

低燃費に向けた軽量化への取組み

向井 浩^{*1}

Efforts to Weight Reduction for Better Fuel Efficiency

Hiroshi Mukai^{*1}

1. はじめに

社会に多大な影響をもたらす地球温暖化の緩和を目的として、その原因である温室効果ガスのうち、大きな割合を占める二酸化炭素の排出が少ない社会を構築することが、世界的な課題となっている。

2015年のCOP21のパリ協定では、条約に加盟する196ヶ国・地域が参加する国際的枠組みとして、「産業革命前からの気温上昇を2℃未満に抑えることを目指し、1.5℃未満も努力目標とする。」といった数値目標が初めて盛り込まれ、世界全体で今世紀後半には、人間活動による温室効果ガス排出量を実質的にゼロにしていく方向を打ち出した。そのために、全ての国が、排出量削減目標を作り提出することが義務付けられ、その達成のための国としての対策をとっていくことも義務付けられた。

自動車業界においても、二酸化炭素排出量の抑制は最大の課題である。二酸化炭素排出量の低減のため、アメリカ、欧州をはじめとし世界的な燃費規制が強化されつつある。自動車は、二酸化炭素排出量低減、燃費向上のために、ガソリン車からハイブリッド車、更にPHV、EVやFCVへとシフトしている(図-1)。また、ガソリン車やディーゼル車においても、車両全体の重量低減や空力向上、内燃機関の効率化等の取組みがなされている。

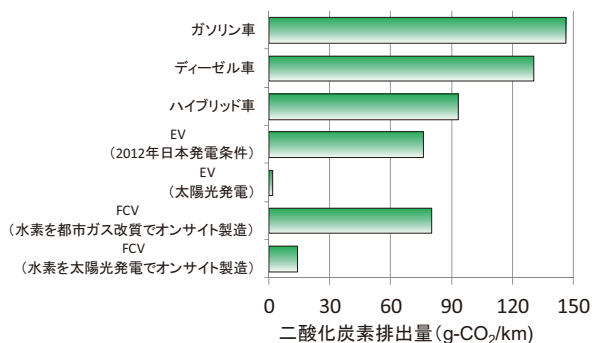


図-1 車両タイプ別二酸化炭素排出量¹⁾

本総説では自動車の燃費規制の動きと燃費向上のための軽量化への取組み動向についての概論を報告する。

2. 自動車の燃費規制²⁾

2-1. 燃費規制の歴史

自動車の燃費規制は、1970年代のオイルショックに始まる。

米国では1975年に「エネルギー政策法」(Energy Policy and Conservation Act)を制定、乗用車と小型トラックに対して1985年までに燃費を2倍にするという企業別の平均燃費の改善目標を設定し、1978年モデルの新車からCAFE (Corporate Average Fuel Economy) 規制がスタートした。更に、原油高騰、また地球温暖化対策として、2012年から2016年まで、毎年5%ずつ段階的に規制が強化され、2016年までに乗用車と小型トラックの合算で自動車メーカー平均燃費目標は15.1km/ℓ以上となった。

日本では1979年に「エネルギーの使用合理化に関する法律」(以下、省エネ法)に基づいてガソリン乗用車の燃費基準が策定された。1999年には改正省エネ法の下で、乗用車と小型貨物車にその時の最高の性能を持つ車両の燃費を目標値と設定、更新されて現在に至っている。

欧州では、1997年の気候変動枠組条約に関する京都議定書を受け、1998年にEUと欧州自動車工業会の間で自動車からの二酸化炭素排出量に関する自主規制の合意が行われ、2008年までに欧州で販売される乗用車からの二酸化炭素排出量を平均140g/kmまで削減する目標が設定された。

しかしながら2008年までに目標値に達成しなかったため、2015年までに各自動車メーカーに対して二酸化炭素排出量を平均130g/km以下(ガソリン換算で17.8km/ℓ以上)とするCAFE規制を導入した。

