

自動車と材料（第5報，車社会）

高 行男

1. はじめに

今日の大量生産車の原点といえるアメリカフォード社のT型フォード（2.9L，20馬力，車重544kg）の登場は1908年である。エンジンの始動は手回し式のクランクで、映画のシーンを見ると、人と車の一体感が感じられる。その後スタータモータを搭載したT型フォードは、1927年まで生産され、累積生産数は1500万台であった。生産の打ち切りはGM・シボレーの登場である。車は商品であることを再認識させられる。割れても破片が飛び散らない安全ガラス，ワイパも手動から自動になり，今日の人を運ぶ自動車の基本が出来上がる。

社会の進化は多様化といわれるが，社会の進化とともに自動車も多様化している。従来のエンジン車に加え電動車や自動運転車，さらには空飛ぶ車などが話題になっている昨今，どのような車社会になるか興味が持たれる。

エンジン車は時代とともに高性能化し，商品としての進化も果たして来たが，HV（ハイブリッド車）やEV（電気自動車）などの電動車と競合する時代となっている。最近では，環境問題を背景にエンジン車の評価が低下している。脱炭素という用語を新聞やTVで多く見聞すると，地球温暖化に対する認識が十分でないと感じる。コロナウイルスにより日常生活が一変したが，以前からウイルスに対する認識が必要と指摘されていた。人間というのは体験しないと理解できないのかと自問する。

これまで，自動車の3大構造材料である鉄，アルミ，樹脂について軽量化の視点で検討した¹⁻¹³⁾。その要点も活かし，本稿では車社会について私見も含め概観する。まず車というものづくりに多様な材料が係っている概要を述べる。次に車社会は環境問題と交通事故を念頭に置く必要があるとの視点から，環境問題とその対応としての自動車を概観し，最後に交通事故に対し日頃思うことを述べ，自動車の事故防止に対する自動化技術の一端を述べる。

2. 自動車材料と資源

文明は石器時代から銅器時代を経て鉄器時代に発展してきたといわれる。このように物を作るもとである材料は，社会生活に大変重要な役割を果たす。自動車の製造というものづくりにおいても，地球資源を活用した材料とその加工が基礎となっている。

2.1 エンジン車と石油

20世紀は石油の世紀であるといわれるが、石油資源を活用したのが自動車といえる。石油は燃料ばかりでなくプラスチックやゴム（合成ゴム）などの材料資源でもある。タイヤには天然ゴムと合成ゴムが使われているが、天然ゴムはゴムの木から採取されるゴム液から作られ、森林資源を活用している。

時代の要請により自動車材料は開発・改良されてきたが、構造材料の視点から見ると、鉄（鉄鋼）、アルミ（アルミニウム合金）、そして樹脂（プラスチック）が自動車の3大材料といえる¹⁾。もちろんタイヤのゴム、フロントガラスの安全ガラスをはじめ自動車センサに使われているセラミックス、触媒の白金など重要な材料も多い。セラミックスは鉄やアルミなどの金属、そして樹脂に次ぐ第3の素材として1980年代大いに注目を集めた。

材料の王といえる鉄は、強さ、剛性、硬さ、加工性など優れた性質をもっており、そのうえ値段も安いので大量に使われている。自動車では、ボディなどに使われる鋼板やエンジン部品などに使われる構造用鋼や鋳鉄などがある。しかし、脱炭素社会においては鉄を得るための製鉄が、CO₂排出で問題となる。

産業素材としての鉄は、溶鉱炉（高炉）で鉄鉱石から作られる。大きいものでは高さ140mの大きなダルマストーブのような炉の上から鉄鉱石とコークス（蒸し焼きにした石炭）そして石灰（CaO）を入れ、1200℃以上の高熱の風を送ると、炉の下からお湯のような、高温で真っ白にしが見えないサラサラの鉄（銑鉄）が出てくる。この行程で鉄鉱石（酸化鉄）の酸素が炭素と結びついてCO₂が排出される。図1には業種別排出量を参考に示したが、図中の産業部門のCO₂排出量の5割弱が鉄鋼業である¹⁴⁾。

