



脱石油に向けた自動車燃料・ エネルギーの多様化と 次世代車導入優先順位の提示

はじめに

地球温暖化による気候変動が私たち人類の生活に甚大な影響を及ぼし、それが年々拡大している中、2014年発行のIPCC第5次評価報告書を受け、2015年にはCOP21にてパリ協定が採択されました。異例とも言える最短のスケジュールで翌年の2016年にはパリ協定が発効、各国地域（先進国、新興国全て含む）でのCO₂低減に向けた具体的な目標が提示され、昨年末にはCOP24でパリ協定の順守に向けたルールが採択されました。そして、いよいよ2020年から具体的な活動が開始されることになりました。

「CO₂が地球温暖化の原因なのか?」「地球は本当に温暖化に向かっているのか?」と懐疑的な意見も聞かれますが、現在の地球は今すぐにも行動を起こさなくてはいけない待たなしの状況になってきたということ、を、まずは認識する必要があると思います。

燃料という観点で見ると、運輸セクターはこれまでほとんどを石油系燃料に頼ってきました。中でも四輪車はガソリン／軽油を主要な燃料とし、世界のCO₂排出量の18%を占めています。環境への影響が小さいとは言えません。自動車から排出されるCO₂を低減するためには、これまでの石油系燃料から天然ガス（ローカーボン燃料）、バイオ（カーボンニュートラル燃料）、水素（カーボンフリー燃料）、電気エネルギーなどに早急に転換していく必要があるのです。

近年、都市部の大気環境悪化の対策手段として、米国カリフォルニア州のZEV規制が強化（2018年～）、また、中国のNEV規制（2019年～）が導入されたことに伴い、電気エネルギーで駆動する電気自動車の販売台数が増加しています。そのような中、近い将来には電気自動車が従来のエンジン車を急速に置き換えていくという報道が毎日のように行われています。

本レポートでは、ユーザーのニーズ、自動車としての重要機能、環境改善への効果などを踏まえた上で、エンジン車（燃料多様化を含む）、次世代車（HV、PHV、EV、FCV）の課題と完成度を明確にし、それぞれの導入優先順位付けを行いました。併せて、今後の自動車販売台数の予測値を基に、IPCC5次レポートの結果を受け、パリ協定で各国が掲げたCO₂削減自主目標との関連より、自動車から排出されるCO₂規制のあるべき規制強化値を明確にした上で、目標達成が可能な現実的なエンジン車、次世代車のセールスマックスをまとめています。

セールスマックスに関しては多くの予測がされていますが、30年も先のこととなるといずれも精度が高いとは言えません。一方、本レポート内で今回提示している予測に関しては、全方位での技術開発を前提にしており、さらには技術的な革新スピードなども考慮した上での有るべき姿という形でまとめていることが特徴であると言えます。

将来の技術シナリオ、経営戦略の参考にさせていただければ幸いです。

藤村 俊夫

PwC Japanグループ 自動車セクター 顧問

目次

1	自動車を取り巻く環境と次世代車の技術完成度 (導入優先順位)	4
2	環境課題への対応 (パリ協定発効時の各国・地域のCO ₂ 削減目標と ZEV/NEV規制)	9
3	脱石油に向けた自動車のエネルギー・燃料対応	12
4	2050年に向けた自動車のセールスマックスと CO ₂ 排出量低減予測	14
5	将来のエンジン車と次世代車両比率 (ロードマップ)	18
6	中国における省エネルギー車と 新エネルギー車の動向	22
7	将来モビリティのすみ分け	26





1 自動車を取り巻く環境と次世代車の技術完成度 (導入優先順位)

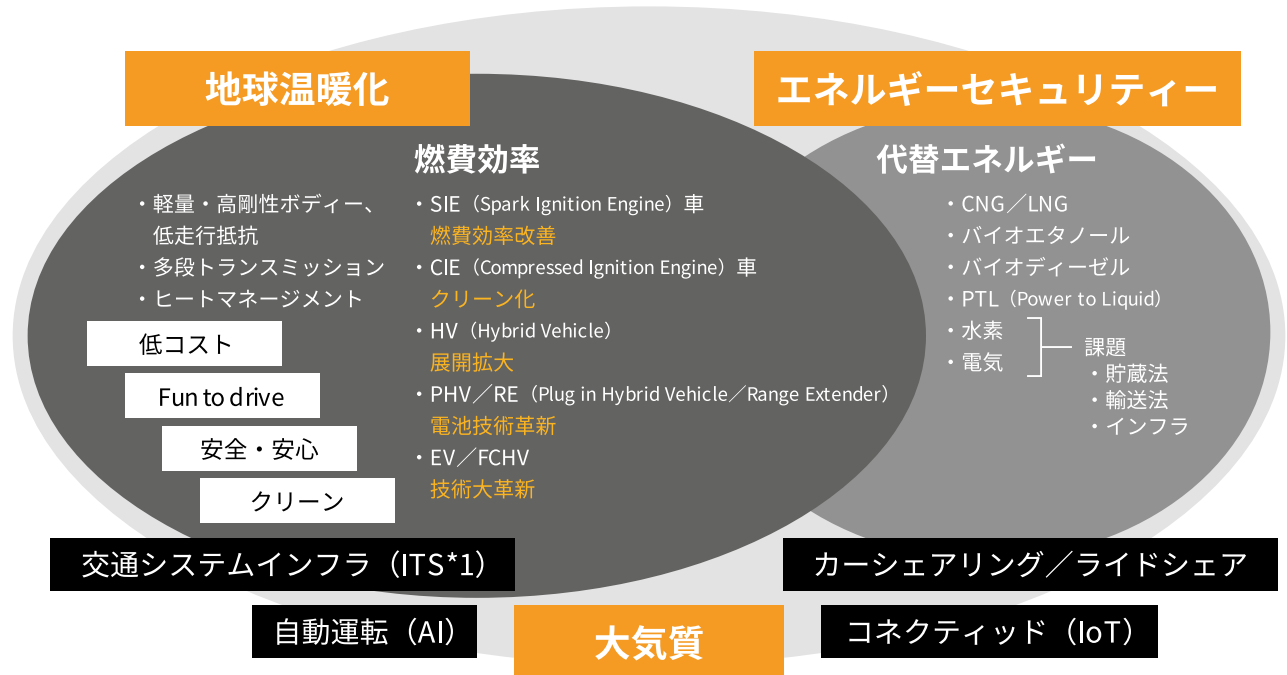
図表1は、自動車を取り巻く環境と対応技術の俯瞰図である。地球温暖化、エネルギーセキュリティ、大気質という重点課題に対して、低コスト／安全／クリーン／乗って楽しいという自動車において重要な要件を満たしつつも、エネルギーをセーブして自動車のCO₂排出を低減することが重要になる。具体的には、従来の内燃機関車であるSIE (Spark Ignition Engine) 車の効率改善、CIE (Compressed Ignition Engine) 車のクリーン化や低コスト化と併せ次世代車と言われるHV (Hybrid Vehicle) の展開拡大、PHV／RE (Plug in Hybrid Vehicle／Range Extender) の電動技術革新、EV／FCHV (Electric Vehicle／Fuel Cell Hybrid Vehicle) の技術大革命 (電池エネルギー密度、燃料電池セル出力密度) などが挙げられ、全方位での技術開発が急務になっている。

また、エネルギーに関しては、再生可能エネルギー発電による電力のみならず、電力に比べて貯蔵・輸送が容易な水素に転換して活用することも全産業で必要となる。費用対効果の高い内燃機関車を新興国など向けに存続させるためには、従来のガソリン／軽油という石油系燃料から、天然ガス (ローカーボン) ／バイオ燃料 (カーボンニュートラル) ／水素燃料 (カーボンフリー) への転換を図り、CO₂排出量を低減していくことも重要になる。特に水素活用に関しては、今後、液体技術と併せた大幅なコスト低減

の検討が急務である。さらに、これからは、自動車メーカー側が自動車を製造販売し、ユーザーは保有するという形態から、自動車メーカーが自動車を使ったサービスも提供して、ユーザーがそのサービスを利用するMaaS (Mobility as a Service) の方向に転換し、コネクテッド、カーシェアリング・ライドシェア、自動運転 (自律走行型、交通インフラ協調、道路環境整備) の検討を進めていくことが求められている。

図表2は従来車と次世代車の分類を示している。左からエンジン車、エンジン+モーター駆動のHV車、モーター駆動のEV／FCV車に大別される。カリフォルニア州のZEV (Zero Emission Vehicle) 規制では、2018年からの規制強化に伴いHEV (Hybrid Electric Vehicle) が対象から除外され、2019年から導入された中国のNEV (New Energy Vehicle) 規制においてもHEVは含まれず、認定車はEV／FCVのみになる。大都市の大気汚染対策として導入はやむを得ない一方で、EV／FCVは、移動体として航続距離や重量面での課題が残っている。環境対策とユーザーが購入可能な販売価格の実現を考慮すると、エンジン車は、効率改善と併せた、48Vマイルドハイブリッドシステム (MHS) の導入および脱石油燃料化により継続させた上で、次世代車に関してはHVやPHV主体で拡大展開するのが現実的と考えられる。

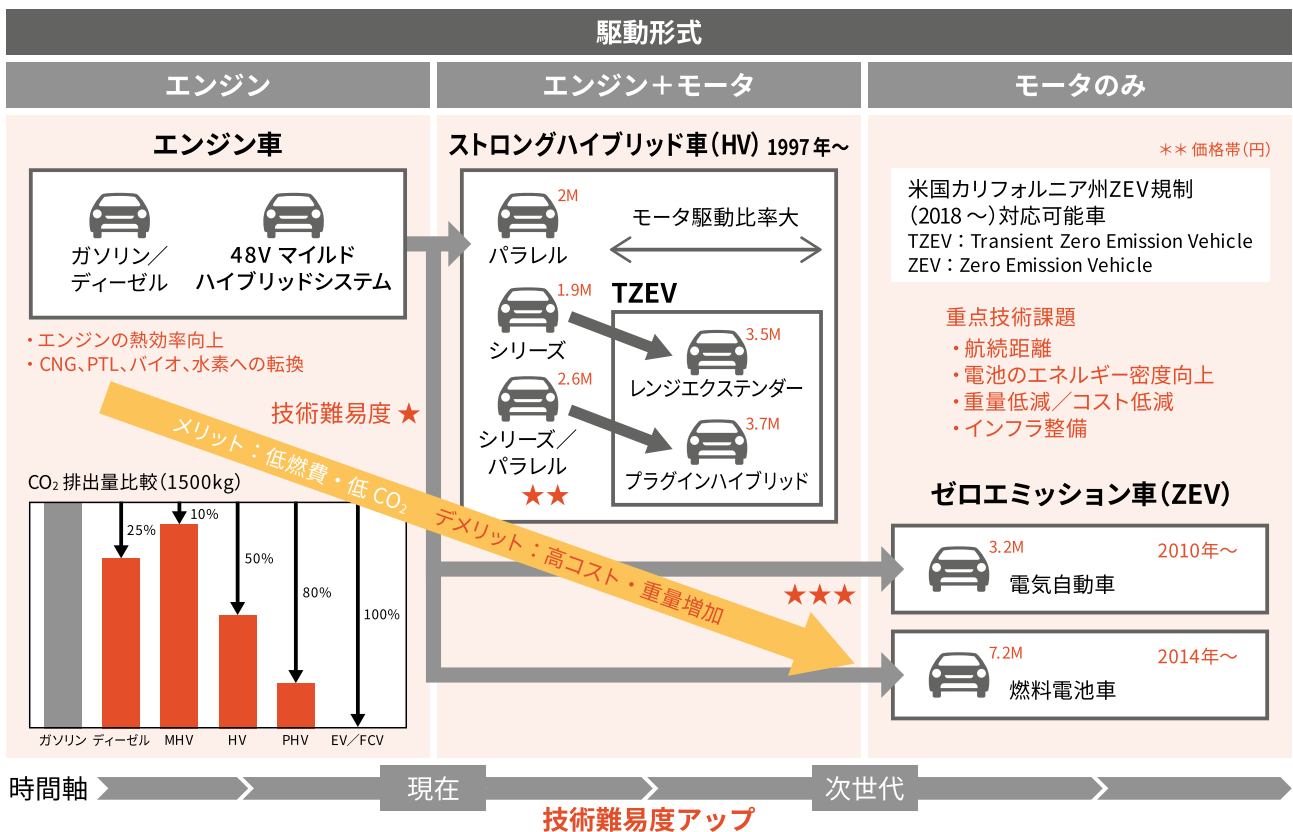
図表1 自動車を取り巻く環境と対応技術の俯瞰



注釈：SIE（点火プラグ）CIE（圧縮点火）

ITS：Intelligent transporting System
IoT：Internet of Things
AI：Artificial Intelligence

