

研究ノート

運輸部門の石油消費低減に関する一考察

中田 雅彦

投稿受付：2009年12月3日 受理日：2009年12月17日 WEB公開日：2010年2月22日

要旨

有限な地球の資源を安価に利用できる限界に近づいている。特に石油資源がそうである。安価な石油で成り立っている現在の高エネルギー消費社会を低エネルギー社会に早急に構築しなおさなければならない。

ここでは、国内石油消費の約35%を占める運輸部門において、石油消費量と石油依存度を低減する可能性について考察する。対象とする時間枠は2030年とした。産業部門において具体的な石油消費低減策を検討するためには、まず将来の石油供給をおおよその精度でもよいから予測することが必要になる。そこで、入手可能な情報に基づき短中期の供給予測を試みた。その結果、2-3年後に石油供給不足が発生し、2020年頃には石油生産ピークが発生する可能性が高いと判断された。2030年には、世界の石油と石油相当の液体燃料は現在の2/3程度に減少すると予測された。

上記の石油供給予測に基づき、運輸部門の石油消費低減策を検討した。石油に替わる得る適切な液体燃料候補は現時点で存在しないので、運輸部門で今までに広く用いられてきた駆動源として「内燃機関+石油系液体燃料」から、徐々に「(内燃機関、電気モーター) + (液体燃料、電気)」の新しい組合せに変更して行かねばならないことになる。すなわち、ハイブリッド、プラグインハイブリッド、蓄電池電気自動車などの「電気駆動自動車」である。しかし、液体燃料を完全に電気に置き換えるためには、今の蓄電池の数十倍の能力を持つ高性能蓄電池が必要であり、その開発のためにはまだ相当な年月がかかると言われている。したがって、当分の間は、蓄電池の性能不足を補うために、この新しい駆動源を新しい交通システムと組み合わせることが必要になる。この新駆動源と新交通システムの組合せは2030年頃には、努力すれば実現化する可能性はある。しかしながら、数年先に発生すると予測されている石油供給不足には間に合わない。そこで、短期的に燃料消費を低減できる手法をいくつか提案する。これらの短期、長期対策を併用することと、原子力発電の増強により、目標とする石油消費量を低減する可能性はあるが、官産民の強い意志と連携、努力が必要である。

【キーワード】：石油、供給不足、運輸部門、電気駆動自動車

1. はじめに

石油資源は有限であり、近いうちにその生産は限界に達し、いわゆる石油生産ピークが発生すると言うことは既に広く受けいられている事実である。石油に替わる適切なエネルギー源はなさそうであるので、今後は徐々に石油に対する依存度を減らしていかなければならない。すなわち低エネルギー社会を構築して行かねばならない。現在の社会においては、ほとんどの産業生産物からサービス類まで広く石油に依存している。したがって、全ての分野にわたって、脱石油の方向を探っ

ていかねばならない。ここでは石油の消費の約35%を占める運輸部門に焦点を絞って、日本の運輸部門の石油消費量の低減策を考察することにする。

石油資源が有限であることはいまでもない。しかし、おおよそでもよいからいつ頃からの程度の供給不足が発生するかという情報がないと、産業界においてはエネルギー不足に対する具体的対策が考えにくい。そこで本稿では、現在得られる諸情報をもとに、まず今後の石油供給の状況を概観してみる。更にその結果に基づき、本稿では運輸部門の取るべ



¹中田 雅彦(なかだ まさひこ) 株式会社テクノバ、もったいない学会・自動車技術会・日本機械学会・SAE会員、工学博士

き方策について考察することとした。

2. 石油供給の今後の見通し

石油供給の予測に関しては多くの情報がある。しかし最大の石油生産の実績のある中東諸国の可採埋蔵量や生産能力の正確なデータは公表されていない。したがって正確な予測は所詮不可能である。しかしながら、石油生産や開発に直接、間接に関与する産業界や諸機関、専門家などの見解や発表資料などから、おおよその傾向は掴める可能性がある。以下に各方面からの情報を紹介する。

参考のために今後頻繁に出てくる石油生産量の単位について以下に説明をする。

- ・ barrel: バレル、bbl ととも略記される。約 160ℓ
- ・ mbd: million barrel per day、一日当たり 100 万バレル、mb/d ととも記す。

2.1 ExxonMobil 社の予測

世界最大の国際石油会社の一つである ExxonMobil 社は、将来の石油生産に関して最近は常に楽観的な予測をしている。しかしながら、この会社は 2004 年に刊行した“Outlook 2004”において、図 1 を示して、「既存の油田からの生産は 4-6%で減退している。今後の積極的な投資や油田開発がなければ、今後増大する世界の需要を満たせない」との見解を示している。既に 2004 年において、既存油田の生産限界と今後の投資の必要性を警告していたことになる。

2.2 国際エネルギー機関の見解

国際エネルギー機関 (IEA) の発信するエネ

石油と天然ガスの需要に応えるには、多大な投資が必要となる
Millions of Barrels per Day of Oil Equivalent (MBOOE)