車のボディに使用される薄板鋼板は、高炉で作られる純度の高い鉄が用いられる。不純物が多いとプレスした時に割れたり穴が開いたりしてしまうためである。一般の冷間圧延鋼板に比べ強度が高いハイテン（High Tensile Strength Steel、高張力鋼板）が、軽量化のため多用されている³⁾。

今後、車がさらに生産され続けることを考えると、以前から話題に上っている石油枯渇と同様に、鉱物資源についても考える必要がある。ワイヤハーネスの銅、めっきの亜鉛など、いくつかの金属資源は鉄に比べかなり少ない。鉄鉱石さえも中国において数珠繋ぎのダンプに積まれていく映像を見ると、鉱物資源である鉄鉱石が消えていくイメージが浮かぶ。材料を使用することは資源の消失となる。

車が走るため道路が必要となるが、馴染みのあるコンクリートはビルの建築や道路の施工に使われる。コンクリートは砂や砂利がセメントと水の混合物（セメントと水が化学的に反応して固化する）によって結合されている。脱炭素社会においては製鉄と同様に、石灰石などから作るセメント製造に多量のCO₂が排出することが問題となる。砂も無尽蔵ではなく、国・地域により砂の枯渇は時間の問題であると指摘されている。

コンクリートは圧縮に強いが引張りに弱い。都市の土台を作ったともいえる鉄筋コンクリートは、引張りを鉄つまり鋼材で受け持たせたもので、広義の複合材料といえる。材料は鉄やアルミなどの金属材料、樹脂やゴム、ガラスなどの非金属材料、そして複合材料に大別されるが、複合材料の代表が繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastics, FRP）である。ガラスやカーボンの強化繊維が鉄筋に相当していると考えるとイメージしやすいと思われる。

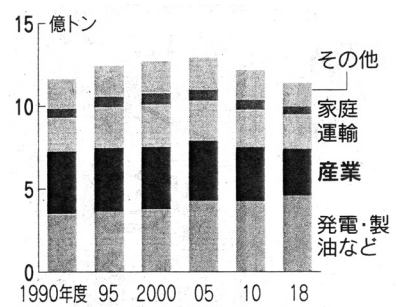


図1 業種別 CO₂排出量

2.2 電動車と電気

電動車はモータ（電動機）駆動であるので電気が必要である。電気は社会生活において必要不可欠になっている。電気がなくては生活できない社会である。脱炭素社会を背景に電動車がクローズアップされている。

電動車も脱炭素電力で駆動されることが理想であるが、その達成には時間が必要であると思われる。図2には主力電源を示したが、発電量の8割弱が火力である¹⁴⁾。かつて電力会社で火力発電の仕事をしていた友人から、担当していた東南アジアの天然ガス田が枯渇したとの話を聞き、資源は有限であることを再認識したことがある。

火力発電の燃料において、水素を多く含んでいる燃料ほど発熱量は多くなるので、電力当たりのCO₂発生量は石炭が一番多く、次に石油そして天然ガスである¹⁵⁾。発電効率の向上にタービン技術の進歩があるが、当然その技術を支える材料の開発・改良がなされている。

CO₂排出の点から石炭の評価は低い。企業では自家発電用設備において、石炭火力から再生エネ（再生可能エネルギー）へ転換が進められている。かつて石炭は黒いダイヤとも称され、石油時代の前は石炭時代といわれるように、花形産業の時期があった。不評であるが、コストも安く、国・地域の状況により必要とされる資源であると思われる。

原子力発電（原発）は、科学技術のすごさを示したものである。かつて原子炉圧力容器の設計を担当した技術者の話を聞き、その安全設計の緻密さ、例えば安全率の設定の考え方に感心した記憶が残っている。原発の安全性を強調する時期だったかもしれないが、耐用年数や核のごみ問題の言及はなかった。

原発について考えさせられたのは、2011年の福島での原発事故である。直接被害を受けていないためか、時とともに考える機会が少なくなった。CO₂を排出しない原発は、エネルギー政策として重視されてきたが、安全性や核のごみに対する問題意識のため、議論が分かれる。私見であるが、稼動40年を超えた原発を老朽原発と称するのに違和感がある。耐用年数は工学の視点で議論される内容である。

図中の再生エネは、水力、太陽光、風力などである。今後再生エネを主力電源にする方向になっている。特に、洋上風力発電が話題に上っているが、風力発電に使う風車のブレード（羽根）には、上述した軽くて強いCFRP（炭素繊維強化プラスチック）が用いられる。

