

【省エネルギー特集】 運輸部門の省エネ

自動車の省エネ技術および省エネ効果の現状（米国）

米国は、言うまでもなく世界の自動車大国であり、自動車によって膨大なエネルギーが消費されている。例えば、国際エネルギー機関(IEA)の発表している統計値(IEA Energy Statistics)¹によると、世界全体の「運輸部門でのガソリン等の石油製品の消費量（ほとんどが自動車用燃料としての消費量）」約 1,800Mtoe の 3 分の 1 が米国で消費されており、人口一人あたりの消費量も、IEA 加盟国（先進諸国）平均値の約 2 倍、日本の約 3 倍である（図 1 参照）。

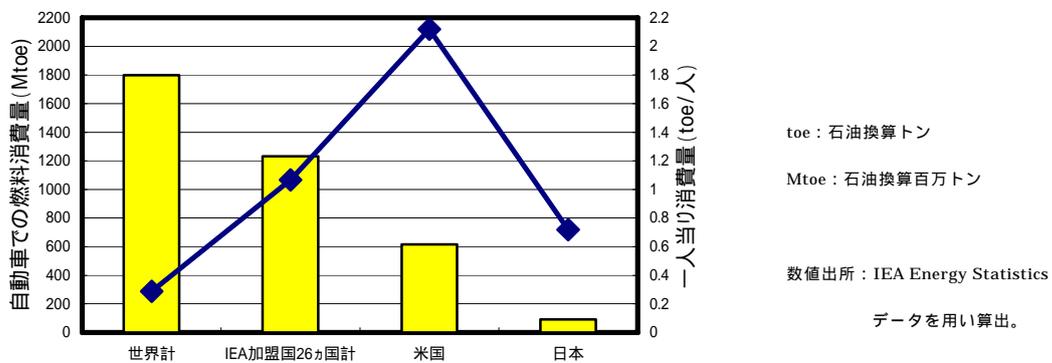


図 1 自動車での燃料消費量² (2003 年)

米国エネルギー省(DOE)と環境保護庁(EPA)が共同で開設している”fuel-economy”の web サイト³では、自動車が如何に非効率的（投入エネルギーの 15%程度しか有効に用いられていないこと）であるかをわかりやすく図示した上で、エネルギー効率を向上させるためにどのような対策技術があり、それらの技術を用いることによって、どれだけエネルギー効率が向上するか、またそれによりどれだけの経済的な便益があるかを提示している。以下ではそれを紹介する。

1. 自動車のエネルギー効率

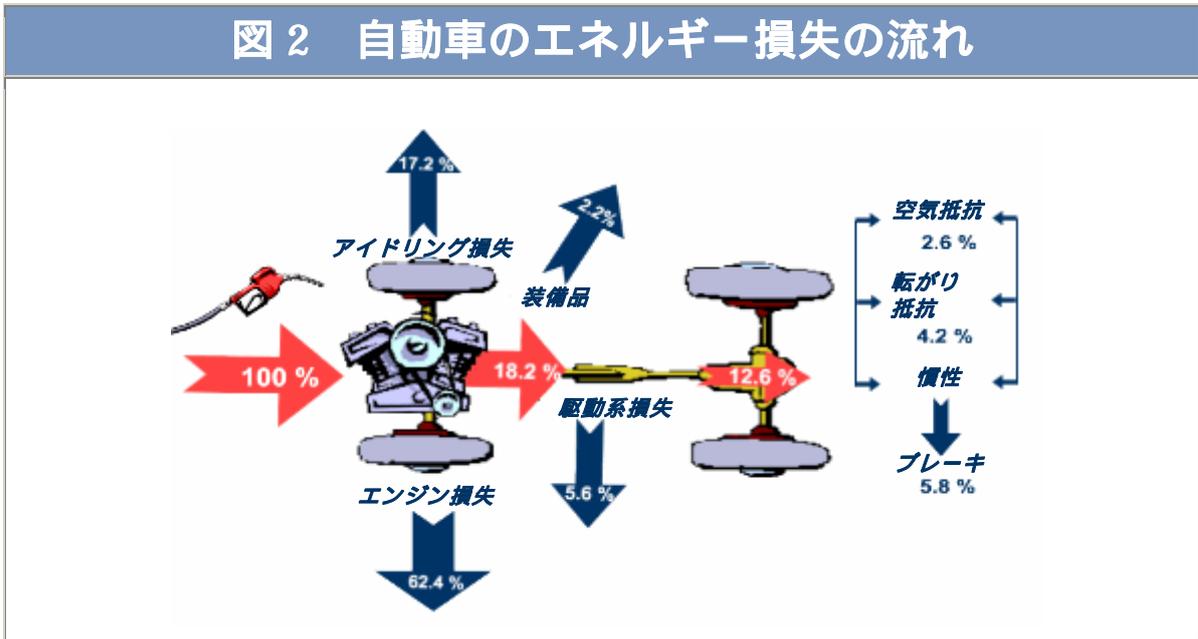
車の燃料タンクに給油した燃料のうち、車の走行や役に立つ装備品（エアコン等）を動かすのに使われるのは、たった 15%のエネルギーだけである。残りのエネルギーは効率の悪いエンジン・駆動系や、アイドリングによって損失される。したがって、最新技術を用いて燃料効率を改善できる可能性は非常に高い（次頁の図 2 参照）。