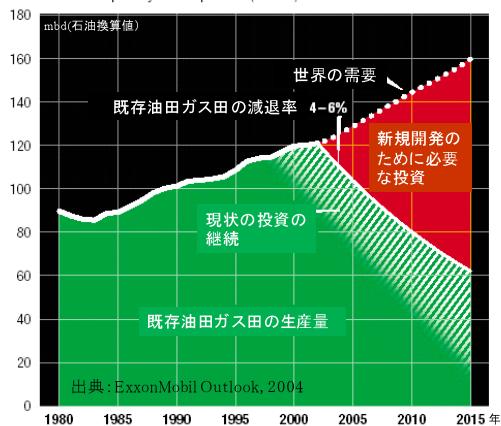


図 1 ExxonMobil 社の将来予測

ルギー情報は世界中の官庁や業界、研究者から将来のエネルギー需給に関しては、もっとも権威あるものとして扱われている。しかし

一方では、専門家からは、その石油生産予測は楽観的過ぎると批判されてきた。例えば、IEA が発行した 2004 年の“World Energy Outlook 2004”においては、「2030 年を超えるまで石油供給に問題は無い」と表現している。ただし注意深くこの Outlook を読むと、「石油開発の投資をすれば - - -」という条件が付記されていた。しかし、この投資に関する条件は多くの場合無視されて、楽観的予測のみが取り上げられて来た。

ところが、IEA は 2007 年に、Medium-Term Oil Market Report, July 2007 において図 2 を示し、「2010 年以降の世界の石油生産能力は、

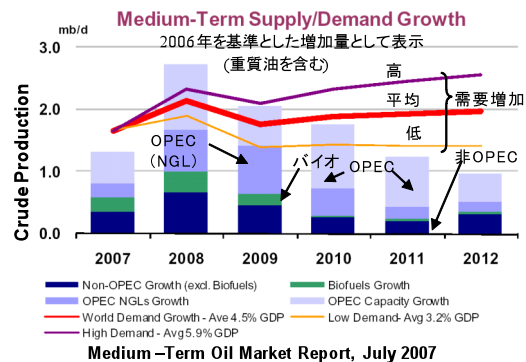


図 2 IEA の供給に関する警告 (2007)

今後も継続する需要増加を満たせない。需給の逼迫により経済的問題が発生する可能性がある。」と警告している。図 2 において、2010 年の平均の需要増加 (1.9 mbd、折れ線グラフ) を石油生産増加量 (1.7 mbd、棒グラフ) が満たさないことが示されている。今まで石油供給に関して楽観的かつ、曖昧さを残した将来予測を発表してきた IEA がこの Oil Market Report に発表した供給不足警告は、IEA の内部に何らかの変化が生じたことを示唆させる。

2008 年に入ると油価が \$150/bbl 近くまで高騰し、更に世界的経済不況が発生した。このような状況下で IEA は 2008 年 11 月に、World Energy Outlook 2008 を発表した。この中で IEA は今後の石油生産について次のような予測をしている。図 3 に示すように、「既存の油田は老朽化のため今後年率平均 7%で生産が減退している。未開発油田の開発、新規の油田探査、更には既存油田の回収率向上などに積極的に投資をしたとしても、現状の生産レベルを辛うじて維持できる程度である。現実には、経済不況で投資は進まず、一方中国やインドの消費は増加を続けるので、今後の開発が生産減退を埋め合わせることはほとんど絶望的である。この結果、2012-2013 年頃には供給不足が発生する可能性が高い。」と警告を発している。多少の時期の違いはあるが、2007

年の Oil Market Report と同じように、2010 - 2013 年ごろに石油供給不足が発生することが予測されている。2008 年時点での世界の石

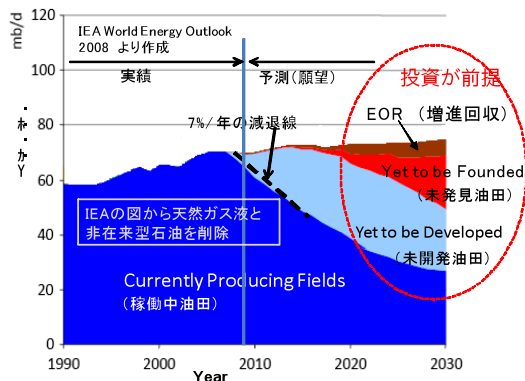


図3 IEA WEO 2008 における石油生産予測

油 (天然ガス液、非在来型石油などを含める) 生産は約 85mbd であるので、今後この値を大幅に上回る生産は困難であることが示唆されている。この 2008 年版 Outlook において、IEA は世界の約 400 油田の開発状況に基づき、今後の生産予測を行ったと報告しており、その予測の精度や信頼性が高いことが示されている。

IEA は 2009 年版の WEO 2009 を 2009 年 11 月に発行している。石油供給に関しては、2008 年版とほぼ同じ予測となっている。

2.3 Colin Campbell の予測

石油ピークの予測で著名な Colin Campbell が 2009 年 11 月に発表した” Open Comment”

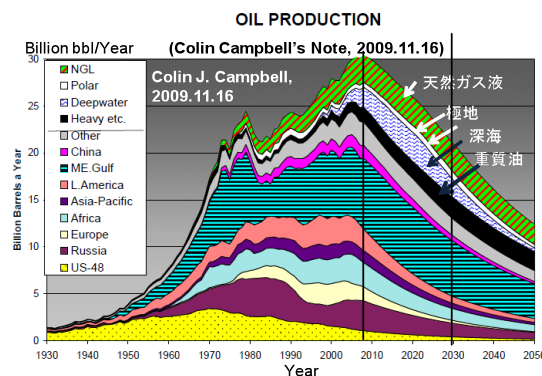


図4 Colin Campbell の予測 (2009.11)