送電線が必要になるが、軽量化の視点でアルミ電線について述べる。銅はよく知られているが、アルミも電気をよく通す。アルミの電気伝導率（% IACS）は64である⁷⁾。つまり電線の太さが同じ場合、アルミは銅の64%の電気を通す。アルミ（比重2.7）は銅（比重8.9）に比べ軽いので、アルミ線の太さを銅線の3倍にしても重さは同じである。つまり同じ重さのアルミと銅の電線を比べると、アルミは銅の2倍の電気を通す。車向けにもアルミ電線の活躍が期待される。

脱炭素社会の実現に再生エネと水素が期待されている。水素については水素社会という言葉もよく聞く。認識不足かもしれないが、問題は水素をどう得るか、どう管理するか、そして低価格

であるかなど、課題は多いと思われる。水素社会の実現には石油と同様に、国外から大量に水素を調達することが必要となる。

脱炭素に向けて、上述した火力発電の燃料に水素を利用する取り組みがある。前節で述べた製鉄では、コークスに代わり水素を利用する水素還元方式の鉄鋼生産が計画されている。車では水素で走るFCV（燃料電池車）が比較的良く知られている。水素をエンジンの燃料に使う水素車（水素エンジン車）の研究は長い期間行われているので、その登場が期待される。

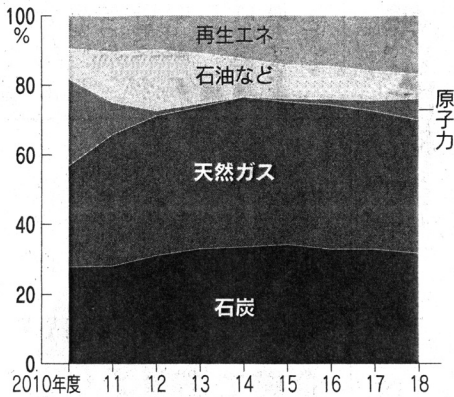


図2 主力電源

3. 自動車と環境問題

地球温暖化は人口の増加と経済活動によるといわれる。人口の増加とともに車が普及してきたことも環境問題をもたらした大きな要因の一つである。国内における自動車のCO₂排出量は、全排出量の2割弱を占めている。

3.1 自動車の環境問題

環境問題に対して、自動車（エンジン搭載車）が求められた一つのキーワードは軽量化である。燃費と性能向上のためである。燃費の向上は、CO₂排出削減につながる。車両重量の中でボディの割合が一番大きく、エンジン、サスペンションと続く。エンジンのシリンダヘッドとブロックの鋳鉄からアルミへの置換は軽量化の好例である。

環境問題を考える上で、資源を有効利用し、リサイクルで廃棄物を減らすことが重要である。乗用車は廃車になるまで中古車という形で再利用されている。また廃車になっても解体の段階で、

バッテリー、タイヤ、触媒、エンジンユニットなどの再使用可能部品や修理可能部品が取り外され、部品としての再使用や材料としてのリサイクルが行われている。さらに車体はシュレッダー事業者により破碎処理され、鉄と非鉄金属が分離選別されて再生材として再び使用される。シュレッダーダスト（自動車破碎くず）に対しても活用が検討されている。このように自動車は、工業製品としてきわめて整備されたりサイクルシステムをもっている。

脱炭素社会に向け、さらに自動車の環境問題を考える際、3RやLCAなどの視点が重要視される⁷⁾。3Rは、上述したリサイクルに関係するが、Reduce、Reuse、Recycleの頭文字のRに由来する。それぞれ廃棄物の抑制、再使用（部品再利用）、再生利用（再資源化）を意味する。材料の視点で考えると、廃棄物の発生を抑制する視点で設計がなされるが、設計対称とする材料の選定問題がある。再資源化には、鉄、アルミ、ガラスなど、材料としてのリサイクルがあるが、資源枯渇の視点からリサイクル再生材とその品質向上がさらに求められる。

