


MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

No. 551

地球温暖化問題に対する自動車産業の「総力戦」について
—「電気自動車オンリー論」の誤謬—

藤本隆宏

2022年2月

 MONOZUKURI 東京大学ものづくり経営研究センター
Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

地球温暖化問題に対する自動車産業の「総力戦」について

—「電気自動車オンリー論」の誤謬—

A note on the "all-out mobilization" for the automobile-related global warming problem:
fallacy of the "electric-vehicle-only" argument

藤本隆宏

要約: 本論では、地球温暖化問題対策の一環として、自動車走行による二酸化炭素(CO₂)発生量削減の方策について考える。特に、近年注目されている電気自動車(BEV)の普及(保有台数シェアの増加)が、CO₂発生量削減という目的に対してどの程度貢献できるか、またどんな限界があるかを、目的合理性の観点から、単純化した仮定を置いた CO₂ 発生量概算モデルを用いて予備的に検討する。まず、所与の車種に関して、「年間 CO₂ 発生量=保有車両台数×1 台当たり年間平均走行距離(km/台・年)×1km 当たり平均 CO₂ 発生量(g・km)」という基本式を当てはめることにより、日本国内の自動車(保有約 8,000 万台)の走行から発生している CO₂ 発生量(約 1.8 億トン)を近似的に試算する。次に、乗用車(保有約 6,000 万台)の走行からの CO₂ 発生量(約 1 億トン)を 2030 年までに 20%(2000 万トン)以上削減するという目標に対して、①BEV、②ハイブリッド車、③従来型内燃機関乗用車がどのように貢献するかを同様に概算的に予測した。予測結果は、2030 年の 3 車種の構成や燃費改善率により変動するが、2020 年代に限って言えば、BEV の削減貢献量は 500~700 万トン、ハイブリッド車の貢献は 900~1100 万トン、内燃機関車の貢献は 600~700 万トン、合計削減量は 2,100 万~2,400 万トンで目標を達成し得るとの試算を得た。このことから、2020 年代を含む長期の地球温暖化対策において、BEV の貢献は確かに大きい、BEV だけでは削減目標に達しないことが明らかになった。したがって、国内外で近年盛んな「BEV オンリー論」(BEV の普及のみを唯一の有効手段とみなし、その他の手段を否定する論調)は目的合理性において誤りであり、すべての可能な削減手段を総動員する「総力戦論」がより目的合理的だ、との結論を得る。次に、なぜこのような「BEV オンリー論の誤謬」が生じるかについて、錯覚・短絡という側面(目的と手段の混同、生産増と保有増のタイムラグ、有効需要に基づかぬ生産目標、BEV の商品力など)、および、各国産業政策における戦略的な側面(例えば欧州、米国、中国の自国自動車産業振興の思惑)について議論している。

キーワード: 地球温暖化問題、自動車産業、CO₂ 発生量削減、電気自動車(BEV)、総力戦論、BEV オンリー論

Abstract: In this article, as a part of the global warming problem, we consider measures to reduce the amount of carbon dioxide (CO₂) generated by automotive driving. We will pay a special attention to the possibility of rapid diffusion of battery electric vehicles (BEVs), which have attracted popular attention in recent years, investigating whether it can contribute to our overall purpose of reducing total CO₂ emissions, as well as its limitations. For this purpose, we apply a rough-cut estimation model of CO₂ emission from certain number of vehicles in operation with some simplified assumptions. First, for a given vehicle type, by applying the basic formula of "annual CO₂ generation amount = number of vehicles in operation x average annual distance driven per vehicle (km/vehicle-year) x average CO₂ generation amount per km (g/km)," the amount of CO₂ generated from all automobiles in operation in Japan (about 80 million units), or about 180 million tons per year, is approximated. Next, we also roughly estimated how BEVs, hybrid vehicles (HEVs), and conventional internal combustion engine vehicles (ICEVs) may contribute to the overall goal of reducing annual CO₂ emissions from the passenger cars in Japan (approximately 100 million tons from 60 million vehicles) by more than 20% (20 million tons) by 2030. Our forecast results will vary depending on the composition of the abovementioned three vehicle types in 2030, as well as their improvements in fuel efficiency, but in the 2020s, it is estimated that BEV's contribution may be 5 to 7 million tons, HEVs 9 to 11 million tons, and ICEVs 6 to 7 million tons, by which the total reduction may reach 21 to 24 million tons. This calculation reveals that BEV's contribution as long-term global warming countermeasures, including the period of the 2020s, is certainly significant, but BEV alone cannot not achieve our overall CO₂ reduction target. Therefore, we conclude that the "BEV only theory" (the argument that relies only on the rapid diffusion of BEVs and denies all other means), which has been active in recent years internationally, is not logically correct, and that "all-out mobilization theory" that tries to mobilize all possible measures, including BEVs, HEVs and even advanced ICEVs, is more rational for achieving our overall goal. We also discuss the misunderstandings (e.g., confusion of objectives and means, time lags between vehicle production and population share increases, unilateral production target settings not based on effective demand, and disadvantages of current BEVs themselves) and the ploy aspects of automotive industry policies of each country (e.g., Europe, the United States, and China), explaining partly why such "fallacy of the BEV only theory" occurs.

Keywords: global warming, automobile industry, reduction of CO₂ emissions, battery electric vehicles (BEV), "all-out war" theory, "BEV only" theory

1. はじめに：地球温暖化問題と電気自動車

CO₂ 排出削減に対する電気自動車の有効性と限界: 本稿の目的は、自動車走行による地球温暖化問題（特に地球上の二酸化炭素（CO₂）濃度の上昇）を軽減する一手段である「電気自動車（Battery Electric Vehicle; BEV）の早期普及」の有効性と限界について、実態と論理に基づいて考察を加えることである。その意味で本稿は、厳密な実証を目的とするものではなく、基本的な考え方の提示、あるいは問題提起を目的とする。

結論を先取りするならば、2020年代以降（特に直近の2020年代）の地球温暖化問題の重大性・切迫性を前提とした場合、電気自動車の早期普及は確かに大きな効果を持ちうるが、これのみでは、次の10年におけるCO₂年間発生量の低減目標（例えば日本の全保有乗用車が排出するCO₂排出総量を2020年の推定約1億トンから2030年までに8,000万トン以下に減らすこと）には全く届かない。

従って、BEV普及に加えて、電動車一般の普及や従来型ガソリン・ディーゼル自動車のさらなる燃費改善など、目標達成に貢献し得るあらゆる手段を総動員する「総力戦」が必須だと本稿では主張する。言い換えるならば、国内外の一部の論壇や政策決定者の発言等に見られる「BEVオンリー論」、すなわち、自動車走行によるCO₂排出削減策としてBEVのみを是あるいは善とし、その他の手段は全て否定する議論は、この意味において目的合理性を欠く。つまり、本稿の主張は、地球温暖化対策としての電気自動車の可能性に対しては是であり、電気自動車の普及以外を否定する「BEVオンリー論」に対しては否である¹。

さらに、「BEVオンリー論」の影響を受ける形で近年BEV重視にシフトする傾向のある、各国の自動車産業政策に対しては、その有効性と限界を実証的・論理的によく検討した上で、BEV普及推進とその他の方策をバランスよく考慮した、広視野で目的合理的な政策パッケージを構築すべきだと本稿では主張する。ただし、本稿で主な考察対象とするのは、BEV普及を重視する政策（例えば米国カリフォルニア州のZEV規制）ではなく、その背後にある論説としての「BEVオンリー論」である²。

自動車走行による地球温暖化問題の現状: 地球温暖化問題とは、世界中の人類の活動によって大気中の温室効果ガス（二酸化炭素など）の濃度が高まり、これが気温上昇、海面上昇、異常気象、生態系への影響などを通じて、人間生活や地球環境の悪化をもたらす現実と可能性に対する、世界規模の人々の懸念の総体を指す。そうした地球温暖化問題は、それ自体が国際社会にとって深刻な長期的課題であるが、2020年代初頭、各国の政策的協調や、国連が設定したSDGs（17の持続可能な開発目標）、資本市

¹ この点に関し、日本政府の2021年段階での公式見解は、2021年1月18日に菅義偉首相（当時）が施政方針演説で示した「2035年までに新車販売で電動車100%を実現」との発言である。これには中大型の普通トラック等は含まれないので、基本的には乗用車に限られるが、ここで言う「電動車」には、BEVだけでなく、HEV（ハイブリッド車）、PHEV（プラグイン・ハイブリッド車）、FCEV（燃料電池車）も含まれるので、この政府見解は、ガソリン車・ディーゼル車の燃費改良に関する言及はないものの、方向性としては「BEVオンリー論」ではなく、むしろ「総力戦論」に近い見解と解釈できる。

² 米国カリフォルニア州を先駆例とし、近年、類似的な政策を採用する国や地域が増えている、いわゆる「ZEV（Zero Emission Vehicle）規制」においては、バッテリー電気自動車（BEV）のみならず、燃料電池電気自動車（FCEV）、さらにはプラグイン・ハイブリッド車（PHEV：外部充電可能なハイブリッド車）などの新車販売の促進を企図している。例えばカリフォルニア州で1990年代から施行されてきた「ZEV規制」では、販売シェア上位企業を対象に、州が設定するZEV新車販売比率において目標未達の企業には州が罰金を課す一方、超過達成企業が超過台数分のクレジットを未達企業に相対で販売できるクレジット売買制度もある。その他、国ごとに定義するZEV的な車種に対して、消費者側への補助金、生産者側への補助金（例えば中国のNEV政策）もある。

場における ESG 投資などとも連動し、急速に、世間の注目度が高まっている。地球温暖化防止に関する言論界・政府・産業界・学界などでの議論も活発である。

温室効果ガスには、二酸化炭素 (CO₂)、メタン、フロン類などが含まれるが、ここでは、世界の温室効果ガス発生量の約 4 分の 3、日本での発生量の 90%以上を占める二酸化炭素 (CO₂)、とりわけ人工物である自動車発の CO₂ に焦点を絞る。また、いわゆる LCA (Life Cycle Assessment) 基準で見ると、自動車に関連する CO₂ 発生量には、原料・燃料採掘段階、製造段階、輸送段階、走行・使用段階、廃棄・リサイクル段階のそれがすべて含まれるのであるが、本論では、自動車の使用・走行段階で発生する CO₂ について集中的に論じることとする。

ただし、電動モーター利用の自動車の走行にかかるエネルギーに関しては、発電段階 (例えば火力発電) で発生する CO₂ も考慮の対象とする。つまり、いわゆる Tank-to-Wheel 基準 (燃料タンク・電池からタイヤ駆動まで) ではなく、Well-to-Wheel 基準 (火力発電等を含め油田・ガス田・炭鉱からタイヤ駆動まで) を採用する³。

まず、現状把握から始める。人間活動による CO₂ 発生量の総発生量については、粗い推定値が存在するのみだが、諸資料を見ると、2018 年に約 335 億トンとの推定 (例えば日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター編 2021) があり、これより大きい推定値もある。中国と米国だけでその 40%以上を占め、日本は約 3% (10 億トン超) と推定される。ちなみに、国別で見れば日本の発生量は 5 位となるが、こうした統計になると EU は合算せず国別統計を出してくる傾向があることを付記しておく。世界の CO₂ 発生量は、半世紀でほぼ倍増しているが、2010 年代には年間発生量の増加が止まる傾向が見られている。

輸送部門からの CO₂ 発生量は、世界でも日本でも、約 2 割を占めるとされている。このうち、日本の保有車両、約 8,000 万台の自動車走行による CO₂ 発生量は、日本の輸送部門全体 (鉄道・船舶・航空機を含む) の CO₂ 発生量の約 9 割を占め、2020 年前後において、年間約 1.8 億トン (世界全体の約 3%) と推定されている。また、世界で約 14 億台の保有自動車から発生している CO₂ は、前述の 335 億トンの約 2 割とすれば、60 億トン~70 億トンと推定される⁴。