図表2 自動車（従来車～次世代車）の大分類



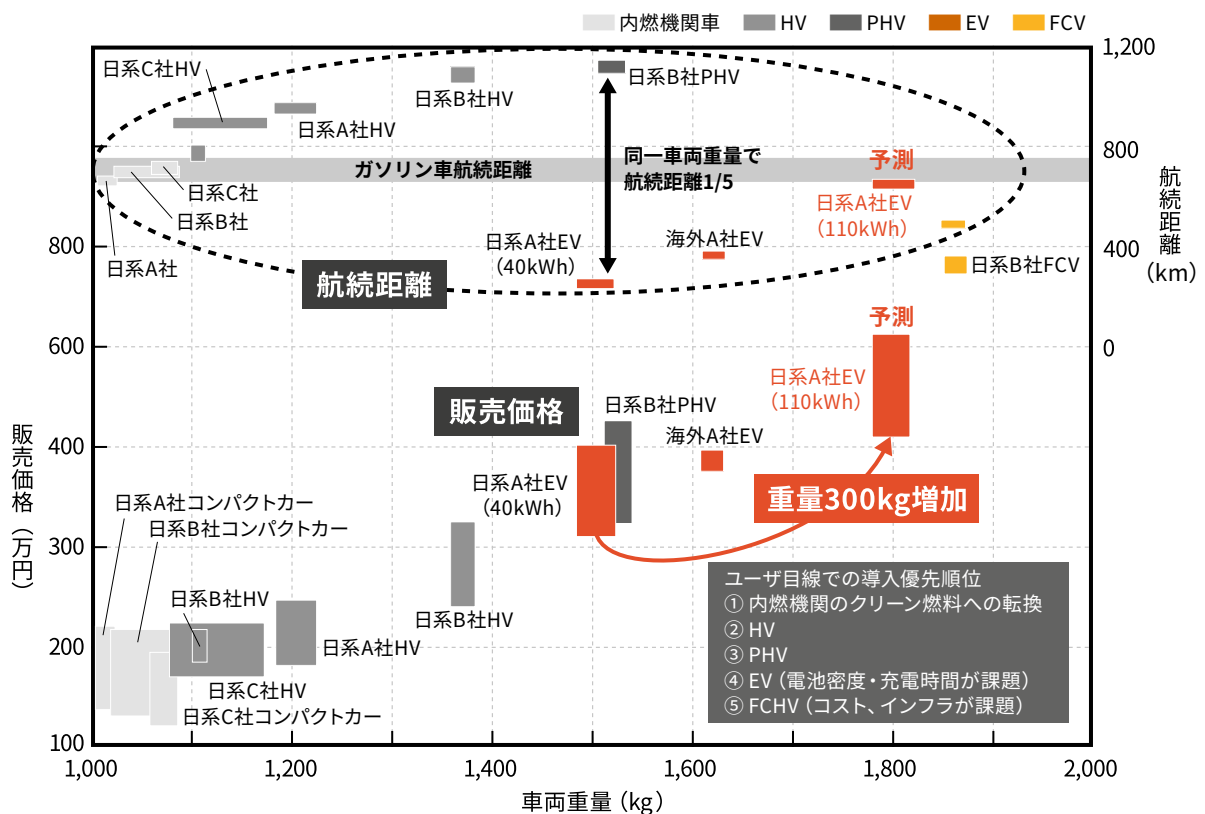
今後、バッテリーの大幅なエネルギーの高密度化や、モーターやパワーコントロールシステム（PCS）の効率改善、軽量化による電費改善が電気自動車の最重点技術課題となる。現在はリチウム（Li）イオン電池をベースに改良を進めているが、重量当たりのエネルギー密度に着目すると、180Wh/kgから300Wh/kgを大きく上回することは難しいのが現状である。その限界を超えると期待されるのが2020年以降に登場する全固体リチウム・硫黄（Li-S）電池であり、現状の3倍以上の500Wh/kgを超えるレベルが期待できるようになる。また、2030年以降に実現すると言われるのがLi空気電池であり、2040年には1,200Wh/kg程度まで向上することが期待されている。ただし、これらの実現には解決すべき課題が多く残っている。

エンジン車を含め、現在市販されているHV/PHV/RE/ EV/FCVの販売価格、車両重量、航続距離を比較したものが図表3である。HV/PHVはエンジン車に比べ航続距離が長く、次世代車の現実解と考えられる。EVでガソリン車と同等の航続距離を確保するために電池搭載量を増やすと、車両重量はガソリン車（車両重量1,100kg、価格200万円）に対して1.6倍、価格は2.8倍程度になる。重量

1,500kgでのPHVとEVを比較すると、同重量・同コストながらもEVの航続距離はPHVの1/5になる。EVは走行時の排気ガスゼロというメリットがあるので、都市部でのシェアカーを含む超小型商用車などに限定されていくと考えられる。FCVについてもコストダウン・軽量化は最重点課題であり、将来的には水素価格低減とセットでの長距離輸送トラック、バス、一部の高級乗用車（ショーファーカー）での活用が有効と考えられる。

図表4ではエンジン車と次世代車の各種性能比較・展開難易度を整理した。ここでは、エンジン用燃料をガソリンや軽油から天然ガス/バイオ/水素に転換したものも含めている。1,100kgクラスのカソリン車をベースに、CO₂低減率、コスト、重量、航続距離などを総合的に比較することで展開難易度を整理し、優先順位を付けた。①HV、②バイオSI車、③ディーゼルエンジン車、④バイオPTL車、⑤バイオHV、⑥PHV、⑦天然ガス車、⑧水素SI車、⑨EV/FCVの順番となる。EVは航続距離、重量、コストの課題、FCVは重量、コストの課題があり、移動体として活用しづらいと考えられるため、優先順位が低くなっている。

図表3 次世代車のコスト/重量/航続距離比較



図表4 エンジン車と次世代車の総合比較・展開難易度

各種課題の得失 (コスト、重量、航続距離はレーティング)

項目 車種形態	導入優先順位	課題										
		CO ₂ 削減効果 ガソリン車比 (%)	コスト 150万円	重量 1,100kg	航続距離 700km	モータ PCS	バッテリー 密度	スタック 性能	バッテリー 依存 (%)	チャージ 時間 3分	インフラ 整備 30,000基	備考
SI車	CNG ⑦	20	△	△	×××	関連無				3分	275	インフラと航続距離
	バイオ ②	80	△	△	×					3分	(30,000)	インフラ
	水素 ⑧	100	×	×	×××					3分	100	インフラと貯蔵方式
CI車	軽油 ③	25	×	△	◎					3分	30,000	システムコスト
	バイオ PTL ④	100	×	△	△					3分	(30,000)	インフラ
HV	①	50	×	△	◎					難易度中	—	—
HV+バイオ	⑤	90	×	△	○	難易度中	難易度小	—	1	3分		インフラ
PHV	⑥	90	××	×	◎	難易度中	難易度中	—	10	3分		システムコスト
EV (RE含む)	⑨	100	×××	××	×××	難易度大	難易度大	—	90~100	3分 (急速充電)	7000	バッテリー密度 チャージ時間
FCV	⑨	100	×××	×××	×	難易度大	—	難易度大	—	3分	100	システムコスト インフラ

注釈：SI車 (Spark Ignition、点火プラグ)、CI車 (Compressed Ignition、圧縮点火)
RE：レンジエクステンダー
バイオ：植物由来のアルコール燃料、ディーゼル燃料 PTL：Power to Liquid

コスト	10%以内△	10%以上×	20%以上××	50%以上×××
重量	5%以内△	5%以上×	10%以上××	15%以上×××
航続距離	80%以上△	80%以下×	60%以下××	40%以下×××

自動車のCO₂排出量低減には、エネルギー多様化に伴う、さまざまな技術開発への対応が必要である。また、EVの電池改良の難易度の高さを鑑みると、エンジン車の燃料転換やHVの導入拡大の優先順位は高いと考えられる。

自動車メーカーとしては、次世代車展開に向けて下記の要素を検討しつつ、可能なことは全て行う全方位の開発 (技術開発の積み上げ) が重要となる

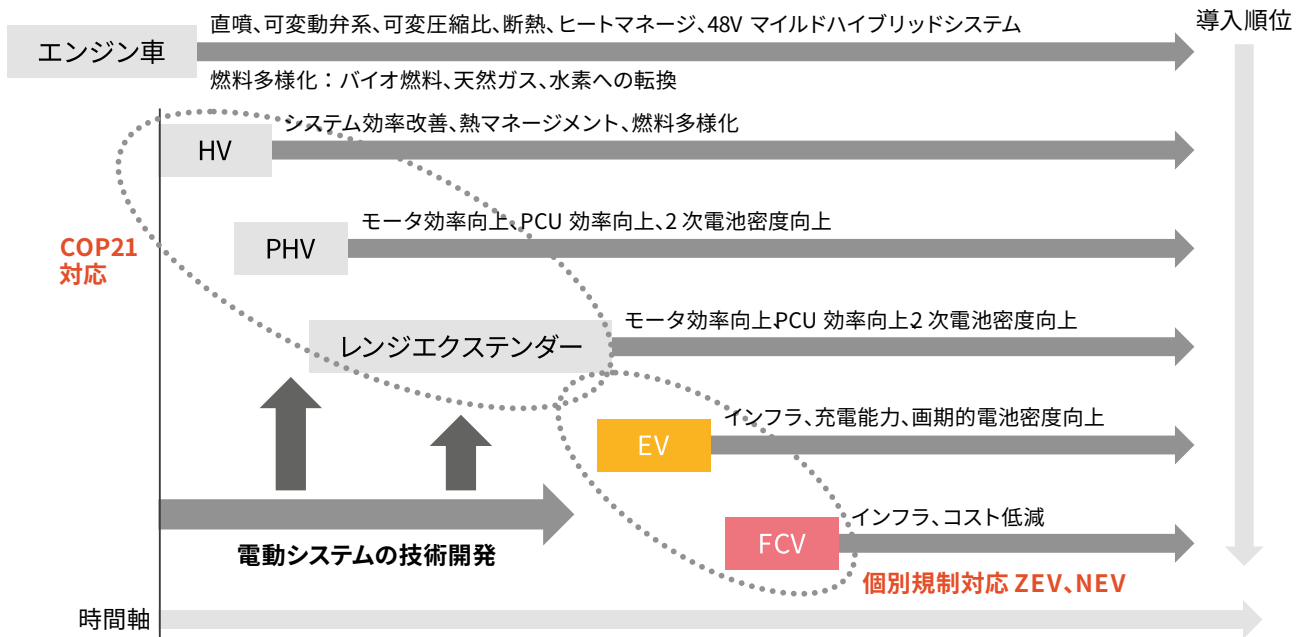
- ・多くの人が購入可能な販売価格の実現
- ・移動体として重要な航続距離の確保
- ・乗って楽しい (軽量)
- ・メンテナンスコストの抑制 (耐久・信頼性確保)
- ・Well to Wheel (WtW)、Life Cycle Assessment (LCA) を考えたトータルCO₂排出量の低減
- ・車のニーズに対応した技術のすみ分け

以上より、これからのエンジン車の導入技術と次世代車の導入優先順位を整理したものを図表5に示す。

エンジン車に関しては、直噴化、可変動弁系、可変圧縮比などのシステム改良、断熱をはじめとする熱マネージメント、エンジン燃費・CO₂改善の補助手段としての48V-MHSの導入拡大検討と並行して、脱石油化として天然ガス、バイオ燃料、水素への転換を進めることが必要となる。次世代車に関しては、HV開発の中で電動システムの改良を進め、そこで培われた改良技術をRE、EV、FCV (セル改良、タンク改良は個別に発生) に展開するという進め方になると考えられる。EV、FCVによるZEV、NEV規制対応はローカルな大気質改善の手段としてやむを得ないと考ええる。ただしWtWという考え方の重要性はしっかり認識しておく必要がある。


パリ協定のCO₂改善に関しては後述するが、今後新車販売台数の増加分に対しては先進国でのHV、PHV化を主体として対応し、新興国ではエンジン車をベースに効率改善、48V-MHS、燃料多様化で対応することになる。そこには全ての車両に共通する大幅軽量化という改善策も含まれる。

図表5 エンジン車の導入技術と次世代車の導入優先順位



各国の政府あるいは自動車メーカーの電動化拡大の動きを整理する。日欧メーカーは先進国向けの新車は2030年以降全てHVを含む電動車に、新興国向けは先進エンジン車にすると表明している。ただし、欧州メーカーはディーゼル車の販売比率が落ち込んでいる中、2021年に実施される目先の燃費規制対応に苦慮しており、ガソリンの48V-MHS化を昨年から急速に進めている。水面下では最