このように、日米においては、オイルショックがもとになり原油を中心とするエネルギー消費削減を目的に燃費規制が行われ、欧州では、地球温

*1 新製品工法開発部

暖化防止のために二酸化炭素の排出量を規制した結果、日米同等の燃費規制となった。

2-2. CAFE 規制

CAFE 規制は、車種別ではなく自動車メーカー全体で出荷台数を加味した平均燃費（過重調平均燃費）を算出し、規制をかける方式である。

平均燃費値が規制値を上回っていなければペナルティが与えられることになる。ある特定の車種では燃費基準を達成できなくても、そのほかの車種の燃費を向上させることでカバーできている。

米国や EU では既に採用されており、日本でも 2020 年度燃費基準に採用されることが決定している。

2-3. 燃費規制の世界的動向

米国は、2012 年 10 月に成立した法案で、2017 年から 2025 年にかけて、乗用車と小型トラックのそれぞれに対して基準を設け、2025 年までに乗用車と小型トラック全ての平均燃費が 23.2km/l 以上となる目標を設定している。

特徴的なのは、規制値を設ける車両の区分が重量ではなく、投影面積（Footprint：左右両輪間の距離と前後軸の距離の積）によって設けられていることである。2007 年から導入されたものであるが、この制度では、重量さえ軽くすれば、車体が大きくても燃費規制値が低くて済むため、車両サイズを維持しつつ、より軽量化を進める方向に働く。大型車志向の米国自動車需要を反映した制度となっている。

EU は、世界で最も厳しい規制を敷いている。燃費目標値は、乗用車に対し 2015 年で 17.8km/l 以上（規制は、二酸化炭素排出量で 130g/km 以下）、2021 年では、24.4km/l 以上（95g/km 以下）

となっている。なお、2014 年の EU 全メーカーの乗用車平均二酸化炭素排出量は、127g/km となり 2015 年目標は達成できている。

日本においては、1999 年に改正省エネ法に基づく燃費目標値（ガソリン車の 2005 年度目標、ディーゼル車の 2010 年度目標）が導入されたのち、2007 年に 2015 年度目標、2013 年には 2020 年度目標へと順次改訂されてきた。ガソリン乗用自動車の 2015 年度の基準相当平均燃費は 17.0km/l、2020 年度は 20.3km/l に達すると見込まれている。また、2020 年度基準からは、自動車メーカーが低燃費化技術の選択や車種構成を柔軟に行えるよう CAFE 方式が採用される。

新興国においても自動車の普及に伴い、燃費規制の動きが広がっている。

中国では、乗用車に対して 2005 年に第 1 段階、2008 年に第 2 段階の燃費規制が導入され、同時に小型商用車に対しても導入された。2012 年からは第 3 段階の乗用車燃費規制が施行され 2015 年の乗用車の平均燃費目標は 14.5km/l 以上、2020 年には、更に 30% 厳しい 20km/l 以上を目標とする第 4 段階の規制導入が提案されている。この規制では、平均燃費の規制が強化されるだけでなく、マニュアル車だけだった範囲をオートマ車や SUV にも適用し、更にこれらの車両はマニュアル車と比較して 3～5% 余分に燃費を改善するように求めている。また、第 4 段階の規制においては車両重量区分が上がっても燃費規制は緩くならないため、重量の大きい車両に、より厳しい規制になっている。

