油のスポット価格月間平均は極東市場向け中東原油の価格指標として使われている。

第一生命経済研究所 経済調査部 資料 http://group.dai-ichi-life.co.jp/dlri/rashinban/pdf/et04_174.pdf

環境・エネルギー問題の現状と将来

環境・エネルギー問題
重要度



新燃料への期待と検討課題

➤ 新燃料への期待

- ✓ 新燃料を利用した一層のCO₂削減
- ✓ 新燃料による排出ガス問題(PM, NO_x)の抜本的解決
- ✓ 石油代替エネルギーとしての新燃料

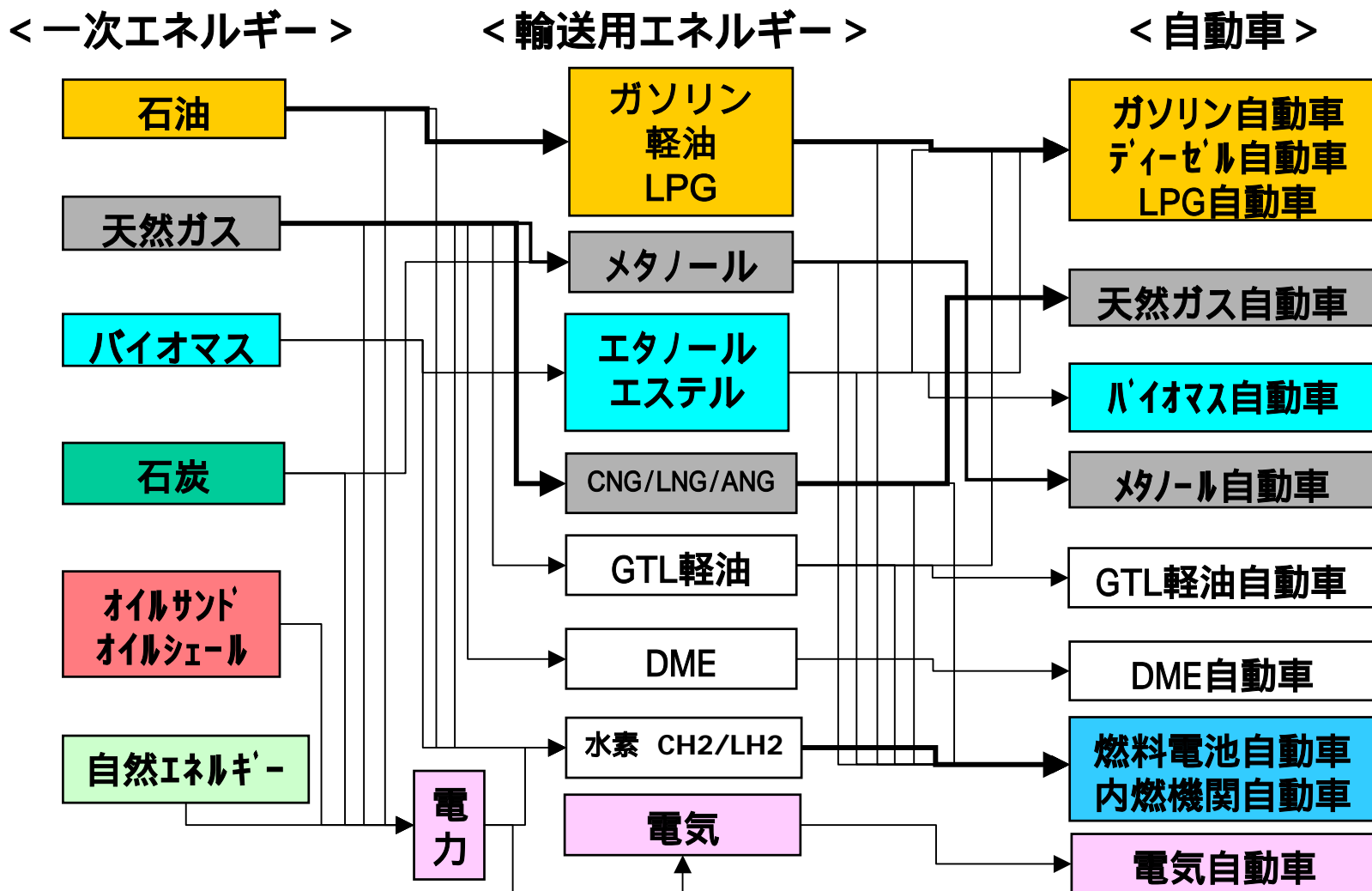
➤ 検討すべき技術的課題(既存車への適用)

- ✓ 燃焼排ガスへの影響, 排気後処理装置への影響
- ✓ 燃焼特性・エンジン性能への影響, 燃料供給装置への影響
- ✓ 性状安定性の確保・・・等

➤ 専用車の開発

- ✓ 燃料の特性を活用
- ✓ 排出ガス特性の優位性
- ✓ 従来車なみの実用性の確保

自動車用燃料とその用途



平成11年度自動車産業分野における産業競争力に関する調査報告書(自技会平成12年4月)をもとに作成

注目されている自動車用新燃料

近年、エネルギー・環境問題や新利用技術の開発等を背景に注目されている既存の自動車用燃料(ガソリン, 軽油, LPG)以外の燃料

➤ **バイオエタノール, バイオディーゼル(BDF);**

- さとうきび, 大豆, 菜種油や廃食油等のバイオマスなどから生成(性状は多様)

➤ **ジメチルエーテル(DME);**

- Di-Methyl Ether, 天然ガス, 石炭やバイオマス等を原料とする合成液化燃料

➤ **Gas To Liquid 軽油(GTL軽油);**

- 天然ガスを原料としFT(Fischer-Tropsh)法によって合成される軽油(性状は多様)
- GTL にBTL(バイオマスを原料としFT法により合成される軽油)を含めてFTDとも呼ぶ

➤ **天然ガス(CNG), 液化天然ガス(LNG);**

- LNG:天然ガスを液体(-162)で超低温容器に貯蔵して利用

➤ **圧縮水素(CH₂), 液化水素(LH₂);**

- 現在は石油, 天然ガス等の炭化水素を原料として工業的に製造, 燃料電池への利用で注目, 液体貯蔵容器(-253)も検討されつつある

研究所の取り組み



自動車用燃料への社会的要請

□ 安定供給

－ 長期的エネルギー需給見通し

- ・ 総合資源エネルギー調査会答申(平成13年7月)