には、彼の最新の予測が紹介されている。その予測を図4に示す。在来型石油は2005年に、非在来型石油も含めると 2009 年に年産約 30 billion bbl (83mbd に相当) で生産ピークが発生すること、更に 2030 年時点の石油全生産は現在 2009 年の約 2/3 の約 20 billion bbl/year (約 55 mbd) にまで低下することがこの図から読み取れる。なお、今後は採掘しにくい油田が増加して行くので、石油採掘のエネルギー

一収支が悪化して行く。これにより、実質的な石油生産量は減少すると考えねばならない。上記の約 55 mbd はかなり目減りすることを覚悟すべきであろう。

2.4 新聞等に報道された専門家の見解

特にこの 2, 3 年、欧米の新聞や Web 上では、石油供給不足を懸念する情報が多く報道されている。中には、石油事業者のトップが自ら石油供給の限界を訴えているニュースもある。それらの内、いくつかを以下に紹介する。

- (1) The Wall Street Journal, Nov 19, 2007, 『石油会社の役員たちは、石油生産が限界に近づいていると認識している。』
- (2) Reuter, Nov 13, 2008, 『経済危機が世界の石油投資に打撃を与える。』
- (3) Financial Times, February 16, 2009, 『フランスの石油会社 TOTAL の社長 Christophe de Margerie の発言：世界の石油生産は 89mbd を超えることは決して出来ないであろう。生産ピークは近い。』
- (4) Bloomberg, March 20, 2009 『深海の探索事業の延期/廃止により、原油供給が厳しくなる。』
- (5) Telegraph, 16 Feb. 2009, 『IEA が石油危機を警告』
- (6) Upstreamonline, 27 February, 2009 『2013 年には石油余剰生産能力はなくなる。』
- (7) Independent, 3 August 2009, Independent 紙のインタビューに IEA のチーフエコノミスト Fatih Birol 氏が応えて「2010 年以降に需要は供給を超えオイル危機が発生する。10 年後には石油ピークを迎えるであろう」と述べた。
- (8) Business Week, July 29, 2009, McKinsey の研究結果によると、『世界の経済が回復し、エネルギー需要が復活し、緊迫した石油供給と合わさって油価が高騰する。早ければ 2010 年にはオイル危機が発生する可能性が高い。回避は既に遅くせいぜい緩和が出来る程度である。』
- (9) Bloomberg, Sept. 11, 2009, Le Parisien 紙によれば、石油会社 Total の会長である Christophe de Margerie は石油と天然ガスの需要が供給を 2014 あるいは 2015 年に追い越し、新しい石油危機が発生する可能性がある。』と語った。
- (10) Reuter Oct. 2009 石油会社 Conoco の会長 Jim Mulva は『近いうちに石油は 100mbd 以下で生産ピークに達し、需要を供給が満たせなくなる。』と Oil and Money Conference で述べた。

2.5 諸情報に基づいた今後の石油供給予測

以上に種々の情報から代表的な発言や見解を示した。これらより次のような事が言える。

- ・世界の大油田は老朽化し、6-8%/年で生産量が減退中である。
- ・この減退分は、今まで新規油田開発による生産増加分により需要増を補填してきた。しかし、新規開発がなされても今後は 85-90mbd の生産レベルが限界であろう。
- ・ところが、2008 年からの経済不況で新開発事業が中止あるいは延期されている。一方では、中国、インド等の石油消費の増加傾向は今後も継続すると報告されている。その結果、2-3 年後に石油供給不足が発生する。
- ・景気が回復して石油消費が増大すると、油価が高騰し、供給不足と重なって再び経済不況に陥る可能性が高い。
- ・2030 年の石油生産を正確に予測するのは大変困難であるが、IEA や Campbell の見解から、ここでは、「2030 年には、石油供給は現在の 60%程度に減少する」と考えることとする。

3. 運輸部門の燃料シナリオ

3.1 狙い

前項で述べてきたように、石油の生産ピークに伴う供給不足がまもなく発生すると予測されている。このために、石油供給の不足に応じて、石油の消費を減少させなければならない。国内において運輸部門が消費する石油は 35%前後である。この消費量を、石油の供給量減少に対応させて減少させるシナリオを提案する。

3.2 前提

3.2.1 エネルギー供給

世界の種々のエネルギーに関しては、以下のような供給状況になると仮定する。

(1) 石油

前述の 2 項を参考にする。早ければ 2010 年から、供給が不足し価格が高騰する。石油の生産ピークは 2015 - 20 年頃に発生する。その後徐々に減少し続け 2030 年時点の石油(非在来型も含む)は、現在から約 50%減少し 45mbd 前後になる。

(2) 天然ガス、石炭

天然ガスは今後生産が停滞し 2020 年以降は供給不足になる。石炭は 2030-40 年頃には生産の限界に達する。石炭資源国である中国、米国における石炭生産は国内での消費が中心となり、世界の石油や天然ガス不足を補うことはできない。

(3) 原子力、新エネルギー

今後石油や天然ガスの減退を世界全体で補えるほどの大幅な増強は期待できない。なお、日本では「2030 年の原子力発電のシェア 40%以上」が目標とされている。

(4) 代替燃料

GTL、CTL は市場に大きな影響を与えるほどは供給されないと考える。これらは、いずれも液化時のエネルギー収支が悪いので、エネルギー不足の時代に世界に広く商用化されることはないと考えられる。日本には導入されないと判断する。