LCA（ライフサイクルアセスメント）は、原材料から製造、物流、使用、処分まで、製品の一生を通じて環境に排出される大気汚染物質、水質汚濁物質、廃棄物などを測定する手法である。地球温暖化、資源枯渇などの問題は、地球的規模で語るべき問題であるので、製品のライフサイクルを通して見たときの環境に対する負荷を総合的、定量的に捉えるツールとして登場した。例えばエンジン車のCO₂排出について見ると、もちろん走行段階での寄与が大きいが、材料の生産や車両生産時の寄与も大きいためである。EVやFCVでは走行段階でのCO₂排出問題はないが、EVでは使用する電気、FCVでは水素がどのように得られたかを考える視点である。例えば再生エネの電力で水を電気分解して得られた水素と天然ガスから得た水素は比較して評価される。

3.2 エンジン車と電動車

21世紀は環境の世紀との指摘がある。後世、環境の世紀にふさわしい車がどのようなものになっているか興味が持たれる。脱炭素社会を背景に電動車がクローズアップされている。数年前、次世代自動車として報道されていた概要を2020年に報道された新車販売の状況とともに図3に示す¹⁴⁾。電動車（HV、EV、PHV、FCV）などが、次世代自動車と称されている。図中に示された2019年の新車販売の状況を見ると、電動車の中ではHV（34.2%）が圧倒的で、ほかの電動車は合わせても1%くらいである。電動車が新車販売に占める割合は2016年とあまり変わっていない。しかし、図中の2030年目標を変え、電動車主体にする方向となっている。

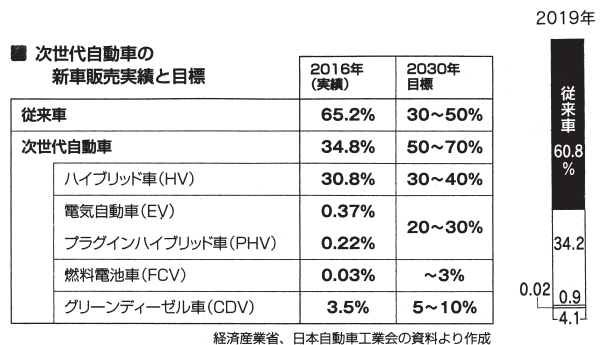


図3 電動車の動向

(1) HV

エンジン車の場合、例えば軽量化による燃費の改善が図られる。さらなる燃費向上を図るため登場したのが、エンジンに加えモータを動力とするHVである。どの程度燃費が向上するかを見るため、若干大雑把であるが、当時のガソリンエンジン車の燃費と比較する。図4には乗用車の車重に対する燃費(10・15モード)を示したが、重くなれば燃費が悪くなる傾向が分かる⁶⁾。

トヨタ・プリウス(1997年)の諸元を見ると、全長4275×全幅1695×全高1490mmで車重は1240kg、燃費は28km/Lである。図の上段近くに位置し、図中の車重に対する燃費は15km/L程度の値であるので、著しい燃費の向上が認められる。

ホンダ・インサイト(1999年)の諸元を見ると、全長3940×全幅1695×全高1355mmで車重は820kg、燃費は35km/Lである。図中では23km/L程度の値であるので、著しい燃費の向上が認められる。インサイトはアルミボディであるので、車重は軽くなっている。

ボディの軽量化には、鉄からアルミ代替によるエンジン車の軽量化事例(ホンダ・NSX, 1990年)やボディ(キャビン)のサンルーフをガラスから樹脂(PC, ポリカーボネート)代替によるHVの軽量化事例(トヨタ・プリウスα, 2011年)などがある³⁾。

(2) EV

EVのボディを見ると、テスラ・モデル3はスチールボディ、テスラ・モデルSはアルミボディ、そしてBMW・i3がCFRPボディ(アルミとCFRPキャビンのボディ)である。アルミやCFRPの採用によるボディの軽量化は、エンジン搭載車の場合燃費が良くなり、EVにおいては走行距離の増大となる。

ボディにCFRPを採用したBMW・i3(2013年)の諸元を見ると、全長4010×全幅1775×全高1550mmで車重は1260kgである。類似のサイズのEV(日産・リーフ, 2010年)を見ると、車重は1450kg(全長4445×全幅1770×全高1550mm)である。積載電池重量の違いなどを考慮しても車重の違いにはボディ軽量化の寄与が大きいことが分かる。