インド、メキシコ、ブラジル、サウジアラビアなどの新興国でもここ数年の間に燃費規制が導入され、今や世界市場の 8 割以上の国で何らかの規制の動きが進んでいる。

各国・地域の燃料規制値を図-2 に示す。

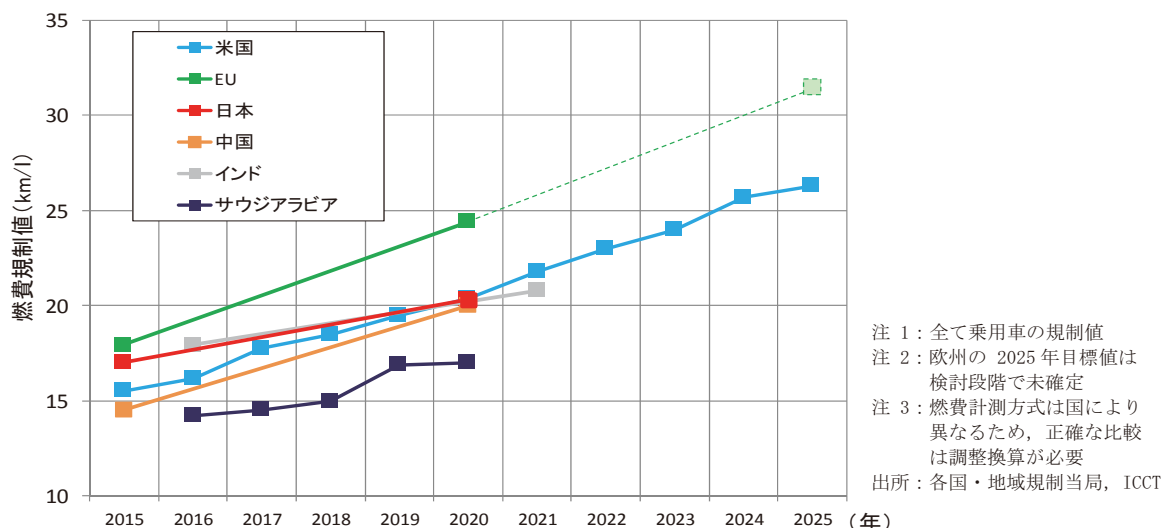


図-2 各国・地域の燃費規制値（全て乗用車の規制値）

注 1：全て乗用車の規制値
 注 2：欧州の 2025 年目標値は検討段階で未確定
 注 3：燃費計測方式は国により異なるため、正確な比較は調整換算が必要
 出所：各国・地域規制当局、ICCT

3. 自動車の軽量化動向

3-1. 自動車メーカー、部品メーカーの軽量化の取組み³⁾

自動車メーカーはこれまでもさまざまな方策によって燃費を改善してきた。今後5～10年の間に規制地域が増えることに加えて規制強化の足取りが早まり、既に良い燃費をさらに大きく改善しなければならなくなるため、改善のハードルが上がってくる。また、CAFE方式によって車両群全体に規制の網をかけられることにより、EVやFCVなどを開発するだけでなく、台数で大部分を占めるガソリン車やディーゼル車の燃費底上げを求められる。先に記したように米国においては、車両重量を低減することで燃費規制値に有利に働くため、軽量化の取組みが必須となる。

軽量化を実現させるために、大きく3通りの方法が考えられる。

- 1) 従来と異なる材料を適用する。代表的な取組みとしては、ボデー鋼材をアルミ合金や樹脂に置き換える。
- 2) 従来材料をベースに部品板厚の薄肉化や発泡などで材料の使用量を減らす。
- 3) モジュール化などで接合のための部品を無くす。

が上げられる。

これらを用いた自動車メーカーや部品メーカー、材料メーカーの軽量化取組み事例を紹介する。

1) 金属の樹脂化による軽量化

<トヨタ>

カラーフィールダーのバックドア（図-3）の構造部品の一部にリサイクル性にすぐれた熱可塑性樹脂 TSOP を採用し、デザイン変更は加えつつも、鋼板バックドアと比べて約 2.5kg（従来比約 10%）の軽量化を実現した。



図-3 カラーフィールダー バックドア

シエンタでは、ドアレールカバー（図-4）を鋼材から樹脂化することで 35%軽量化した。



図-4 シエンタ ドアレールカバー

（株）カネカのポリカーボネートとポリエチレンテレフタレート（PET）のポリマーアロイ材を使用している。この材料は、剛性を確保するとともに鋼の線膨張係数に近づけることで温度変化による反りや収縮をボデーに合わせ、優れた外観デザイン性を備えている。加えて、成形時の流動性を高めることで、大型品や薄肉品にも対応できる。今回の形状は、側面後方が湾曲しながら上端面は折れ曲がるという複雑な形状であるため、鋼板のプレス加工では成形が難しい。樹脂化することで軽量化と意匠性を実現した。

