

⑬ 重量車における環境性能の今後の方向性に関する調査

環境研究領域

※小林 雅行

新国 哲也

奥井 伸宜

小鹿 健一郎

1. はじめに

トラックやバスなどこれら重量車に関して、排出ガスの低減やCO₂低減など環境性能を向上させるための研究開発が1990年頃から2010年頃の間盛んに行われ、この結果ディーゼルエンジンを用いた重量車は排出ガスのクリーン化が一層促進された。

一方、天然ガスやバイオ燃料などを利用して石油燃料の依存度低減によるエネルギーセキュリティ（以下：セキュリティ）の向上を目的とした研究や、さらなる低エミッションと低燃費を目的として進められたこれら代替燃料を用いた次世代大型車両は、国主導のプロジェクトなどにより技術開発支援が行われてきたが市場での普及は低迷している。

本研究では、代替燃料を用いた次世代大型車両の普及が低迷している要因とこれを踏まえた大型車両に関する技術研究の方向性について検討した結果を報告する。

2. 代替燃料を用いた次世代大型車の開発と見通し

2.1. 次世代大型車の開発

国土交通省、経済産業省などが行ったプロジェクトにより推進された代替燃料を用いた次世代大型車の開発について表1に示す。これまでに多種多様な燃料を用いてポスト新長期排出ガス規制を達成させるエンジン技術の開発が行われた。また、代替燃料以外の技術開発も行われ、中型車両やバスを対象としたハイブリッド車両の開

発や従来ディーゼルエンジンの技術開発も行われた。

こうした代替燃料の導入や先進的なエンジン技術の開発により、これまでに排出ガスやCO₂の低減など環境性能の向上、燃料の多様化によるセキュリティの向上とこれら技術の蓄積が進んだ。当研究所ではこうした技術開発の支援業務および技術評価と並行し、次世代車両に関する技術基準策定などの業務を進めてきた。

2.2. これまでの動向と将来の見通し

前項に記したように、これまでに排出ガス低減やCO₂低減など環境性能向上技術の開発やセキュリティ向上方策について、多種多様な方法により行うことが可能であることが、エンジンや車両を製作しベンチ評価や実車走行評価により実証されてきた。こうした結果については管轄した各省庁や当研究所において報告されている。

当研究所フォーラムでの報告では、こうして開発された技術や代替燃料がどのように導入され普及していくかの見通しについても記している。2005年の報告では、CO₂排出量の削減とPM、NO_xの抜本的解決に対する代替燃料の使用方法について研究開発を進めてきたことを記し、各種燃料に対するエンジン性能や耐久性と排出ガス性能の評価考察および課題出し、燃料の規格化やインフラ整備に関する課題出しが行われ、基本技術の開発が完了したことを報告した。将来の見通しとしては大枠として世界の一次エネルギーについてバイオマスと天然ガス由来の燃料割合が増加する（図1）という予測を横目にその他の燃料種も含め広い範囲でこういったことが可能かを記した。

Table.1 各種技術開発とその特徴

技術開発	目的	技術や特徴
DMEトラック	低排出ガス	DME用燃料噴射システム
GTLトラック	低排出ガス	GTL対応エンジンシステム
FTDトラック(BDF)	低排出ガス	FTDニート(100%)対応エンジンシステム
CNGトラック	低排出ガス 低CO ₂ 排出 燃費向上	CNG用燃料噴射システム (ポート噴射, 筒内直接噴射)
LNGトラック	低排出ガス 低CO ₂ 排出 長距離走行	LNG用燃料供給システム
LPGトラック	低排出ガス	LPG用燃料噴射システム
水素エンジン	超低排出ガス	水素用燃料噴射システム
スーパーグリーン ディーゼルエンジン (軽油エンジン)	超低排出ガス	従来軽油エンジンに各種新技術 (高圧噴射, 高圧低圧EGRなど)
ハイブリッドトラック・バス	低排出ガス 燃費向上	CNG, DME, LNG+モータシステム キャパシタ, ハイブリッド制御

