

車の燃費を減らしてエネルギー効率改善 プラスチック使用による自動車軽量化

[直接関連する項目] 科学と人間生活「科学技術の発展」、「物質の科学：金属、プラスチックとその再利用」、「熱の性質とその利用」、「これからの科学と人間生活」
化学基礎「化学と人間生活」
化学「有機物質の性質と利用」

私たちは、生活をし、社会を維持していくあらゆる局面でエネルギーを消費しています。とくに日本は、使用するエネルギーの総量が多く、エネルギー効率を一層高めて、省エネルギーをさらに推進する必要があります。また、日本のエネルギー生産量は少なく、自給率が4～5%と非常に低い点にも留意する必要があります。



です。このうち、私たちに身近な事例として、運輸部門で占める割合が大きい自動車を取り上げ、そのエネルギー効率改善に役立つ、軽量化材料への「化学のちから」の貢献を見ていきます。

日本の二酸化炭素排出量と運輸部門

日本において、エネルギーの消費に伴う二酸化炭素排出量の内訳（環境省2011年確定値）は、工場等の産業部門が約36%、自動車等の運輸部門が約20%、商業・サービス・事業所等の業務その他部門が約21%、家庭部門が約16%、エネルギー転換部門が約7%

自動車の燃費と軽量化

車に積載する重量が増えると、同じ距離を

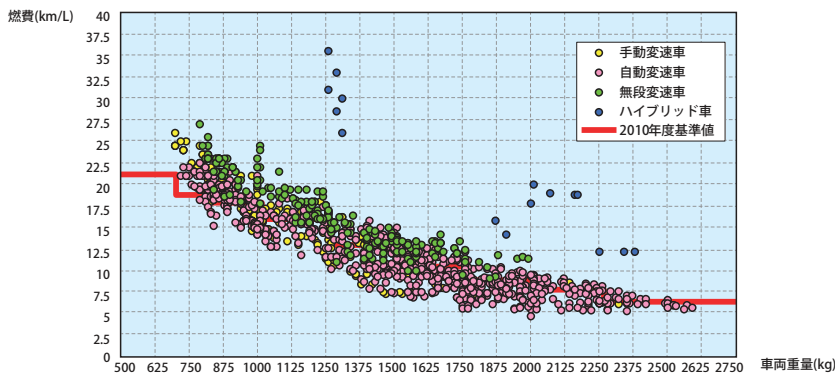



図1. 燃費と車両重量の関係 (出典) 国土交通省資料 (2009年3月)



移動する際の燃料消費が増える（燃費が悪くなる）ことは日常経験することです。車両重量そのものを変化させた場合も同じです。図1に、さまざまな自動車の重量と燃費の関係を示していますが、確かに重くなると燃費が悪くなり、軽くなるとよくなっています。100kgの軽量化によって、燃費はおよそ7～9%向上する計算です。

プラスチックは金属よりも軽い

自動車を構成している材料の、重量比で約70%強は鉄鋼です。アルミニウムやマグネシウムなどの軽金属は10%弱、プラスチックが10%前後使用されています（残りはプラスチック以外の非金属）。

鉄鋼の使用量が多いのは、その強度・加工性・耐久性のためです。鉄鋼の密度は 7.9g/cm^3 ですから、これをより密度の低い材料で置き換えることができれば、さらに軽量化することができます。そのような材料として、より軽量の金属（アルミニウム（密度： 2.7g/cm^3 ）やマグネシウム（密度： 1.7g/cm^3 ））の合金があります。

もっと軽い材料はプラスチックです。その密度は、よく使用されるポリプロピレンで 0.90g/cm^3 です。一般のプラスチックの密度は約 1.2g/cm^3 前後で、特に高密度なものでも 2.2g/cm^3 程度です。このため、プラスチックの割合を増やせば、自動車を軽量化することができるのです。

自動車用の材料に必要な性質

プラスチックが自動車に用いられるためには、「軽い」だけではなく他の特性も必要です。たとえば、材料を望みのかたちに加工できる成形性、材料への負荷（力）に耐えて壊れない

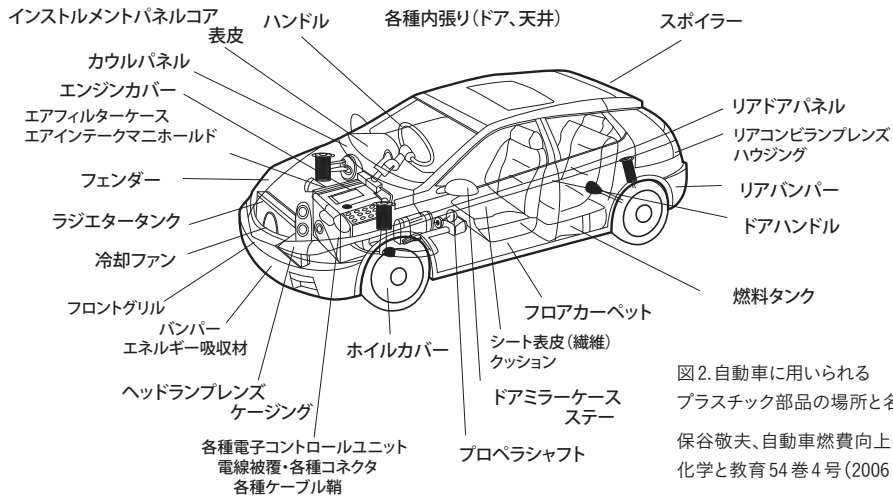
ための強さ、使用環境下で長い年月の間に強さなどの特性が劣化しない耐久性、酸性やアルカリ性の液体などに溶解しない耐薬品性、腐食しない耐食性など、使われる場所に応じて多くの必要特性があります。そのため「化学のちから」を用いて、新しいプラスチックが研究・開発されているのです。