□ 地球温暖化防止

－ 運輸部門におけるCO₂排出量削減

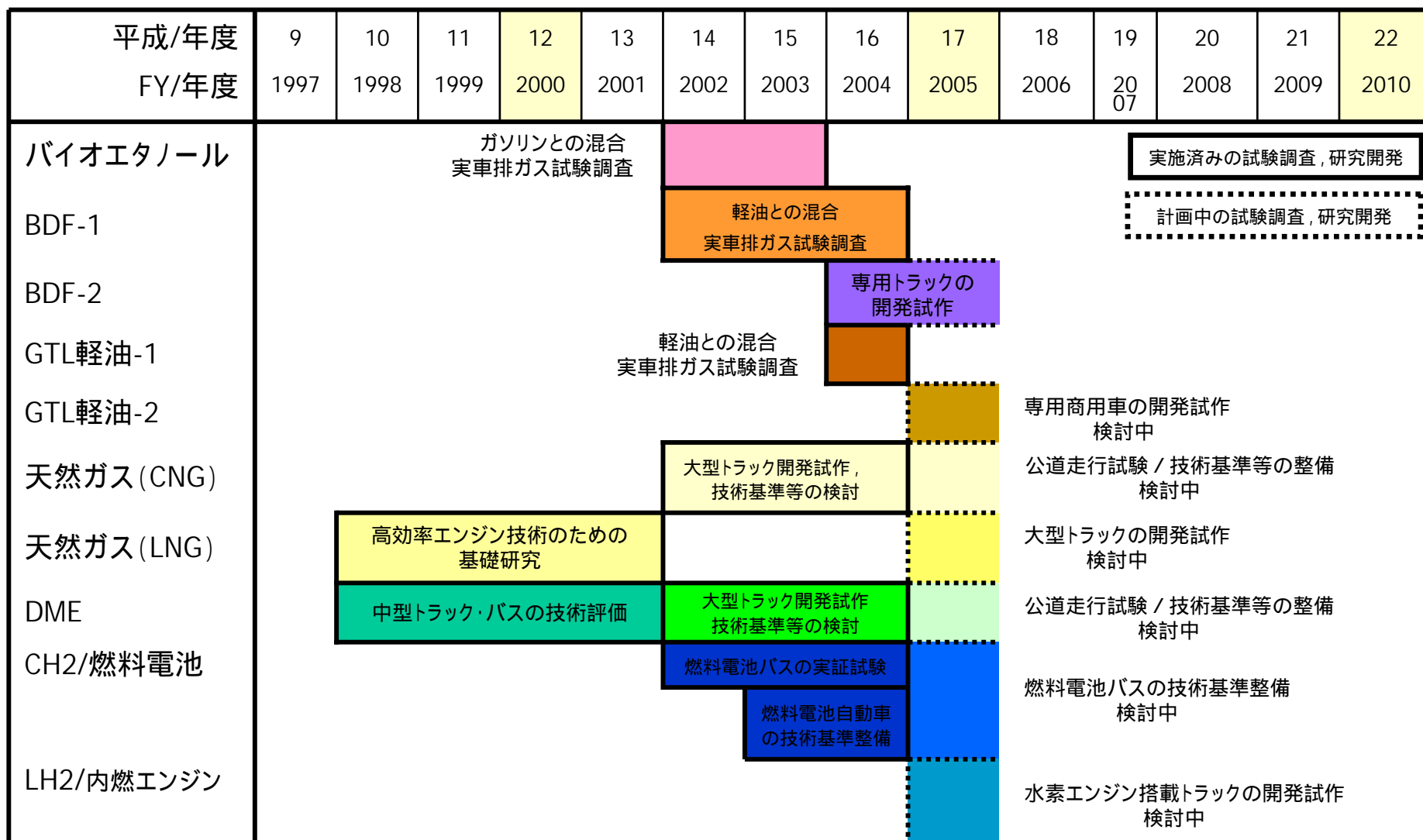
- ・ 京都議定書の発効(平成17年2月)

□ 環境保全

－ 自動車排出ガスの低減(PM, NO_x)

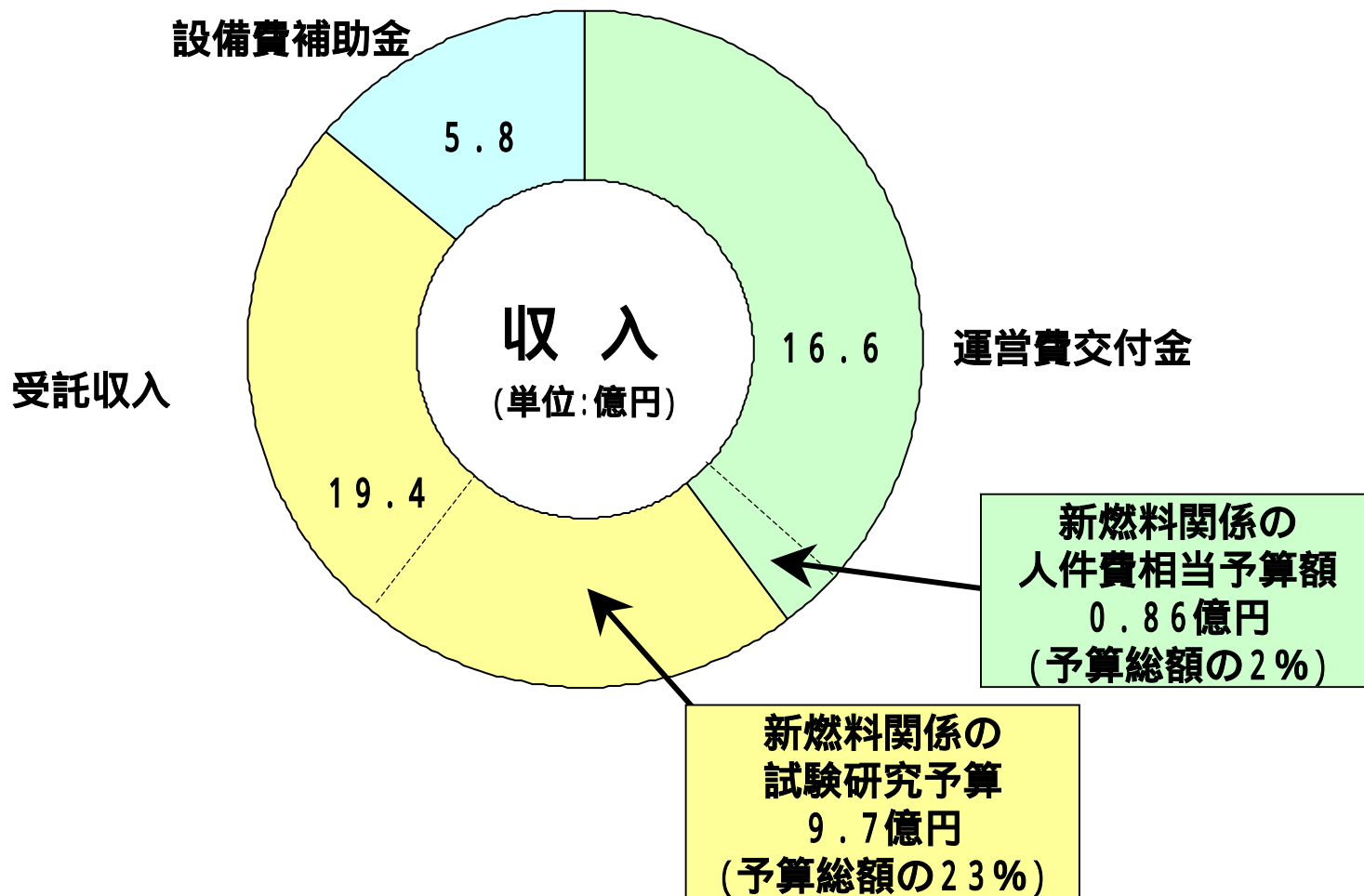
- ・ 中央環境審議会答申(平成17年4月)

交通研における新燃料の調査研究



新燃料関係の試験研究予算

平成16年度予算 (研究所予算総額41.8億円)



バイオエタノール

□ 試験調査の概要

- 平成14, 15年度 環境省・国交省受託踏査
- 市販ガソリンにエタノールを低濃度で混合 (1, 3, 5, 7, 10, 20vol%)
- ガソリン乗用車 (2.69L, 三元触媒) の排出ガスへの影響を調査