EVでは、エンジンに代わりモータとバッテリーがキーとなるが、そこにレアメタル(希少金属)が重要な役割を果たす。レアメタルは鉄、銅、アルミなど多く使われている金属(コモンメタル、普通金属)の対比語で、希少性が高く、先端技術に欠かせない金属を指す。希少性が高いとは、

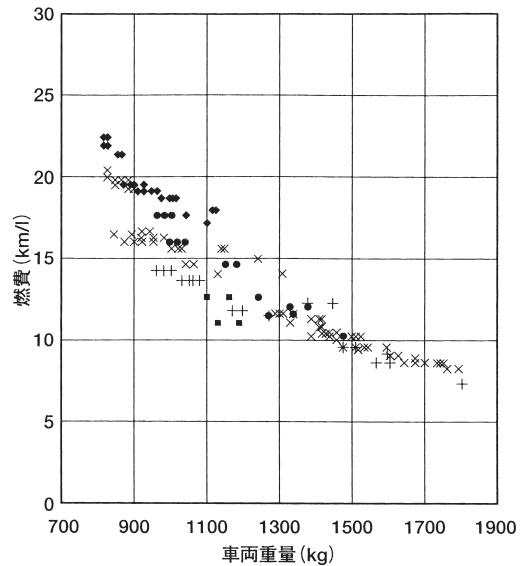


図4 HV登場頃のエンジン車の燃費

存在量が少ない、存在量は少なくないが濃縮された鉱石が少ない、そして金属単体として取り出すことが困難である場合なども含まれる¹⁶⁾。つまりレアメタルの種類は多く、その一つがレアアース（希土類元素）である。金属は鉄と非鉄に大別されるが、レアメタルやレアアースは非鉄金属と考えればイメージしやすい。

HV や EV のモータには、最も強力な永久磁石であるネオジウム磁石が採用されている。磁石に使われているネオジウム（Nd）やジスプロシウム（Dy）がレアアースである。2010年頃レアアースの調達問題が生じ、話題になった。ものづくりには資源確保の問題があることを再認識させられる。リチウムイオン電池に使われるリチウム（Li）やコバルト（Co）のレアメタルも同様である。なお、Liは軽い金属（比重0.63）で、AlにLi添加した材料（Al-Li合金）は、ジュラルミンと同様にアルミ（アルミ合金）である。

（3）FCV

燃料電池は電池に分類されるが、身近なバッテリー（蓄電池）のイメージと異なる。燃料である水素と空気中の酸素の化学反応による発電装置（発電システム）というほうが理解しやすいと思われる。かつて燃料電池（FCスタック）の性能保持期間や触媒に使う白金量が多いことなどが問題であると、開発担当の技術者から聞いたことがある。当時はメタノールの燃料タンクと改質器を搭載し、メタノールから水素を得る方法も検討されていた。

エンジン車の燃料タンクのように、FCVでは水素タンクが搭載される。水素タンクは、鉄タンクからアルミとCFRPで構成されるタンクとなったが、さらにアルミに代わって耐水素透過性樹脂とCFRPなどから構成されるタンクが登場し、実車に搭載されている。軽量・小型化を目指すためになされたが、材料の組み合わせの変遷を示す典型的事例の一つである。

エンジン車の場合、吸入空気浄化装置（エアクリーナ）でエンジンに供給する空気に含まれる細かなダストを取り除く¹⁷⁾。エアフィルタの役目であるが、FCスタックに供給する空気の浄化には格段に高い機能を持つエアフィルタが用いられる。マスクで例えると、一般のマスクとN95（医療用マスク）以上の違いかもしれない。なお、ディーゼルエンジンの排ガスに含まれる粒子状物質（PM, Particulate Matter）を捕集するフィルタがDPF（ディーゼルパーティキュレートフィルタ, Diesel Particulate Filter）で、ガソリンエンジンではGPFと称される。

余談であるが、電動車は商品であるので価格は重要である。1980年頃、価格が安く燃費の良い日本車が米国市場で強みを見せ、貿易摩擦になる。燃費が良くても価格が高ければ強みは発揮されていないのではと思う。ユーザーは車を総合的に見て購入するが、価格は大きな因子となる。価格の視点からも電動車の動向を注視していきたい。