一例として、プラスチックが苦手とする特性に耐熱性があります。これに対処するために、耐熱性に優れたプラスチックを開発して（例えばポリイミドなど）用いるという方法以外にも、耐熱性に優れた全く別の材料を混ぜて、特性を向上させることが行われています。プラスチックに混ぜるこのような材料は「フィラー」と呼ばれ、酸化ケイ素の微粒子、ガラス繊維チップ、炭素繊維などがあります。これらによる複合化は耐熱性以外の特性改善にも有効であるため、用途に応じて、数%～数十%（重量割合）混合されます。

プラスチックの自動車への応用

図2に自動車に用いられているプラスチック部品の箇所と名称を示します。外回りの部品のうち、バンパーは最も大型の部品であり、また最もプラスチックへの置き換えの進んだ部品で、主にポリプロピレン複合材を成形してつくられています。バンパーは軽衝突時の車体の保護や歩行者のダメージ軽減のために、高い耐衝撃性が求められるだけではありません。自動車の外観デザインにおいて、塗装性や、大きく複雑な形状に対応できる成形性、温度変化による寸法変化の小ささ（低線膨張係数）が要求される部品です。これらに応えるために無機フィラー（タルク）とゴムを配合した複合材が開発されました。

エンジンルーム内でも、近年はプラスチックの耐熱性を高めて適用範囲が拡大してお



り、エンジンへ空気を分配する配管（エアインテークマニホールド）がプラスチック化されています。従来はアルミ合金でつくられていましたが、プラスチックの溶着技術の進歩や、中空部品をつくるプロセス技術の開発によって、ガラス繊維をフィラーとして強化したポリアミドで作られるようになり、軽量化されました。

燃料系では、燃料タンクには従来、亜鉛めっきした鋼板が使われてきましたが、図3に示すような高密度ポリエチレン製のタンクが急速に普及しています。軽量化はもちろんのこと、形状の自由度によって、後部座席の下のような車体内の空きスペースにタンクを押し込み、乗車空間を大きくできることが理由です。



図3.プラスチック製燃料タンク
写真提供：日本ポリエチレン株式会社

さらに図4には、ここまでできるという典型的な例として、車体全体をCFRP（炭素繊維強化プラスチック）で試作した事例を示しています。

「化学のちから」による自動車軽量化のためのプラスチック開発は、今後も強く推進されていきますが、社会に普及するために重要な環境側面として、LCA（Life Cycle

Assessment）評価があります。

これは使用時の環境影響（エネルギー消費に伴う二酸化炭素排出量）だけでなく、製造時から廃棄時まで、製品の全ライフサイクルを対象とするものです。一例として、炭素繊維協会によるCFRP車の評価モデルを



図4.CFRP製ボディのコンセプトカー
写真提供：東レ株式会社



紹介します。まず、車両重量1,380kgのガソリン車（実走行燃費：9.8km/L、試算上前提したライフサイクル：10年）において、従来の自動車の部材（主に鋼鉄製）をCFRPに替えることによって、その重量を410kg軽量化できるとしています。この数値の意義は先の図1を参照すると理解できると思います。この場合のLCA評価は、車のライフサイクル全体を通して従来車両に対し、自動車1台あたり5tの二酸化炭素排出量の削減（比

率では16%の削減）になります。ちなみにこのCFRP自動車の全ライフサイクルの二酸化炭素排出量に占める各段階の排出量の割合は次のようになります。素材製造時：19%、部品組立時：3%、走行時：77%、廃棄時：1%。鋼鉄製の部材をプラスチック製のものに置き換えていくことは、LCA的にも有意義な軽量化であると評価されているのです。今後も、軽量化とLCAの視点から、素材としてのプラスチックが注目されていくでしょう。

問題

前提条件：原子は球とみなせて、その半径は原子半径に等しい。

今、原子の大きさに対して十分に大きな容積を考えると、ここに含まれる原子の体積の割合を充填率と呼びます。このとき、この容積に含まれる原子の数、質量、および密度は次の計算式で得られます。

- ・この容積に含まれる原子の数 = (この容積 × 充填率) / 原子の体積
- ・この容積に含まれる質量 = (この容積に含まれる原子の数 / N_A) × 原子量
 N_A : アボガドロ定数
- ・密度 = この容積に含まれる質量 / この容積
 $= \{ \text{充填率} / (\text{原子の体積} \times N_A) \} \times \text{原子量}$
 $= [\text{充填率} / \{ (4/3) \pi r^3 \times N_A \}] \times \text{原子量}$

よって物質の密度は、先の前提のもとで、充填率、原子半径、原子量の値がわかれば計算できることになります。

さてここで、車に多用される鉄と、プラスチックの主成分である炭素からなるダイヤモンドの密度を比較してみましょう。鉄の結晶の充填率は68%、原子半径は0.125nm、原子量は55.85です。一方、ダイヤモンドの結晶の充填率は34%、炭素の原子半径は0.077nm、原子量は12.01です。

これらの数値を用いて各々の密度を計算してください。

答え 鉄：7.7g/cm³、ダイヤモンド：3.5g/cm³

【参考文献】.....
 1) 保谷敬夫「自動車の燃費向上のための軽量化」化学と教育54巻(4号)228-231(2006年)
 2) 日本自動車工業会ホームページ
<http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/201011/03.html>
<http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200603/03.html>
 3) 炭素繊維協会ホームページ
<http://www.carbonfiber.gr.jp/tech/lca.html>