新ディーゼルの開発を進めており、ディーゼル車への市場の風当たりが弱まるのを待って拡大展開すると予想する。ドイツ、英国、フランスなど欧州の主要国は、CO₂低減よりもむしろ大都市圏の大気汚染対策を重視しており、2030年以降の国内の新車販売はエンジン車導入を廃止し、全車HVを含む電動車にすると表明している。



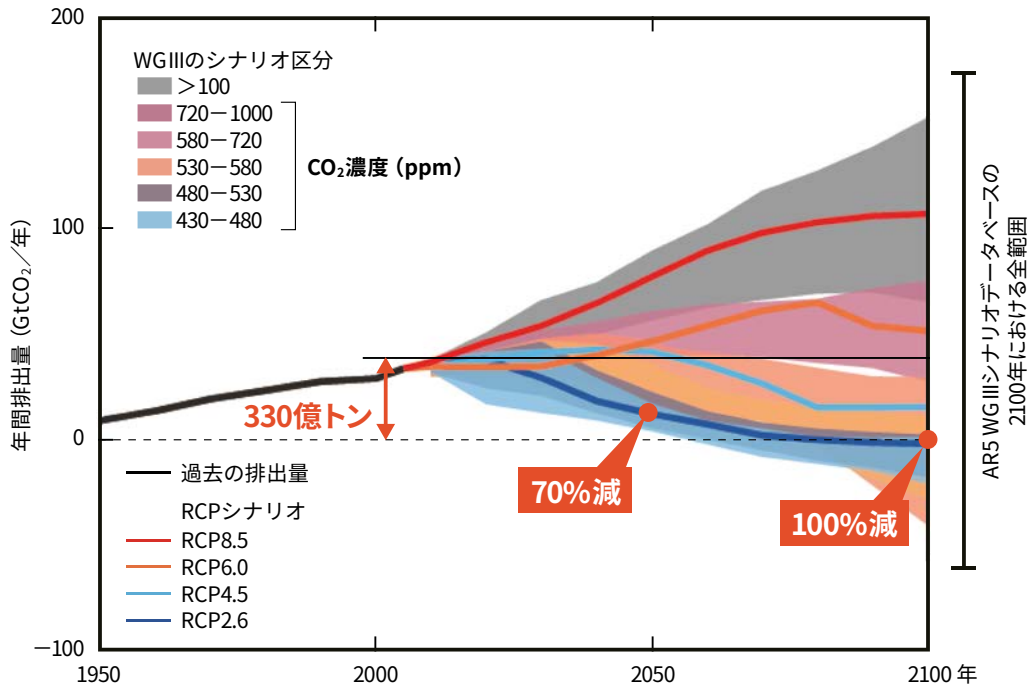
2 環境課題への対応 (パリ協定発効時の各国・ 地域のCO₂削減目標とZEV／NEV規制)

図表6は世界の年間CO₂総排出量の推移、図表7は産業革命以降の累積CO₂排出と平均気温上昇の関係を示している。IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）は、2014年発行の第5次評価報告書で「人類の生産活動に由来する温暖化阻止のため、CO₂低減は待ったなしの状況にある」と警告した。産業革命以降2013年までの間でCO₂の年間排出量は330億トンまで増加し、累積CO₂排出量は1兆9000億トンに達した。その結果、平均気温は0.8℃上昇。このペースで排出し続けると、30年後には平均気温は2℃以上上昇することが予想される。多くの問題（食料危機、病気蔓延、自然災害の規模や発生数拡大）が表面化し、地球上での生活は困難になってくるであろう。そのような事態を回避するためには今後の累積排出量を1兆トン以下に抑える必要があり、CO₂の年間排出量に換算すると、2050年には2013年比で排出量を70%低減、2100年には排出量ゼロが必須となる（図表6中のRCP2.6シナリオ）。また、2018年10月にIPCCは異例とも言える中間発表を行った。「現時点で平均気温は1℃上昇し、今の削減ペースでCO₂を排出すると2040年には1.5℃上昇に至る」と言及した。対策が不十分なままで温度上昇が1.5℃に達すると人間の手ではどうにもならない事態に陥るため、今から確実な行動を実践せよとの警告を行ったのである。

図表は国別、図表9はセクター別のCO₂排出量割合を表している。国別では中国、米国、インドの順に排出量が多く、新興国の中国やインドは、「経済成長」と「脱化石燃料への転換」を両立する必要がある。セクター別では、発電・エネルギー分野が40%、運輸分野が24%と、合わせて60%以上を占めており、脱炭素燃料への転換が急務である。自動車に着目すると、ここ数年はセクター別CO₂排出量全体の18%程度を占め、2015年時点の総排出量は60億トンとなっている。IPCCの第5次評価報告書、および2016年のパリ協定の発効を受け、各国は2030年と2050年のCO₂削減自主目標を決定した。主要各国・地域の目標に関しては、日本は2013年比で2030年に26%減（自動車は28%減）、2050年に80%減、欧州連合は2013年比で2030年までに27%減、米国は2013年比で2025年までに20%減という数値目標を掲げている（米国のトランプ政権は2017年にパリ協定脱退を表明）。

本レポートでは、各国のCO₂削減自主目標が一致していないため、IPCC第5次評価報告書をベースに、世界全体で2030年に2013年比28%減、2050年に同70%減をCO₂削減目標としている。

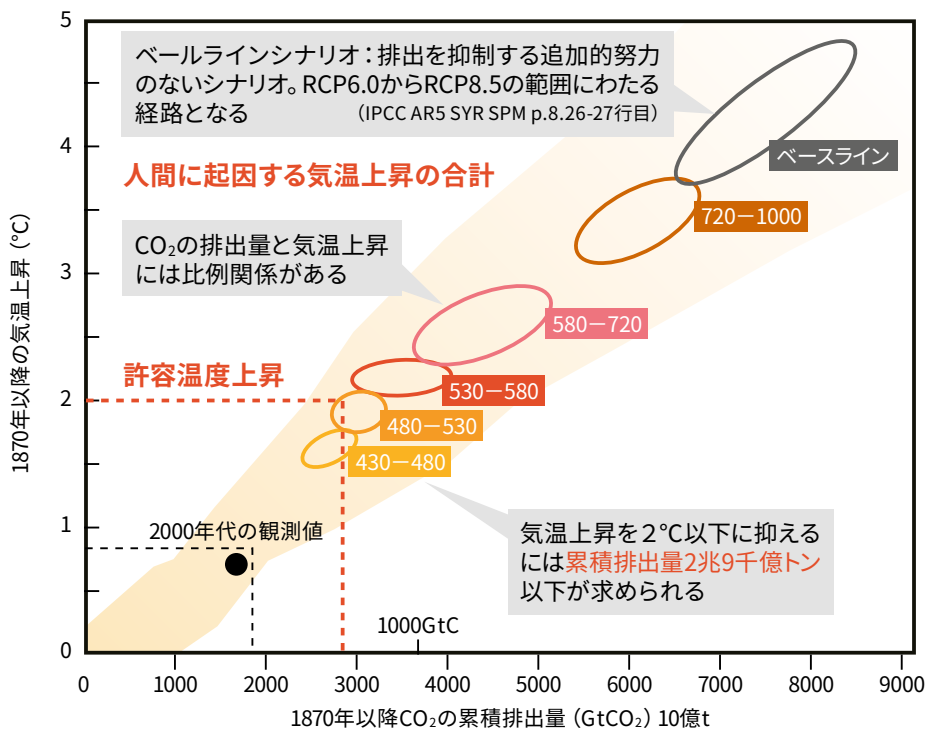
図表6 世界のCO₂年間排出量と必要低減量



出典：以下の文献掲載の図表を元に、PwCが説明を追記。

Figure SPM.5 from Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

図表7 産業革命以降のCO₂累積排出量と平均気温上昇



出典：以下の文献掲載の図表を元に、PwCが説明を追記。

Figure SPM.5 from Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

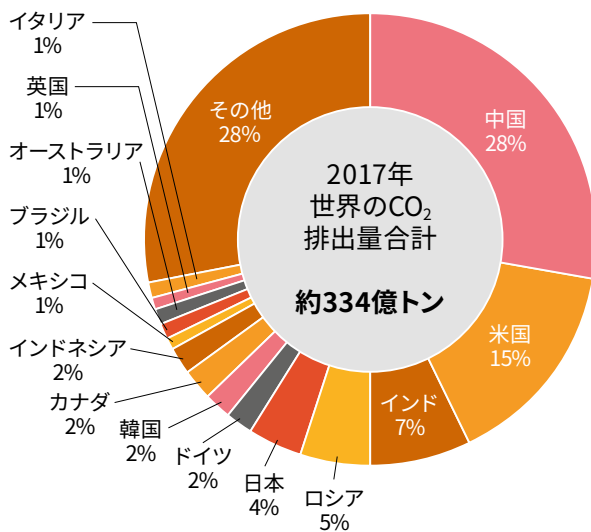
次に自動車のCO₂排出規制動向を説明する。2015年から2021年にかけて、先進国のCO₂排出規制はほぼ年率5%で削減で強化が進んでいる。2015年以前の年率3%削減だった規制と比較するとIPCCの第5次評価報告書の結果が反映されていることになる。欧州で2021年に実施される規制に対する各国自動車メーカーの規制目標達成の可否に関しては、日本メーカーが達成可能であるのに対し、欧州メーカーはディーゼル車への市場からの風当たりが強いため、厳しい状況にあると予測される。

そのような状況において、欧州連合は2030年の規制強化の検討を進め、2021年の規制比でCO₂排出量37.5%減という案（もともとは40%減で検討）を発表した。しかし、この37.5%という値は2021～2030年で年率5%削減の規制に相当するが、2015～2021年の規制レベルである年率5%削減と同等のため強化になっていない。パリ協定に対応するには年率8%削減の規制が必要となるため、この発表では対応できる値であるとは言えないのが実態だ。

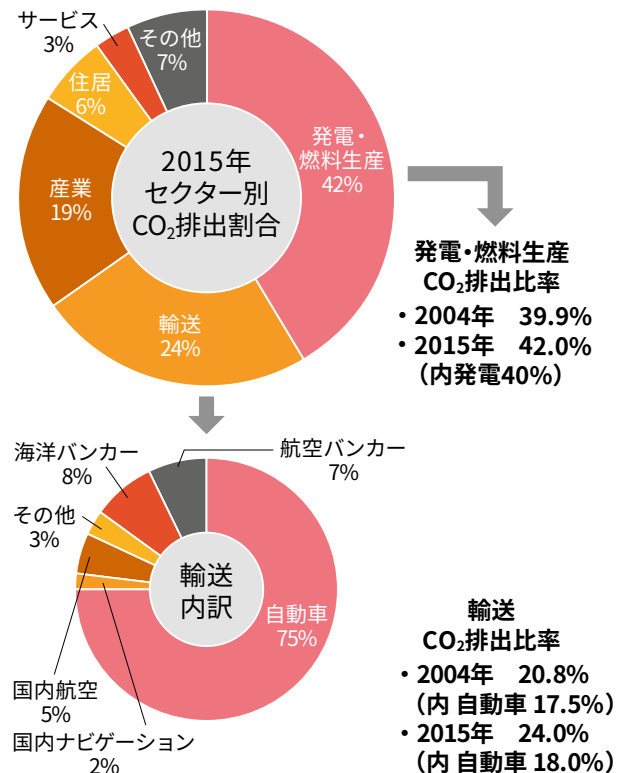
世界の排気ガス規制動向に関しては、米国カリフォルニア州が導入しているZEV規制が2018年から大幅に強化された。ZEVの対象はPHV、EV、FCVで、一定比率の導入が義務付けられている。