¹ <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>

² 正確には「運輸部門」における「石油製品（ガソリン、軽油等）」消費量の数値だが、ほとんどが自動車用燃料として消費されているため、このタイトルとした。

³ <http://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>

図 2 自動車のエネルギー損失の流れ



以下は図中の ~ の数値の説明 (太字の省エネ技術は後述)。

エンジンによる損失- 62.4%

ガソリン車では、燃料エネルギーの 62%以上が内燃エンジン(ICE)中で損失される。内燃エンジンは燃料の化学的エネルギーを力学的エネルギーに転換するのに大変効率が悪く、エンジン摩擦やエンジンへの空気の出し入れ、廃熱などにエネルギーが消費される。

これらのエネルギー損失を減らすために、**可変バルブタイミング・リフト、ターボチャージャー、直接燃料方式、シリンダー・ディアクティベーション**等の最新技術が使用できる。また、ディーゼルエンジンはガソリンエンジンより約 30~35%も効率が良い。ディーゼル技術 / 燃料における新しい進歩は、ディーゼル車をより魅力あるものになっている。

アイドリングによる損失 17.2%

市街地を運転する時、信号待ちや渋滞時のアイドリングでかなりのエネルギーを損失する。**統合型スターター/ジェネレーター(ISG)システム**等の技術は、車が停まる時にエンジンを自動的にオフにし、アクセルを踏んだ時に即座に再始動するため、これらの損失を減らすのに役立つ。

駆動系による損失 5.6%

エネルギーは変速機や駆動系の他の部分でも損失される。これらの損失を減らすために**自動マニュアル変速機(AMT)や無段変速機(CVT)**等の技術が開発されている。

慣性の克服：ブレーキによる損失 5.8%

前進するためには、車の慣性を克服するのに十分なエネルギーを車の動力伝達系が与えなければならない。車の慣性は、車の重量に直接関係している。車の重量が軽ければ軽いほど、車を動かすためのエネルギーはより少なくてすむ。重量は、軽量の素材とより軽量の技術（例：自動マニュアル変速機(AMT)は従来の自動変速機より軽量）を用いることにより減らすことができる。

また、ブレーキを使用する時は常に、慣性を克服するために最初に使われるエネルギーが損失される。

転がり抵抗 4.2%

転がり抵抗⁴はタイヤを前進させるのに必要な力であり、タイヤにより支えられている荷重に正比例する。転がり抵抗の低減のために、タイヤのトレッド⁵やショルダー⁶の設計や、タイヤのベルト⁷に使用される材料の改良、およびトラクション⁸の改善を含む、様々な新技術を用いることができる。乗用車については、転がり抵抗の5～7%を低減させることで燃料効率が1%増加する。しかしながら、これらの改善は、静止摩擦、耐久性、騒音とのバランスを取らなければならない。

空気抵抗 2.6%

自動車は進む時、空気を押しつけていくためにエネルギーを費やさなくてはならない。遅い速度では消費されるエネルギーは少しいが、速度が増すにつれて消費されるエネルギーも増していく。空気抵抗は自動車の形に直接関係している。形がより滑らかな車形にすることで既にかかなりの抵抗が減っているが、更に20～30%の削減が可能である。

装備品 2.2%

エアコン、パワーステアリング、ワイパー、その他のアクセサリはエンジンから生まれるエネルギーを使用している。より効率の良いオルタネータ装置やパワーステアリングポンプで燃費を最大1%改善することが可能である。