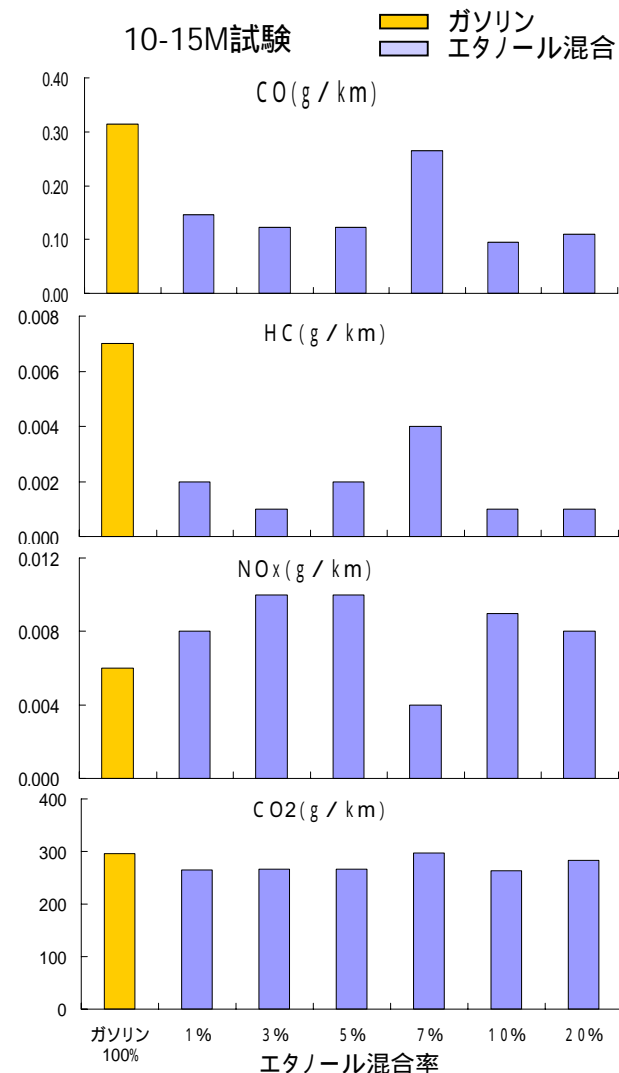
□ 調査結果

- ホットスタートではCO, HCは低減, NOxはやや増加する傾向. しかし, 排出ガス規制には適合するレベル
- コールドスタートでは混合率の増加にともなってアセトアルデヒドが増加しやすい

□ バイオエタノールの可能性と課題

- カーボンニュートラルな燃料であり低濃度混合では影響は少ない
- 高濃度利用では酸素センサーのフィードバック制御の適正化や金属材料への腐食対策が必要, 実用時には水分管理などが重要

試験結果の一例



バイオディーゼル(BDF) -1

2トン積みディーゼルトラック, 4.7L, コモンレール
EGR+酸化触媒, 新短期規制適合車の例

□ 排出ガス試験調査の概要

- 平成14～16年度環境省・国交省受託調査
- 菜種油を原料としEU規格を満たすRME (Rapeseed Oil Methyl-Ester) を軽油(S分: 10ppm)に混合(0, 5, 20, 50, 100vol%)
- 2トン積みクラスのディーゼルトラック3台を用いて排出ガスへの影響を調査
- 触媒の有無, 種類についても検討

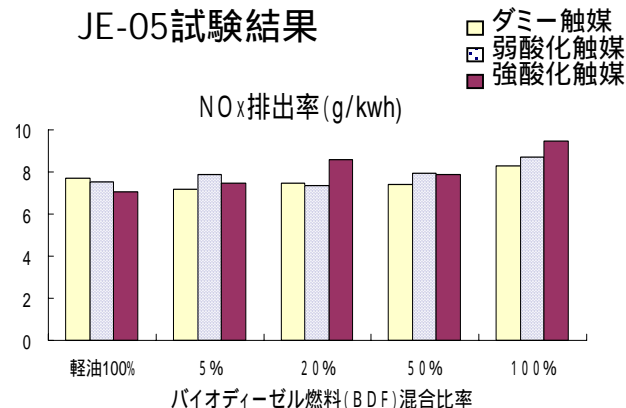
□ 調査結果

- NO_xやCO, またPM中のSOFが増加する場合があった。更に, 未規制のアルデヒド類やベンゼン類も増加する傾向がみられた。
- SOFやCO, 未規制成分については, 酸化能力の高い触媒の装着により低減可能

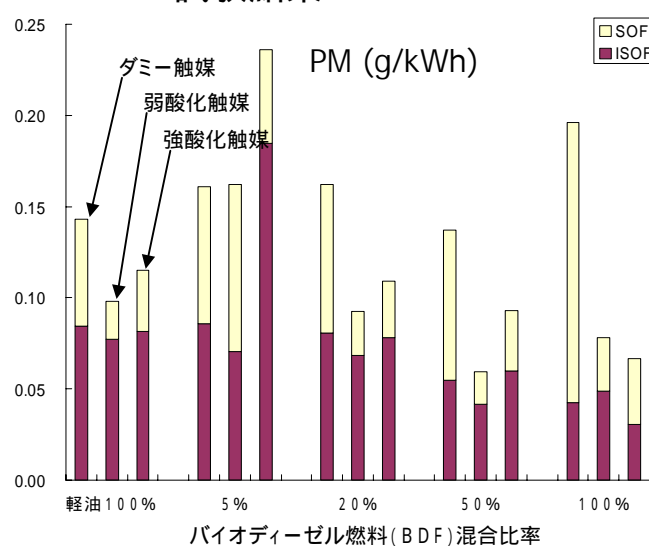
□ BDFの可能性と課題

- カーボンニュートラルな燃料であるが, ディーゼル並みの排出ガス対策を施さないとクリーンな燃料とはいえない
- 燃料の特性を活かすためにはBDF燃料専用車の開発が必要

JE-05試験結果



JE-05試験結果



バイオディーゼル(BDF) -2

□ バイオマス燃料対応自動車開発促進事業の概要

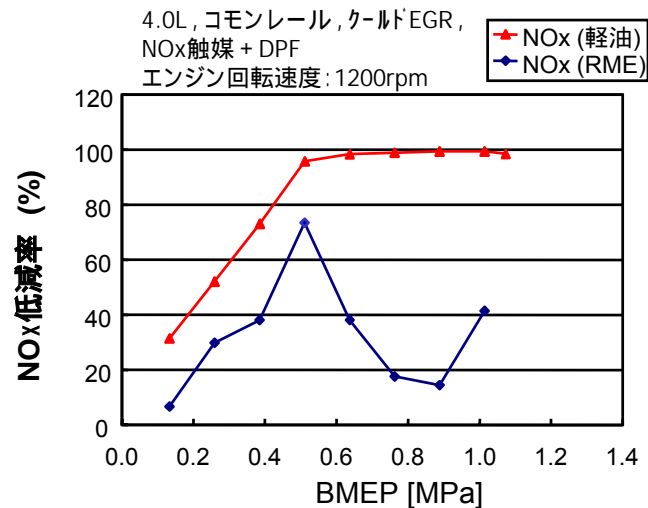
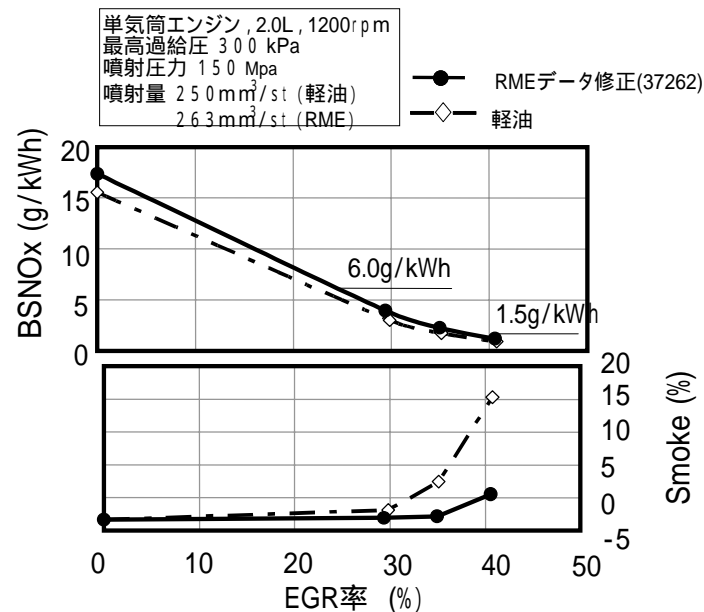
- 平成16年度, 国交省受託調査
- BDF燃料専用車を開発試作し技術評価を行い環境・安全面で必要な車両側の対応技術を明確化
- 菜種油を原料としEU規格を満たすRMEを使用
- 2トン積みクラスの専用トラックを開発
(ベース車両; 4.0L, コモンレール, クールドEGR, 吸蔵還元型NOx触媒+DPF機能付き)
- 目標 NOx:1.0, PM:0.007g/kwh以下