4. 自動車と交通事故

4.1 交通事故

自動車は生活に不可欠な存在となっているが、交通事故防止は、前述した環境問題とともに車

社会における課題であると思われる。かつて日本を車で埋め尽くすという人物を題材にした映画を見た記憶がある。そんな社会が実現し、車は生活の利便性や楽しみに貢献したが、車による事故は当たり前になっている社会である。

車、バイク、自転車さらには歩行者が混在して道路を使っている。

当然交通事故のリスクは大きい。前提条件は定かでないが、30年以内に交通事故で負傷する確率は15%であると指摘されている。リスクを意識することが大事であると思われる。筆者自身、ヘッドレスト（ヘッドレストレイント）の無い後部座席だったためと思われるが、追突されてむち打ち症になった経験がある。深夜信号待ちで止まっていた国道での出来事であった。それ以来運転時後ろの車が気になるが、車を使っている。

図5には交通事故件数と事故死者数の推移を示した¹⁸⁾。交通量と事故件数は関連していることが分かる。死者数は自動車の安全装置の普及、救急医療の向上、道路の改善などにより4千人弱まで低減していると指摘されている。災害などで数千人が亡くなることはあるが、毎年その状態が続き、亡くなっていないが重傷を負った人も多いたことを考えれば、大きな問題である。交通事故予防の意識化を図るため、事故件数と死傷者数の報道が適宜なされるとよいと思われる。

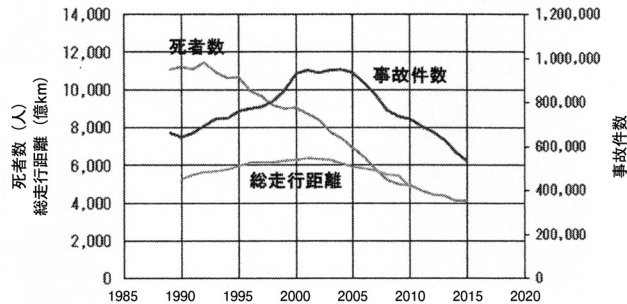


図5 交通事故件数と事故死者数

4.2 自動車の走行

車など移動体を利用することは、加害者になると同時に被害者にもなる。加害者にならないように運転する必要があるが、なんともならない事例もある。かつて知人から、街中であつたのでスピードをかなり落として走っていたが、子供の飛び出しで事故になった話を聞いた。幸いスピードを落としていたので軽症ですんだとのことであるが、避けられないと思われる事故もある。

(1) 車の運動エネルギー

車が走っているときの運動エネルギーを考えてみる。例えば、1トンの車が時速50kmで走行すると、車の運動エネルギーは9万5千ジュールとなる。その大きさは10mの高さから落下したときのエネルギーと考えるとイメージしやすい。

かつて車は走る凶器といわれた時期があつた。凶器のピストルの一例（弾丸15g、速度411m/s）について見ると、弾丸の運動エネルギーは千3百ジュールである。車の運動エネルギーは大変大きいことが分かる。この車がコンクリート壁にぶつかると、車は変形してそのエネルギーを吸収して止まる。衝突実験の映像を見ると、そのすごさが分かるので、交通安全の意識化のため時々報道されるとよいと思っている。運動エネルギーは速度の2乗に比例するので、スピード

を出しすぎないことが大切である。

（2）シートベルト

車が他の車や建物に衝突すると、ベルト着用のない乗員はシートから飛び出し、フロントガラスやハンドル（ステアリングホイール）などにぶつかり負傷する。シートベルトは乗員をシートに拘束し、衝突時に乗員が車室内の部品と衝突（二次衝突）することを防止する役割を果たす。シートベルトは、主体となるウェビング（ベルト）、バックル、巻き取り装置のリトラクタ、そしてシートベルトを車体に取り付ける金具などから構成される。

ベルトは、樹脂（合成繊維）であるナイロンやポリエステルを規定の幅と厚さに織ったもので、衝突時の衝撃力に耐える仕様が定められている。ベルトメーカーの技術者によると、織り方にノウハウがあるとのことである。

今日ではベルト着用が当たり前になっているが、着用率向上のため法規制の導入など普及には時間を要している¹⁹⁾。認識不足か認識はしているが面倒なので着用しない、あるいは着用の有無は個人が決めるなどである。コロナウイルス感染防止のマスクとよく似ている。