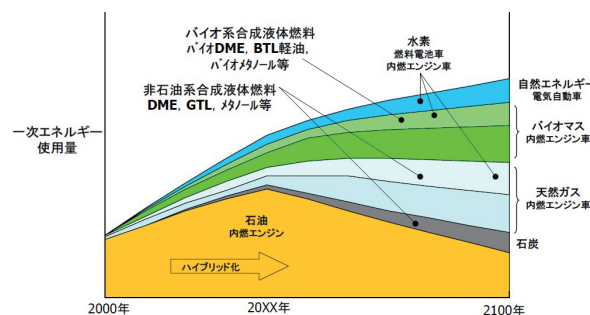


Figure.1 自動車燃料とエンジンの現状と将来
(2005年報告資料より：当研究所員が独自に作成)

2007 年の報告では、これまでの技術の実用化と普及促進を主とした新プロジェクトの中間報告と共に、代替燃料について導入分野やどういった使われ方となるかを記している。普及に関する記述では、CO₂ 低減を課題としたときに、「短中期的に石油系燃料の一部を CO₂ 排出量のより少ない特性を有する非石油系燃料により代替しつつ、長期的には「再生可能エネルギー」への転換を進め、「自然と調和した持続可能な社会」を形成していく必要がある」とした概念を説明したうえで、各種燃料の特徴と技術的課題および研究の方向性と今後の展開について記し、いずれの燃料種についても引き続き発展していくための方法を示した。

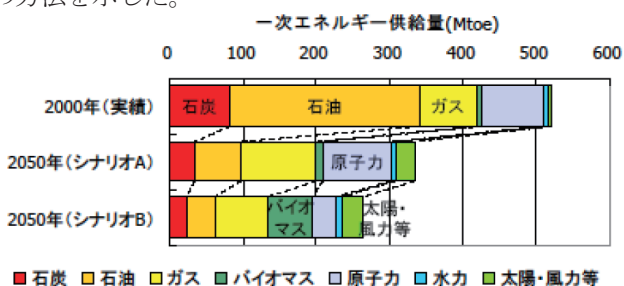


Figure.2 日本における CO₂ 排出 70%削減を可能とするエネルギー構成例¹⁾ (2007 年報告資料より)

また、この年は CO₂ 排出削減を主体に記述が進められており、日本における一次エネルギー消費量シナリオ(図 2) について紹介している。CO₂ 排出を 70%削減するためのシナリオを例として各種燃料の割合が示されている。ここでは原子力の構成比率が高めであるのが特徴的に見える。さらに、プロジェクト報告まとめにおいて、地球温暖化対策に関して気候変動に関する政府間パネル(IPCC) の最新報告があったことを記し、これまでに主として進めてきた低排出ガス技術の進展と共に燃費改善(CO₂ 低減) が重要課題であると記した。

2009 年の報告では、技術的な報告はなく図 3 に示すようなエネルギー源と燃料および動力システムの関係を示

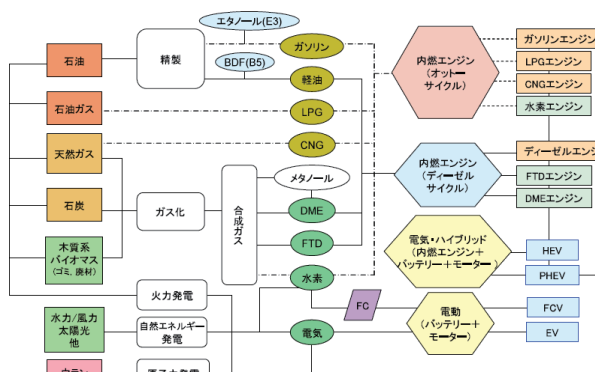


Figure.3 エネルギー資源と自動車用燃料および動力システム (2009 年報告資料より：当研究所員が独自に作成)

し、CO₂ 排出をほぼゼロとするための代替燃料の導入分野について、大型車両に限らず走行距離などの車両の特徴、排出ガスなどのエンジンの特徴を踏まえ具体的に記している。また、代替エネルギーとしては天然ガスやバイオマスからの改質で得られる燃料種が多種ありこれらを利用するときに排出される CO₂ および消費エネルギーを比較して低炭素化に対する有効性を記した (図 4)。