ただし、こうした自動車走行による CO₂ 発生量の推定は、本来は実際走行による実燃費で測定されるべきだが、現段階では、全走行車両の実燃費を測定・集計する体制は出来ていない。よって、現在の公式発表の CO₂ 発生量は、いわゆるカタログ燃費 (WTLC モード、JC08 モードなど) 等をベースに推計されていると推測される。しかし、実燃費は、走行条件によって大きく異なり得るので、これらが総合的に実測されていない現状では、公式発表の自動車走行 CO₂ 発生量は、あくまでも大まかな推定値と考えるべきだろう⁵。

³ 例えば、リチウムイオンバッテリー生産を含む BEV 製造段階の CO₂ 発生量はガソリンエンジン車の 2 倍以上との試算もあり、これを含めると、かなりの走行距離 (例えば 10 万 km 前後) までは BEV の LCA 基準の CO₂ 発生量はガソリン車より大きいとの試算もある (河本・望月・森口・中野・本橋・酒井・稲葉 2019)。この数値は条件次第で変わるので、さらに多くの試算を行う必要がある。

⁴ 以上を含め、本稿で参考にした資料は、大聖 (2018、2021)、藤村 (2019)、国立環境研究所 (2004)、日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター編 (2021)、全国地球温暖化防止活動推進センター (2021)、Global Carbon Project (2020)、他である。

⁵ 例えばある自動車専門家 (MOTA トクダ トオル氏、<https://autoc-one.jp/nenpi/3326505/>) の実測によれば、カタログ燃費 25.6km/L (JC08 モード) のある軽自動車の実燃費は高速道路で約 21km/L (20%弱ダウン)、郊外路で約 21km/L (20%弱ダウン)、市街地で約 16km/L (40%弱ダウン) と報告されている。

このように、自動車走行に関連する地球温暖化問題は、数量的に言えば、2020 年前後において日本で年間 2 億トン弱、世界全体で約 60 億トンあるいはそれ以上と推定される CO₂ 発生量をいかにしてできるだけ迅速に減らすか、という問題に帰着する。確かに日本の自動車走行による推定 CO₂ 発生量 2 億トン弱は、全人間活動による全世界の CO₂ 発生総量（前述の推計 300 億トン超）の 1%に満たないが、まずこれを着実に削減する知恵を持たねば、世界の自動車走行 CO₂ 発生量削減も、全人間活動の CO₂ 発生量削減も覚束ないと考えるべきだろう。

また、日本企業が設計した自動車（特に乗用車）の世界シェアが、長年にわたり約 3 割であることから、世界の自動車保有台数約 14 億台の約 3 割に当たる 4 億台程度が、日本企業が直接的に設計責任を持つ自動車と推定される。部品企業の貢献を別とすれば、地球温暖化問題に関して、日本の自動車企業が直接的に責任を持つべき自動車は、輸出車や海外生産車を含め、国内販売台数の数倍、国内生産台数の約 3 倍に及ぶことにも注意を要する。

なお、自動車産業関連の地球温暖化問題には、走行以外の自動車製造段階や電池材料を含む原料採掘・生産段階などにおいて発生する CO₂ も含まれるし、メタンやフロンなど CO₂ 以外の温室効果ガスも含まれるが、本稿では問題を、自動車走行段階に関連する CO₂ の発生量削減の問題に絞る。

また、国連のいわゆる SDGs（持続可能開発目標）が 17 項目あることでもわかるように、地球温暖化問題は、21 世紀の人類が直面する最重要課題の一つだが、唯一の問題ではない。より大局的に言うなら、飢餓・疫病・戦争・テロ・災害・事故など、世界中で不条理な理由で死傷あるいは困窮する個人・家族・共同体等を少しでも減らすことが、SDGs の上位目標であろう。そうであるなら、地球温暖化問題を、他の SDGs 目標を犠牲にしてまで絶対追求すべき最優先目標であるといった世界的合意は、実際には未だ存在しないと見るべきであろう。しかし、こうした根源的な問いは別に論じることとし、本稿では「自動車走行による CO₂ 発生量の削減」に集中しよう。

2. 自動車 CO₂ 削減論に関する 2 潮流：「総力戦」か「BEV オンリー」か

目的合意・目標合意・手段合意：地球温暖化問題に真剣に対処するという「目的に関する国際合意」は、基本的には 20 世紀末から存在し、また、その目的を具体的に数値化した「目標に関する国際合意」も徐々に形成されてきている。例えば、2021 年開催の「国連気候変動枠組み条約第 26 回締約国会議（COP26）」の各国合意が実行されれば、21 世紀末までの世界平均気温の上昇幅（産業革命前比）は目安となるプラス 2 度を下回るとの試算値も出ている。

しかし、ここで合意されているのは、各種の長期的な温室効果ガス発生量削減に関する各国の目標宣言であり、その実行の手段・方策については、各国において目途が立っているわけではない。懐疑的な見方をするなら、各国の政治家・閣僚等は、COP のような国際合意の場で、自身が責任をとれる時間の枠外である超長期（例えば 2040 年、50 年）の数値目標について、いわば「言いつ放し競争」を行っているとの見方も成り立つ。

そもそも、地球温暖化問題のようなグローバルな長期的問題に対して、直接的により重要なのは、上位概念である「目的・目標における国際合意（例えば各国・各セクター・各年の排出量削減目標）」であり、必ずしも「具体的な手段に関する国際合意」

ではない。むしろ、手段に関しては、将来の不確実性も見越して、一定の融通性・多様性を残すのが常識的な方策である。実際、「自動車走行による CO₂ 発生総量の削減」に関しては、COP をはじめとする国際会議等を通じて、日本を含む世界各国の政府や産業界において（時間差や温度差は伴いつつも）大筋の目標合意は形成されつつある。一方、地球温暖化防止という目的を国際的に共有し、具体的目標についても合意するが、手段のパッケージに関しては各国の状況に合わせた多様な方策を総動員する、いわば「総力戦」論の背景には、こうした「目的合意」優先論がある。

ところが、大きな問題解決に直面した時、人間は、日常的に遍在する分かりやすい事象や行動に目が向きやすい。そして、物的な手段（例えば自動車）は、目的・目標（例えば二酸化炭素発生量削減）よりも概して可視的であるため、「目標における国際合意」よりも先に「手段における国際合意」が熱心に議論されるという、やや本末転倒な政治的・言論的状況が形成されやすい。端的に言えば「手段の目的化」という誤謬である。

その点、自動車とその走行とは、まさに、日常的に国民が日常空間で目撃している「わかりやすい事象」の一つであり、「目標合意（agreement of goals）」に対して「手段合意（agreement of means）」の議論が先行しやすい領域と言えよう。しかし、目的合理的な議論において「目的合意・目標合意の優先」が正論であることは言うまでもない。

手段制約としての「BEV オンリー論」:例えば、2020 年前後から国際的にも国内的にも急速に発言力・発信力を増していると思われるのが、一種の「手段合意」重視論である「電気自動車（BEV）オンリー論」である。すなわち、電気自動車、正確には車載二次電池によるモーターを唯一の駆動源とし内燃機関を搭載しない自動車（Battery Electric Vehicle : BEV）の新車販売・生産・保有シェアの早期上昇と完全普及の促進を自動車の地球温暖化対策における唯一の有効手段とみなし、その国際合意と実施を世界各国に強く求める議論である⁶。こうした「BEV オンリー論」は、近年、特に EU や米国の一部の政府・マスコミ・関係組織などによって強く主張され、日本でも同調者が増えている。

これに対する本稿の結論は、本稿の第 1 節で述べた通りである。すなわち、筆者は一方において、「電気自動車（BEV）が超長期的に見て自動車走行関連の地球温暖化問題に対する最重要・最有力の手段である」という見通しに同調する者である。しかしながら、21 世紀を通じた超長期課題となるこの問題の対策として、2020 年代といういわば前期段階、しかも地球温暖化問題全体にとっては決定的に重要とされるこの「クリティカルな 10 年間」において、「電気自動車の生産シェア・保有シェア拡大」のみを課題解決の進捗の評価基準とする「BEV オンリー論」の手段制約的なアプローチは、目的合理性において限界があり、産業現象を研究する社会学者として違和感を持つ。この違和感について説明し、これとは異なる見解として、すでに示唆した「総力戦論」（CO₂ 発生総量の削減という目標に貢献し得るすべての手段を総動員する方針）を提示し、その背

⁶ 走行時に二酸化炭素を発生させない自動車（Zero Emission Vehicle）には、BEV 以外にも、燃料電池車（FCEV）、水素エンジン自動車他も含まれるので、論理的にはこの主張は「ZEV オンリー論」であるべきだが、国内外のこのタイプの論調は多くの場合、事実上「BEV のみが正しい」との主張として展開されているので、本稿の考察対象は「BEV オンリー論」に絞ることにする。なお、BEV を含む Zero Emission Vehicle も、現状においてはエネルギー源である電力や水素の生産段階、あるいは車両や電池の生産段階で CO₂ が発生していることに注意を要する。

後のロジックを探究し、概算的な数値例を示すのが本稿の目的である。この意味で本稿は、厳密な学術研究ではなく、意見陳述的、探索的な論考である⁷。

3. 自動車走行 CO₂ 発生量の基本式：保有台数×走行距離×CO₂ 発生量

国際的な「目的合意」「目標合意」の現状：そこでまず、自動車走行と地球温暖化に関する、目的・目標・手段間の基本ロジックを示す。ここで「目的」は望ましい状態、「目標」は目的状態を数値化した指標と数値、そして「手段」は目的・目標を実現するための行為・状態を指すものとする。

地球温暖化問題すなわち「人間活動による大気中の温室効果ガス濃度上昇→地球の平均気温上昇」という状況をできるだけ早く終わらせるという基本的な「目的合意」については、1992年の「国連気候変動枠組条約」採択以来、1997年の地球温暖化防止京都会議以降のCOPなどを通じて、先進国も新興国も含む多くの国々が国際合意しつつあると言えよう。また、各国の排出削減の「目標」に関しても、先進国と新興国など、状況の違いによって差異はあるものの、例えばカーボンニュートラル（温暖化ガス排出量実質ゼロ）実現の目標年は、EU・日本（事実上米国も）が2050年、中国・ロシアが2060年、インド2070年など、（今のところ単なる宣言とはいえ）いわば言辭的なレベルでの「目標合意」が形成されつつある。

しかし、具体的に、産業、業務、家庭、運輸などのCO₂排出部門が、2030年までに、どのようなペースでCO₂発生量を削減させるかについては、全体の目標に対する数字合わせ的な側面もあり、実現可能性は未知の部分が多い。自動車を含む日本の運輸部門も、2013年～2030年において約30%（2020年～30年では20%強）のCO₂削減を目標としているが、その前提となる車種構成（例えばEVや電動車の保有車両比率）は明らかでない。

そこで本節では、自動車走行によるCO₂発生量に対象を絞り、その目標（年間CO₂発生総量の低減）と手段の構造（車種構成目標、車種別燃費目標、車種別保有台数目標、車種別年間平均走行距離目標など）について、基本的な計算式をまず示すことにする。

CO₂発生量の基本式 ($Y = U \cdot \bar{D} \cdot \bar{C}$)：まず、自動車走行による年間CO₂発生総量 (Y) を示す基本式を以下に示す。まず、すべての保有車両の合計 (U :日本では約8,000万台、世界では約14億台)、およびすべての車種（自家用乗用車、営業用・自家用トラック、タクシー、バスなど）、あるいはエネルギー源・駆動タイプ（ガソリン車、ディーゼル車、ハイブリッド車、電気自動車など）の1台あたり平均年間走行距離 (\bar{D}) と平均CO₂発生量/km (\bar{C}) とするなら、