ドライバは両腕と両足でそれぞれ50kgfと100kgf程度の抵抗力を持つが、自分の腕だけで事故時に身体を支えようとすると、時速7km以内で走行することになる。かつてシートベルトをしている母親が幼児を抱いている光景を見たことがある。衝突時あるいは急停止時のことを考えると、幼児にはチャイルドシートが必要となる。自動車は性能の向上とともに安全性向上のために様々な機能が装備されている。ドライバが具体的に行える安全対策がベルト着用で、マナーを守り安全運転することである。

4.3 自動車の制動

（1）制動距離

安全運転は速度の制御である。車の制動のため、鋳鉄のディスクにブレーキパッドを押し付ける。乗用車に使われるブレーキパッドの材料（摩擦材）は、骨格となる基材、摩擦係数を適切にする摩擦調整剤、そしてこれらを接着成形する結合剤から構成されるが、複雑な複合材料といえる。かつてはパッドの基材にアスベストが使用されていた。

衝突の危険を避けるためブレーキを掛けるが、制動の強さの感じとそのときの減速度の大きさが示されている²⁰⁾。そこで減速度は一定として、時速50kmで走行するときの制動距離（車の減速開始から停止までの距離）を考えてみる。

①シート上の荷物が滑り出すくらいやや強いブレーキのとき、減速度 $0.4g$ を用いると、制動距離は24mであり、②助手席の人が前のめりになるくらいの緊急性のある強いブレーキのとき、減速度 $0.6g$ を用いると、16mである。ここで、 g は重力加速度で 9.8m/s^2 である。話を簡単にするため、減速度は減速開始と同時に一定値まで立ち上がり、そのまま停止まで一定値を保つものとして制動距離を求めたが、ブレーキを掛けてから車が止まるまでかなりの距離が必要であ

ることが分かる。当然スピードが出ていると制動距離はさらに長くなり、衝突のリスクが増す。

時速50km というと1秒に13.8m 進んでいることになる。ドライバが危険を察知し、アクセルペダルから足を離しブレーキペダルを踏み込むまでに時間を要することも認識する必要がある。つまり制動力が発生して減速が始まるまで、車は時速50km で走行（空走）している。

(2) 自動ブレーキ

ドライバの高齢化で思うことの一つが、反応が遅くなり、危険を察知してブレーキ操作までに時間がかかることである。ブレーキ操作の迅速化の視点で、自動ブレーキ（衝突被害軽減ブレーキ）は重要な安全技術の一つである。

自動ブレーキの性能認定の概要を図6 に示す¹⁸⁾。図中静止車両に対する試験を見ると、上述した時速50km の車は減速されて衝突時の速度が20km 以下であることが求められる。つまり自動ブレーキは、衝突の防止または衝突被害軽減のために自動でブレーキを作動させるシステムである。自動ブレーキという表現は、車が衝突しないイメージが強く、誤解を生むかもしれない。衝突被害軽減は、自動ブレーキで衝突速度を低下させ、例えば中等症の事故を軽症にすることを意味している。

自動ブレーキシステムを持つ数台の車を運転している知人の話では、その作動は搭載しているレーダーやカメラの性能に左右されるので、例えば雨天時など運転状況によっては誤作動防止のためシステムが作動しない場合があるとのことである。システムを理解して運転することが求められる。難しいと思われるが、自動化技術の向上により直進時ばかりでなく交差点での右折時の事故防止にも機能する自動ブレーキがあればと思っている。

(3) 自動運転車

SAE（自動車技術者協会）が定義している自動運転システムのレベルと機能を見ると、自動ブレーキは運転支援システムに位置づけられている¹⁸⁾。つまり自動運転レベルを5段階にし、自動ブレーキは運転者支援のレベル1である。レベル2では前述したシートベルトに関し、電動シートベルトテンションの作動や着座ポジションの自動調整がある。自動化技術が進んだレベル3と4では、限定領域内での自動走行が可能となる。レベル3ではシステムの作動が困難な場合ドライバは運転に関与するが、レベル4ではドライバは運転に関与せずシステムで動く。レベル5が最高レベルで、走行領域は限定されず、どこでも自由にシステムで動く。自動運転車という言葉をよく聞く昨今であるが、レベルが異なる。レベル5のものを完全自動運転車と称したほうが分