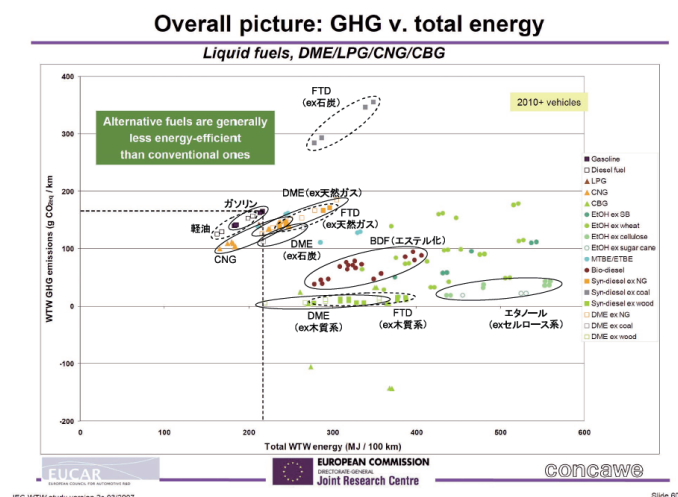


Figure.4 GHG 排出量と全エネルギー消費効率²⁾ (2009 年報告資料より)

2010 年の報告では、2009 年の報告内容にプラスして代替燃料の環境性能の実験データを用いて熱効率、PM 排出、CO₂ 排出の相対的な関係を示し (図 5)、代替燃料自動車をどういった用途で使用するべきか将来に向けた提案を行っている。

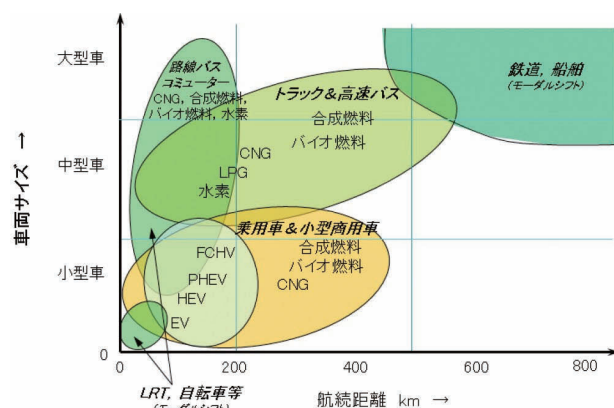


Figure.5 新燃料自動車の適用範囲 (2010 年報告資料より：当研究所員が独自に作成)

本研究所でのこれまでの報告では排出ガスや CO₂ に関する課題の提起に始まり、その対策技術の開発状況や評価の報告、さらに車両特性から実際にどういった分野(用途)で使用するべきかの考察、製造から使用までの効率の比較検討など、低炭素社会へ向けた方向性の提案を行ってきた。こうした技術動向の見通しは記述してきたが、実際の普及見通しの予測は難しい。

3. エネルギーセキュリティと総合効率

第2章では、これまでに行ってきた報告内容を参照し、次世代車両の技術開発動向や代替燃料について排出ガスやCO₂排出特性ならびに車両の適用範囲の考察や提案を述べてきた。本章ではこれまでに述べきれていないセキュリティや車両の総合効率から見える次世代車両の方向性について述べる。本調査で用いる総合効率は、Well-to-Wheel (WtW) におけるエネルギー消費率を示す。

3.1. エネルギーセキュリティ

代替燃料のこれまでの報告では、代替としての技術的方法の意味合いが強く、将来的な原油枯渇問題やオイルショックまたは震災などの非常時に対するセキュリティの意味合いは少ない。現在、自動車用燃料のほぼすべてが石油由来のガソリンと軽油であるため、石油依存度の低減はセキュリティ向上の上で喫緊の課題である。

重量車に対応する代表的な代替燃料の燃料インフラ、燃料量、車両の生産数、燃料単体および WtT の CO₂ 排出率について表 2(左)に示す。なお、各項目について記号を用いて軽油との相対関係を記した。「燃料量」については天然ガスと LPG の生産量が多い。その他の燃料の生産量はごく僅かであるが、DME、GTL、水素などは天然ガスやその他の燃料源から製造が可能であるため、燃料の多様化としては有効である。「インフラ」についてはタクシーでの利用が多い LPG が比較的多い(約 1900 箇所³⁾)。続いて天然ガスが多く(314 箇所⁴⁾) これらの利用がセキュリティに有効であるが絶対数は少ない。LPG インフラは大型車乗り入れ対応の必要箇所が多い。DME は LPG と特性が似ているとされるが、実際は LPG インフラをそのまま使用できない。GTL や BDF は軽油との混合を前提とすれば現状の軽油インフラが利用できる。