□ 基礎調査の結果

- 単気筒エンジン試験結果から, BDFでは軽油よりもEGR率を高く設定できる
- 多気筒エンジン試験の結果, 排出ガスの悪化が認められる領域がある

□ 今後の課題, 計画

- 基礎調査の結果をふまえ, BDFの利点(極低硫黄, 低Soot)を活かせるようなエンジン改良検討, 試作
- 燃料規格化の動向をふましつつ, 国内で使用されるBDF燃料性状の調査と使用実態を反映して廃食用油についても試験実施予定



GTL軽油

□ 排出ガスへの影響調査の概要

- 平成16年度 環境省受託調査
- 市販GTL軽油を軽油 (S分: 10ppm) に混合 (0, 5, 20, 50, 100vol%)
- 2トン積みクラスのディーゼルトラック3台を用いて排出ガスへの影響を調査

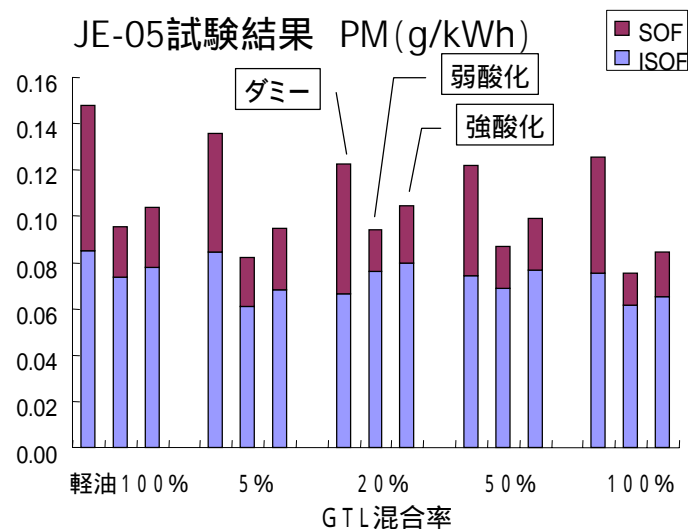
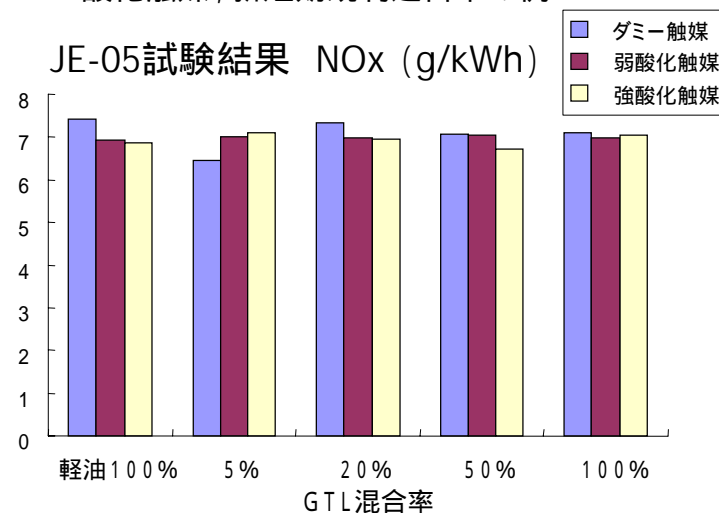
□ 調査結果: (コモンレール, EGR+ 酸化触媒, 新短期規制適合車の例)

- CO, HCはやや低減する傾向, NOxはさほど変わらないがPMはやや低減, CO, HC及びPMの低減には, 排気系に酸化能力の高い触媒装置を装着することが望ましい
- 燃料性状の異なるGTL軽油や試験車両の種類を増やした試験も必要

□ GTL軽油/ BTL軽油専用車の開発 (計画中)

- 平成17年度 国交省受託事業
- 燃料の利点 (硫黄フリー, ゼロアロマ, 高セタン価) を活かしたエンジンと専用商用車の開発・試作を検討中

2トン積みディーゼルトラック, 4.7L, コモンレール
EGR+酸化触媒, 新短期規制適合車の例



天然ガス (CNG/LNG)

□ 大型CNGトラックの開発試作の概要

- 平成14～16年度 国交省受託事業
- CNG(13A)を燃料とする高出力大型トラックのエンジン及び車両の開発試作と技術評価

□ 大型CNGトラック (GVW25t) 開発試作の成果

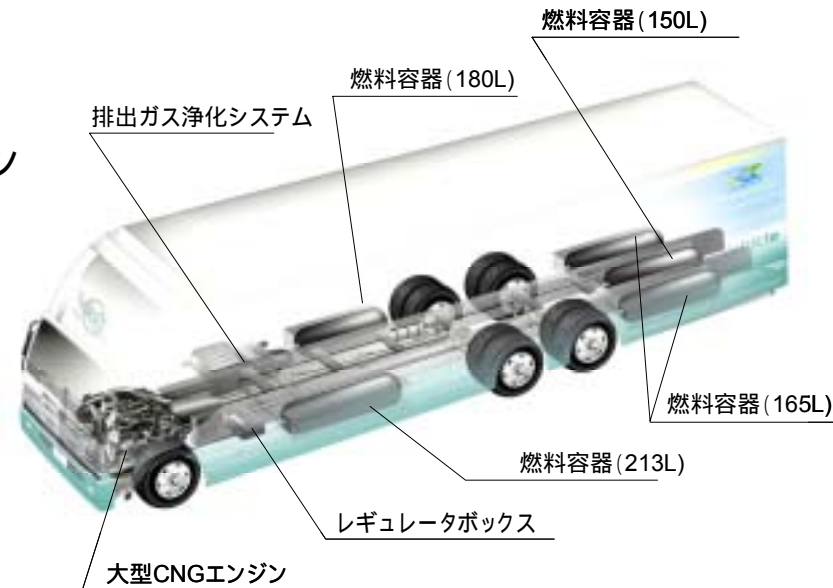
- NOx: 新長期規制値の1/10以下まで低減
- PMは0.002g / kWhに低減
- 地球温暖化ガス: ベースディーゼルエンジン以下
- 出力: 253kW, 航続距離600km以上 (計算)

□ 大型CNGトラックの可能性と課題

- 実績のある三元触媒システムで最適化を図れば大型CNGエンジンでもNOxを大幅低減できることを実証
- 高い排気温度に耐えるT/Cを使えば高出力も可能
- 熱効率はディーゼルを超えることは難しいが、燃料のH/C比が大きいためCO2はディーゼル以下
- 排気温度が高いことから、公道走行試験を行い部品の耐久性や熱害影響等を調査する必要

□ 公道走行試験による実用性の実証 (計画中)

- 平成17年度 国交省受託調査



車両総重量: 25ton
CNG燃料系搭載に伴う重量増加: 約900kg

□ LNG自動車の開発 (計画中)

- 平成17年度 国交省受託調査
- 大型CNGトラックの航続距離を一層改善するため、車載用LNG供給システムを開発を検討中

ジメチルエーテル(DME) -1

□ 中・大型DMEトラックの開発試作の概要

- 国交省受託試験調査・研究開発
 - ・「次世代低公害車技術評価事業」
平成10～13年度
 - ・「次世代低公害車開発促進事業」
平成14～16年度
- DMEを燃料とする自動車の実用化・普及に向け、エンジン及び車両の開発試作と技術評価