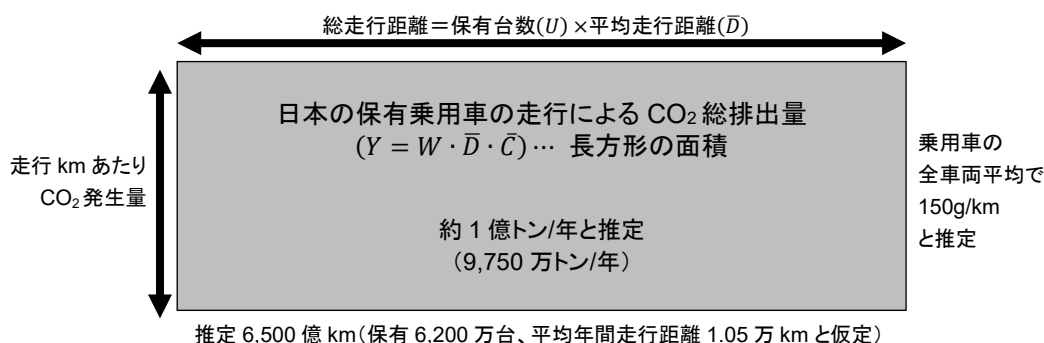
$$\begin{aligned} \text{自動車走行による年間CO}_2\text{総発生量 (Y)} &= \text{自動車保有台数総数 (U)} \times \\ &\quad \text{1台あたり平均走行距離 (\bar{D})} \times \\ &\quad \text{1kmあたり平均CO}_2\text{発生量 (\bar{C})} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

以上の数字の積として、日本全体の自動車走行由来のCO₂発生量を算出できる。

⁷ 本稿と方向性が比較的近いと考えられる「総力戦論」あるいは「BEV オンリー論批判」としては、大聖（2018, 2021）、寺師・米倉・延岡・藤本（2018）、加藤・池田・岡崎（2021）などがある。

図形的には、CO₂ 発生総量 (Y) は以下の長方形の面積となる (図 1)。ここでは数値例として、日本の自家用乗用車のケースを図示する。各種の統計や研究を参考にした暫定的な推定値は、乗用車保有台数=6,200 万台、乗用車の平均年間走行距離=10,500km/年・台、平均 CO₂ 発生量=150g/km とする。横軸に総走行距離 (U・D̄) をとるなら、6,200 万台×10,500km/年・台で約 6.5 兆 km/年。これに縦軸の 1km 当たりの CO₂ 発生量 (C̄)、ここでは 150g/km を当てはめるなら、長方形の面積 (Y) は 6.5 兆 km/年×150g/km で、9,750 万トン、つまり約 1 億トンである。これは、政府発表の数値とほぼ符合する。

図 1 自動車走行による CO₂ 発生量の基本式



車種別 CO₂ 発生量の積み上げ (数値例) : 次に、上述の基本式に関連するデータが車種別・燃料別に収集できれば、それらを積み上げることで、自動車全体の、あるいは車種別の CO₂ 排出総量を推定できる。すなわち、ある国・地域の年間 CO₂ 総排出量を Y とするなら、式(1)を車種別に展開することにより、以下の式(2)となる。

$$Y = U \cdot \bar{D} \cdot \bar{C} = \sum_{i=1}^N Y_i = \sum_{i=1}^N (U_i \cdot \bar{D}_i \cdot \bar{C}_i) \dots (2)$$

Y_1 … 車種 i の CO₂ 総発生量

U_i … 車種 i の保有台数

\bar{D}_i … 車種 i の年間平均走行 km 数

\bar{C}_i … 車種 i の 1km 当たり CO₂ 発生量

ここで「車種 (i)」は、「自家用乗用車」「事業用乗用車」「事業用トラック」などの大きな区分でも良いし、「ガソリン車」「電気自動車」「ハイブリッド車」などエネルギー源による区分でも良い。また、「車種 (i)」を各モデルあるいは型式のレベルまで下りて測定したデータもある。例えば国土交通省が発表する「自動車燃費一覧」では、国産車・輸入車を含め、細かいモデル・型式ごとに平均燃費が公表されている。また、自動車メーカーも各モデルのカタログ燃費を示している。自動車ジャーナリスト・評論家等が各モデルの条件別の実燃費を計測して公表することもある。

むろん、最も現実値に近いのは、日本に現存するすべての保有車両から車載センサーなどを使って毎日の実燃費を報告させることであるが、これは技術的・経済的・プライバシー的にも容易ではなく、将来の課題である。

逆に、燃料購買の実績値と走行データから燃費を推定する方法もある。例えば国土交通省の「燃料消費量調査」は、大きなくくりによる車種別（自家用小型自動車・自家用普通自動車・営業用貨物自動車・営業用旅客自動車）に、サンプル車両の調査期間中の燃料購入量（消費量）および車載メーターの走行距離データを報告してもらい、このレベルにおけるそれぞれの平均燃費を算出している。

以下、これらの複数のデータを組み合わせることで、2020年前後における日本の自動車走行CO₂発生量の推定値（例えば2020年に国土交通省HPで発表された、2018年度の自動車CO₂発生量、約1.8億トン）を近似値的に再現できる、一つの数値例を示す（表1）。

なお、表1の試算の目的は、CO₂発生量の詳細かつ実証的な算出ではなく、地球温暖化問題を考える際に基本ロジックを数値的に考えるためであり、以下の数値例は、入手可能なデータや推定値を組み合わせた大まかな近似値（とはいえ十分に現実的と考えられるもの）と考えていただきたい。

基本的な数値例は、以下のとおりである。繰り返すが、以下のデータは、いくつかのデータから、筆者が、十分に現実的と主観的に考えた概略値であり、目的はその精度ではなく、基本論理にある。

表1 車種別のCO₂発生量の積み上げ計算（試算例）

車種(i)	保有台数(U _i) (2021年)	年間KM(D̄ _i) (2013年)	平均燃費(C̄ _i) (2021年)	総排出量(Y _i) (本稿推定)
自家用乗用車	6,213万台	10,500km	50~250g (av. 150g)	9,785万トン
自家用トラック(普通)	151万台	25,000km	250~600g (av. 450g)	1,700万トン
自家用トラック(小型)	343万台	15,000km	150g	772万トン
自家用トラック(軽)	834万台	8,200km	100g	684万トン
自家用トラック(合計)	1,328万台			3,156万トン
事業用トラック	130万台	65,000km	100~600g (av. 500g)	4,225万トン
乗合バス(バス)	22万台	55,000km	400g	484万トン
事業用乗用車(タクシー)	24万台	63,000km	50~250g (av. 150g)	227万トン
合計	7,717万台			1億7,877万トン

なお、参考までに、国土交通省HP（2020年）による政府発表の自動車部門のCO₂排出量（Y_i）は以下のとおりである（カッコ内は上記の数値例）：自家用乗用車9,697万トン（数値例9,785万トン）；自家用貨物車3,443万トン（数値例3,156万トン）；事業用トラック4,255万トン（数値例4,225万トン）；バス410万トン（数値例484万トン）；タクシー248万トン（数値例227万トン）；合計1億8,053万トン（数値例1億7,877万トン）。本稿の目的はロジックの再現なので、国土交通省の上記の数字の算出根拠はとくに調査していないが、表1の数値例は、結果としては政府発表にかなり近い値となっていることがわかる。

CO₂総発生量(Y)：次に、以上の基本式「 $Y = U \cdot \bar{D} \cdot \bar{C}$ 」あるいは「 $Y = \sum_{i=1}^N (U_i \cdot \bar{D}_i \cdot \bar{C}_i)$ 」に登場したY、U、 \bar{D} 、 \bar{C} の各項について、簡単にコメントを加える。まずCO₂の総発生量(Y)から。

既に述べたように、ある産業部門からの地球温暖化ガス発生量の全体を測定・評価するのであれば、自動車の生産から開発、原料調達、販売、電力生産、そして車両運行など、全ての段階で発生するCO₂を見なければならない。この大原則を踏まえたうえで、本稿では、自動車の走行によって発生するCO₂に焦点を絞る。

前述のように、国土交通省HP（2020年）にある2018年度のデータによると、自動車運輸部門のCO₂排出量は約1.8億トンで、運輸部門全体の排出量2.1億トンの約86%、日本の全CO₂排出量（11.4億トン）の約16%とされる。さらに、自家用・営業用の乗用車に限れば、排出量はその半分

強の約 1 億トンである。これらはあくまでも推計値であり、現実値にどれだけ近いかは不明だが、とりあえずこれらの政府発表値を定型的事実として議論を始める。

次に、世界全体の自動車による CO₂ 発生量との比較を行う。若干の測定時差には目をつむり概数で見ると、世界の自動車保有台数 14 億台 (U_w) に対して、日本 (U_j) は乗用車・商用車の合計で約 8,000 万台。従って日本の保有台数の世界シェア (U_j/U_w) は 5% 超だが、CO₂ 発生量では、日本は 1.8 億トン (Y_j) で、世界全体の自動車 CO₂ 発生量 (Y_w) が 70 億トン弱 (全世界・全産業の推定 335 億トンの約 2 割) とするならば、日本の自動車走行 CO₂ 発生量の世界全体に対するシェア (Y_j/Y_w) は 3% 弱と推定される。

日本の保有車両の世界シェア (U_j/U_w) に対して CO₂ 発生量の世界シェア (Y_j/Y_w) が小さい理由は、上式(1)(2)に依拠するならば、日本の保有車両 (特に乗用車) の年間平均走行距離 (\bar{D}_j) が世界平均 (\bar{D}_w) より短い可能性 ($\bar{D}_j < \bar{D}_w$)、および、日本メーカー設計車が多い日本の保有車両の km 当たり平均 CO₂ 発生量 (\bar{C}_j) が世界平均 (\bar{C}_w) より低い可能性 ($\bar{C}_j < \bar{C}_w$) が考えられる。特に後者、つまり日本企業が過去半世紀ほどの間に設計・生産してきた自動車の相対的な低燃費性は、日本が国際社会に対して主張できる、これまでの貢献点と言える。

ところで、自動車における CO₂ 発生量削減の有力な手段として電気自動車 (BEV) が話題になるとき、多くの議論で暗に想定されているのは乗用車のようなものである。一方、商用車、特に長距離連続走行を前提とする中大型トラックや中大型バスなどについては、燃費改善は乗用車より難しいと言われる、むしろ燃料電池車 (FCEV) など電気自動車 (BEV) 以外のソリューションの方が有力と言われることもある。いずれにせよ、乗用車とは技術的な状況も使用条件も大きく異なる。

そこで、CO₂ 発生量削減と電気自動車に関する以下の議論は、主に乗用車を念頭において進めることにする。その場合、日本でこれに該当する自家用・営業用の乗用車は、2021 年現在、約 6,200 万台で、年間平均走行距離は推定約 1 万 km (ある調査によれば 10,500km/年)、年間走行距離の総延長はその積の約 6.5 兆 km、そして二酸化炭素発生量は、自動車全体の 2 億トン弱ではなく、その半分強の約 1 億トンであることを改めて指摘しておく。

保有車両台数 (U) と保有シェア：次に保有車両台数 (U) について。ここで改めて強調しておきたいのは、自動車走行による CO₂ は、地上に存在する保有車両の走行時に発生する、という当たり前の事実である。例えば、電気自動車 (BEV) 走行による CO₂ (発電等を含む) が、保有車両の走行時に発生することは自明である。したがって、CO₂ 排出量削減のための、BEV を含む次世代車の構成を考える上で、第一義的に重要な数値は (社会的に必要な保有車両台数を所与とするならば) 各タイプの各年の新車生産シェアや新車販売シェアではなく、あくまでもその経年累積による保有台数シェアである。