⁴ 一定の走行距離ごとのタイヤによるエネルギーの損失。タイヤが回転するのを抑えようとする力。

⁵ タイヤが路面と接する部分で、カーカス(タイヤの骨格)を保護するとともに、磨耗や外傷を防ぐタイヤの外皮。濡れた路面で水を排除したり、駆動力・制動力が作用した際のスリップを防止する。

⁶ トレッドとサイドウォールの上に位置するタイヤの肩の部分。カーカスを保護する役目。

⁷ トレッド部の内側で、タイヤの円周に沿ってカーカスを締め付ける役目をしている補強帯。

⁸ 駆動力。エンジンの力がタイヤを介して地面に伝わる時の力のこと。

2. 自動車の省エネルギー技術

(1) 省エネ技術の概要

多くの省エネルギー技術が現在でも利用可能である。販売店のショールームに現在飾られている自動車の多くは、ユーザーのお金を節約することができる、高パフォーマンスで燃料節約に寄与する新しい技術を誇っている。

表 1 自動車の省エネ技術の概要

技 術	平均的な 効率性向上値
エンジン技術	
可変バルブタイミング・リフト ：各エンジン速度について、エンジンへの燃料と空気の流れを最適化することにより、エンジン効率を向上させる。	5%
シリンダー・ディアクティベーション ：必要のない時にシリンダーの動作を停止させることにより、燃料を節約する。	7.5%
ターボチャージャー・スーパーチャージャー ：エンジン出力が高くなるため、製造者がパフォーマンスを犠牲にせずにエンジンを小型化したり、燃費を悪くせずにパフォーマンスを向上させることが可能になる。	7.5%
統合型スターター・ジェネレーター(ISG) ：自動車が停止した時に自動的にエンジンのオン/オフを行い、アイドリング時の燃料消費を抑える。	8%
直接燃料噴射(燃料直噴)(方式)(ターボチャージャー/スーパーチャージャー併用) ：より少ない燃料でより高いパフォーマンスを実現する。	11-13%
変速機の技術	
無段変速機 (CVT) ：無数の「ギア」を持つため、加速がスムーズで燃費が良くなる。	6%
自動マニュアル変速機(AMT) ：マニュアル変速機の効率性と、自動変速機（ギアが自動的に切り替わる）の利便性を合体。	7%

(2) エンジン技術

可変バルブタイミング・リフト (VVT&L)

(可変バルブ操作(VVT)、可変カムタイミング(VCT)、可変バブルガムタイミング・リフト機構(VTEC®)とも呼ばれる)

バルブは空気と燃料の流れをコントロールして、シリンダーに入れ、その排気を排出する。いつ、どれくらいの間バルブを開けるか（タイミング）と、どれくらいバルブを動かすか（リフト量）が、エンジン効率に影響を与える。

最適のタイミングとリフト設定は、エンジンが高速/低速かによって異なる。しかしながら、従来の設計では固定したタイミングとリフト設定を使用しており、高速/低速の最適値の間の妥協値が用いられている。VVT&L 機構はエンジン速度に最適なタイミングとリフト設定に自動的に変化する。

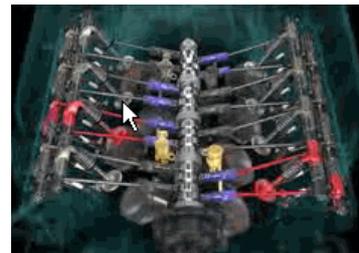
効率改善の可能量	5%
自動車の使用期間中に節約できるお金	1,400 ドル*

* 燃料費の節約は、平均的な自動車の寿命：18万5千マイル、燃料費：3.07ドル、燃費：21MPGと仮定して算出。全ての算出値は100ドル単位の概算値（以下同様）。

シリンダー・ディアクティベーション

(マルチプル・ディスプレイースメント(複式排気)、デマンド対応システム(DOD)、可変シリンダーシステム(VCM)とも呼ばれる)

この技術は、必要のない時にエンジンのシリンダーのいくつかを単に停止させる技術である。これにより、8もしくは6シリンダーのエンジンが、一時的に4もしくは3シリンダーのエンジンになる。ただし、4シリンダーのエンジンでは、この技術はエンジンの円滑性を著しく損なう恐れがあるため使用されない。



効率改善の可能量	7.5%
自動車の使用期間中に節約できるお金	2,000 ドル*

ターボチャージャー・スーパーチャージャー

ターボチャージャーとスーパーチャージャーは、エンジンのシリンダーに圧縮空気を送り込むファンである。ターボチャージャーのファンはエンジンからの排気を利用して動くのに対し、スーパーチャージャーのファンはエンジン自体の動力を利用して動く。