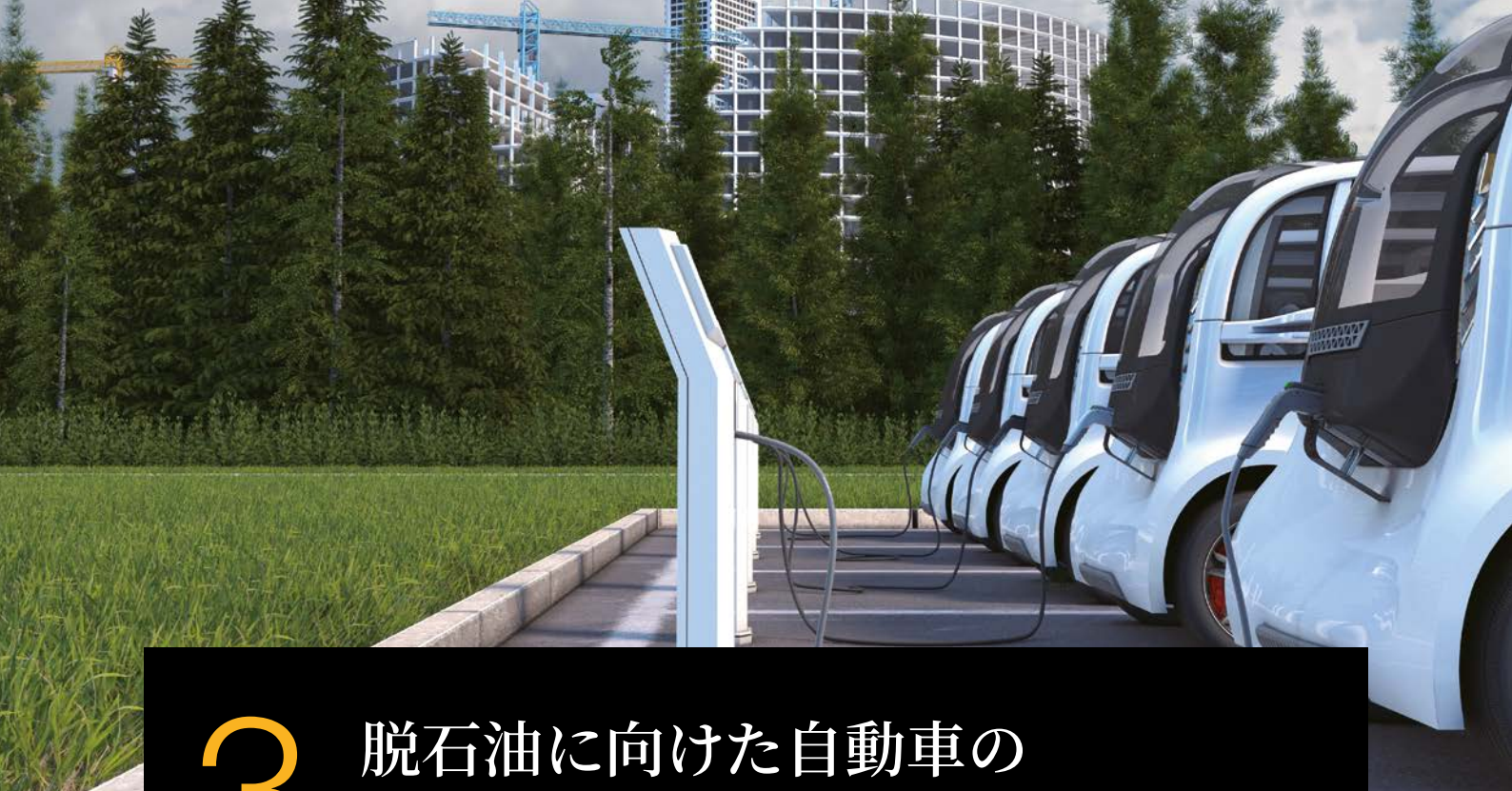
中国においても、国内主要都市の劣悪な大気汚染問題（PM_{2.5}）対策と国内EVメーカーを世界最大の自動車メーカーに押し上げるという国策により、CAFC（Corporate Average Fuel Consumption）とセットでNEV規制が2019年から導入された。NEVの対象はZEV同様、PHV、EV、FCVとなる。当初2018年に導入予定だったが、自国メーカーが対応できないことやインフラ整備の遅れなどにより1年延期した経緯がある。CAFC規制についても、CO₂規制は年率4.5%削減で、欧州が2030年に導入予定の規制より緩いレベルとなる。また、ZEV、NEVともに、技術的に難易度が高く、日本メーカーが得意とするHVが対象から外されている。

図表8 国別CO₂排出量割合



図表9 セクター別CO₂排出量割合





3 脱石油に向けた自動車のエネルギー・燃料対応

図表10は脱化石燃料に伴う各種クリーン燃料・エネルギーの従来エンジン車、次世代車での活用法を示している。エネルギー多様化に向けては、インフラ、コスト、CO₂地中貯留（CCS）など課題が多い中で、バイオ／電気／水素の活用が今後の鍵となる。

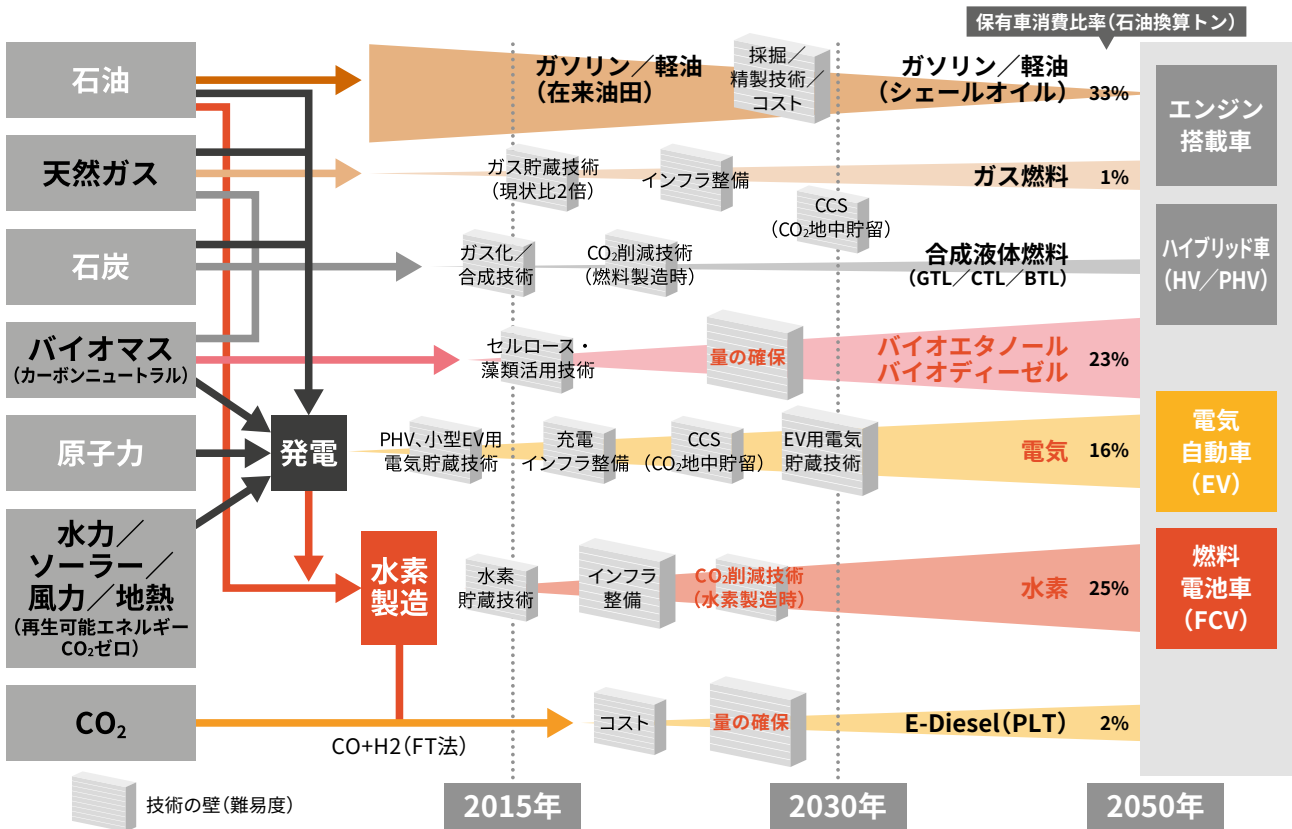
従来、発電セクターにおいてはエネルギーの多様化を進めてきた。運輸セクターにおいても、石油系燃料依存から天然ガス、カーボンニュートラル燃料（エタノール、バイオディーゼル）、カーボンフリー燃料（水素）、電気エネルギーに転換することが急務となる。水素はFCVのみならずエンジン車の燃料としても使え、あらゆる産業のクリーンエネルギーとして活用することが可能である。

燃料の製造・輸送時に発生するCO₂排出量をWell to Tank (WtT) CO₂排出量、自動車が行くまでのCO₂排出量をTank to Wheel (TtW) CO₂排出量、それらを合わせたものをWtW CO₂排出量と定義する。自動車により使用する燃料あるいはエネルギーが変わる場合、CO₂排出量はWtWで比較検討する必要がある。エコなイメージがあるEVも、従来の化石燃料による発電では、WtW CO₂排出量はHVどころか、エンジン車よりも多いということになる。原子力発電が主流のフランスではHVに対しEVのWtW CO₂排出量が少なく、発電に石炭を多く使っている中国、インドではEV

のWtW CO₂排出量はHVよりも多い。大都市での大気汚染対策手段としてのEV導入はやむを得ないが、今後EVが使用する電力に関しては再生可能エネルギー（風力、太陽光など）発電への転換が重要である。またこれらの発電は安定していないため貯蔵が必要となるが、水素に変換しておけば貯蔵のみならず輸送面でも電池より容易なことから注目が集まっている。2017年1月に発足した「水素協議会」は二次エネルギーとしての水素需要は、2050年までにあらゆる動力の20%を見込み、産業セクターでも、原材料、熱源、動力源、発電、貯蔵など、さまざまな工程で利用されると想定して検討を進めている。

バイオ燃料にはガソリン燃料の代替となるバイオエタノール（直接混合とETBEに変換して混合）と軽油燃料の代替となるバイオディーゼル（脂肪酸メチルエステル FAME：Fatty Acid Methyl Esters）および酸化劣化の少ない水素化植物油（HVO：Hydrotreated Vegetable Oil）がある。全世界のバイオ燃料の年間生産量は、2015年時点で1.4億キロリットル（1.1億トン）で、これは自動車の年間石油消費量20.3億トンの約5%に相当する。バイオ燃料の構成はバイオエタノール80%、バイオディーゼル20%の比率となっている。現在、食物需要とバッティングせずに大量のバイオエタノールを製造するために、次世代バイオとして注目されるセルロース系バイオマスを原料としたものや、藻類（高速増殖型ポツリオコッ

図表10 自動車用燃料・エネルギーの多様化



カス)などの光合成によるエタノールを製造する研究が急ピッチで進んでいる。課題はコストと生成時のエネルギー削減だが、成果を期待したい。今後、エンジン車、次世代車の技術開発を推進すると並行し、石油系燃料に代わる天然ガス、バイオ燃料、水素、再生可能エネルギーによる電力への転換を今から急速に進める必要がある。

ここで少し電力セクター、エネルギーセクターの今後の動向について触れたい。社会全体で再生可能エネルギーによる電力利用がますます重要となるだろう。ただし、電力セクターはEVのために再生可能エネルギーに転換するのではなく、パリ協定の目標達成のために独自に脱化石燃料への転換を図る必要があるということ認識しておく必要がある。今後の発電量増加の大半は中国、インドが占める。その中で化石燃料による発電は2020年以降ピークアウトさせて、2050年には全体の85%の電力を再生可能エネルギーなどのCO₂フリーエネルギーでまかなう必要がある。

オイルメジャーなどのエネルギーセクターにおいても、今後急速に脱石油化が進む。2015年時点の世界の四輪自

動車の石油消費量は20.3億トンで、今後燃費改善がないという前提で保有車両が2015年の12.6億台から2050年に20.1億台まで増加と予想(詳細は後述)すると、自動車の石油消費量は32.4億トンまで拡大する。2050年に向けたCO₂排出量低減を目指し、電動車導入、車両軽量化、エンジン効率改善とMHS導入により、石油消費量は2020年以降ピークアウトし、2050年には2015年比50%に相当する10.9億トンまで低減することになる。さらには、エンジン車の燃料として、2050年時点でバイオ燃料4億トン、水素燃料1.9億トンに置き換わるため石油消費量は5億トンまで縮小する。

自動車メーカーには強制力となる規制値があり、各国政府により今後はより厳しい規制値に見直されることでCO₂削減努力を進めることになる。一方、規制という強制力のないエネルギー/電力セクターにおいては、パリ協定目標達成に向けエネルギー転換に真摯に向き合うことが必要である。経済産業省は2030年に向けた電力のエネルギーミックスを昨年公表した。現時点で欧米主要国が再生可能エネルギー比率30%を既に上回っているのに対し、日本は将来の主力電源としつつも目標値は2030年においても22~24%である。