バイオ燃料は、エネルギー収支、環境や食料への影響などの課題により世界で広く使われるには至らない。

以上より、石油生産の減少のため、2030 年時点では、全エネルギーが大幅に不足することになると予測される。

3.2.2 エネルギー供給

Shell 石油は 2008 年に発刊した小冊子において、「将来のエネルギー供給には、スクランブルシナリオとブループリントシナリオがある。前者は減少したエネルギーの争奪シナリオであり、後者は少ないエネルギーを世界が協調して利用し合うシナリオである。後者が望ましいが、かなり困難であろう」と述べている。スクランブルシナリオの場合の検討は他の場に譲るとして、ここでは、ブループリントシナリオの考え方に基づく検討を行う。

したがって、日本で利用可能な石油の量は世界の石油供給の減少に比例して減少すると考える。また、2030 年時点で日本の産業界が健全で、高価な石油や天然ガスを購入できる外貨を稼いでいると考える。

3.3 石油の利用に関する考え方

(1) 将来の石油の利用方法

可採埋蔵量で表現するのは、必ずしも適切ではないが、今の消費量を続ければ 40 年余で使える石油は無くなってしまおうと言われている。

エネルギー密度が高く、液体であるがゆえに扱いやすい石油は、燃料としても材料としても他の資源に置き換えることが極めて困難な場合が多く、今後も人類にとって貴重な資源である。したがって、現在のような浪費を続けるのではなく、40 年を超えて出来るだけ長く利用できるように、今後は用途を絞って有効活用していくべきであろう。たとえば、使用量を半分にすれば、80 年は使い続けることが可能になる。これによって、新しい技術を開発する時間が与えられることになる。言い換えれば、石油は枯渇まで使い切るのではなく、出来るだけ長く利用できるように最善の処置をとることが望ましい。

(2) 今後の運輸部門の燃料と石油低減目標

日本においては、輸入された石油の約 35% は自動車に、船舶には 3%弱、航空機には 2%弱使われるから、運輸部門の石油消費は主に自動車用燃料を対象として考えればよい。また、自動車用燃料の 99%が石油由来である。運輸用途としては、エネルギー密度が高く、扱いやすい液体燃料である石油系燃料が今まで広く使われてきた。

内燃機関により駆動される二輪車・四輪車がすでに世界の市場には 10 億台を超えて走行しており、当分の間、これら既販車には、出来るだけ消費量が少なくなる手法を適用して、最低限のガソリンや軽油を供給して行くことが望ましい。

一方、今後の新造車には、まず、石油消費の少ない新しい技術を開発し、次いで石油を用いない自動車の開発を目指す。

航空機用としては、液体燃料以外は考え難いので、将来にわたって石油系燃料を継続利用できるようにするか、あるいはそれに相当する新しい燃料の開発が必要となる。

石油の約 10%は化学製品の生産に用いられ、多くの自動車部品類の材料となっている。この化学製品の原材料を化石資源以外に求めることは容易ではない。天然ガスや石炭から化学製品を生産することも可能であるが、何れも有限な資源であり、新しい技術開発により化石資源から置き換える努力が必要である。この件に関しては、ここでは扱わない。

3.4 石油消費の低減目標

以上に述べた石油供給の見通しとその利用のしかたおよび前提を考慮して、今後の石油消費低減目標を以下のように定める。

2030 年時点で；

- ◇ 運輸部門の石油消費量を 2005 年基準で 30%削減する。
- ◇ 運輸部門の石油依存度を 2005 年基準で 20%削減する。

上記の目標は、2030 年において、2005 年から石油の消費を約 45%減少 ($70\% \times 80\% = 56\% \rightarrow$ 基準から 44%減) させることになる。この値は、日本の新国家エネルギー戦略に掲げられた目標値ともほぼ一致している。

4. 石油消費量の低減策

4.1 自動車燃費規制による石油消費の低減

平成19年7月2日に、2015年を目標とする新しい燃費規制が制定された。経済産業省と国土交通省より「乗用車等の新燃費基準の策定について」によれば、2015年時点で表1に示すような燃費向上が義務付けられた。乗用車車の場合には23.5%である。この表で、※印は目標年度(2015年度)における各区分毎の出荷台数比率が、2004年度と同じと仮定して試算した値である。なお、主に軽油を燃料とする区

表1 2004年度実績に対する燃費改善率
(主にガソリンを燃料とする区分)

| 自動車の種別 | 2004年度実績値 | 2015年度推定値 | 燃費改善率※ |
|--------|------------|------------|--------|
| 乗用車 | 13.6(km/L) | 16.8(km/L) | 23.5% |
| 小型バス | 8.3(km/L) | 8.9(km/L) | 7.2% |
| 小型貨物車 | 13.5(km/L) | 15.2(km/L) | 12.6% |

分は、既に2002年度基準として以下のように定められている。

- ・大型貨物車：12.2%
- ・バス：12.1%

ガソリンは主に乗用車で消費され、また、軽油はおもに大型貨物車で消費すると考え、また、現在国内においては、ガソリン/軽油の消費割合はおおよそ 60%/40%であり、この割合と車両総数は 2030 年まで大きな変化はないと仮定する。

2015 年規制達成車が市場を占めるのに 15 年かかるとすると、2030 年時点での国内における燃料消費は、

- ・ガソリン： $23.5 \times 0.6 = 14.10\%$
- ・軽油： $12.2 \times 0.4 = 4.88\%$

より、合計してほぼ 19%向上することとなる。

燃費目標基準値は、規制であるから、上記の 2030 年時点での約 19%燃費向上率は、達成されると考えてよい。自動車側の技術開発と車両構成の組み合わせで達成されると考える。また、2030 年時点での自動車の保有台数は現在と同じと仮定すれば、19%の石油消費低減量となる。今後の人口減少や高齢化、経済状態