□ 大型DMEトラック (GVW20t) 開発試作の成果

- これまで、軽油に比べ要求噴射量が倍増、潤滑性が低い、高速・高負荷の出力が低下する等の課題が指摘されていた
- DME専用噴射装置の開発、燃焼最適化、潤滑性向上剤の添加などにより、ディーゼルと同等以上の動力、ディーゼル並み燃費の確保に世界で初めて成功
- さらに、燃料の特性(黒煙フリー、硫黄フリー)を活かし、酸化触媒+NOx低減触媒システムにより、NOx:新長期規制値の1/10以下、PMはほぼゼロを実現
- 積載量10tを確保、後続距離627km(計算値)、車両性能もディーゼル車と比べて遜色なく、実用性とニアゼロエミッションを両立できるポテンシャルを有する次世代大型トラックの候補



開発試作した大型DMEトラック主要諸元

エンジン	
型式	FE6T改
排気量	6.925ℓ
吸気方式	ターボ・インタークーラ式
最高出力	199kW(270ps) / 2700rpm
最大トルク	750Nm / 1100rpm
燃料供給方式	筒内直接噴射式
噴射装置	ジャーク式 (Bosch AD改 + 0.37 × 6hole)
燃焼系	スワール比1.9 圧縮比17.5
排ガス浄化装置	EGR、酸化触媒 (Pt系1.5L、Pt/Pd系5.1L) NOx吸蔵還元触媒システム
車両	
車両型式	KL-PW25AVZ改
車両寸法 (全長・全幅・全高)	11,980 × 2,495 × 3,310
ホイールベース	7,150mm
車両総重量	19,810kg
最大積載量	10,850kg
燃料容器	計342L (171L × 2本)
航続距離	627km (JE-05Eト* 試験結果より算出)

ジメチルエーテル(DME) -2

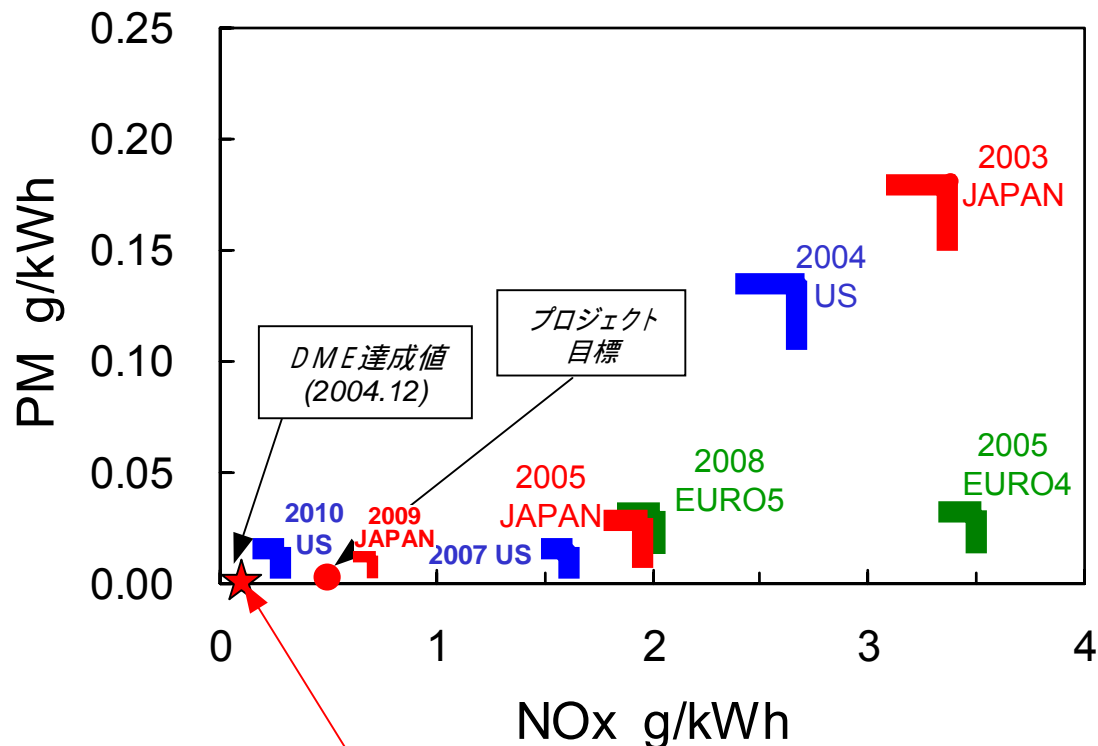
□ DMEの可能性と課題

- PM, SOxがほとんど排出されないためEGRと排気後処理でNOxを極限的に低減でき, ポスト新長期規制にも適合可能な排出ガス性能が得られる
- 熱効率はディーゼルとほぼ同等, 燃料のH/C比が大きいためCO2はディーゼルよりやや少ない
- DME噴射系の実用性評価が必要
- DMEのインフラ整備, 燃料価格

□ 公道走行試験(計画中)

- 平成17年度 国交省受託調査
- 実用化に向けた課題を明確にするため, 公道走行試験を検討中
- DME噴射装置やNOx低減触媒の信頼性・耐久性の評価, 実用化・普及に向けた調査を行い, 技術基準等の整備を図る

重量ディーゼルエンジン排出ガス規制



ディーゼル2009年規制値および各国の排出ガス規制値を大幅に下回る
世界トップの排出ガスレベル

圧縮水素 (CH₂) / 燃料電池バス (FCHV)



- 水素/燃料電池バスの実証試験の概要
 - 平成14～16年度 国交省受託調査
 - 燃料電池バスの営業運行を目的とした実証試験 (国内初)
- 試験結果
 - 燃料電池バスの実用状態における燃料消費が明らかになり、ディーゼル車比較で1.5倍のエネルギー効率が得られた。ただし、航続距離が充分ではなく今後の課題
- 可能性と課題
 - 水素をFCVに利用すればCO₂も排出せず究極のクリーン燃料といえるが、実用性を向上させるためには、エネルギー回生効率の向上、水素搭載量アップなどの対応策も必要
- 燃料電池バスの実用化促進事業 (計画中)
 - 平成17年度 国交省受託調査
 - FCV技術基準の改善、バス特有の基準検討、計測用バスを用いた実証試験を検討中

実証試験用燃料電池バスの主要諸元

車 両	ベース車両	Blue Ribbon City HU2PMEE (Hino 低床路線バス)
	システム	Fuel Cell Hybrid (FCHV-BUS)
	大きさ L x W x H	10,515 x 2,490 x 3,360 mm
	最高速度	80 km/h
	定 員	61 人
燃料電池スタック	形式	PEFC (TOYOTA)
	最高出力	90 kW x 2
モーター	形式	交流同期モーター (TOYOTA)
	最高出力	80 kW x 2
	最大トルク	260 Nm x 2
燃 料	Type	圧縮水素
	貯蔵方法	高圧水素ポンペ
	最高圧力	35 MPa
二次電池	種類	Ni-MH バッテリー

液化水素 (LH2) / 内燃エンジン

□ 研究開発の概要(計画中)

- 平成17年度 国交省受託事業
- CO2排出ゼロと希薄燃焼の特長を活かした水素(LH2)を燃料とする車載用エンジンの開発試作と技術評価を検討中

□ 開発のねらい

- 水素/燃料電池車の技術的課題の解決には相当の時間を要する
- 水素の利用は、水素クルマ社会に向けて多様な手段を検討しておく必要がある
- 首都圏には、既に水素インフラが整備中であり、これを多角的に利用
- 現在のディーゼルエンジンにとって代われるクリーンかつCO2排出のない水素エンジンを目指す

□ 開発エンジン

- 中型クラスのトラック用エンジン

□ 主な技術開発内容

- 水素高圧噴射装置
- LH2車載タンクと供給システム
- リーンNOx触媒システム
- 車載用エンジン



<http://www.mazda.co.jp/home.html>

将来の方向



- 検討すべき課題 -

- 地球温暖化防止(CO2削減)
- 環境対策(排出ガスの抜本的解決)
- 実用性(航続距離など)の確保
- 燃料品質(安定性,規格化)
- 石油代替
- エネルギーセキュリティー
- 供給量の確保
- 経済性(燃料コスト,車両価格)
- インフラ整備の動向
- LCA
- 基準・法規