<ダイハツ>

2013年10月発売のタントでは、ボンネット、フロントフェンダー、バックドア、フューエルリッド、ドアレールカバーを樹脂化し、また、樹脂にすることでバックドアとリアスポイラーとを一体化し、鋼材部品に比べ約 10kg の軽量化を実現した。

<日産>

ラフェスタでは、日立化成工業（株）がバックドアを樹脂化した。材料は PP を使用し、バンパ部分も一体化することで、鋼板製に比べて約 11% 軽量化した。

<BMW>

BMW i3（図-5）は量産車では初めてとなるカーボン・ファイバー強化樹脂（CFRP）を採用し、



図-5 BMW i3 CFRP モノコック

車両重量をわずか1,260kgに抑えた。この素材はアルミニウムより約30%も軽量ながら高い強度を持っているため、車両の軽量化だけでなく、航続可能距離の延長にも貢献している。CFRPは生産プロセスに再利用が可能で、素材の95%をリサイクルできている。

2) 薄肉化や発泡による軽量化 〈積水テクノ成型株〉

ドアトリムをPP発泡成形で約35%軽量化する開発を進めている。発泡倍率を高めると発泡痕が残り外観に支障がでるが、発泡添加剤などの材料配合技術とカウンタープレッシャーなどの工法、金型技術により外観を確保する。

3) モジュール化 〈富士重工株〉

耐熱性エアダクト（図-6）を樹脂化することで、従来の仕様に比べて約40%の軽量化を実現している。東洋紡株の材料を使用している。

従来は、本体に鋼管を使い、両端の結合部には振動を吸収するためのゴム管を使用していた。これら2つの部品を金属製締結部品で連結していた。



図-6 エアダクト

これに対し、新しい耐熱性エアダクトは、本体部をガラス繊維強化PBTで、両端部をポリエステル・エラストマーで構成した。従来構成は、1.3kgに対し、今回の構成は0.8kgとなり約40%の軽量化も実現している。

また、この構成を可能にしたのが、エクセル株が開発したブロー成形法である。この工法は、特性の異なる2つの樹脂を一体化できるブロー成形である。

〈株エフテック〉

ブレーキペダル（図-7）を材料置換と中空形状の組み合わせで52%軽量化した。中空断面部品をPPSで作る、両側からアルミニウム合金板のプレス成形品で挟んだ構造。PPSとアルミニウム合金の接合には、大成プラス株の異種材料接合技術

を用いている。化成処理を施したアルミ合金のプレス成形品を金型にセットし、PPSを射出しインサート成形し製造する。従来の鋼製部品を溶接して製造するのに対し、部品点数が増えコストは高くなるが、軽量化効果が高い。

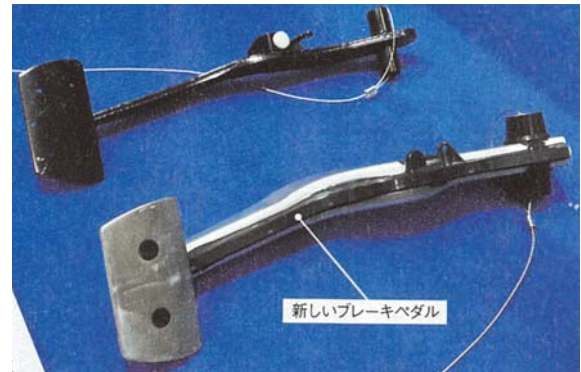


図-7 ブレーキペダル 外観

これらは、あくまで事例の一部であり、他のカーメカ、部品メカ、材料メカも軽量化に積極的に取り組んでいる。

3-2. 豊田合成の軽量化の取組み⁴⁾

豊田合成においても、自動車の燃費向上、地球温暖化対策のため、長年輕量化に取り組む、量産化してきた。既存製品であるウエザストリップ製品、機能部品、セーフティシステム製品、内外装部品に加え、新規領域を対象に、更なる軽量化につながる技術革新に取り組んでいる。今回は豊田合成の軽量化の取り組み事例を紹介する。