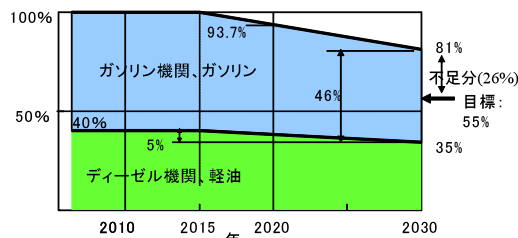


図5 燃費規制による石油消費低減

や新交通システムの導入などを考えれば、石油消費量は更に減少する可能性が高い。図5には燃費規制導入による石油消費量の削減予

測を示す。

図 5 に示す 2030 年時点の石油消費低減量では、目標値に対してまだ 26%分の不足である。燃費規制以外の更なる改善策が必要となる。

ここで述べてきた燃費規制による石油低減効果を基準として、これに加えるべき石油消費削減策を以下に検討することとする。

4.2 電気駆動自動車による石油消費の削減

石油に頼らない社会を構築するためには、単に石油消費量を減らすだけでなく、石油に対する依存度を減らす必要がある。自動車の完全な脱石油燃料を目指す技術開発の過程としてこれが必要である。これは、既述のように新国家エネルギー戦略にも要求されている。

石油依存度を低減するために考えられる方法は、現時点での技術から判断すると、以下の 2 点しか候補はない。

- ・ バイオ燃料
- ・ 電気の利用

バイオ燃料に関しては、国内においては木質系バイオエタノールが候補として挙がるが、国内の資源量、エタノール転換技術、エネルギー効率などの点から 2030 年までに実用化できる可能性はほとんどない。仮にエタノール 10%混合のガソリンが導入出来たとしても、その効果は石油依存率 20%低減の内わずか 3%程度の効果しかない(自動車技術会出版「2030 年自動車はこうなる」参照)。

したがって、石油依存度を低減するためには電気を用いる方法しかない結論できる。そこで、自動車の動力源として電気を用いる方法について以下に検討を加える。

(1) 電気駆動自動車による石油消費の削減効果

長期的には非化石エネルギーにより発電された電力を自動車用で用いることが望ましいが、まずは、夜間の余剰発電容量(ほとんどが火力発電)を利用することで、今まで自動車用として用いていた石油の消費が低減されることと考える。長期的には原子力や種々の再生可能電力によるベース電源の増強が不可欠である。

電気による自動車の駆動方法としては、大きく分けて以下の 2 種類がある。

- EV (Electric Vehicle)、あるいは Pure EV、

蓄電池電気自動車:蓄電池に貯められた電気のみで駆動

- PHV (Plug in Hybrid Vehicle) : ガソリン機関*と電気モータを併用して駆動

*ディーゼル機関を用いた PHV は市場導入の可能性は低いと判断する。

一般に貨物自動車は重い負荷で長時間連続走行することが期待されているので、現行技術では EV あるいは PHV は乗用車の方が適していると考えられる。したがって、まず、ガソリン車を EV で置き換える場合を考える。ガソリンが全て電気に置き換わることになるので、導入した EV の割合分だけガソリン消費が減少することとする。現実には、「ガソリン+内燃機関」より「石油+発電+モータ」の方がエネルギー効率が良いので、これ以上の石油消費低減効果がある。

燃費規制により、2030 年では、すでに 19%の石油が低減できることになり、2005 年比でガソリンは 46%、軽油は 35%が市場で使われることになっている。残りの 81%を目標の 55%まで減らす (26%分) ためには、新造のガソリン車の約 6 割を EV に置き換えればよいことになる ($26/46 \approx 0.6$)。

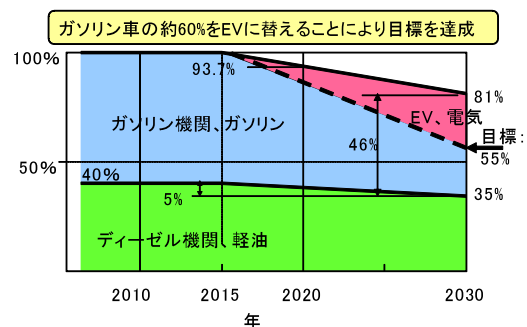


図 6 燃費規制と EV60%導入による石油消費の低減

EV の本格的市場導入が 2015 年から始まるとして、新造車の 60%を順次 EV に変更すれば、約 15 年後には、市場の乗用車の 60%が EV で占められることになる。これにより、石油の消費は 2005 年基準で 55%まで削減が出来ることになる。この状況を図 6 に示す。

次に、ガソリン車を PHV で置き換える場合を考える。PHV の技術と利用の仕方にもよるが、ガソリン車を PHV に変更した場合は、約 70%の燃料消費削減効果があるとの報告がある(電中研ニュース 433, 2006)。この値を用いて、PHV の効果を検討する。