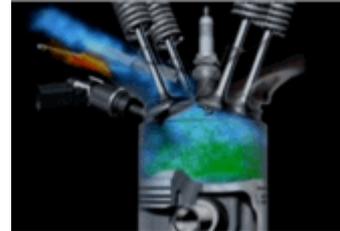
この両技術は、より圧縮された空気と燃料をシリンダーに送り込むことができ、空気と燃料の爆発から新たな動力が生まれる。ターボチャージエンジンやスーパーチャージエンジンは、チャージャーがない同じエンジンよりもより多くの動力が出る。これにより、製造者がパフォーマンスを犠牲にすることなく、より小型のエンジンを生産できる。



効率改善の可能量	7.5%
自動車の使用期間中に節約できるお金	2,000 ドル*

直接燃料噴射(燃料直噴)方式(ターボチャージャー/スーパーチャージャー併用)
(ガソリン直噴方式(FSI)、直噴成層燃焼方式とも呼ばれる)

従来のマルチポート燃料噴射方式は、混合気がシリンダーに送り込まれる前に、ポートに燃料が吹き込まれて空気と混ざる。一方、直接燃料噴射方式では、燃料噴霧のタイミングと状態を正確に制御できるようにするために、直接シリンダーに燃料が吹き込まれる。このことによって、より高い圧縮率でより効率的に燃料を取り入れることが可能となり、燃料の消費を抑えた高いパフォーマンスが実現可能となる。



効率改善の可能量	12%
自動車の使用期間中に節約できるお金	3,200 ドル*

統合型スターター・ジェネレーター(ISG)

これらの装置は燃料がアイドリングで浪費されないようにするために、自動車が停まる時にエンジンを自動的にオフにし、アクセルが踏まれた時に即時に再始動する。さらに、ブレーキで失われた力学的エネルギーを電気に転換するための回生ブレーキ⁹がよく使われており、電気がバッテリーに蓄えられ、自動始動装置の動力に使用される。

効率改善の可能量	8%
自動車の使用期間中に節約できるお金	2,200 ドル*

(3) 変速機の技術

無段変速機 (CVT)

従来のおお半数の変速機は、数が固定された金属ギアを使用して、エンジン速度と車輪速度の(変速)比を制御していた。



現在入手できる自動車の無段変速機(CVT)は、単にギアを使用するのではなく、ベルトもしくはチェーンでつながった一組の可変径のプーリー(滑車装置)が使用されており、エンジン速度と車輪速度の変速比を無限数生むことができる。

このシステムは従来の変速機的设计よりも優れた点が幾つかある：

⁹ 回生制動とも呼ばれる。車を停止させるときに発生する摩擦エネルギー(運動エネルギー)の一部を電気エネルギーに変換して回収し、バッテリーを再充電する技術。

- ・ギアの切り替えをしても急に動いたりガタガタしたりせず、加速がスムーズに行える。
- ・山道で、頻繁にギアを低速に切り替えたり、「最適なギア探し」を行ったりしなくてもよい。
- ・より良い燃料効率。

効率改善の可能量	6%
自動車の使用期間中に節約できるお金	1,600 ドル*

自動マニュアル変速機(AMT)

自動マニュアル変速機(AMT)は、マニュアル変速機(MT)と自動変速機(AT)の両者の最良の特徴を融合した変速機である。MTは従来のATよりもより軽く、エネルギー損失もより少ない。しかし、ドライバーの多くは便利なATの方を好む。

AMTは、クラッチの操作・切り替えを行う必要がない点以外は、MTと良く相似した機能である。自動切り換えは電子制御(シフトバイワイヤ¹⁰)されていて、油圧装置や電動機により作動する。さらに、従来のMTよりも、切り替えのプロセスがよりスムーズにできるような技術が採用されている。

効率改善の可能量	7%
自動車の使用期間中に節約できるお金	1,900 ドル*

出典：<http://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>
http://www.fueleconomy.gov/feg/tech_adv.shtml
http://www.fueleconomy.gov/feg/tech_engine_more.shtml
http://www.fueleconomy.gov/feg/tech_transmission.shtml

翻訳・編集：NEDO 情報・システム部

¹⁰ バイワイヤ(X-by-wire)技術：今まで機械的につながっていた操舵や制動などの様々な機能や伝達を、電気信号に変換して制御/伝達しようとする技術。これにより、安全性が高まる、重量が軽減される、車体デザインなどのレイアウトの自由度が高まるなどのメリットがある。