4 2050年に向けた 自動車のセールスマックスと CO₂排出量低減予測

2015年時点での世界の四輪車の販売台数は0.9億台（2017年0.95億台）、保有台数は12.6億台、CO₂総排出量は約60億トンである。

新車販売台数に関して先進国の状況を見ると、日本は500万台、米国は1800万台、欧州は2200万台で飽和後、現在は減少傾向にある。人口との比率を見ると、日本は3.8%（1億3000万人に対し500万台）、米国は5.6%（3億2000万人に対し1800万台）、欧州は3%（7億4000万人に対し2200万台）と、飽和状態にある先進国での人口に対する新車販売台数比率は3～6%ということになる。今後、新興国の中でも人口の多い中国とインドが、GDPの伸びとともに販売台数を増加させることから、人口に対する新車販売台数比率をそれぞれ中国4%、インド3%で見積もると、中国は2800万台から5600万台に増加して飽和（今後の人口の大幅増はなしと想定）、インドは400万台から増加して3900万台で飽和する（人口は増加するも高齢化によるもので、ここでは考慮しない）。中国とインドの増加分6300万台とその他の新興国分を含めると世界の四輪車販売台数は1.6億台まで増加し、飽和すると予測する。

一方で台数減少要因として、新興国の所得増加率の鈍化、車両販売価格上昇（電動化、自動化、新素材への置換）、使用形態の変化（カーシェアリング、ライドシェア）、先

進国の少子高齢化が考えられる。

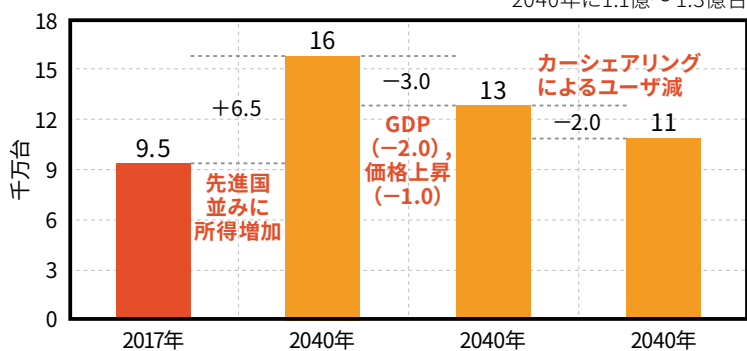
図表11は販売台数増加要因、減少要因を考慮した2040年の新車販売台数予測を示している。上振れケースでは1.3億台、下振れケースでは1.1億台で2040年以降飽和する。シェアリングによる減少影響は0.2億台と大きく、シェアカー1台増で乗用車は2台減る。カーシェア比率は全体の18%となり、乗用車に占める比率は26%で実に4台に1台はシェアカーということになる。自動車メーカーは乗用車においても商用車（タクシー）並みの耐久・信頼性を有する車づくりが必要となる。そうでなければ配車会社の購入対象にはならないということである。

図表12に世界各国の新車販売台数の予測を示す。総計は2050年で1.3億台である。中国は、始動期、高度成長期を経て、現在は安定成長期に入ってきた。2018年の販売台数は2808万台と前年を2.8%下回り、28年ぶりの前年割れとなったが、今後は平均年率1.8%（年平均70万台）で成長し、2040年には4200万台（上振れケース）で飽和すると予想する（中国動向詳細は後述）。インドは現在高度成長期にある。

世界の自動車販売台数予測と廃車台数（車齢平均15年として見積もり）より保有台数を算出すると、2015年12.6

図表11 増減要因を考慮した2040年世界新車販売台数予測

●台数変動要因を考慮した見積もり



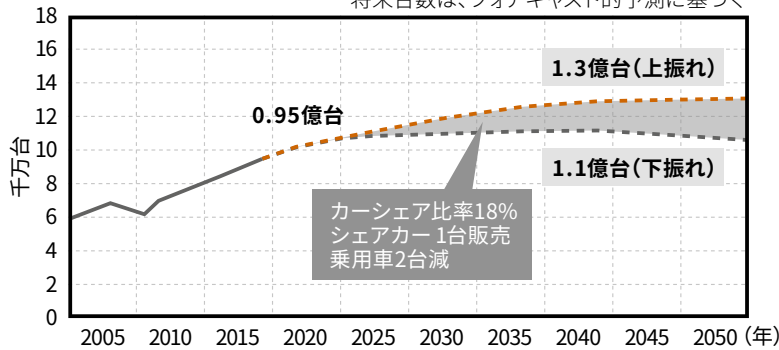
増加要因

- ・新興国の所得増加 (先進国並み)

減少要因

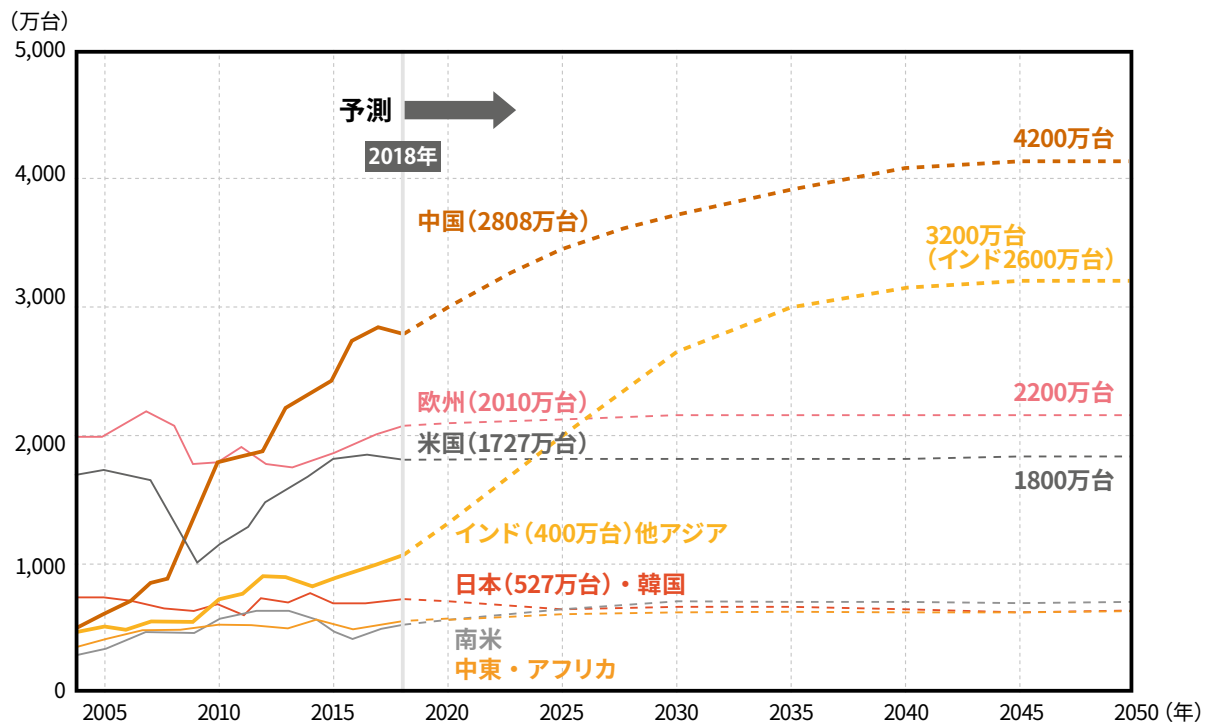
- ・新興国所得増鈍化
- ・車両販売価格上昇
- ・電動化、自動化
- ・新素材への置換
- ・使用形態の変化
- ・カーシェアリング
- ・ライドシェア
- ・先進国少子高齢化

●将来台数予測

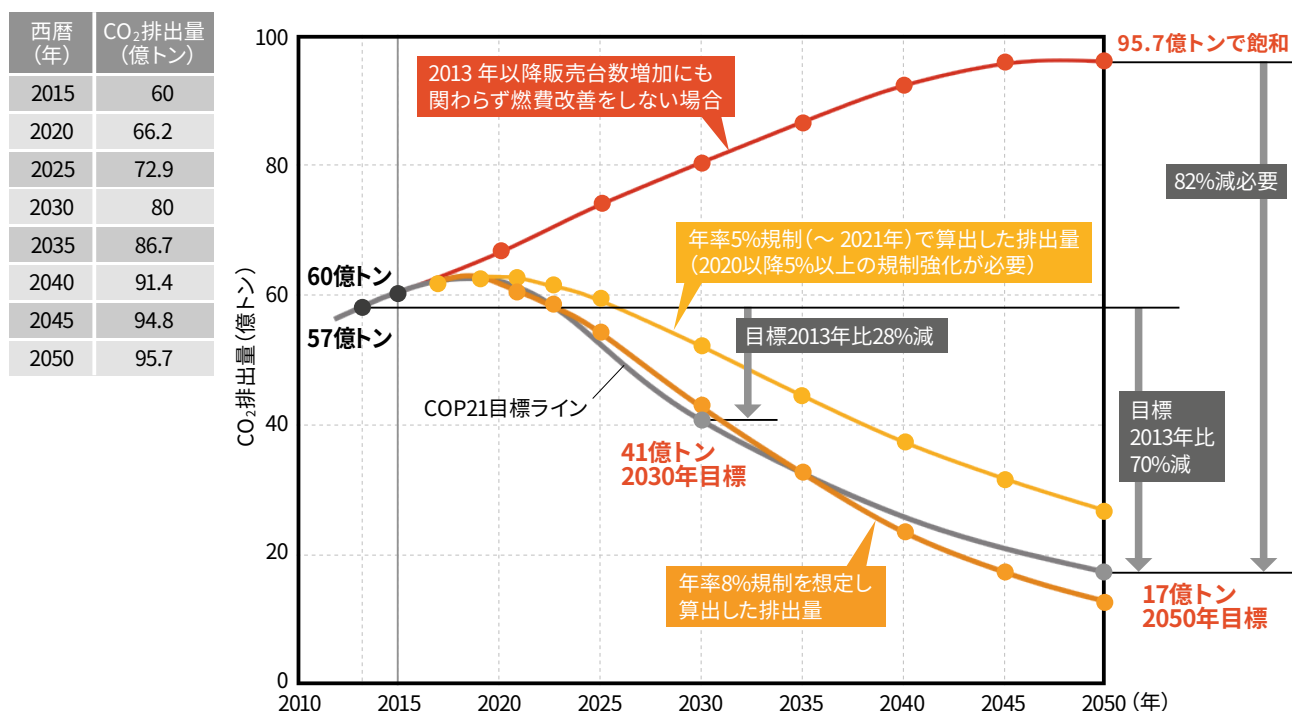


上限は1.3億台と予想
(年150万台増)

図表12 国・地域別新車販売台数予測



図表13 四輪車のCO₂総排出量と低減目標



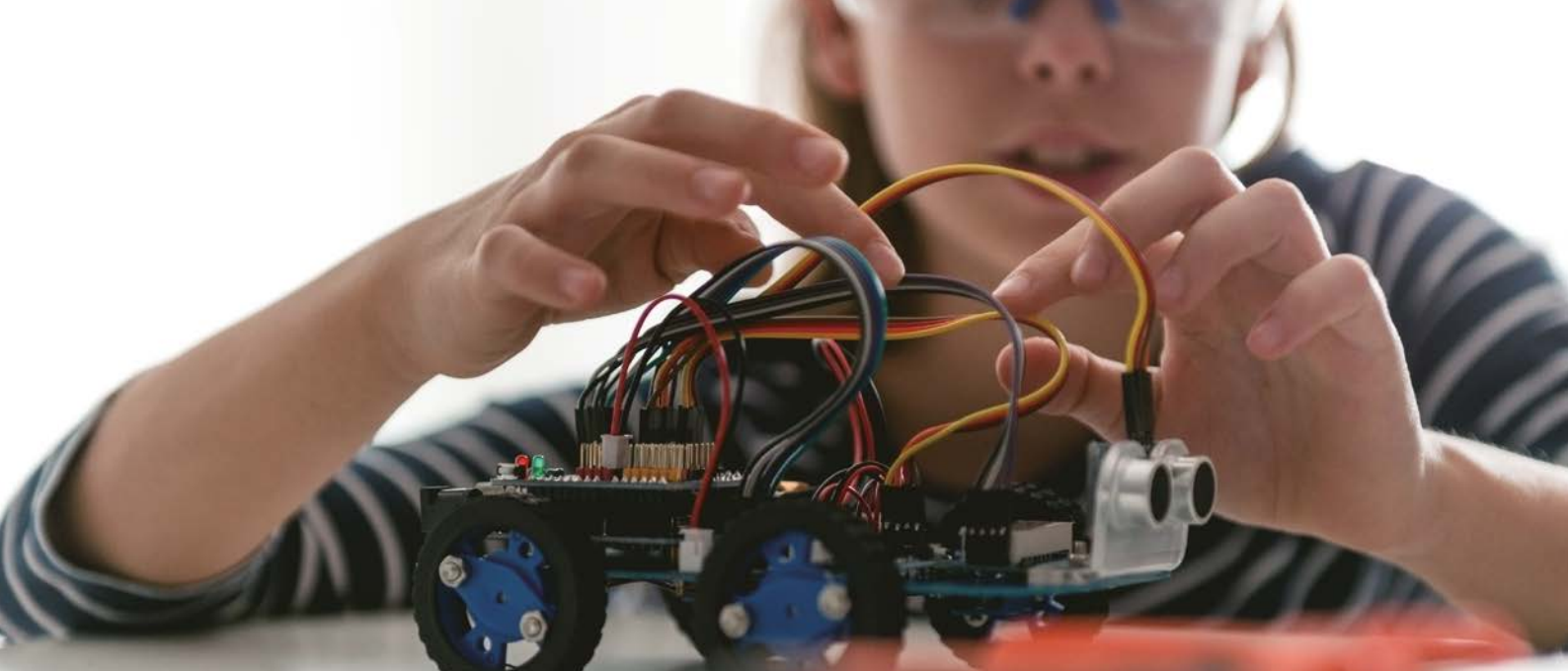
億台に対し、2050年に上振れケースで20.1億台、下振れケースで17億台で飽和する。2015年以降、新車の燃費改善をゼロとした場合、保有車のCO₂総排出量は60億トンから95.7億トンとなる。一方、シェアリングで2000万台減少し販売台数が1.1億台と予想する場合も、シェアカーの総走行距離は一般車の2倍程度あるため、CO₂総排出量はほぼ同等となる。