本講演での主な検討課題

ガソリン車のCO₂削減(バイオエタノール)

- CO₂削減, ガソリン代替燃料として有効
 - ガソリンに混合して使用できるため, インフラ整備の面で有利
 - NO_x低減のメリットは少ない
 - 3vol%以上の混合はCO₂削減効果は高くなるが,
 - 金属部材の腐食対策や三元触媒システムの制御を適正化した技術開発やエンジンの出力性能への影響調査が必要
 - 品質の安定化, 経済性, 供給安定性が課題
 - 水が多く混入した場合には相分離をおこすやすい
 - 濃度許容限界の設定が必要, 水への溶解度の低いETBEについても検討が必要
- ETBE: Ethyl Tertiary Butyl Ether の総称, エーテル化合物の一種, エタノールとイソブチレンから製造, 含酸素剤としてフランスなどではオクタン価向上剤としてガソリンに添加, バイオエタノールを原料として製造することも可能. 排ガス性状への影響についても確認が必要

ディーゼル車のCO2削減

□ BDFはCO2削減，ディーゼル代替燃料として有効

－軽油と混合しても使える

- ・インフラ整備の点で有利だが，ディーゼル並みNO_x，PM対策が必要
- ・混合濃度に応じて噴射，排気後処理システムの適正化が必要

－BDFの特性を活かした燃焼，排気後処理技術の開発

- ・SOOT分が少なく EGR率が増加可能，硫黄濃度は極めて低い，後処理装置の効率や燃費などへの影響については調査が必要

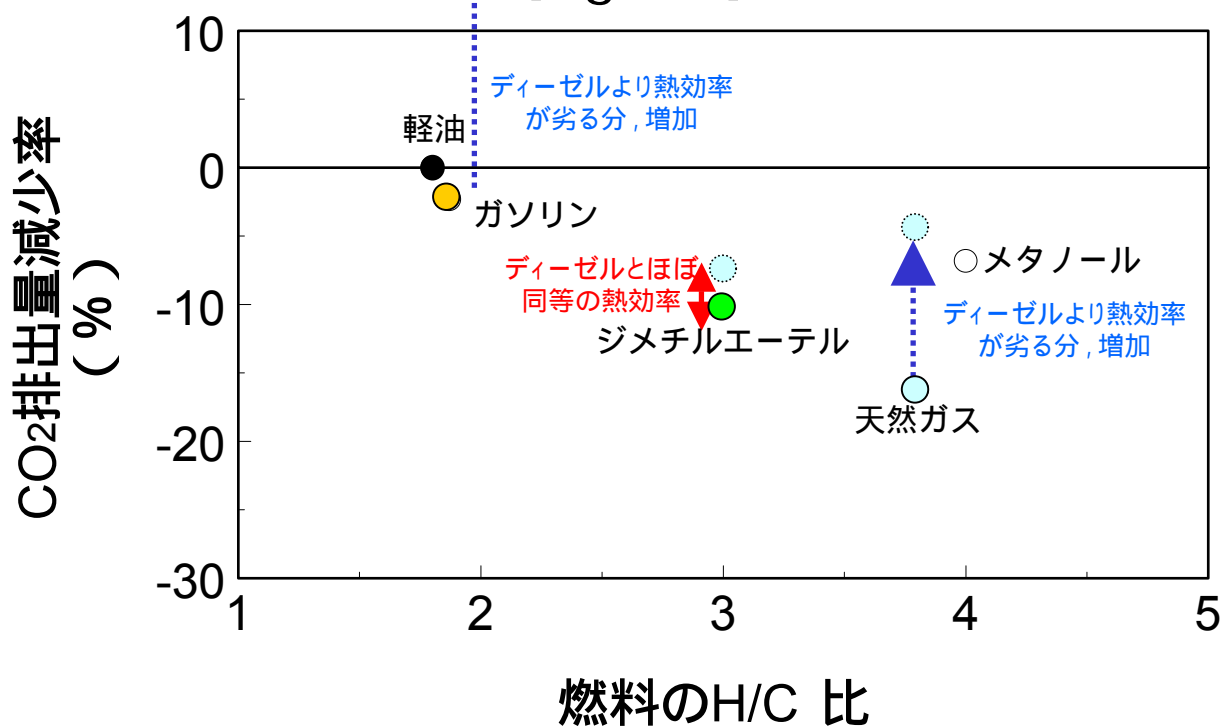
－品質の安定化，規格化，経済性，供給安定性が課題

□ CO2削減にはH/C比が大きく，高効率燃焼が可能な燃料が有利

－DMEがやや優位 (Tank to Wheelベース)

各種燃料のCO2排出量

発熱量当たりのCO2排出量の比較
[kg/MJ]ベース



□ 高H/C比燃料が有利

- 究極は水素(Cフリー)
(ただし、製造プロセスによる)
- 次に、天然ガス、DME

□ ディーゼル並みの高効率 燃焼が行える燃料

- 天然ガスエンジンの熱効率はディーゼより劣る
- DMEエンジンではディーゼルサイクル燃焼により熱効率が低い

□ BDF, GTLのCO2排出量

- 軽油とほぼ同じ(当所の試験結果より、TTW)

ディーゼルPM, NOxの抜本的解決

- PM:09年目標値 0.01 g/kWh以下
 - BDF, GTL軽油はDPF装着が不可欠, CO2, 燃費への影響は?
 - PM, SOxフリーな天然ガス, DME, 水素が優位
- NOx:09年挑戦目標値(0.7/3 g/kWh)以下
 - エンジンアウトのNOxレベルが大幅に低減できるか?
 - NOx低減触媒が適用しやすい, あるいは不用か?
 - PM, SOxフリーな天然ガス, DME, 水素は有利
- 今後の方向性
 - 酸化触媒程度のシンプルな後処理で済ませる
 - 燃費への悪影響を抑えた排気後処理技術の開発

新燃料自動車の性能と実用性

- 既存エンジンと同等の出力と熱効率を実現できるか？
 - 筒内直接噴射が行いやすい燃料 BDF, DME, GTL軽油
 - ・ 液化燃料が有利だが, 気体燃料の直噴技術の開発も検討中
 - ディーゼル並みの高効率燃焼が可能な燃料 BDF, DME, GTL軽油
- 実用性が確保されるか？
 - 航続距離
 - ・ 液体で車両搭載が可能 - BDF, DME, GTL軽油, LNG, LH2
 - 積載量
 - ・ 動力システムの構成が軽量・シンプル - BDF, DME, GTL軽油
 - 運転性能, 耐久性・信頼性等
- 車両価格は？