1) 金属の樹脂化（材料置換）を支える材料技術

機能部品において、金属から樹脂にすることによりフューエルファイラーパイプで50%、ターボダクトで30%の大幅な軽量化に成功した。これは、単に材料を置き換えるだけでなく、製品に求められる品質を考え、例えば、ファイラーパイプには燃料のバリア性が厳しく問われるし、ターボダクト部には耐熱性と耐久性の両立が求められる。これら品質を確保するため、長年培ったノウハウをもとに最適な材料とする材料技術が活かされている。

2) 発泡技術

ハンドルのウレタンやウエザストリップのゴムにおいて、発泡技術を早くから取り入れ軽量化に貢献してきた。更に、内装部品においても、PP材の発泡技術を進め、量産化している。まずは、ブラケット（図-8、図-9）などの非意匠部品に適用するが、新たな工法開発により意匠部品にも適用していく。

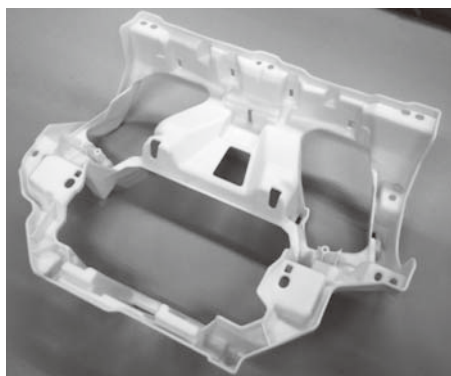


図-8 ブラケット 外観

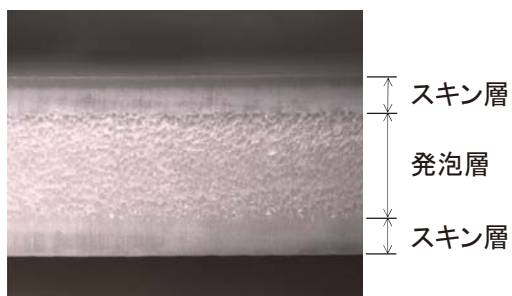


図-9 ブラケット断面

3) 新規領域

先に述べたようにバックドアやフェンダーなど自動車の外板の樹脂化が着実に進んでいる。豊田合成においても、大型の射出成形技術を用いたこれら部品の開発に取り組んでいる。単純に金属を樹脂に置き換えるだけでなく、樹脂だからできる様々なデザインの表現やLED照明なども取り入れた新たな付加価値のある高意匠提案を進める。

金属部品の樹脂化や発泡技術の詳細は、後の論文にて報告する。

4. おわりに

豊田合成の経営理念には「環境との調和」がうたわれており、我々は、環境保全のための商品提供を通じ、住みよい地球と豊かな社会づくりに貢献する技術開発に取り組んでいる。今回は軽量化に注目して記載したが、豊田合成は、低消費電力につながる車載LED製品などの燃費向上に貢献できる要素技術を数多く持っている。これら要素技術を活かした製品開発に取り組むことは、企業としての責務であり、大きなビジネスチャンスでもある。豊田合成の技術力を結集し、環境改善に貢献して、社会からの期待に応えていく。

参考文献

- 1) (一財)日本自動車研究所：総合効率とGHG排出の分析報告書、2011
- 2) 西野 浩行：世界で強化される自動車燃費規制とその影響
- 3) 近岡 裕，木崎健太郎：日経ものづくり，739，P.75-81（2016）
- 4) 社内報（TG TIMES 2015 Autumn）

著 者



向井 浩