図表13は2050年までの四輪車のCO₂総排出量とパリ協定での低減目標を表している。2050年目標の17億トンは2013年比で70%減の値となる。今後の販売台数増加に伴い、CO₂総排出量は60億トンから95.7億トンまで増加すると予想するため、2050年時点では82%減が必要となる。17億トンのCO₂排出量目標を達成するために必要な低減量を検討すると、現在の年率5%低減の規制では不十分で、

年率8%まで強化しなければならないことが分かる。これは新車の燃費の2015年比95%減に相当する。現時点で、2020年以降CO₂排出規制をさらに強化する計画はどの国でも掲げられていない。それどころか、米国では規制緩和が表明され、欧州ではEV比率を拡大すると掲げているにもかかわらず、従来規制から強化するようには思えない。中国のCAFCも年率4.5%の規制値となっている。

このような状況から、EVをブームとしてはやし立てるのではなく、パリ協定での低減目標との関連および年率8%というあるべき規制値案を基に、ガソリン車の効率改善、燃料の脱石油化、車両の軽量化などについて全方位で取り組む必要がある。そうでなければ、自動車分野においてパリ協定での低減目標の達成は危うく、環境問題はさらに危機的な状況に陥ると考えられる。





5 将来のエンジン車と次世代車両比率 (ロードマップ)

図表14は車両改良技術の全体俯瞰を表している。ここに記載してある技術開発を全方位で進め、年率8%のCO₂低減の実現を見据えた上で、ユーザーのニーズと環境性能を両立する、完成度の高い技術から市場に導入していくことが重要となる。良い車とは、「乗って楽しい、便利、安心、適正価格、壊れない、環境に優しい」という定義であろう。

自動車の構成は、パワートレイン、エネルギーソース、ボディー、シャシーからなる。パワートレインに関し、エンジン車はエンジン・駆動系の効率改善、EV、FVCはモーター・パワーデバイスの効率改善が鍵となる。HV、PHVはこれらをインテグレートしたものとなる。エネルギーソースに関しては、EVはバッテリーのエネルギー密度・出力密度・寿命向上、FCVはスタックの出力密度向上が鍵になる。ボディー、シャシーに関しては、軽量化、空気抵抗・転がり抵抗の低減が鍵となる。EV、FVCは重量が重いのでHVなどとのプラットフォーム共通化は難しく、専用設計が必要となるため、車両開発効率、原価低減の阻害要因となる。どの車両カテゴリーでFCV、EVを生かすべきかよく考える必要がある。エンジン車の効率化に関しては、まだまだ改良余地は残されており、新興国においては自動車の主体として存続させていく必要がある。

パリ協定発効のCO₂排出削減自主目標達成に向け対応策の要点を整理すると以下となる

- これからの新車販売台数増加相当分は先進国への電動車導入で対応する
- エンジン車の熱効率改善（全車MHS含め2030年までにCO₂30%減）と石油燃料からカーボンニュートラル燃料、カーボンフリー燃料への転換
- 車両の画期的軽量化（2030年までに27%軽量化すればCO₂排出量20%減に相当）

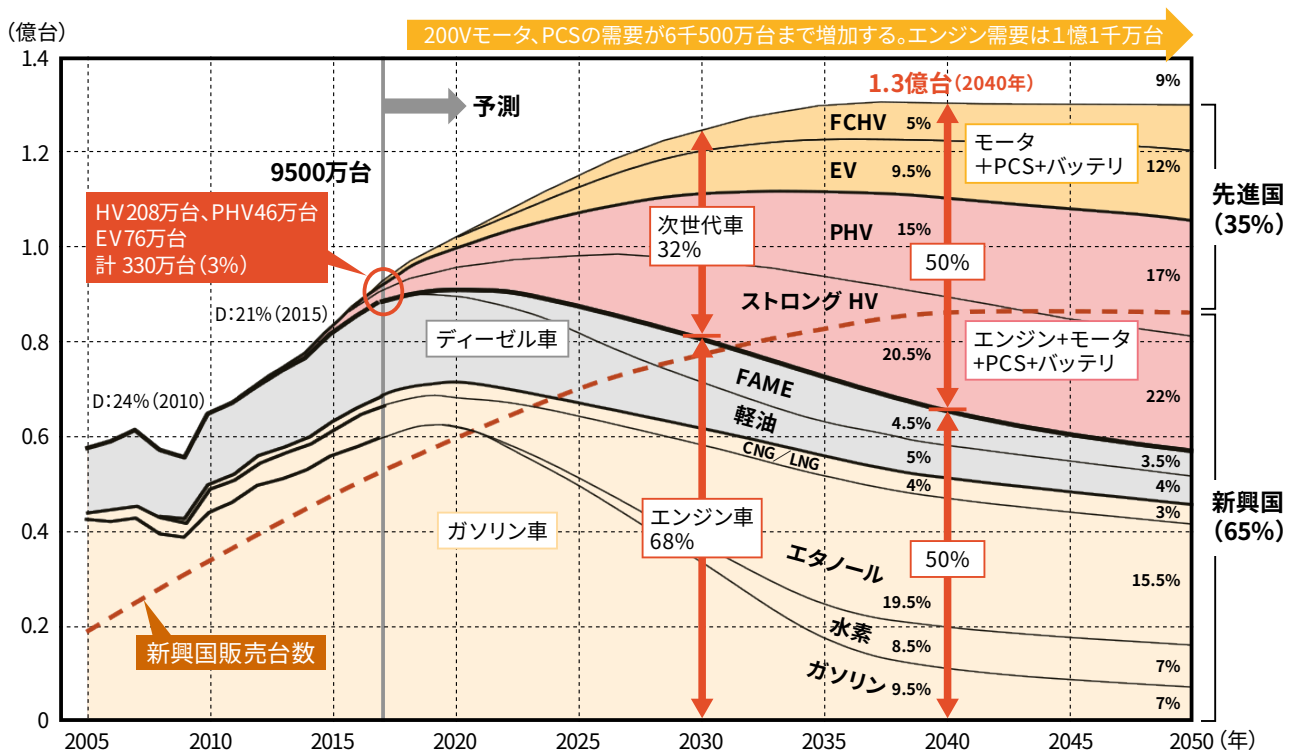
図表15は新車販売台数が1.3億台（上振れケース）でのセールスマックスを示す。

世界全体では販売台数は2040年に飽和し、2040年時点の50%（6500万台）はエンジン車で、内訳は24%がバイオ燃料、水素8.5%、17.5%がLNGと石油となる。一方50%の電動車（6500万台）の内訳は、HV20.5%（2670万台）、PHV15%（1950万台）、EV9.5%（1230万台）、FCV5%（650万台）となる。なお、ここで示すEVの大半は後述するLSEV（Low Speed Electric Vehicle）であることを記しておく。HV、PHVに搭載されるエンジンを含めるとエンジン市場は1.1億台になることが分かる。図中に示す新興国の販売比率に照らし合わせてみると、2030年には先進国での新

図表14 車両改良技術の全体俯瞰



図表15 次世代車セールスマックス (2040年新車販売台数1.3億台)



車販売台数と同程度が次世代車となる。一方、エンジン車については2040年においても新興国の販売台数の77%相当を占めることになる。2030年以降、独・仏・英国など欧州ではエンジン車廃止、自動車メーカーも2030年以降、販売台数の50%近くを電動車とする（第1章参照）との表明を裏付ける形となっている。なお、2050年以降、エンジン車、HV、PHVの燃料は100%バイオと水素になる。地域別で見ると、2030年には先進国では大半が次世代車になる一方、新興国では2040年においてもエンジン車比率77%となり、23%の電動車の大半は中国が占める。2015年～2050年までの電動車比率は、以下を検討し決定した。

- ・先進国新車販売台数
- ・パリ協定CO₂目標達成（年率8%規制）
- ・技術完成度（含むコスト、排気規制対応）
- ・米国カリフォルニア州ZEV、中国NEV規制対応
- ・インフラ導入難易度
- ・航続距離／車両重量

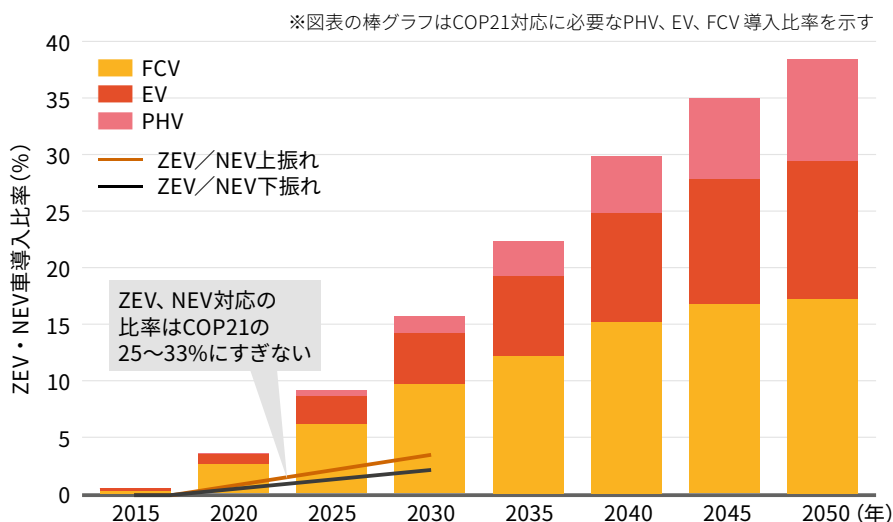
今後、HV販売台数は堅調に増加し、PHVはそれに続く。EV/FCVは価格／重量の課題対応が進む2030年以降拡大するも、2050年以降は飽和傾向となる。これは2050年以降、エンジン車、HV、PHVの燃料が100%バイオと水素になることで、EV、FCVのニーズが限定的になるためである。

図表16にパリ協定CO₂排出削減目標達成に必要なPHV、EV、FCV世界販売台数比率とNEV、ZEV規制対応台数比率の関係を示す。米国、中国のZEV、NEV影響はクレジット（2~3.2）により実質台数が減少するため、上振れケースで33%、下振れケースで25%程度となる。このことからNEV、ZEV規制はともにローカルな大気質改善規制の位置付けで、これらのローカル規制が、電動車導入の強制力にはならないということである。

それでは、このシナリオで肝心の「CO₂低減目標は達成できるのか？」という疑問にお答えしたい。図表17は図表15で示すセールスマックス（1億3000万台）をベースに世界のCO₂総排出量の低減効果を示したものである。

地球温暖化阻止のための2050年CO₂排出量17億トンというパリ協定目標を、今回提示した各種電動車のセールスマックス、車両軽量化、エンジン熱効率向上とMHS化、脱石油に伴うバイオ燃料、水素燃料の導入により達成可能であることが分かる。一方、新車販売台数が1.1億台（下振れケース）の場合も、前述のようにCO₂総排出量は同等であるため、エンジン車、電動車の内訳は図表15の1.3億台の場合と同じとなり、目標達成が可能となる。ただし現実的には、シェアカーの効率的な運用はCO₂削減の手段となりうるため、CO₂排出量は1.3億台のケースをさらに下回ると予想する。