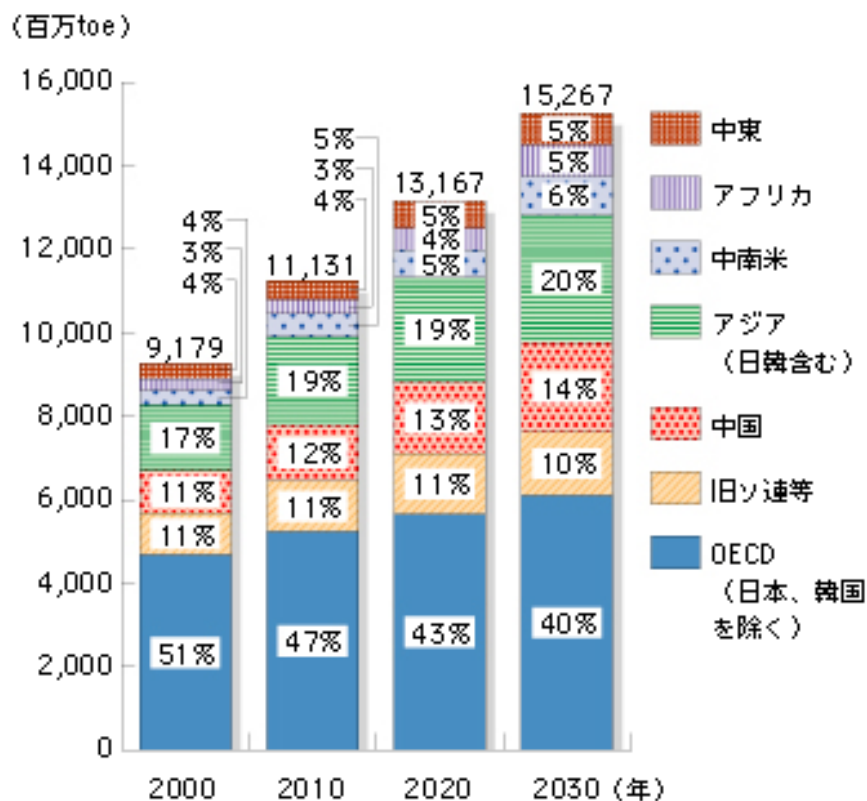
燃料別の性能・排出ガス比較

- 当所の試験結果をもとにGVW>3.5t車を想定して検討 -

	出力, 熱効率	CO2 Tank to Wheel	PM 2009年目標値	NOx 2009年 挑戦目標値レベル	課題など
軽油	基準	基準	DPFが不可欠	後処理が不可欠	ニアゼロエミッション化が課題
バイオエタノール (PI/SI/三元触媒方式)	最高出力は同等以上, 熱効率は低下	減少 (ニュートラル)	ニアゼロ	後処理が不可欠	既存インフラが利用可能, 高濃度利用では金属腐食対策, 水分管理などが必要
バイオディーゼル(BDF)	ほぼ同等	減少 (ニュートラル)	DPFが不可欠	後処理が不可欠	既存インフラの利用が可能, 品質確保と規格化が課題
GTL軽油	ほぼ同等	ほぼ同等	DPFが不可欠	後処理が不可欠	既存インフラ利用できるため有利, 燃料価格等が課題
天然ガス(CNG/LNG) (PI/SI/三元触媒方式)	出力はほぼ同等 熱効率は低い	同等以下	ニアゼロ	後処理が不可欠	耐久性等の実証, LNGシステムの成立性, 熱効率向上
DME	ほぼ同等	同等以下	ニアゼロ	現状では後処理が不可欠	耐久性等の実証が必要, インフラ整備と燃料価格が課題
水素(CH ₂)/燃料電池車 (路線バス, FCHV方式)	HV化で出力確保 FCの熱効率は高い	ゼロ	ゼロ	ゼロ	信頼性・耐久性および実用性の向上, コスト低減が課題
水素(LH ₂)/エンジン (DI/SI方式)	出力向上が課題 熱効率(調査課題)	ゼロ	ニアゼロ	高負荷域では後処理が必要	LH ₂ 供給システムの成立性, 出力と熱効率が検討課題