むろん、特定の次世代型自動車、例えば電気自動車 (BEV) の保有台数シェアを高めるには、基本的には新車販売・生産台数に占める BEV のシェアを高めるのが最も有効である。しかし、平均製品寿命が十数年と長い自動車の場合、次世代型自動車保有台数シェアの増加は、新車販売・生産台数シェアの増加に比べて相当な時間の遅れ (タイムラグ) を伴う。このタイムラグの簡単な数値例 (詳しくは後述) を示すならば、仮に乗用車の廃車までの寿命が一律 15 年であり、電気自動車の需要・生産が 15 年間、例えば 2015 年～2030 年間に直線的に生産シェアを伸ばし、2030 年に 100% に達するという極端な (現状では諸制約により非現実的とみなされている) 想定でも、2030

年における BEV の保有シェアは、三角形の面積計算により、その 2 分の 1 の 50% に留まる。実際には 2020 年段階で BEV の世界生産シェアは約 2% に留まるので、2030 年の BEV の世界生産シェアが X% だとするならば、2020 年代の 10 年間に BEV の新車生産シェアが直線的に伸びたととしても、2030 年における電気自動車の世界保有シェアは X/2% (三角形の面積) を下回ることになる。

ところで、2021 年現在の有力な予測 (IEA 他) によれば、2030 年の電気自動車の世界生産シェアの予測値は 10% から 30% の間である。仮に 30% という高めの予測 (後述の「急進ケース」) が実現したとしても、前述の計算式によって、2030 年の電気自動車の世界保有シェアは 30% の半分 (15%) を下回る、例えば 12~13% 程度と試算される (後述)。

つまり、BEV のシェアに関して現状で最も楽観的な予測を適用したとしても、2030 年においてなお、BEV 保有シェアは 10% 前後であり、逆に言えば、90% 近い乗用車が非 BEV (内燃機関搭載車) である。2020 年代における地球温暖化対策が決定的に重要だとの説に従うならば、2020 年代の自動車走行 CO₂ 削減策が、BEV の台数増加と、非 BEV 電動車の台数増加、さらに従来型ガソリン車・ディーゼル車の燃費改善などを総動員した「総力戦」でなければならないことは、この簡単な計算からも容易に想像できる。

繰り返すが、電気自動車の生産シェアは、人目につきやすい目立つ数字であるため、「とにかくそれを高めればよい」という単純な議論に陥りがちであるが、以上の予備的考察からも明らかなように、より本質的なのは保有シェアであり、その増加ペースは、生産シェアの増加に対して大きなタイムラグを持つ。したがって、とにかく電気自動車の生産シェアを伸ばせば良い、という単純な「BEV オンリー論」は、少なくとも「決定的な 2020 年代」においては、十分な目的合理性を持たないのである。これについては、改めて後述する。

年間平均走行距離 (\bar{D}) : 自動車の年間走行距離 (\bar{D}) は、それを所有する個人や企業の立地・居住地や生活パターン、業種、オペレーション形態などによって大きく異なるが、一般には、個人・世帯保有の自家用自動車は「いざという時」のため (just in case) のパーソナルモビリティという面が強いため、その稼働率は低い傾向がある (概ね 5% 程度と言われる)。一方、企業や自営業保有の業務用自動車は、それよりは稼働率が高く、年間走行 km 数も大きい。

少し古いデータだが、国土交通省の調査 (「平成 16 年度 自動車の検査・点検整備に関する基礎調査検討結果報告書」) によると、日本の自動車の年間平均走行距離は、自家用乗用車 10,575km、事業用貨物車 (8 トン未満) 38,627km、事業用貨物車 (8 トン以上) 67,771km、タクシー等事業用乗用車 63,113km、バス等乗合車 55,365km、などとなっている。保有台数についてこの数字を加重平均すれば、日本の保有自動車全体の平均走行距離 (\bar{D}) の概数が出る。

とはいえ、特に自家用乗用車の場合、地域や立地や生活様式によって走行距離のばらつきは大きい。例えば東京など大都市圏住民の自家用車年間走行距離は、通勤用途が少ないこともあり 3,000km 以下のケースも少なくない。上記の推定平均値は、あくまでも一つの目安と考えるべきだろう。

走行距離当たり二酸化炭素発生量 (\bar{C}) : 前述の基本式(1)「 $Y = U \cdot \bar{D} \cdot \bar{C}$ 」からも明らかなように、自動車走行による CO₂ 発生量を低減させる (Y ↓) ための方策は、①保有台数の減少 (U ↓)、②年間平均走行距離の減少 (\bar{D} ↓)、③走行距離当たり CO₂ 発生量の減少 (\bar{C} ↓)、以上 3 つの方策の組み合わせとなる。

しかし実際には、現在、国際的に展開されている「自動車走行CO₂削減」の議論では、①保有台数減少（ $U \downarrow$ ；例えばカーシェアリングによる車両稼働率上昇と世帯保有台数の低減）や、②年間平均走行距離減少（ $\bar{D} \downarrow$ ；例えば都市移住による自動車走行距離減少）はあまり注目されず、もっぱら、③km 当たり CO₂ 発生量減少（ $\bar{C} \downarrow$ ）に議論が集中している。国民に対する政府による自動車保有規制や走行規制も、国や都市によっては前例も存在するが、全国民を対象とした保有・走行規制は政治的に難しいと考える政府が多いだろう。各国政府の国内政治的判断を考えれば、当然予想される傾向だと言える。

実際のところ、自動車がパーソナルモビリティの手段として世界で十億台以上使用されている現実、それを支える年間 200 兆円を超える新車の有効需要、その有効需要に基づき生産する市場経済の原則、等々を前提にすれば、何らかの強制的な政策的手段によって自動車の保有・使用パターンを大きく変えさせることは、現代の多くの民主国家では政治体制的にも困難であろう。加えて、新興国・発展途上国には、自動車を保有したいという潜在需要もいまだ大きい。保有台数や走行距離の低減については、交通教育など穏やかな政策を通じて消費者・生活者の意識変化を待つほかに、有効な手段は無いであろう。

この結果、自動車走行CO₂削減の現在の政策論は、もっぱら、③車両自体からの走行距離当たりCO₂発生量の削減（ $\bar{C} \downarrow$ ）に集中することになる。

③車両自体からの走行距離当たり CO₂ 発生量の削減（ $\bar{C} \downarrow$ ）という点から考えるなら、電気自動車（BEV）は、長期的には他の手段に比べて大きな優位性を持ちうる。すなわち、もしも発電において脱炭素化（化石燃料による火力発電のゼロ化）が達成され、かつ BEV の保有シェアが 100% になれば、自動車走行による CO₂ 発生総量は、保有台数や走行距離にかかわらず、理論的にはゼロになる。発電の脱炭素化が世界の他地域より進んでいる欧州が、BEV 推進論を強力に主張する論理的かつ戦略的な理由の一つはここにあると言えよう。

BEV オンリー論の問題点：しかし一方で、地球温暖化対策は待ったなしで 2020 年代の取組が決定的に重要だ（先送りは出来ない）との総論を妥当とするならば、BEV オンリー論は、この総論との整合性を欠く面があり、問題がある。いくつか列挙するなら以下の通りである。

- **保有シェアのタイムラグ問題**：前述のように、保有シェア上昇は新車販売・生産シェアの上昇に対して大きなタイムラグを伴う。2030 年までに電気自動車の新車販売・生産シェアが例えば 30% まで急拡大したとしても、2030 年における BEV の保有シェアは、なお 10% 程度に留まる。したがって、電気自動車だけに頼る自動車 CO₂ 削減策は、少なくとも 2020 年代においては限界があると言わざるを得ない。
- **商品力不足の問題**：電気自動車（BEV）は、再生可能エネルギーや原子力などの脱炭素的発電と組み合わせれば（また製造段階を別とするなら）、走行に伴う CO₂ 発生量をゼロに出来るという大きな利点を持つ。モーターが持つ加速性能や、電池の底面配置による重心の低さなど、魅力的な商品性も潜在している。しかし反面、現在主力のリチウムイオン電池のエネルギー密度不足による航続距離の限界、急速充電でも数十分以上かかる充電時間、ピーク利用時を想定した場合の急速充電ステーションの不足、電池の発火・爆発などの安全問題、電池の劣化問題（→中古車価格の下落）、電池価格の高さ、電池の原料供給逼迫等による変動費上昇リスク、

電池重量増加による車体重量の増加、高性能電気自動車の新車価格の高さなど、解決すべき課題は多い。これらが解決するまでは、電気自動車の商品力には限界がある。

- **需要に対する生産先行の問題**：このように、現在の BEV は、自動車による地球温暖化の問題解決の切り札として大きな将来性を持つが、課題も多く、当面の商品力には限界がある。実際、多くの政府が補助金政策等の BEV 購入支援策を拡大しているにもかかわらず、2020 年における BEV の世界市場シェアは（上昇傾向は著しいものの）2%台に留まった。こうした中で自動車メーカーが、製品市場に関する堅実な需要予測に基づかぬ形で、政府間で国際合意した政策目標や資本市場からの圧力などを根拠に BEV の生産拡大を先行させれば、結果として、① BEV 製品在庫の累積、②自動車メーカーによる安値販売やフリート販売の限界⁸、③需給マッチのための政府補助金累増による財政圧迫、④BEV の中古車価格低落によるさらなる商品力低下、などの事態が予想され、追加対策が必要になる。

自由市場経済において、以上の問題に対する根本的な解決案は、「世界市場の大半が受け入れる商品力の高い BEV の持続的開発」しかないであろう。2030 年代以降を含む超長期であればそれは可能だと筆者は期待する。しかし、これを前述の「地球温暖化にとって決定的に重要な 2020 年代」の 10 年間で達成することは難しい。しかも、前述の保有シェアのタイムラグもあり、政府の財政支援にも限界がある。

とすれば、少なくとも 2020 年代を含む相当な長期間における、「自動車走行による CO₂ 発生問題」に対する目的合理的な方策は、電気自動車生産への全面的依存ではなく、電気自動車だけでなくその他の有効で可能な手段を全て組み合わせた「総力戦」だ、との結論が導かれよう。

4. 保有シェアのタイムラグ再論—お風呂のアナロジー

超長期問題と長期問題を混同するな：ここまでで、分析ツール、基本概念、基本ロジックなどは出揃ったので、これらを用いて、次に前述の「BEV オンリー」論と「総力戦」論の有効性について比較検討を行うことにしよう。結論を先に述べるならば、最近の「BEV オンリー」論は、50 年単位の「超長期対策」の方向性としては恐らく間違っていないと筆者も考えるが、今後 10 年、20 年が決定的に重要とされる、地球温暖化問題の「長期対策」としては不十分である。

つまり、問題の本質は「超長期問題と長期問題の混同」にある。筆者は、「超長期」的には電気自動車の未来を信じる者であるが、これから 10 年程度の「長期」スパンにおいて、電気自動車の生産・販売シェアの上昇のみに集中する「BEV オンリー」の考え方は、目標達成と手段行使の間に時間的なずれがあり、その意味で時間的な混乱があると言わざるを得ない。

「お風呂」のアナロジー：まず、電気自動車に関して、前述の「保有シェア・タイムラグ問題」を再論する。繰り返すならば、すでに基本式 ($Y = U \cdot \bar{D} \cdot \bar{C}$) で示したように、自動車走行による