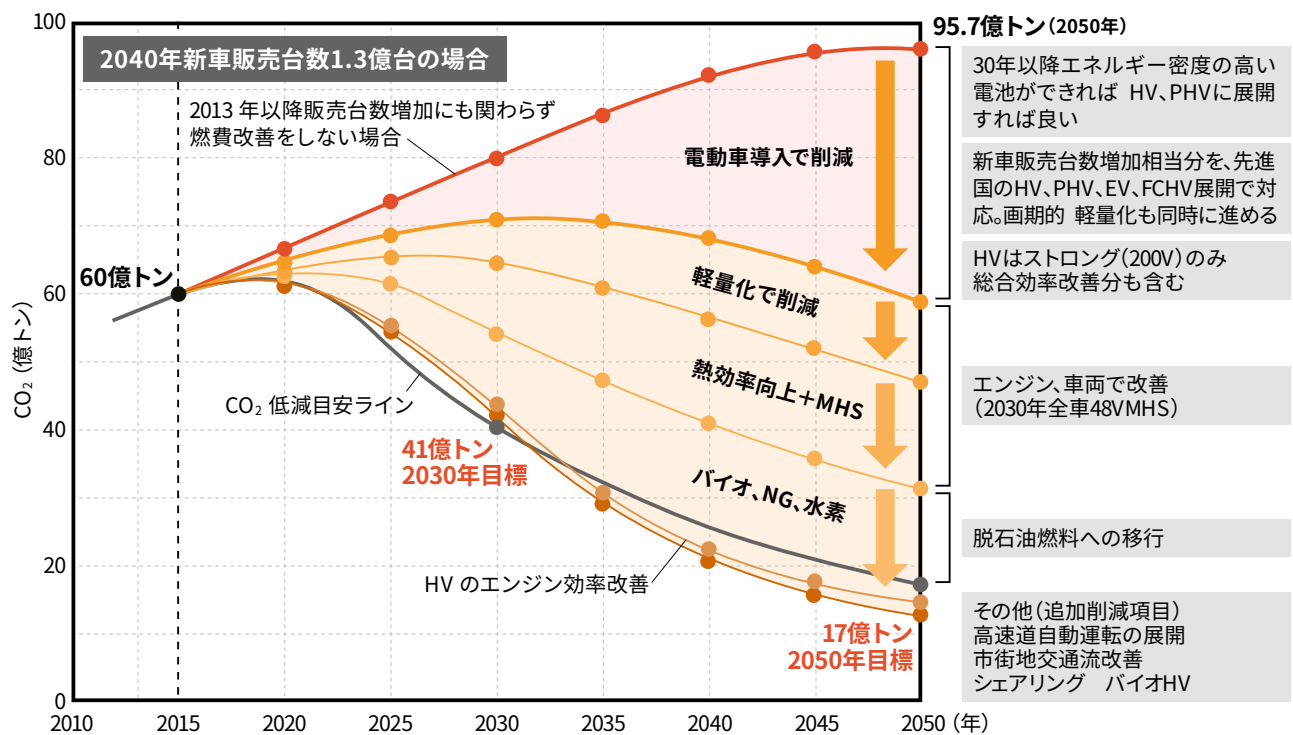
図表16 ZEV／NEV対応とCOP21対応との関係




以上解説したロードマップは、あるべきCO₂排出量規制値および現実的な技術投入シナリオより導き出されており、「コストが高くかつ重い、さらには航続距離の短いEVを近い将来50%導入」などという、技術的な完成度とユーザーの購入可能な販売価格が十分に考慮されていないシナリオとは異なる。また、エンジン車はダーティで今後の存続が難しいとする風潮もあるが、クリーン燃料への転

換と併せて効率化を進めれば、CO₂排出量低減とコスト抑制の両立が図れることも理解していただけると考える。全方位で技術開発を進め、ユーザーにとってありがたく、社会、環境改善に貢献できる技術を完成度に応じて適時、適地で市場導入することが自動車メーカーに最も必要とされることであり、それができないと今後は市場から排除されてしまうだろう。

図表17 技術投入シナリオにもとづく世界のCO₂総排出量のトレンド (2040年世界新車販売台数1.3億台)





6 中国における省エネルギー車と新エネルギー車の動向

中国の省エネ車、新エネ車の現状と将来予測について説明を加えたい。

図表18は昨年までの中国におけるNEV（PHV、EV）の販売台数を示したものである。中国での自動車販売台数が2018年は2017年比で2.8%のマイナスとなった中、NEV（PHV、EV）は2017年比で82%増の107万台（世界NEV販売の50%）となった。小型車減税終了（2017年末）、NEV助成金減額の中で、ナンバー取得優先などの優遇措置により堅調に増加している。2017年比のEV伸び率68%に対し、PHVの伸び率は140%と大幅に増加し、今後NEVに占めるPHV比率が伸びると予想する（航続距離、インフラ、コスト優位性より）。

図表19はNEV規制とそれに対応するための実質導入台数を整理したものである。中国のNEV規制において航続距離200kmのEVはクレジット3.2、PHVはクレジット2が与えられるため、それぞれの導入台数にもよるが、NEV対象が中国四輪車販売台数に占める比率は、実質的には、全てPHVで対応する場合が上振れケースとなり、2020年に6%、2025年に10%となる。2030年以降の規制は未発表であるが30%程度と予想し、実質比率は同様に15%となる。

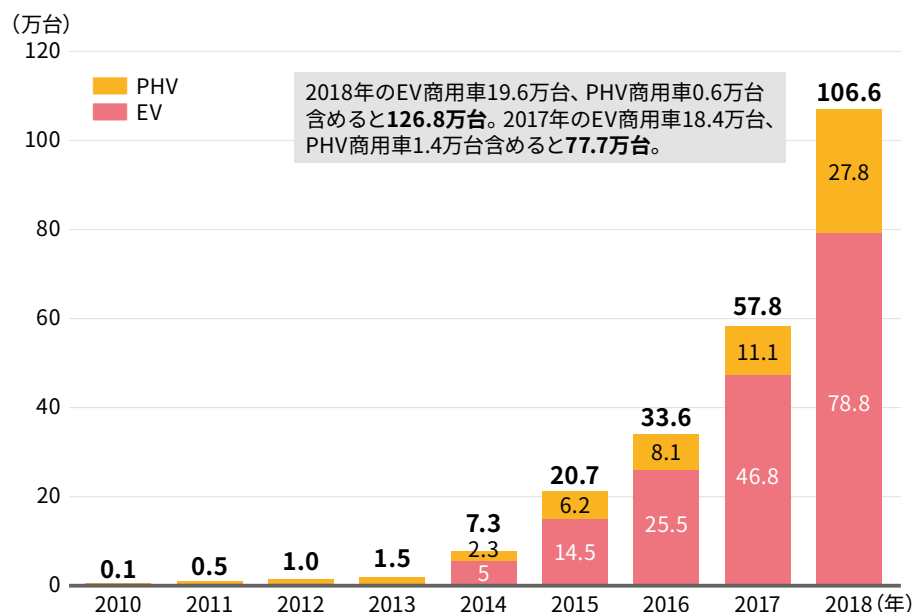
一方、中国政府が掲げる「省エネ・新能源自動車技術ロードマップ（2016年10月公布）」（図表20）においては、中国

市場に占めるNEV導入目標は2020年7～10%、2025年15～20%、2030年40～50%と非常に高いものを掲げ、省エネルギー車（HVとガスエンジン車など）の導入目標は2020年30%、2025年40%、2030年50%としている。この点からもNEV規制導入のみでは政府の掲げるロードマップ目標の達成が難しいことが理解いただけるのではないだろうか。中国政府が考えるNEV規制導入の狙いは、大都市の大気改善とロードマップ目標達成のための普及策の一つなのである。

そのような中で政府はロードマップ目標をどう達成していくのか？現在、中国では日本の軽自動車と同等かそれよりも小さい2人乗りの超小型EV（LSEV：Low Speed EV）がEV登録車の50%を占め、未登録のLSEVは登録車の2倍程度販売されるほど人気が高い。特にこのナンバー登録もないLSEVは中国内陸で販売され、安全、品質の劣るものが多いため、政府はより品質の高い低速EV（LSEV）の合法化と、品質の劣るEVの禁止を検討し、2017年の規制案に「超小型EVの最高速度は時速40～70キロ、一定の重量と寸法規定、衝突保護装置とリチウムイオン電池の利用の義務付け」を盛り込んだ。

中国国産メーカー／日欧米との合弁メーカーの生産車および先進国から輸入されるNEVは、採算とクレジット取得を考

図表18 中国におけるNEV（PHV、EV）販売台数



図表19 NEV規制の実質販売台数

年	世界販売台数 万台	中国総販売台数 万台	NEV規制 %	NEV導入台数 %	NEV中国実質比率			
					クレジット3.2		クレジット2	
					EV/FCV100%	%	PHV100%	%
2019	9900	2950	10	295	92	3.1	148	5
2020	10200	2995	12	359	112	3.8	180	6
2025	11300	3259	20	651	203	6.3	326	10
2030	12100	3545	30	1064	333	9.4	532	15
2035	12900	3857	30	1157	362	9.4	579	15
2040	13000	4196	30	1259	393	9.4	630	15

EVのクレジット3.2は航続距離200km相当

え航続距離を200km以上としているため、大量のバッテリーを搭載する高価格の高級大型車が主流となる。2020年に助成金がカットされることを考慮すると、採算の合わない小型・中型車でのNEV対応はメーカーにとって採算の面での対応が非常に難しくなる。そのため、NEV規制はPHVでの対応が基本となり、ロードマップ目標達成に向け政府は自国産業の育成と都市環境の改善を狙い、航続距離50km程度のLSEVの開発を後押しすると考える。LSEVはシェアリングビジネスにも有効で、新興国のみならず先進国での需要も高まる。そうになると、中・小型カテゴリーのEVを飛び越して、あらたなLSEVというカテゴリーがMaaSへの活用も含めて重要な位置

付けになる可能性が高い。近年の中国は著しい経済成長を遂げている反面、その副作用が表れている点も多いが、政府の掲げた目標達成に対する徹底度は日欧米の比ではない。手遅れにならないうちに、日米欧メーカーは従来カテゴリーのEVからLSEVの開発にかじ取りをすべきであると考え。

図表21は中国の販売台数増加の中での省エネルギー車、新エネルギー車のセールスマックスを示したものである。2030年時点で政府の掲げる新エネルギー車導入目標40%の達成はインフラ整備、価格面などで難しく、現実的などころで30%程度と考える。30%の内訳は以下となる。

- PHV20%…大半がNEV対応（現在1%）
PHV15%で規制は対応可
- EV2%…ラグジュアリークラス（現在1.4%）
- LSEV7%…2人乗り通勤用/シェアカー（現在1.4%）
航続距離50km/バッテリー交換式
- FCV1%…ラグジュアリークラス乗用車/
長距離トラックバス

省エネ車50%の内訳はHV25%と燃料代替のエンジン車25%となり、残り20%は従来のエンジン車（ガソリン、ディーゼル）となる。2030年時点で世界のEVIは545万台と予想す