このように代替燃料に関して、多様化はこれまでも報告があったように技術的問題はおおむねクリアされてきている。一方で、生産量と供給設備数としてのセキュリティ向上の取り組みが引き続き必要である。近々の情勢としてはシェールガス革命の動向を鑑みると天然ガスの利用がセキュリティとして効果的であると考えられる。

3.2. 総合効率

代替燃料車の導入により排出ガスやセキュリティの向上が技術的に行えることは記したとおりである。しかしながら、図 4 で示したように WtW で CO₂ 排出量が軽油に対して増加する燃料を使用すると、セキュリティは向上できても低 CO₂ 化にはならない。この値は 2007 年作成であるため、最新の技術動向を踏まえて算出された 2011 年の WtW 値⁵⁾を表 2(右)に示す。バイオマス由来の BDF は WtW で CO₂ 排出を大幅に減らすことが可能である。水素も CO₂ 排出を大幅に低減可能であるが、WtT で示されるように燃料製造過程を上手に選択する必要がある。これら BDF と水素は生産量やインフラの改善によりセキュリティ向上と低 CO₂ 化の両立が可能である。天然ガスもバイオマスや水素に次いで CO₂ 排出低減に有効であり、供給量としてはセキュリティへの有効性が高く前項で記したようにインフラの改善によって低 CO₂ 化との両立が可能である。DME や GTL は製造過程においてエネルギーを多く消費し CO₂ 排出が軽油よりも増加する結果となることから、製造技術の改善またはバイオマスからの生成によりセキュリティの向上と低 CO₂ 化の両立が可能である。また、エネルギー消費が多いことからコスト高になるためコスト低減に向けた取り組みが必要である。なお、水素はエネルギー密度を考えると燃料電池の利用が想定されるがトラックでの実用化はまだ遠いとされる。

Table.2 各種代替燃料の特性比較

パ：パーム油，廃食：廃食油，天：天然ガス改質，太：太陽光水電解，相対比較：▲→△→●→○→◎ 良

燃料	燃料		生産 台数	燃料単体CO ₂ 排出率 と軽油との比			Well-To-Tankと 軽油との比			Well-To-Wheelと軽油との比 (1500cc乗用車JC08モード)					燃料			
	インフラ	量		g-CO ₂ /MJ-fuel			g-CO ₂ /MJ			g-CO ₂ /km		MJ/MJ-fuel						
軽油	◎	◎	◎	●	72.3	1.00	○	8.7	1.00	●	132.0	1.00	●	1.84	1.00	軽油		
DME	▲	△	▲	△	66.3	0.92	△	17.4	2.00	△	136.4	1.03	▲	2.46	1.34	DME		
GTL	▲	▲	(軽油車)	●	70.7	0.98	△	20.8	2.39	▲	149.1	1.13	▲	2.71	1.47	GTL		
BDF	パ	▲	▲	(軽油車)	▲	76.2	1.05	◎	-66.8	-7.68	◎	15.4	0.12	○	1.80	0.98	パ	BDF
	廃食	△	△					◎	-74.3	-8.54	◎	3.1	0.02	○	1.68	0.91		
天然 ガス	CNG	●	○	○	○	56.4	0.78	●	11.3	1.30	○	114.4	0.87	△	2.03	1.10	CNG	天然 ガス
	LNG	▲	○	▲				△	LNG									
LPG	○	●	●	△	66.1	0.91	●	11.2	1.29	●	130.6	0.99	△	1.93	1.05	LPG		
水素	天	▲	▲	▲	◎	0	0.00	▲	108.4	12.46	○	79.1	0.60	◎	1.38	0.75	天	水素
	太	▲	▲	▲				△	19.3	2.22	◎	14.0	0.11	◎	1.15	0.62	太	

4. 普及の現状と課題

代替燃料を用いた次世代大型車の技術開発と実証評価が2010年頃までに一段落し、これまで完了している車種も含め現在これら次世代車両は普及段階にあると考えられる。2009年時点における次世代トラックの保有台数⁴⁾⁶⁾を図6に示す。なお、京都市などでBDFを用いた実証試験が実施されているトラックやバスが229台ある⁸⁾、このほかDME車など実証評価段階の車両もあるが含めていない。EV車、ハイブリッド車を除く代替燃料車はおよそ5万台ある。2009年時の全国の自家用及び営業用貨物自動車の保有台数が約236万台⁷⁾であることから2009年の普及率は約2%であり、4年後の2013年時点においても大幅に増加しているようには感じない。