⁸ 自動車のフリート販売とは、レンタカー業者、政府機関、企業（社有車）などに対して、将来の買い戻し条件付きでまとまった数の自動車を販売することを指す。米国企業の米国市場でのフリート販売比率は 3 割とも言われる。自動車企業が当面の販売量を増やしたい時には便利な手段だが、販売価格が低く買取価格が高い傾向があるため、企業財務を圧迫するリスクも指摘される。

CO₂ 発生量 (Y) に直接的に影響を与えるのは、言うまでもなく自動車の新車生産台数ではなく保有台数 (U) である。つまり、BEV を含む低炭素自動車の生産・販売台数シェアは、自動車の保有台数の車種別構成に影響を与えることを通じて、CO₂ 発生量 (Y) に間接的に影響を与えるが、そこにはかなり大きなタイムラグが存在する。このメカニズムを以下、「お風呂のアナロジー」を用いて説明しよう。

端的に言えば、ある期間 t の期末における保有台数 (U_t) は、「その瞬間に地上で動いている(はずの) 自動車の数」というストック概念である。これに対し、期間あたりの新車の販売台数 (S_t) は、その期にそのストックに合流する車の流れであり、つまりフロー概念である。単純化のために輸出入や製品在庫増減をゼロと仮定するなら (ジャストインタイム閉鎖経済の仮定)、 t 期の新車生産台数 (P_t) はその期の新車販売台数 (S_t) に等しく、それは、①当期の保有台数増加 (ΔU_t) に貢献する新規・増車需要の部分と、②当期の廃車台数 (Z_t) を補う代替需要部分からなる。すなわち、

$$P_t = S_t = \Delta U_t + Z_t \dots (3)$$

書き換えれば、

$$\Delta U_t = S_t - Z_t \dots (4)$$

ある世帯において保有車両が0から1になれば「新規需要」、1以上の N から $N + 1$ になれば「増車需要」と呼ばれるが、いずれも、社会全体の保有台数 (ΔU_t) の増加に貢献するので、ここでは区別しない。他方、代替需要は、廃車台数 (Z_t) を補うものとする。したがって、ある世帯が車を買って替えても、売った車が中古車市場に流れれば、それは中古車供給の発生ではあるが、代替需要の発生ではない。日本や米国のような成熟した自動車市場では、新車市場に匹敵する規模の中古車市場があるが、本稿で見ているのは、あくまでも新車市場である⁹。

さて、以上のロジックは、視覚的には「お風呂のアナロジー」で説明できる (図 2)。すなわち、 t 期末のお風呂のお湯の量 (ストック) を保有台数 (U_t) とし、 t 期の蛇口からの流入量を新車販売台数 (S_t)、排水口等からのお湯の流出・蒸発を廃車台数 (Z_t) とみれば、お風呂の湯量の変化は、式(4)の通り「 $\Delta U_t = S_t - Z_t$ 」となる。

お風呂の湯温を早く下げること：また「お風呂のアナロジー」を使うと、「お湯の温度 = CO₂ 濃度」というもう一つのアナロジーに使うこともできる。つまり、地球温暖化問題の一因を大気中の CO₂ 濃度の高さとするなら、これを「お風呂の温度」と考え、蛇口から低温水 (BEV など低炭素車のシェアが高い当期販売 : S_t) を入れ、浴槽の高温水をできるだけ多く排水 (廃車 : Z_t) することによって、できるだけ早くお風呂の温度上昇を抑え、温度低下に持っていき、という問題設定である。

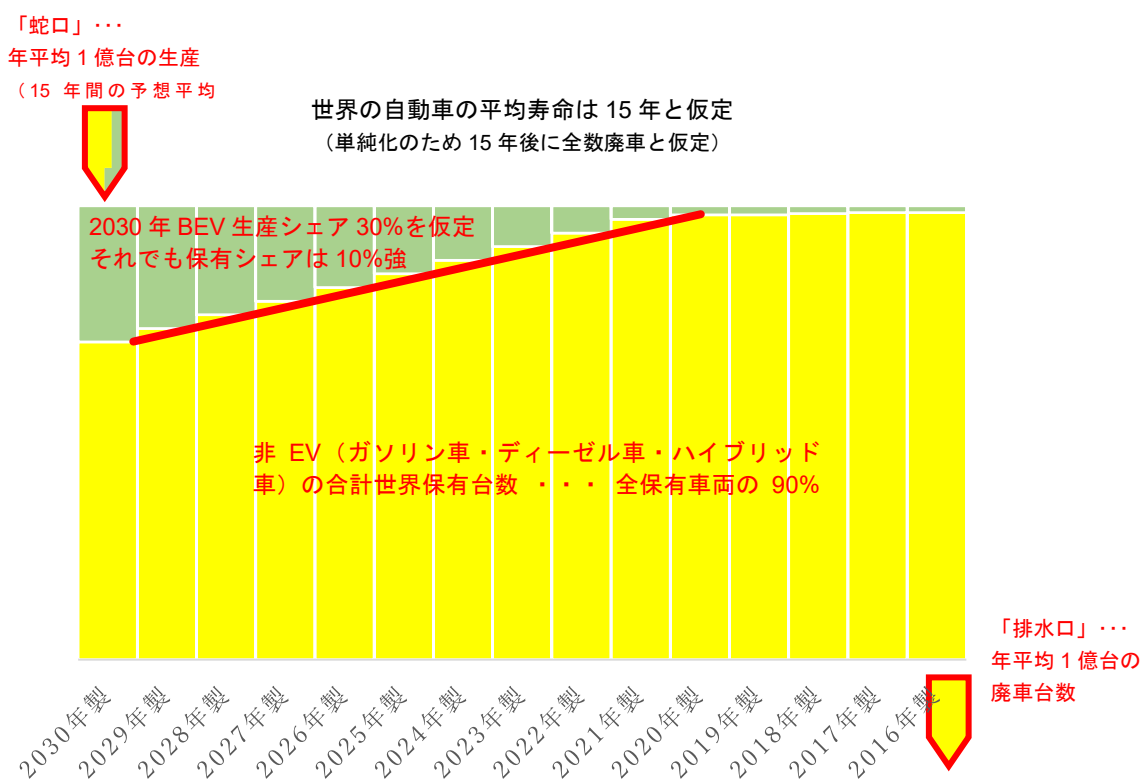
むしろ、高温すぎるお湯をできるだけ早く排水するのが、早期低温化の一つの手段である。しかし、現在の世界中の保有車両 (U_{wt} : 現在約 14 億台) に生活上の必需的な機能があるならば、いったん全ての高温すぎるお湯を抜いてしまう ($Z_{wt} > S_{wt}$; $\Delta U_{wt} < 0$; $U_{wt} \rightarrow 0$) といった荒療治は

⁹ 実際、保有台数の成長期 (例えば日本の 1970~80 年代) における自動車の新車需要台数の予測では、まず保有台数の増加 (ΔU_t) を、例えばロジスティック曲線やゴンペルツ曲線などの S 字曲線を用いて予測し、別に、自動車の寿命推定などから廃車の発生台数 (Z_t) を予測した上で、新車需要台数 (S_t) を「 $S_t = \Delta U_t + Z_t$ 」で予想するのが常道であった。

現実的でない。あくまでも、お湯の量 (U_{wt}) は安定的に保ちながら、湯温を下げていく必要がある。

以下、シンプルな仮定を置いた「お風呂」の数値例を図 2 (2次元) で説明する。まず、車の寿命が世界平均で約 15 年であること、2016 年～2030 年の世界の自動車保有台数 (U_{wt}) が平均 15 億台前後になるとの予測、そして、2016 年～2030 年の自動車の年間世界生産台数・販売台数 (S_{wt} あるいは P_{wt}) が約 1 億台との予測を踏まえ、図 2 のような単純化した「2030 年の保有台数モデル」考えてみよう。

図 2 電気自動車保有台数と「お風呂」のアナロジー



(目標は「お風呂」全体(保有台数)の「お湯の温度」をできるだけ速く下げること)

ここでは、ロジックの明確化という議論の目的から、モデルを単純化している。すなわち、保有車両は 15 年間使用され、15 年目の期末に一斉に廃棄され、年間の世界販売台数 (S_{wt}) は 1 億台で 15 年間不変とする。図では、「浴槽」は縦に 15 分割され、1 本が 1 年分の同年次車の保有 (1 億台) を示す。また廃車台数も年間 1 億台で不変、つまり、すべての新車需要は代替需要とする。

図 2 は、2030 年末の予想保有状況、つまり、2015 年次車が全て廃車で退出した瞬間を示している。仮定により、2030 年の世界保有台数 (U_{wt}) は 1 億台 \times 15 年の 15 億台で不変である ($S_{wt} = Z_t$; $\Delta U_t = 0$)。さらに、この 15 億台には本来、大中型トラックを含む商用車が含まれるはずであるが、ここでは議論の単純化のために、この 15 億台の保有車両は全て小型乗用車であるとの極端な単純化を行う。それでも現実の数字をある程度反映させたモデルだとはいえる。

一方、前述の「BEV オンリー論」の考え方に基づいて、電気自動車 (BEV) を唯一の低炭素自動車とみなし、その他の車種には CO_2 発生量の削減は起こらないとしよう。したがって、仮に非

BEV 車の燃費 (CO₂ 発生量) が 1km あたり 150g で不変とし、BEV のそれが (発電分を含め) 50g であるとするなら、BEV 1 台の販売 (非 BEV 1 台の廃車) ごとに 100g/km 分、したがって走行距離年間 1 万 km なら年間では約 100 万グラムつまり 1 トンの CO₂ 削減が可能と推定される。廃車は非 BEV 車が優先で、低温水 (BEV) は (物理法則には反するが) 浴槽の上層に残ると考える。以上が、大胆に単純化した「2030 年の保有車構成の浴槽型予測モデル」である。

保有シェアの台形・三角形計算：それでは、このモデルにおいて、2030 年の BEV のシェアはどのようになるだろうか。図 2 から明らかなように、この単純な概略計算のモデルでは、過去 15 年の各年の BEV 市場シェア (S_{Bt}/S_{Wt}) の累積的な結果、つまり面積が、 t 期末の BEV の保有シェア (U_{Bt}/U_{Wt}) に他ならない。従って、仮に、BEV のシェアが直線的に伸びると仮定するなら、2030 年末の BEV の保有台数 (U_{B15}) は、1 年目 (図では 2016 年次車) の BEV 販売数 (S_{B1}) を上底、15 年目 (図では 2030 年次車) の販売台数 (S_{B15}) を下底とする台形面積となる。すなわち、

$$U_{B15} = (S_{B1} + S_{B15}) \times 15 \div 2 \dots (5)$$

これをシェア換算するなら、対象期間を通じて年間の世界総販売台数 (S_{Wt}) は 1 億台、世界保有台数 ($U_{Wt} = 15 \times S_{Wt}$) は 15 億台で不変なので、BEV の保有シェア (U_{Bt}/U_{Wt}) は、

$$U_{Bt15}/U_{W15} = (S_{B1}/S_{W1} + S_{B15}/S_{W15}) \div 2 \dots (6)$$

つまり、単純に、1 年目の BEV シェア (S_{B1}/S_{W1}) と 15 年目の BEV シェア (S_{B15}/S_{W15}) を足して 2 で割ったものに等しい。

さらに、2016 年の BEV シェア (S_{B2016}/S_{W2016}) がほぼ 0% に近いことを勘案すれば、15 年後の 2030 年における BEV 保有シェアは、仮に直線成長モデルであれば、三角形の面積計算、つまり、 $U_{B2030}/U_{W2030} = (S_{B2030}/S_{W2030})/2$ となる。