る中で、中国は342万台（内LSEV266万台）と見積もる。

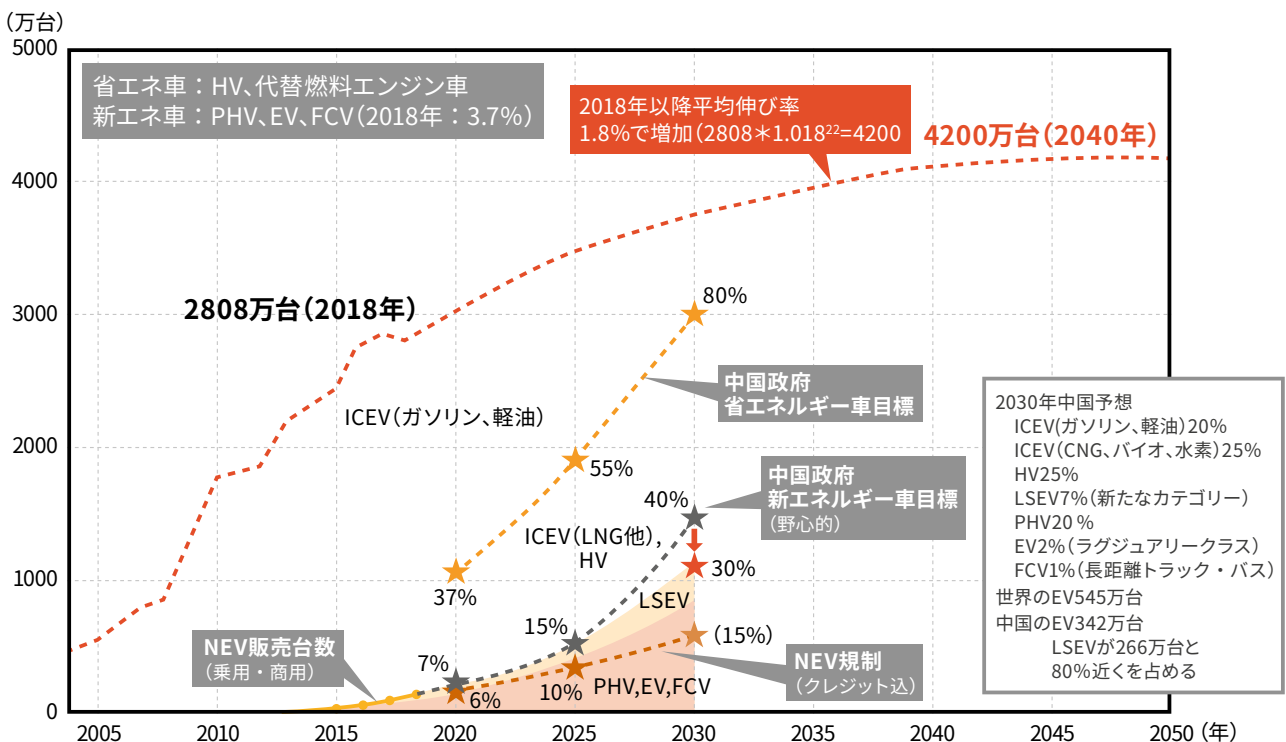
一方、ロードマップで示したように、中国はHVとエンジン車の開発にも力を注がねばならないと考えている。ある中国完成車メーカーは既に日系メーカーからのHV技術供与について協議をはじめた。また、同日系メーカーはHV普及のため、電動化技術に関する特許を30年まで無償提供し、あわせてシステム提供することが報じられた。いよいよ内燃機関の効率化（燃料多様化とセット）とHVを現実解とした本来あるべき展開（図表15）に軌道修正されていくのではないだろうか。

図表20 中国省エネ車、新エネ車ロードマップ

	2015年(実績)	2020年	2025年	2030年
中国生産販売(台/年)	2,460万(販売)	3,000万	3,500万	3,800万
省エネルギー車の割合	—	30%	40%	50%
新エネルギー車の割合	1.35%	7-10%	15-20%	40-50%
燃料電池車(台)	—	5千	5千	100万
インテリジェント・コネクティッドカー (導入される自動化技術と新車装備率)	—	運転支援、部分運転 支援が50%	高度自動運転が 10-20%	完全自動運転が 10%

※省エネルギー車(乗用): 内燃機関を主な動力システムとし、総合燃費が次期燃費基準を超えた自動車でHV、代替燃料(天然ガス等)の低炭素燃料車を含む。
新エネルギー車: EV、PHV、FCV、ただし鉛酸電池搭載車は含まない。

図表21 中国における新車販売台数とNEV販売台数のロードマップ





7 将来モビリティのすみ分け

最後に将来モビリティのすみ分けと地域ごとのセールスマックスについて解説する。

図表22は移動距離、車両サイズ（コスト）の観点で次世代エンジン車、次世代電動車のすみ分けを示したものである。将来のモビリティは、移動距離、燃料対応、車両サイズに応じたすみ分けが進み、EVは都市部での大気改善とバッテリーサイズ抑制（重量・コスト抑制）という観点で短距離輸送のLSEV（2人乗り電池交換式超小型車）、FCVは高イニシャルコストを吸収するため、主流は長距離輸送のバス、トラックが主流で、一部の高級乗用車（ショーファーカー）が含まれると考える。ただし水素価格は現在の1000円/kgから200円/kgへの大幅低減が必須となる。シェアカーに関しては、先進国も含めFirst 1mile、Last 1mileなどのちょっとした移動のニーズで、LSEV・小型HVが将来の主流になると考える。米国、中国のZEV、NEV規制対応については、自家用車サイズでのEV、FCVを販売は収益悪化要因となるため、各社は主にPHVで対応し、EV、FCVについては一部の高級乗用車のみということになると考える。

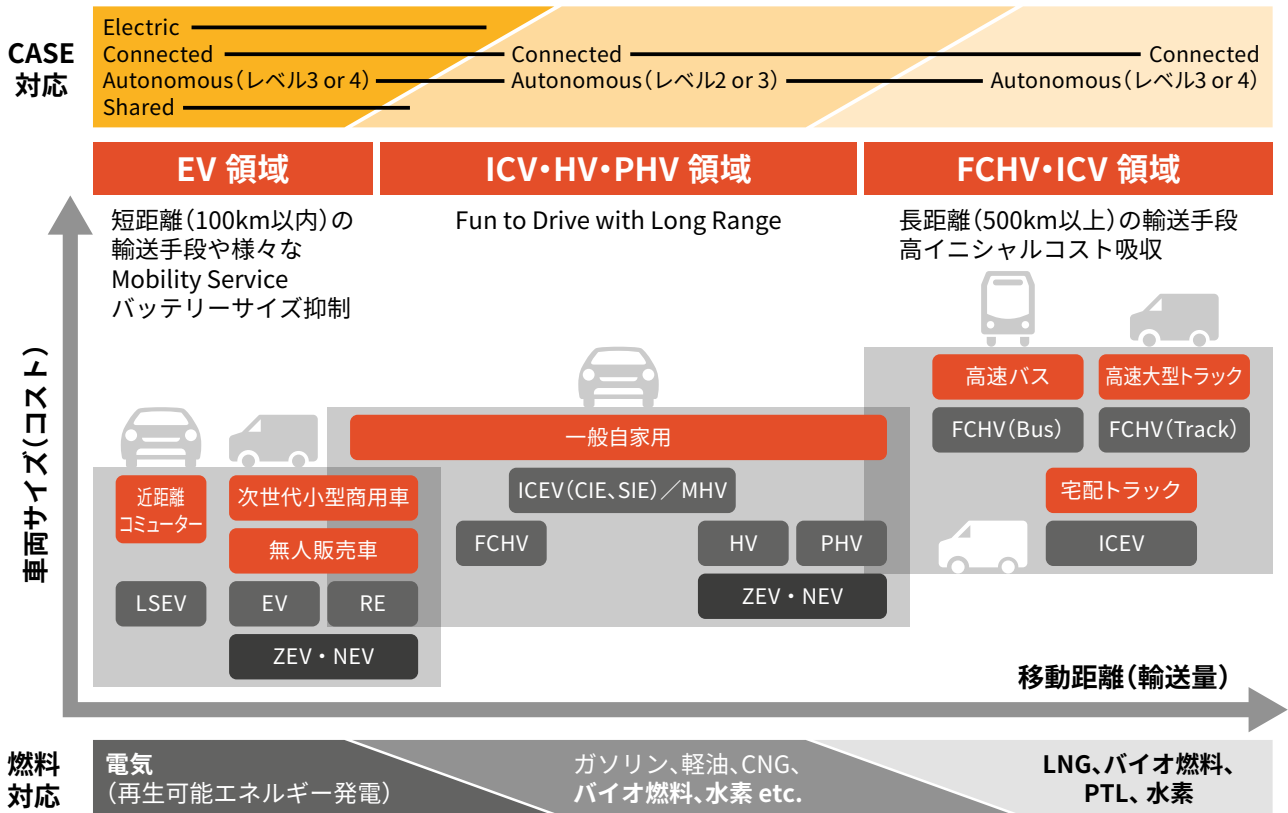
これまでの解説をもとに、大枠ではあるが、2030年時点での新車販売の内訳を地域別に整理した。

- ・先進国は大半がHVを主軸とする電動車で占められる。
- ・新興国は依然エンジン車が主流である。ただしエンジン効率改善、MHS導入、燃料の転換は大前提である。
- ・中国はエンジン車45%（燃料転換も含む）、HV25%、残り30%をPHVとLSEVが占める。中国は先進国と新興国の中間的な位置付けとなり、インドは新興国の位置付けとなる。

以上、地球温暖化阻止に向けたあるべき自動車の動力源・エネルギーおよび車両カテゴリと動力源のすみ分けについて解説した。不確実な予測ではなく、CO₂排出量低減目標達成に向けたロードマップ（実現に向けた具体的実行計画）を提示している。

実効を上げるためには、自動車メーカーのみならず部品メーカー、材料メーカー、エネルギー資本、テクノロジー企業などとあらゆる英知を結集し、新興国のニーズがなんであるかもしっかり捉えた上で粘り強く研究・開発を進めることが必要と考える。

図表22 将来モビリティのすみ分け



【執筆】

藤村 俊夫

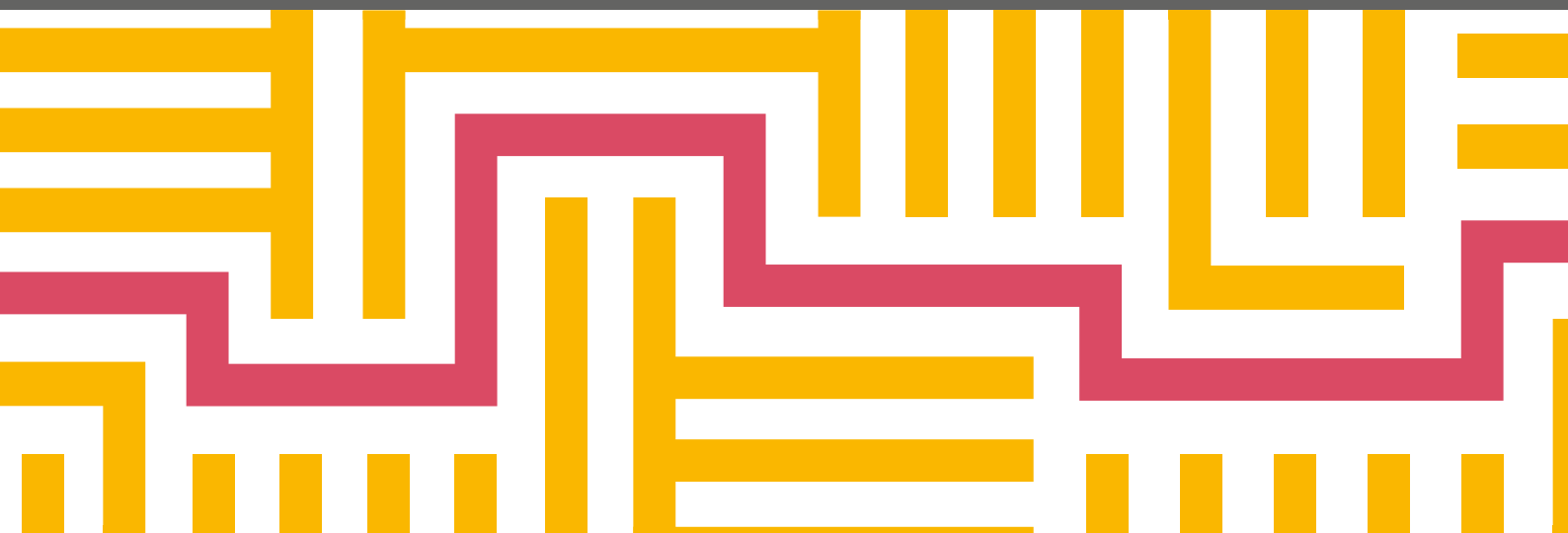
PwC Japanグループ 自動車セクター顧問

【監修】

大竹 伸明

PwCコンサルティング合同会社 パートナー

PwC Japanグループ 自動車セクターリーダー



www.pwc.com/jp

PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバーファームおよびそれらの関連会社（PwCあらた有限責任監査法人、PwC京都監査法人、PwCコンサルティング合同会社、PwCアドバイザリー合同会社、PwC税理士法人、PwC弁護士法人を含む）の総称です。各法人は独立して事業を行い、相互に連携をとりながら、監査およびアシュアランス、コンサルティング、ディールアドバイザリー、税務、法務のサービスをクライアントに提供しています。

PwCは、社会における信頼を築き、重要な課題を解決することをPurpose（存在意義）としています。私たちは、世界158カ国に及ぶグローバルネットワークに250,000人以上のスタッフを有し、高品質な監査、税務、アドバイザリーサービスを提供しています。詳細はwww.pwc.comをご覧ください。

電子版はこちらからダウンロードできます。 www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership.html

発刊年月：2019年5月 管理番号：I201902-4

©2019 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.