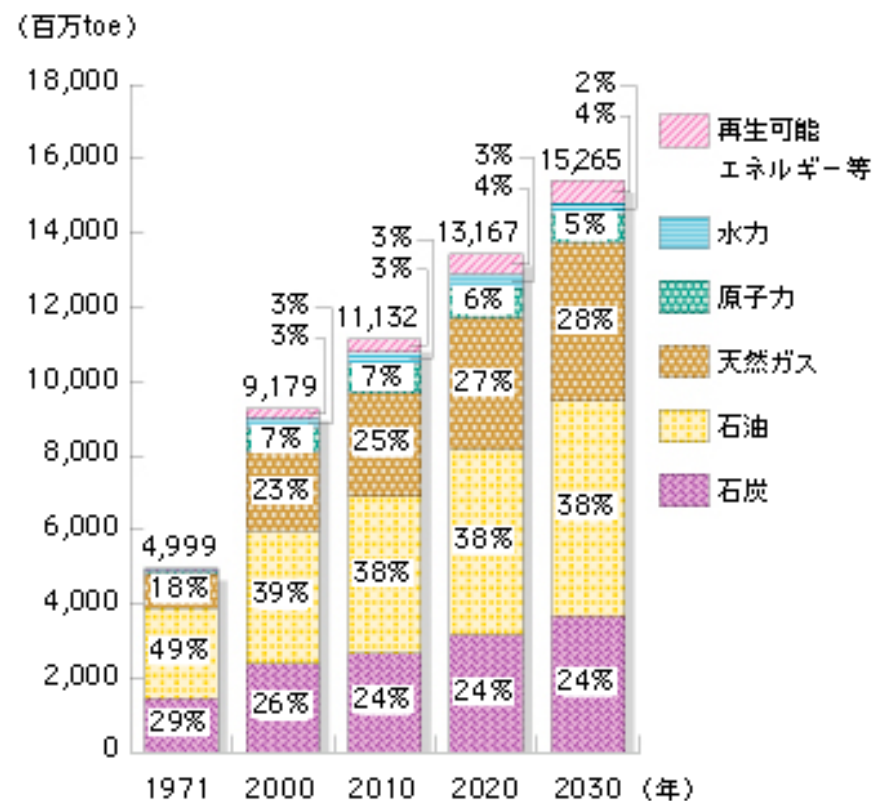
世界の一次エネルギー需供見通し

- 地域別 -



資料：IEA「World Energy Outlook 2002」

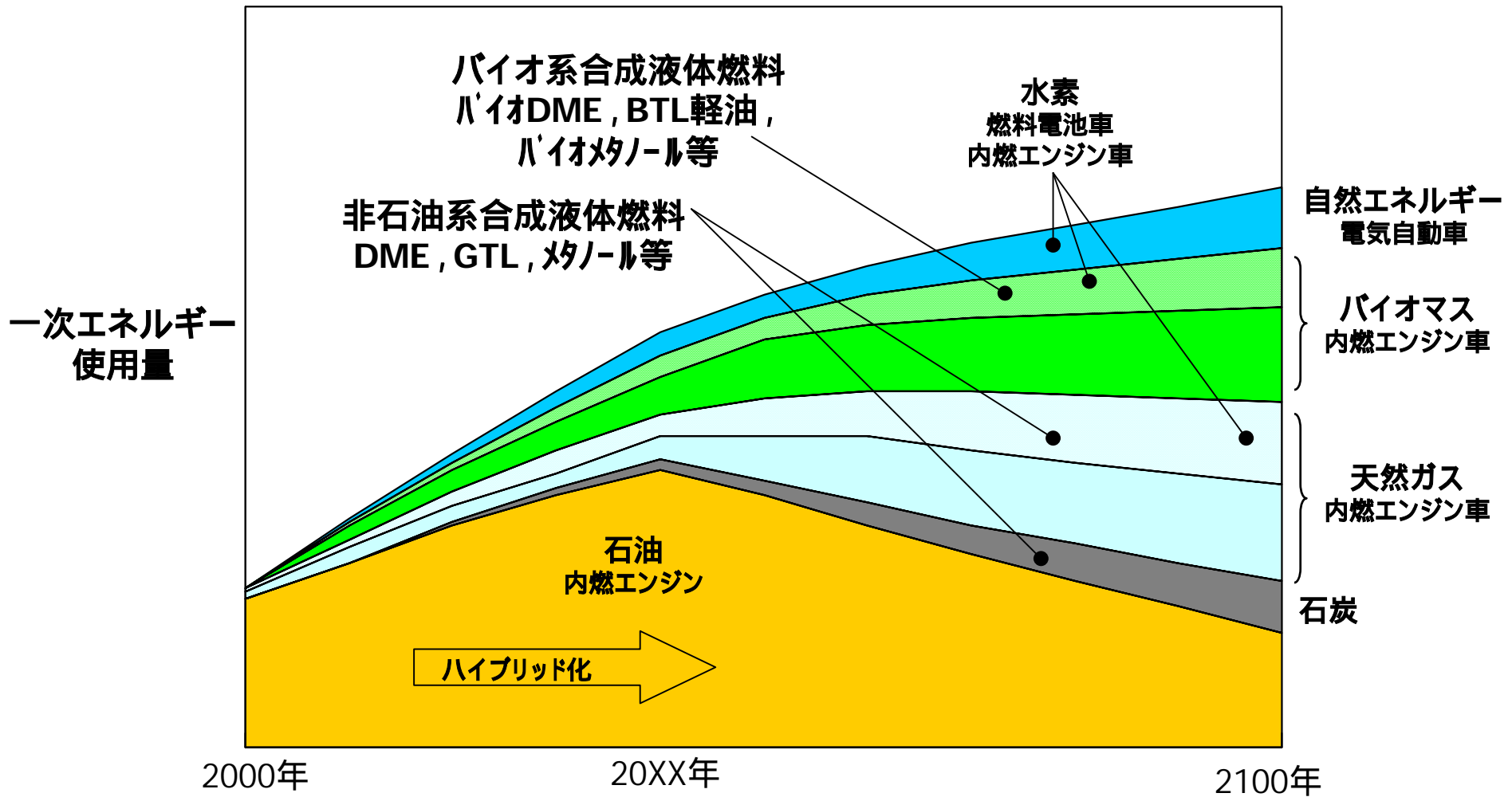
- エネルギー源別 -



資料：IEA「World Energy Outlook 2002」

<http://www.enecho.meti.go.jp/energy/world/world01.htm>

自動車燃料とエンジンの現状と将来

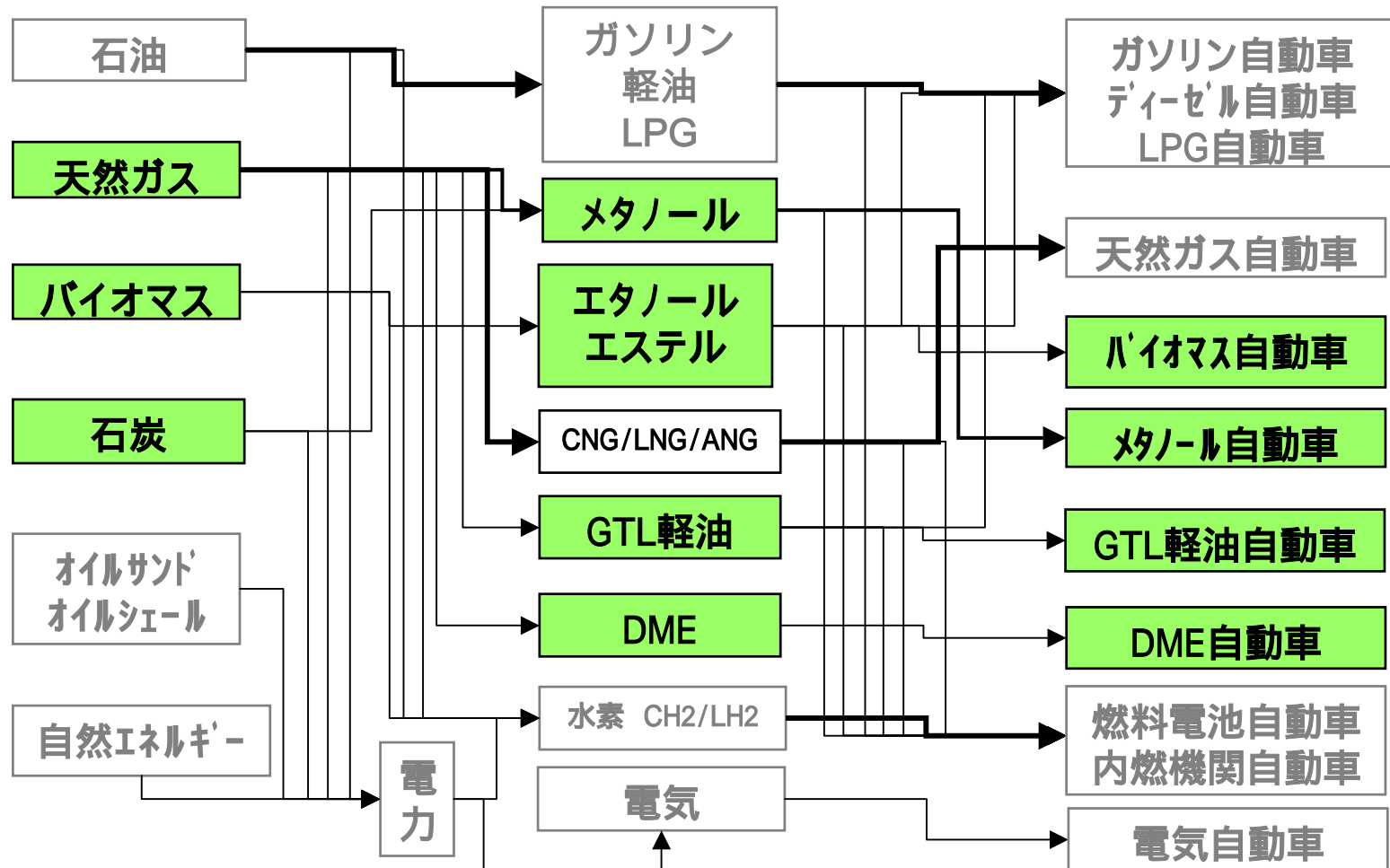


石油以外から合成される液体燃料

<一次エネルギー>

<輸送用エネルギー>

<自動車>



平成11年度自動車産業分野における産業競争力に関する調査報告書(自技会平成12年4月)をもとに作成

まとめ



まとめ -1

□新燃料の背景

- 自動車のCO₂, 排出ガス問題の解決は緊急の課題 / ガソリン車とディーゼル車は当分の間は存在 / それぞれのCO₂低減, 排出ガス改善技術は成熟段階 / ハイブリッド車が期待されている / 燃料電池車の実用化, 水素社会の到来はしばらく先になる / 原油価格高騰の兆し / 当面の問題解決に向けて新燃料の利用が注目

□新燃料に関する研究所の取り組み

- 国の施策に資するための試験調査と研究開発に取り組んできた
- 新燃料の排出ガスへの影響調査結果の概要と新燃料を用いた低公害車開発の経過について紹介
- エネルギー・環境問題に関わる重点的かつ長期的な取り組みが必要

まとめ -2

□新燃料の将来の方向 - 主としてCO₂削減とNO_x, PM低減の技術面から -

- **バイオマス燃料**; CO₂削減に向けハイブリッド化等と並び利用が進む, 噴射, 後処理装置の適正化が必要, NO_x, PM低減レベルは今後の課題, 燃料の規格化が必要
- **GTL軽油**; 既存インフラが利用できるが, ディーゼル並みの排出ガス対策が必要, NO_x, PMの低減レベルは燃料特性(硫黄フリー, ゼロアロマ, 高セタン価)を活かした開発に依る
- **DME**; 液化燃料として取り扱え, ディーゼル車のNO_x, PMニアゼロエミッション化, ディーゼル車と同等の性能が確保できることが実証されつつある, 噴射システムなどの耐久性, インフラ整備等が課題
- **天然ガス**; 三元触媒システムではゼロエミッション化が可能, 耐久性の確認, 熱効率の向上とLNG供給システムの成立性などが課題
- 石油に代わる一次エネルギー源の多様化, 水素社会の到来に対応して,
 - **水素(H₂, LH₂)** /燃料電池車, 内燃エンジン車
 - **BTL軽油, バイオDME, バイオマス燃料** /天然ガス・バイオマス資源, 石炭からの液化合成燃料

□さらに, 供給安定性, 燃料価格, 燃料規格, 品質確保, 車両価格, LCA, 法整備面等からの多角的検討が必要