つまり、仮に 2030 年の BEV 世界シェア (S_{B2030}/S_{W2030}) が、2021 年現在での強気予測と言える 30% (他の多くの予測では 10~20%) であったとしても、保有台数シェアはその半分の 15% である。さらに、図 2 でも示したように、実際の BEV シェアは、2016 年からのシェア直線上昇のトレンドから下方にずれており、したがって、BEV 保有台数がこの「三角形」の面積に達する可能性は低い。つまり実際には、 $U_{B2030}/U_{W2030} < (S_{B2030}/S_{W2030})/2$ となる。例えば上記の図 2 に基づく試算では、2030 年の BEV 新車生産・販売シェアを 30% とした場合でも、同年の BEV 保有シェアは 12% 台と試算される。

BEV 一辺倒では間に合わない：これが、保有シェアのタイムラグ問題である。むしろ、2030 年あるいはその後の BEV の販売台数や販売シェアを高めることは、1 台当たり CO₂ 発生量削減にとって極めて重要であり、企業も政府もその努力を続ける必要がある。しかしその場合も、「2030 年の BEV 保有シェアは新車生産・販売シェアの半分未満」というこの「保有シェア・タイムラグ問題」を、すべての産業人や政策決定者は念頭に置いておかなければならない。繰り返すなら、2021 年段階で最も強気な BEV 生産シェア目標である 30% が実現したとしてもなお、2020 年代の保有台数増が緩やかなものであると予測した場合、2030 年の地上を走る自動車の 90% 近くは、内燃機関を (原動機あるいは発電機として) 搭載した自動車になる可能性が高いのである。

なお、上記の式(5)(6)は、BEV 以外のタイプ、例えばハイブリッド車にもそのまま適用できる。例えば、日本市場ではハイブリッド車の販売シェアは 2010 年代からすでに 20% 台であるが、世界シェアは 3% 程度に留まっている。仮にこの世界シェアを、2030 年に、強気の数値である 30%（多くの予測では 10~20%）に上げることができたとしても、上式により、ハイブリッド車の世界保有シェアは 10% 台と推定すべきであろう。ちなみに、日本のハイブリッド車の保有シェアは、2020 年において既に 15% に達し、2030 年にはその生産シェアが 50% を超えるとの予測も出ている。本稿では、この「ハイブリッド車の 2030 年生産シェア 50%」を「急進ケース」のシナリオとして採用することにする（後述）。

いずれにしても、少なくとも地球温暖化対策にとって「決定的な 2020 年代」において、従来車・ハイブリッド車ともに、内燃機関の CO₂ 発生量低減のための技術革新が、地球温暖化問題対策として必須であることは、以上の分析からも容易に予想できよう。詳しくは次節の分析を参照されたい。

以上、要するに「保有シェア・タイムラグ問題」とは、自動車走行 CO₂ 問題に直接影響を与えるのは BEV など低炭素自動車の保有シェアであるにもかかわらず、より速報性の高い当期の新車販売シェアや新車生産シェアが注目されやすい、という現象を指す。例えばそれは、「BEV の生産シェアの増加が地球温暖化問題に即効的に効く」というある種の錯覚をもたらすかもしれない。むしろ、低炭素自動車の生産・販売シェアは地球温暖化抑制の重要な先行指標ではあるが、逆に言えば、効果には一定の遅れが伴うことを常に勘案しなければならないのである。

5. 主要車種別の CO₂ 削減貢献量の試算—「総力戦」の重要性

CO₂ 発生量低減貢献量の単純化モデル：以上の試算、つまり、2030 年においては内燃機関搭載車の保有シェアが 90% 近い可能性が高い、という予想をベースにして、2030 年における、対 2020 年の CO₂ 削減の車種別貢献量を試算してみよう。ここでも、目的は基本的な考え方を示すことであり、正確な予測ではない。よって、以下は粗い試算と考えていただきたい。また、本来は、トラック等も含む全車種の世界市場で議論すべきだが、トラックと乗用車の異質性を勘案して、とりあえずここでの計算は、諸データが比較的そろっている日本国内の乗用車保有について行う。

計算の目安として、図3を示す。この図も他の図と同様に、基本的な考え方と計算の簡略化のために作成したものである。

図3 2020~2030年の車種別CO₂削減貢献の試算

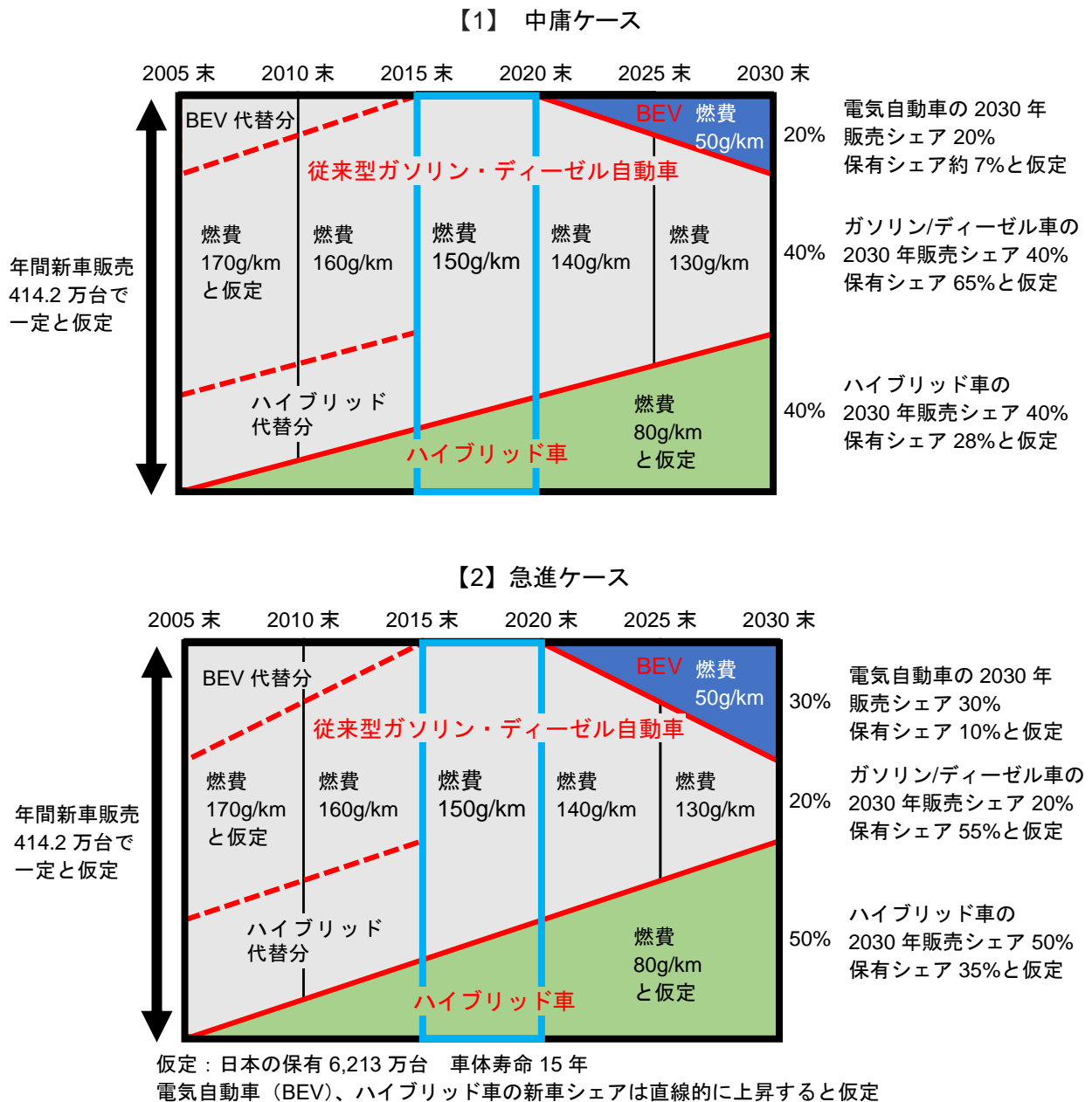


図2では世界の自動車保有台数を示したが、図3は日本国内の乗用車保有台数等を長方形の面積で示している。【1】は「中庸ケース」（2030年の新車シェアをBEV20%、HEV(ハイブリッド車)40%、従来型40%と仮定）、【2】は「急進ケース」（2030年の新車シェアをBEV30%、HEV50%、従来型20%と仮定）である¹⁰。

¹⁰ 以上の数値設定においては、例えば、2017年のIEAの予測（2030年にEVの生産シェア約10%、ハイブリッドを含む電動車全体の生産シェア予測が30%強；中庸的）、2021年7月のLMC Automotive社の予測（2030年のEV生産シェア予測は30%弱、電動車全体の生産シェア予測は50%強；急進的）、2020年1月発表のボストン・コンサルティング調査（2030年の世界と日本の電動車シェアを50%以上と予測）などを

「中庸」「急進」の仮定は、あくまでも一つの目安であるが、日本の乗用車では 2020 年段階で既に、海外に比べてハイブリッド車 (HEV) が相当に普及していること、BEV に関しては 2021 年段階での影響力のある機関の予測値の上限が 30%であることを考慮した。いわば、現実的な試算値の上限と下限のような意味合いを持たせて、この 2 シナリオを設定した。

いずれにせよ、本稿の目的は需要予測ではなく、ある命題の現実性の検討である。たとえば後述のように、「BEV だけでは 2030 年の自動車走行 CO₂ 削減目標の達成は不可能」との命題が、中庸ケースでも急進ケースでも成立するのであれば、その命題の妥当性は高いと本稿では考えるのである。

横軸は時間軸で、従前同様、車の寿命を 15 年と仮定し、2005 年～2030 年を 5 年刻みで示した。縦軸は年間販売台数で、これは単純化のため年間 414.2 万台で不変とする。したがって、過去 15 年分 (3 マス分) が保有台数であり、左側の 3 マス (15 年分) の面積が 2020 年の保有台数実績 (U_{J2020})、右側の 3 マスの面積が 2030 年の保有台数予測 (U_{J2030}) となる。いずれも約 6,200 万台で不変 ($U_{J2020} = U_{J2030} = 6,200$ 万) と、単純化のために仮定する。したがって、この期間のすべての新車需要は代替需要である。

この図を使って、2020 年代 (2021 年～2030 年) の新型車投入 (同数の旧型車廃車) によってもたらされる CO₂ 削減量を、概数として計算してみる。ここで「2020 年代を通じた CO₂ 削減」に貢献するのは、2020 年代、すなわち「貢献期間」の 10 年分の約 4,100 万台の新型自動車で、2030 年の保有台数の 3 分の 2 に相当する。図 3 の右側 2 マス分である。

この「貢献期間」の自動車によって代替され廃車となるのは、前述の一律 15 年の車両寿命を仮定するなら、2006 年～2015 年の 10 年間 (図 3 の左側の 2 マス)、すなわち「被代替期間」に販売された車両約 4,100 万台である。一方、2016～2020 年式の自動車 (図 3 の真ん中の 1 マス分) 約 2,000 万台は、2030 年においても代替されず保有車両として残存しているので、このいわば「旧車両残存期間 (2016～20 年)」の自動車は (単純化のため車両経年劣化による燃費低下は無いものとするなら) 今回の CO₂ 削減量計算には影響を与えない。

なお、新型車 (2021～30 年式) による旧型車 (2006～15 年式) の代替では、電気自動車やハイブリッド車から伝統型内燃機関自動車への「逆行代替」は発生しないものとする。つまり、伝統型車→伝統型車、伝統型車→ハイブリッド車、伝統型車→電気自動車、ハイブリッド車→ハイブリッド車といった代替は生じるが、ハイブリッド車→伝統型車、電気自動車→伝統型車の代替は生じないものとする。