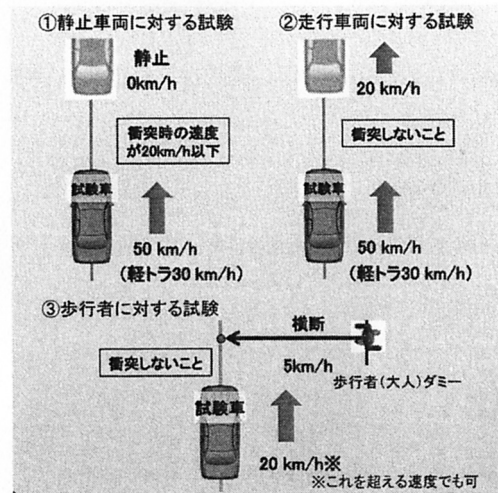


図6 自動ブレーキの性能認定の概要

かりやすいと思われる。

自動車は人間が動かすものとの前提であったので、ドライバが運転に関与しない自動運転車はロボットのように思われる。私見では、人間より機械（システム）による作動のほうが正確である。その意味で、高度な事故防止技術を持つ自動運転車が多く登場することが期待される。

5. お わ り に

材料（素材）があり、それを加工して初めて製品になるので、材料とその加工は自動車というものづくりの基礎である。本稿では、材料の概要を述べながら車社会を概観した。車社会が意味する内容は広いと思われるが、私見で車社会が対処すべき課題である環境問題と交通事故問題について言及した。

安全、環境、燃費、リサイクル、電動化、そして情報化や自動化と自動車に求められるキーワードは多く、求められるキーワードに対し材料の果たす役割はさらに重要になると思われる。

材料に馴染みがない場合、エンジン車は構造材料の視点では鉄、アルミ、樹脂、そして複合材で構成されていると考えると理解しやすいと思われる。電動車では、その上に機能材料（磁性材料や触媒など）の役割がモータ、バッテリー、そしてFCスタックなどに加わる。

本稿が、自動車を取り巻く状況の理解と材料の資源問題に興味を持つ一助になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 高 行男, JAMAGAZINE, 日本自動車工業会, 40巻, 2006年
- 2) 高 行男, JAMAGAZINE, 日本自動車工業会, 44巻, 2010年
- 3) 高 行男, JAMAGAZINE, 日本自動車工業会, 47巻, 2013年
- 4) 高 行男, アルミニウム, 日本アルミニウム協会, 13巻, 2006年
- 5) 高 行男, 工業材料, 55巻, 6号, 2007年
- 6) 高 行男, アルミ VS 鉄ボディ, 山海堂, 2002年
- 7) 高 行男, 自動車材料入門, 東京電機大学出版局, 2009年
- 8) 高 行男, ポリファイル, 47巻, 551号-554号, 大成社, 2010年
- 9) 高 行男, 中日本自動車短期大学論叢, 第40号, 2010年
- 10) 高 行男, 中日本自動車短期大学論叢, 第44号, 2014年
- 11) 高 行男, 浅野 威, 中日本自動車短期大学論叢, 第48号, 2018年
- 12) 高 行男, 中日本自動車短期大学論叢, 第49号, 2019年
- 13) 高 行男, 中日本自動車短期大学論叢, 第50号, 2020年
- 14) 日本経済新聞記事, 2017年12月5日, 2020年10月4日, 同12月4日
- 15) 瑞慶覧章朝, 江原由泰, 伊藤泰朗, 空気浄化技術, 養賢堂, 2011年
- 16) 増本 健監修, 金属なんでも小事典, 講談社, 1997年
- 17) 日経マテリアル&テクノロジー, 設計技術者のためのやさしい自動車材料, 日経 BP 社, 1993年
- 18) 山田喜一, 日本陸用内燃機関協会誌, LEMA, No.539, 2020年
- 19) 高 行男, 小駒純一, 中日本自動車短期大学論叢, 第13号, 1983年
- 20) 中村博之, 自動車整備士のための自動車工学と計算問題の解説・下巻, 交文社, 2001年