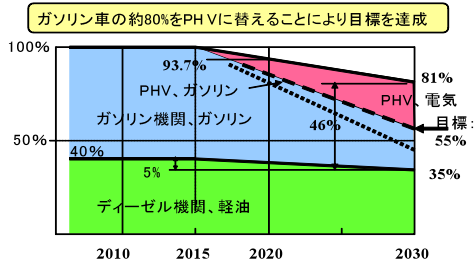


図7 燃費規制とPHV 80%導入による石油消費の低減

残りの81%を目標の55%まで減らす(26%)分ためには、ガソリン機関の約8割をEVに置き換えればよいことになる(26/46/0.7≒0.8)。

EVの場合と同様に、PHVの本格的市場導入が2015年から始まるとして、新造のガソリン車の8割を順次PHVに変更すれば、約15年後には、市場の80%がPHVで占められることになる。これにより、石油の消費は2005年基準でほぼ55%まで削減が出来ることになる。この状況を図7に示す。

(2) 電気駆動自動車の市場導入の可能性

前項の検討結果によれば、EVやPHVを2015年後から、新造車のそれぞれ60%、80%に対して市場導入する必要があることが分かった。

ここでは、このような市場導入が可能か否かを検討してみる。

2009年時点で、公表されているEV性能は、ひとつの例として、軽四輪車の大きさで車両価格が460万円、一充電走行距離160km、燃料代はガソリンの場合の1/6程度と報告されている(たとえば、自動車技術会、2009年春季大会フォーラム、「ハイブリッド技術・電気動力が社会を変える」より)。維持費が安いには魅力があるが、購入にあたり税金や補助金があっても、高額な車両購入価格を低燃料費で取り戻すには、車両寿命の何倍もの距離を走行しなければならないことが簡単な計算から分かる。

現在の蓄電池の性能とコストがまだ十分でないために、このような性能になっているといえる。現行技術での蓄電池性能は、エネルギー密度(重量あたりのエネルギー)や耐久性、価格において大幅な改良が必要とされているが、現時点でその見込みは明確になっていない。2030年時点でさえも、そのような蓄電池が開発されると言う保証はない。革新的な技術開発が必要とされている。

したがって、今後の20年間で、内燃機関を用いた自動車にそのままEVを置き換えると言うことはほとんど不可能であろう。購入価格の問題は、税金や補助金などの援助があれば、一時的には軽減されるであろうが、走行距離の短さの問題を解決するには、Park & Ride System などのような交通システムとの組み合わせが必須となる。

PHVに関しては、まだ詳細な性能は明らかにされていないが、近々試験的に販売されるPHVの場合、13km程度までは電気のみで走行(EV走行と言われている)が可能であるとされている。この距離以内ならばEVと同じ走行性能が得られる。この距離を越えた場合は、ハイブリッド自動車と同様にガソリン機関を用いて継続走行が可能であり、すでに実績のある良好な燃料消費が得られる。日常の買い物や短距離の通勤に対しては、ほとんどEV走行で済むと考えられるが、中長距離走行の場合には、ハイブリッド走行となる。PHVの場合は、EVの場合のような走行距離の制限はない。しかし、新しい交通システムとの組み合わせが可能であれば、EV走行の比率を上げることが出来て、EVの場合と同様に、石油消費を大幅に低減できることになる。

以上より、期待されるようなEVの普及のためには、革新的な技術開発による蓄電池の性能とコストの大幅な向上が必須である。PHVに関しては、現行技術のある程度の改良でも、量産化は可能と思われる。しかしながら、国内において、すべての関連企業が2015年から新造車の80%をPHVに変えるための投資額は相当な額に達すると推定される。せいぜいこの1/4-1/3程度のPHVの投入に止まる可能性がある。1/3とした場合、2030年時点での石油消費低減効果は、おおよそ10%程度と見積もられる。燃費規制による効果と合わせれば約30%となる。

今後も継続すると思われる経済不況と、コストが高く利益率の低いEV、PHVの生産を増加させるためには、政府などの支援策が必要となる。

参考までに示せば、国交省が作成した「低炭素社会づくり行動計画」においては、2020年には新造車の50%、2050年には75%をEVもしくはPHVに置き換えるという案を示している。本稿で必要としている導入率と大きくかけ離れてはいない。

一般的に先端技術開発は、技術の難易度によるが、通常長期間を必要とする。更に、このような技術に基づく製品が市場に導入されてから古い技術の製品に置き換わり、その実質的效果が出てくるまでの期間が必要となる。自動車は市場で15年程度の寿命があるため、電気駆動自動車の効果が出てくるまでに

10-15年かかることになる。したがって、PHVやEVのような新技術の導入による石油消費低減方法は、15-20年先に対する対策であり長期的国家政策として推進すべき課題である。今から5年後の対策には別の手法が必要になる。

(3) 電気駆動自動車と交通システム

電気駆動自動車が今後拡大していくためには、蓄電池性能の大幅な向上が必要であることは既に述べた。しかしながら、2015年頃までに蓄電池が十分な性能を持つことは保証できない。

電気駆動自動車における蓄電池性能の最も大きな課題は、1回の充電で走行できる距離である。従来の一般的乗用車は300-500kmの走行が可能である。しかし、この走行距離を可能とする蓄電池の開発は極めて困難と考えられる。そこで、長距離は公共交通機関、そこまでの短距離走行は電気駆動自動車の自家用車と言う組合せが提案されている。いわゆるPark & Ride方式である。このような方式を導入するためには、公共交通機関や駐車場、充電設備などのインフラを地方自治体レベルでの行政により充実させることが必要になる。行政と技術開発の連携が必要になる。