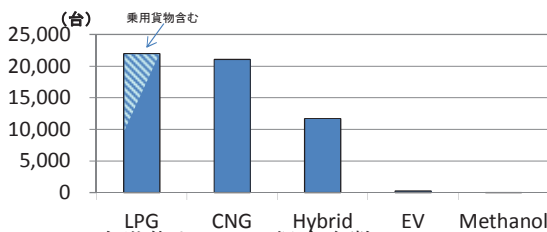


Figure.6 次世代トラック保有台数 (資料4) 6)を元に作成)

代替燃料次世代トラックの普及が低迷している理由として、既述内容を含め以下の要因が考えられる。

燃料供給量が少ない、燃料が高い、インフラが少ない、航続距離が短い、燃費が悪い、車両価格が高い、である。

これらの要因により製造者、購入者が普及に対して消極的になっているものと思われる。「燃料供給量」や「燃料価格」については天然ガスやLPGは比較的安価であるがBDFは技術進歩や輸入量増加などにより生産コストの低減が課題である。このうち天然ガスは非在来型とされていたシェールガスが増産されることからその影響が期待される。「インフラ」については、天然ガスや水素スタンドを既存ガソリンスタンドとの併設が行いやすくなるなど規制緩和による建設コスト低減が課題である。「航続距離」については都市間輸送の車種で燃料タンクの増設で対応しているがコスト増加が課題である。ただし、CNGは技術的改良を含めLNG化すると同一容積で長距離化が可能である。「燃費」については、天然ガスエンジンの熱効率改善技術が向上していることからそうした技術への移行が課題である。「車両価格」については、乗用車ほどに生産台数が多くないためコスト削減が難しいという問題や、CNGタンクは海外の基準を用いると価格を抑制できるなどインフラ同様に技術基準の規制緩和が課題である。一方、規制緩和とは逆に排出ガス規制のように代替燃料の部分的導入を定めるなどセキュリティ向上

に向けた量的規定も必要である。規制緩和についてはいくつかの機関で検討を始めており、安全を維持しながらの普及促進が期待される。このほか国や各協会などでは補助金の助成により普及を促しており、既述した規制緩和と並んで普及促進が期待される。

5. まとめ

代替燃料を用いた次世代大型車両の普及低迷の要因とこれを踏まえた大型車両に関する技術研究の方向性について調査を行ない普及に対する課題をまとめ今後の方向性について検討した。

- (1) 国主導のプロジェクト等により代替燃料を用いたエンジン技術は概ね完成している。今後はさらなる熱効率向上技術の開発やコスト削減の取り組みと助成により、導入者に対して購入意欲が湧く提案が必要である。
- (2) 規制緩和や助成などにより、製造者に対して製造意欲が湧く提案が必要である。
- (3) 代替燃料増加のため、量的規定の検討が必要である。
- (4) 現状の技術レベルとセキュリティ向上および大幅なCO₂抑制のバランスを考え、短期的・中長期的に多様な代替燃料および代替燃料車両の導入促進計画が必要である。現在の技術レベルとして、短期的には天然ガスが効果的と考え、数十年先の中長期では技術向上によりバイオマス(BDF、GTL、DMEなど)や水素(EV、燃料電池)による燃料の多様化が有効であると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 2050日本低炭素社会シナリオ-温室効果ガス70%削減可能性検討-, P.6, 2007年2月, 環境省
- (2) Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, JEC WTW study version 2c 03/2007, EUCAR/JRC/CONCAWE
- (3) 日本LPガス協会ホームページ, <http://www.j-lpgas.gr.jp/kiki/unyu.html>
- (4) 日本ガス協会ホームページ, http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/jpn_spread.html
- (5) 総合効率とGHG排出の分析報告書, 2011, 日本自動車研究所
- (6) LPガス自動車普及促進協議会ホームページ, <http://www.lpgcar.jp/guide/mumber.html>
- (7) 自動車保有台数, 2009, 自動車検査登録情報協会
- (8) 京都市ホームページ, <http://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/00000000008.html>