以上を前提とするなら、2020 年の乗用車走行 CO₂ 総発生量の推定値は、基本式(1)、すなわち「 $Y = U \cdot \bar{D} \cdot \bar{C}$ 」に従って、6,200 万台×10,500km/年・台×約 150g/km≒1 億トン/年、となる¹¹。

これに対して、車種別分解式(2)、すなわち、 $Y = \sum_{i=1}^N (U_i \cdot \bar{D}_i \cdot \bar{C}_i)$ に従って、①電気自動車 (BEV)、②ハイブリッド車 (HEV、PHEV) 等の「その他電動車」、③伝統的ガソリン車・

参考にしてている。なお、日本におけるハイブリッド車の生産・販売は 1997 年に始まっているが、初期の生産量は比較的少なかったことを勘案し、2005 年をゼロとする近似値とした。実際の近似計算は台形計算となるべきだが、三角形計算でも大きな誤差はないと判断した。

¹¹ 2020 年における保有乗用車からの CO₂ 総発生量試算では、この時期の電気自動車保有台数は微小 (1%以下) なので無視するが、すでにハイブリッド車の保有台数は 10%台であったので、これはカウントする。

ディーゼル車に分けて、2030年のCO₂発生量の推定値 ($Y_i = U_i \cdot \bar{D}_i \cdot \bar{C}_i$) を試算する¹²。試算の根拠には、本稿の表 1 のデータ、および各種の追加データを用いる。そして、2020年の推定値と2030年の予測値の差が、「2020年代の新型車のCO₂削減貢献」として産出される。これを、前述の「中庸ケース」と「急進ケース」の2つについて試算するのである。

なお、年間走行距離も、2020年の推定値と同じ10,500km/年とする ($\bar{D}_{J2020} = \bar{D}_{J2030} = 10,500\text{km/年}$)。つまり、保有台数減、走行パターン改善によるCO₂発生量削減は、とりあえずないものとして話を単純化し、車両の1kmあたりCO₂発生量に話を集中する。

また、技術進歩による従来型ガソリン・ディーゼル自動車の燃費の向上については、2010年代半ばから2030年までに20~30%の燃費改善が可能とするSIP「革新的燃焼技術」プロジェクトの予想(後述)を参考にし、例えば、2006~2010年式の従来型の内燃機関自動車の平均燃費は170g/km、2011~15年式は160g/km、2016~20年式は150g/km、2021~25年式は140g/km、2026~30年式は130g/km、すなわち「5年で10g/km」のペースで燃費改善が進むものと想定する。この場合、ハイブリッド車の燃費を80g/kmと仮定するなら、2020年末の保有台数全体の燃費は約149g/km(ほぼ150g/km)となる。

2030年の電気自動車(BEV)：以上を前提に、2030年の保有自動車から発生するCO₂発生量を、パワートレインのタイプ別に推定してみよう。

まず「販売シェアに対する保有シェアのタイムラグ」を再確認する。すなわち、電気自動車の新車販売シェアが2020年の約1%から2030年に30%に高まるという「急進的なケース」(図3の【2】)でも、「保有シェアのタイムラグ」によって、2030年のBEV保有シェアはほぼ10%、2030年の電気自動車シェアを20%とする「中庸ケース」(図3の【1】)では7%に留まるという計算になる。

年間走行距離($\bar{D}_{BEV2030}$)は、航続距離の限界があり街乗り中心という現状から考えれば、実際には乗用車平均の約1万kmを下回る可能性が高いが、ここでは電気自動車の改良可能性も織り込んで、乗用車全体平均の10,500kmを採用する。

最後に、保有BEVの走行kmあたりCO₂発生量($\bar{C}_{BEV2030}$)は、発電ミックス次第でもあるが、日本における発電の脱炭素化進行の期待を込めて50g/kmとする。従って、仮にBEV販売が全て旧年式のガソリン・ディーゼル自動車(燃費160~170g/km)からの代替であるとするなら、BEVの新車販売1台ごとに、110g/km~120g/kmのCO₂削減貢献が見込める。

以上の仮定に基づき試算すると、2030年時点における、2020年に対する、BEVのCO₂発生量削減貢献($\Delta Y_{EV2030} = U_{EV2030} \cdot \bar{D}_{EV2030} \cdot \Delta \bar{C}_{EV2030}$)は、2030年のBEV新車シェア20%とする「中庸ケース」では約500万トン、同30%とする「急進ケース」では約700万トンとなる¹³。

¹² 「その他電動車」には燃料電池車(FCEV)も含まれ、とくに中大型のトラック・バスでは重要性が増すとみられるが、現状では台数予測は困難と考え、本稿では割愛した。

¹³ 「中庸ケース」の場合は、年間414.2万台の新車需要(一定)として、2020年代の前半5年、後半5年の合計、 $\{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 5\% \times 10,500\text{km/年} \times (170\text{g/km} - 50\text{g/km})\} + \{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 15\% \times 10,500\text{km/年} \times (160\text{g/km} - 50\text{g/km})\} \approx 489 \text{万トン}$ となる。「急進ケース」の場合は、同様に、 $\{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 7.5\% \times 10,500\text{km/年} \times (170\text{g/km} - 50\text{g/km})\} + \{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 22.5\% \times 10,500\text{km/年} \times (160\text{g/km} - 50\text{g/km})\} \approx 734 \text{万トン}$ となる。

2030年のハイブリッド車 (HEV) : 2020年の日本のハイブリッド乗用車の保有台数は928万台で、乗用車に占める保有シェアは約15%におよび、国際的に見てもこの比率は高い。マイルドハイブリッド車も含めるか否かでも違って来るが、2020年前後において、ハイブリッド車の新車シェアは既に30%前後となっている。

ここでは、電気自動車の場合と同様の考え方で、2030年のハイブリッドのシェアを40%とする「中庸ケース」と、50%とする「急進ケース」を設定し、いずれも、2005年を起点に、2030年までシェアが直線的に伸びるものと単純化して考える。

年間走行距離 (\bar{D}_{HV2030}) は、伝統車両と走行パターンに大きな違いがないことから乗用車全体平均の年間10,500kmを採用する。

ハイブリッド車の燃費は、これも走行距離などに影響されるが、これらも勘案して、平均80g/km (約30km/Lに相当) と仮定する。シリーズ・パラレル式ハイブリッド車の先駆的モデルであるトヨタ・プリウスのカタログ燃費は過去約20年間(4世代) ほぼ30km/Lで横ばいなので、ここでは慎重な仮定として、この80g/kmを対象期間全体において一律採用することにする。

以上を前提にすると、2020~30年式新型車による2006~15年式旧型車の代替のうち、「ハイブリッド→ハイブリッド」代替分の約300万台を除く「伝統型車→ハイブリッド」代替分は、図3の左側に示したように、「中庸ケース」で24%、「急進ケース」で30%である。よって、それが伝統型車を代替することによるCO₂削減量は、2030年ハイブリッド新車シェアを40%とする「中庸ケース」では約900万トン、50%とする「急進ケース」では約1,100万トンである¹⁴。

日本は特にハイブリッド車の生産・保有台数の多い国なので、この貢献度が世界全体にそのまま当てはまるわけではないが、少なくとも2020年代という、地球温暖化問題にとってクリティカルな期間において、ハイブリッド車のCO₂削減貢献量が(電気自動車の強気ケースと比べても)電気自動車のそれを上回る可能性が高いということは、注目すべき試算結果である。

2030年の低燃費ガソリン車・ディーゼル車 : 従来型の内燃機関自動車の平均CO₂発生量(g/km)は、当然、3タイプの中では最も大きい。半世紀にわたって燃費改善に取り組んできたのも事実である。これら従来車のCO₂削減貢献としては、廃車によって燃費の良いBEVやハイブリッド車に代替されることによる「退出効果」が大きい。これは、従来車を代替する次世代車(BEVやHEV)の代替効果と重複するので、ここではカウントしない。従って、従来型車のCO₂削減効果として本節でカウントするのは、「従来型車→従来型車」の代替需要において、燃費の良い新型ガソリン・ディーゼル車が、燃費の悪い旧型ガソリン・ディーゼル車に置き換わることによるCO₂削減である。

図3に戻ろう。2030年におけるガソリン・ディーゼル車の保有シェアは、2030年においてもなお、中庸ケースで65%、急進ケースでも55%ある。そのうち10年分、2021~30年式で「従来型車→従来型車」の代替が起こる。年間走行距離 (\bar{D}_{IC2030}) は、従前どおりの10,500kmを採用する。

¹⁴ ハイブリッド車の場合も、電気自動車と同様の考え方による。「中庸ケース」の場合は、2020年代の前半5年、後半5年の合計、 $\{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 24\% \times 10,500 \text{km/年} \times (170 \text{g/km} - 80 \text{g/km})\} + \{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 24\% \times 10,500 \text{km/年} \times (160 \text{g/km} - 80 \text{g/km})\} \approx 887 \text{万トン}$ となる。「急進ケース」の場合は、 $\{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 30\% \times 10,500 \text{km/年} \times (170 \text{g/km} - 80 \text{g/km})\} + \{414.2 \text{万台} \times 5 \text{年} \times 30\% \times 10,500 \text{km/年} \times (160 \text{g/km} - 80 \text{g/km})\} \approx 1,109 \text{万トン}$ となる。

それでは、被代替車両である 2006 年式～2015 年式の従来型車に比べて、改良された低燃費ガソリン・ディーゼル車は、どの程度の燃費改良があるか。一つの目安として、内閣府・JST が実施した前述の SIP「革新的燃焼技術」（2014～18 年度）は、燃焼改善・熱損失低減・廃棄エネルギー有効利用・機械摩擦損失低減などにより、2020 年代に内燃機関の燃費改善が 20～30% 可能と指摘している。仮に、2020 年代の新型ガソリン・ディーゼル車の投入によって、平均 15% の CO₂ 削減が、2020 年代の 10 年分（3 分の 2）の保有車両で可能になるならば、全体として 10 年で 10% 程度の燃費改善が可能かもしれない。

そこで、図 3 の単純化したモデルでは、従来型のガソリン・ディーゼル自動車の平均燃費は、2006～2010 年式が 170g/km、2011～15 年式が 160g/km、2016～20 年式が 150g/km、2021～25 年式が 140g/km、2026～30 年式が 130g/km と、5 年で 10g/km のペースで燃費改善が進むものと想定した。つまり、新型の低燃費車が 15 年前の旧型車を代替すれば、1 台当たりで 30g/km の CO₂ 発生量削減に貢献すると仮定した。