4.3 その他の方法による石油消費の低減

(1) 比較的即効性のある手法

前述のように、燃費規制の効果はほぼ確実に効果は大きい。一方、電気駆動自動車の効果も大きい、技術が未完成であり、確実性に欠ける。したがってこれらだけでは、2030年の目標を達成できると判断することは危険である。

また、特に短期間（たとえば5-10年以内）で石油消費を削減するためには、上述のような新しい技術開発に頼らない手法が別途必要になる。そこで、このような時間を要する技術開発以外の手法について以下に検討をする。

技術に頼らない石油消費低減手法とその効果の現われる時間などを、表2（巻末に示す）にまとめた。現段階では、まだ各項目の効果を定量的には表現できていない。

すでに述べたように、早ければ2010年あるいは2012年頃から石油供給不足が発生すると警告されている。これにより生じる運輸上の問題を少しでも緩和するためには、この表1に示されている手法を今から導入する努力が必要である。

この表2によれば、

- ・石油価格が上昇すれば、自動車の運転者

- が自らの意思で実行すると思われるもの。
- ・自治体や国の規制により実行可能なもの
- ・国、地方自治体、企業、一般市民の間での連携や合意が必要なもの
- ・ある程度の新しい発想や価値観に基づく新商品や新しいシステムが必要なもの

など種々ある。多くは技術的には難易度は低く、行政も含めて「やる気の問題」、あるいは「決断の問題」とも言える。

事前の対応策の無いままに急激な石油価格の高騰があれば、経済的な混乱が発生する。このような事態になる前に、自治体などの政策を的確に実行することが必須である。しかし、事前に手を打つことには、市民の理解が必要になる。このためには；

- ・早めに市民に石油の供給不足問題を周知徹底することが、石油供給問題を緩和する第一歩である。
- ・また、「節約」の効果なども定量的に示して、市民や行政の理解を深めることも必要であろう。

上記はいわば「教育」の課題である。ここで「節約」に関する例を1, 2示す。

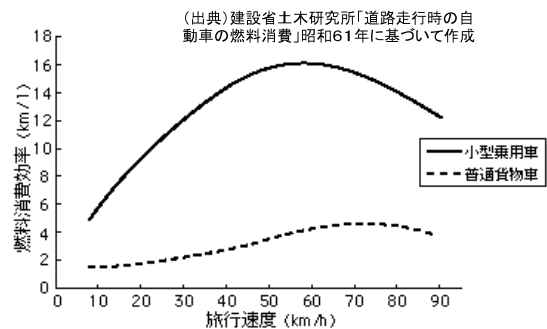


図8 平均車速と燃費

図8に平均車速と燃費の関係を示す。平均車速が60kmを超えると、燃費は急激に悪化することが示されている。

車速100kmを80kmに落とすだけで、燃費は10-15%程度改善される。渋滞を解消させて、平均車速を10から20kmに上げることが出来れば燃費は40%も向上する。なんら新しい技術を導入することもなく、大きな改善効果が得られる。

次に車両重量が燃費に及ぼす影響の一例を図9に示す。この燃費は国土交通省の認証試験結果である。

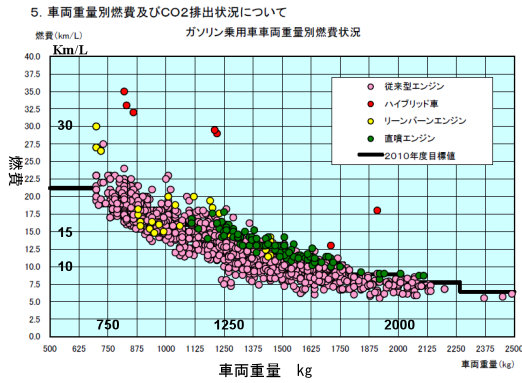


図9 車両重量と燃費(国土交通省資料より)

この図によれば、使われる技術により燃費も変化するが、車両重量が100kg減少すると燃費は約1km/L向上することが示されている。今後の自家用車の乗り換え時に、小型軽量の自動車を選択すれば燃費は大幅に向上することはいうまでもないが、使用中の自家用車においても余分な荷物を乗せたまま運転することを避けるだけで燃費は向上する。

このように、運転の仕方によって燃費は大きく変化する。このような事実を広く伝えるような教育も効果的である。また、法規制により最高速度を制限する方法も考えられる。この場合輸送効率が悪化することもあり得るので、適切な速度の検討が必要であろう。

(2) 長期間を必要とする行政的な石油消費 量低減手法

まだ着手していない新技術による交通システムや、都市構造に関わる手法である。行政が長期的視野で進めるべき課題である。表3(巻末に示す)に示すような項目が考えられる。

これらは、将来の低エネルギー社会を構築するための石油供給不足後の

上述の(1)、(2)は将来の低エネルギー社会を構築するための基本事項と考えられる。ここでは項目だけを示すことに止めたが、具体的な進め方や効果などの細部にわたる検討を今後進めて行かねばならない。

5. まとめ

- (1) 石油供給に関する諸情報から、数年後の石油価格高騰と供給不足、2030年時点では現在から45%程度の生産減少が発生すると予測された。これに基づき運輸部門のエネルギー消費低減策を以下のように考察した。

- (2) 既に制定されている燃費規制により、2030年時点では約19%の石油消費が低減されることになる。

- (3) 目標とする2030年時点で45%の削減を実行するためには、EVやPHVを2015年から新造車の60-80%の導入が必要になる。しかし、今後の蓄電池技術に大幅な向上は期待できないので、長距離走行が必要とされない交通システムとの組み合わせが必須となる。それが出来たととしても、今後の経済停滞を考慮すれば、60-80%の導入のための投資は困難であろう。この1/4-1/3程度であろうか? 1/3とすると約10%の石油低減が可能となる。燃費規制と合わせて約30%となる。

- (4) 1-2年後にも発生すると言われている石油供給不足を考慮すれば、即効性のある石油消費低減策の採用が必要である。このための手法は、多くは地方自治体の意欲、市民の自覚と行動により実行可能と考えられる。そして、これを推進するための教育や石油供給問題の啓蒙がこの手法の実行の鍵を握る。2030年の目標である45%減を達成するためには、この項目で15%低減が必要である。技術は不要で、行動の決心さえあれば推進できる。

- (5) 以上に述べたように、既に定められている自動車燃費規制の順守、電気駆動自動車の導入、表2、3に示された燃料消費手法を組合せ、更に国策として計画されている原子力発電の増強がなされれば、合計45%の運輸部門の石油消費削減を達成できる可能性はある。

6. あとがき

自動車の脱石油のためには、電気駆動自動車の普及以外は考えられない。したがって、原子力や再生可能電力の増強が不可欠である。特に、国の方針である原子力発電の増強(目標40%)の達成と、それによるベース電源の増加への期待が大きい。

また、長期課題として、国内の消費エネルギーを最小化するような、都市構造・都市と郊外や農村を結ぶ交通システム・農村内の移動方法・農作業用エネルギー等を検討する必要がある。

何れの項目を推進するにあたって、官産民の強い意志と連携、努力が必要である。

本稿では石油供給問題が大きな国際紛争に

ならず、ある程度の国際協調で調停された場合を想定して書かれた。石油争奪の紛争が発生したり、極端な経済不況が発生すれば、ここに書かれたような筋書きでは進行しないであろう。そうならないことを願う。

ここでは、運輸部門のみを取り上げた。他の分野でも夫々に石油消費の低減策を立案することが必要であろう。

参考文献

- ExxonMobil Outlook 2004
- IEA World Energy Outlook 2004
- IEA World Energy Outlook 2007
- IEA World Energy Outlook 2008
- IEA World Energy Outlook 2009
- IEA Medium-Term Oil Market Report, July 2008
- Colin Campbell, Open Comment to the Editor of The Guardian on the article : Key oil figures were distorted by US pressure, says whistleblower
- Shell energy scenarios to 2050, 2008
- 乗用車等の新燃費基準(トップランナー基準)の策定について、経済産業省資料、
- 車両重量別燃費及び CO2 排出状況について、国土交通省資料
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpilist/05.pdf>
- 2030 年自動車はこうなる、専門家が描く自動車用燃料シナリオ」、自動車技術会
- 「プラグインハイブリッド自動車と夜間電力活用輸送部門の石油消費削減に向けて」、「原子力eye」、Vol. 53 No.1 (2007年1月号)、堀 雅夫
- 「電気自動車社会はどのような効果をもたらすか」、電中研ニュース433、2006、

表 2：比較的即効性のある石油消費量低減策手法

| リードタイム | 実施項目案(例) | 効果の出方 | 実施上の課題、制約、条件など |
|-----------------|---|------------|---|
| 0年 (直ちに実行可能) | <ul style="list-style-type: none"> ■ 節約 <ul style="list-style-type: none"> ・低燃費運転(適切車速、加減速をさける、アイドル停止等) ・相乗り ・現行公共交通機関の利用 ・使用頻度を減らす ・自転車利用 ・地産地消 | 実施後直ちに | <ul style="list-style-type: none"> ・個人の意思、自覚 ・教育 ・石油価格が上昇すれば、自主的に実行する可能性がある。 |
| 2～3年 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 法規制(税制も含む) <ul style="list-style-type: none"> ・最高車速の低減 ・乗り入れ制限など ■ 公共交通機関の拡充 ■ 地方鉄道の維持 ■ 化石エネルギーへの課税強化 ■ 物流(トラックから船舶、鉄道へ) ■ その他 | 実施後直ちに | <ul style="list-style-type: none"> ・地方自治体の行政 ・国の行政 |
| 5年 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 小型車への乗り換え | 実施後直ちに | <ul style="list-style-type: none"> ・自動車に対する価値観の変更(変化) |
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通システムの改良 <ul style="list-style-type: none"> ・Park & Ride ・Car Sharing など | | <ul style="list-style-type: none"> ・地方自治体との連携 ・市民との連携 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ 低燃費の為の新アイデア車両 <ul style="list-style-type: none"> ・屋根つき電動アシスト自転車/三輪車 ・その他各種アイデア ■ その他 | 実施後 5-10年後 | <ul style="list-style-type: none"> ・ローテクによる安価自動車の開発 ・法規制との関係 |

表 3. 長期間を要する行政的石油消費量低減手法

| リードタイム | 実施項目案(例) | 効果の出方 | 実施上の課題、制約、条件など |
|--------|--|-------------|--|
| 10年以上 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 燃費規制の一層の強化 | 実施後 10-15年後 | <ul style="list-style-type: none"> ・企業の長期技術開発 ・行政からの支援 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ 新交通システム+専用車両 | 実施後直ちに | <ul style="list-style-type: none"> ・自治体などとの連携 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ 都市構造の改革 <ul style="list-style-type: none"> ・職住商接近(コンパクトシティー) ・移動不要な街づくり | 実施後直ちに | <ul style="list-style-type: none"> ・行政 |