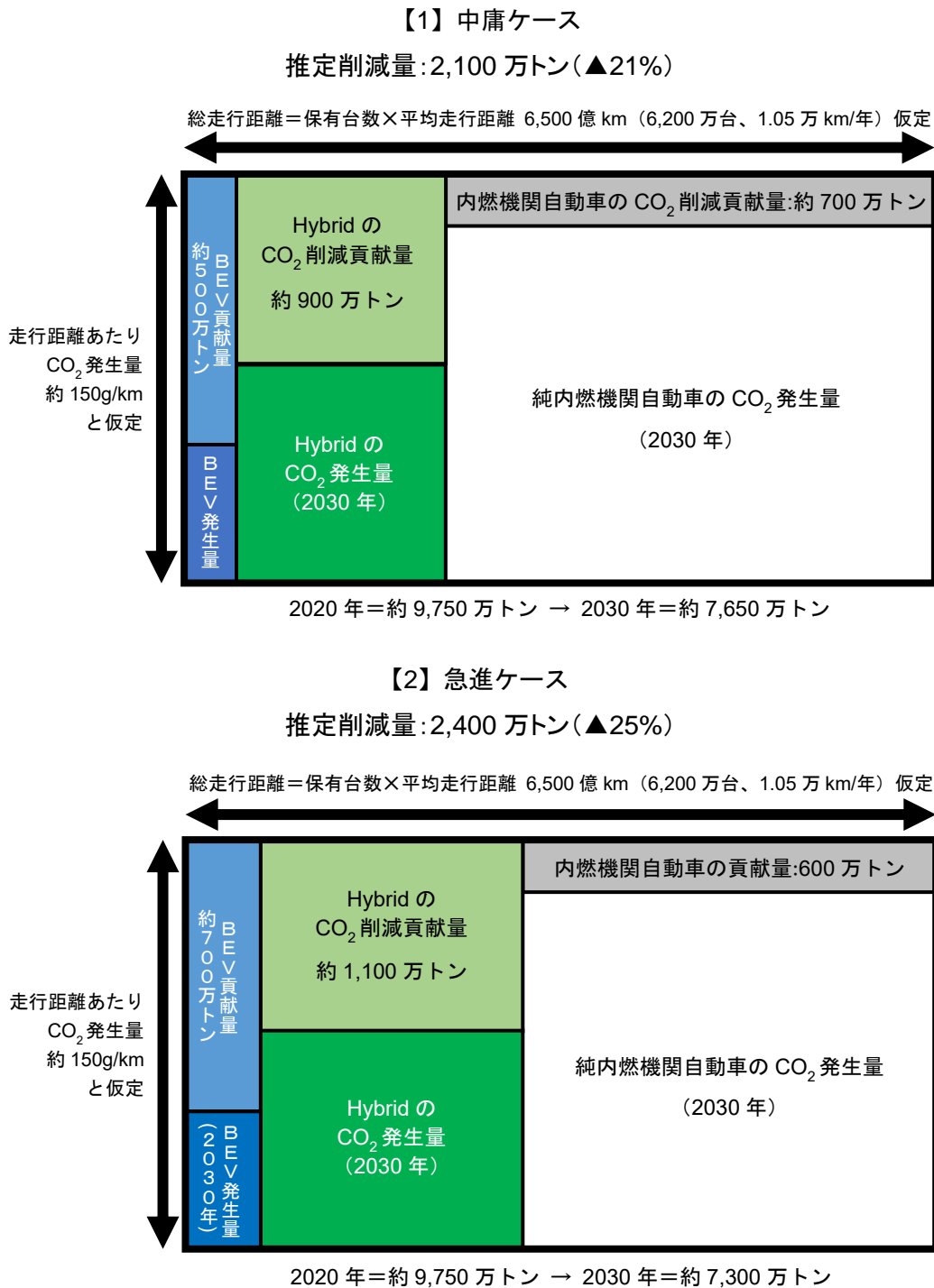
以上を総合するなら、新型ガソリン・ディーゼル自動車は旧型車を代替することによる CO₂ 削減総量、すなわち $\Delta Y_{ICV2030} = U_{ICV2030} \cdot \bar{D}_{ICV2030} \cdot \Delta \bar{C}_{ICV2030}$ は、2030 年の電気自動車新車シェア 20%、ハイブリッド車シェア 40% の「中庸ケース」では約 700 万トン、電気自動車 30%、ハイブリッド車 50% の「急進ケース」では約 600 万トン となる¹⁵。

このように、内燃機関の燃費改善の技術革新が継続すると仮定するなら、2020 年代における従来型のガソリン・ディーゼル自動車の CO₂ 発生量削減貢献は、電気自動車のそれと遜色ないものであり得る。逆に、そうした内燃機関の技術進歩が止まり、2020 年代における燃費改善が 15 年前と比べゼロであるなら、その CO₂ 発生量改善貢献量もゼロになってしまうわけである。

¹⁵ 2020 年代の 10 年間、30g/km の CO₂ 削減の貢献が続くものとして、「中庸ケース」の場合は、414.2 万台 × 10 年 × 58% × 10,500km/年 × 30g/km ≒ 757 万トン となる。「急進ケース」の場合は、同様に、414.2 万台 × 10 年 × 45% × 10,500km/年 × 30g/km ≒ 587 万トン となる。

CO₂削減貢献の全体像—BEV だけでは不十分：以上を合計すると、2020 年代における自動車走行 CO₂発生量削減の基本的な見取り図は、**図 4** のように総括できる。

図 4 日本の乗用車走行による CO₂削減推定量の試算—中庸ケースと急進ケース



中庸ケース：2020 年に比べ、2030 年においては、①BEV の貢献が年間約 500 万トン、ハイブリッド車が約 900 万トン、従来型ガソリン・ディーゼル自動車約 700 万トン、合計約 2,100 万トンの CO₂削減量が概算値として算出される。これは、2020 年前後における日本の乗用車走行の CO₂発生量（政府試算）である 9,750 万トンに比べて約 21%の CO₂削減である。この試算の前提条件では、電気自動車の CO₂削減貢献は確かに重要だが、従来型車の燃費改善による CO₂削減貢献も同等

に重要で、BEVに匹敵、あるいはそれを上回る貢献をする可能性が示唆される。

急進ケース：同様に、2020年に比べ、2030年においては、①BEVの貢献が年間約700万トン、ハイブリッド車が約1,100万トン、従来型ガソリン・ディーゼル自動車が約600万トン、合計約2,400万トン、率にして25%のCO₂削減量が算出される。現状の電気自動車の商品力や有効需要の限界を考えると、この「急進ケース」の達成は、かなり大きな企業努力や政府支援なしでは達成は容易でないと筆者は判断するが、確かにこの急進ケースでは、BEVの貢献は大きくなる。しかしそれでもBEVによるCO₂削減率は10%にも届かず、削減目標である20%台には全く届かない¹⁶。

繰り返すが、以上の試算は、あくまでも単純化した仮定（例えば、保有台数不変、車齢一律15年、直線的シェア変化など）に基づく暫定的な計算例であり、前提条件のさらなる吟味や予測精度の向上は今後の課題である。

なお、日本政府がパリ協定対応で作成したCO₂削減の対策計画（2016年5月）でも、2030年の運輸部門の発生量目標は1.63億トンで、2020年値の2.1億トンの約2割減というペースになる。2030年までの日本の輸送部門のCO₂削減目標が約2割という数字が、国際公約として十分か不十分かは別の議論となるが、結果としては前述の「中庸ケース」と「急進ケース」の試算値は、大まかにはこの「2割減」という政府目標値に近いことがわかる。

いずれにせよ、上記3タイプの次世代車（BEV、その他電動車、低燃費ガソリン・ディーゼル車）の燃費改善のCO₂削減貢献を総動員すれば、2021~30年の間に日本の乗用車（保有約6,200万台）から発生するCO₂を20%以上削減することは不可能ではないこと、しかしそれはBEVだけでは達成不可能であること、この大枠の結論は、「中庸ケース」でも「急進ケース」でも変わらない。

なお、自動車部門のCO₂発生量の大きな部分を占める商用車、特に従来型大型トラック・バスのCO₂発生量は従来型乗用車の3倍以上とされ、またその燃費改善は、乗用車に比べてもさらに難しいと言われる。ところが地球温暖化問題に関する論説や報道では、商用車の議論が過小であり、自動車＝乗用車であるかのごとき議論が多い。言論界においては「乗用車が自動車の象徴」ということだろうが、地球温暖化問題を真剣に論じるのであれば、自動車走行のCO₂排出の半分近くを占める商用車のCO₂削減問題を避けて通ることはできない。ちなみに、日本企業の乗用車の世界市場シェア（台数）は約3割だが、大型商用車では1割以下であり、海外企業のシェアがその分だけ大きいことを指摘しておく。また、大中型トラックの世界市場は成長しており、既にその約8割を新興国（北米・西欧・日本以外）が占めている。

小括—なぜ「総力戦」が必要か：以上の概括的な試算によっても示唆されたように、少なくとも2020年代という、地球温暖化対策にとって極めてクリティカルな時期において、自動車走行部門の地球温暖化対策として最低限の目標（例えば乗用車で2030年までに2割以上のCO₂削減）の達成には、電気自動車の貢献（10%未満；1,000万トン未満）だけでは不可能であり、あらゆる次世代車や従来型ガソリン車・ディーゼル車の燃費改良も含めた「総力戦」が必要である。言い換え

¹⁶ 2021年段階での日本政府の公式見解は、2021年1月18日の首相施政方針演説における「2035年までに電動車（BEV、FCEV、HEV、PHEVの合計）100%」であるが、本稿の図3の【2】でもわかるように、仮にこの「急進ケース」の勢いで「総力戦」の努力が続けば、2035年の乗用車新車市場で「BEVを含む電動車100%」の可能性は十分にあると考えられる。

ば、乗用車領域における CO₂ 発生量の 20% 台の削減という政府目標の達成は、「電気自動車なしでは無理だが、電気自動車だけでも無理」ということである。

このことを概略的に時系列で示したのが図 5 である。横軸は年、縦軸は自動車からの年間 CO₂ 発生量である。図 5 では、本稿の分析の流れに従い、日本の乗用車からの CO₂ 発生量（図 4 の急進ケースの場合）を示しているが、他の国や車種でも同様の分析は出来る。

図 5 年間 CO₂ 発生量の削減軌道

－ 「BEV オンリー」と「総力戦」の比較（急進ケースの場合）－

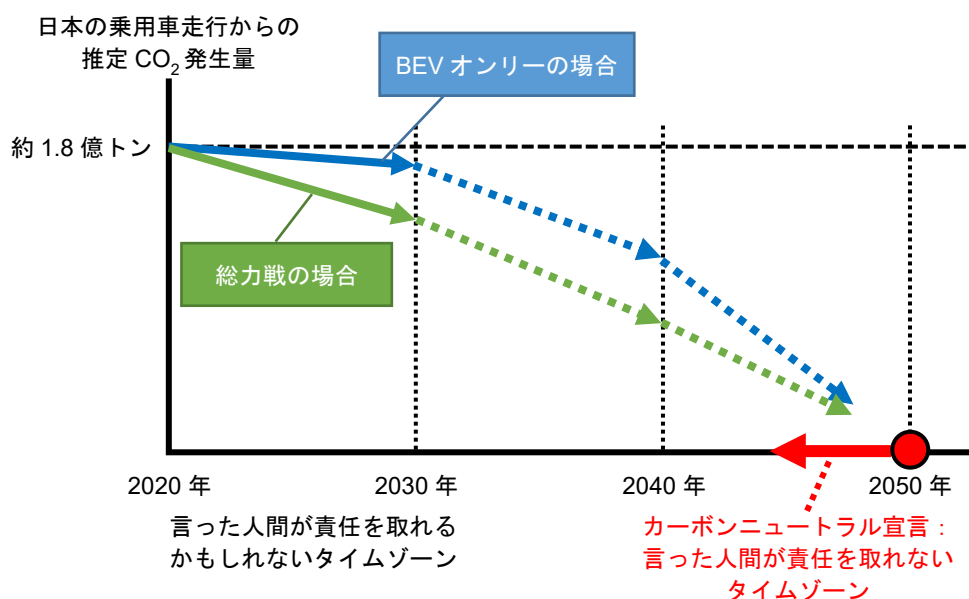


図 4 の試算値からも明らかなように、BEV 普及による CO₂ 発生量削減のみに頼るプランでは、少なくとも 2020 年代、国の事実上の削減目標（2020 年比で 20% 以上の削減）は全く不可能である。仮に、最近、多くの国が超長期目標としてピンポイントで言明している「2050 年カーボンニュートラル達成」等々の約束が実現し、その時点で自動車からの CO₂ 発生量がゼロになるとしても、そこまでの経路は「電気自動車オンリー」と「総動員（総力戦）」とでは大きく異なることが分かる。

ここで重要なことは、地球温暖化対策として重要なのは、人間活動による CO₂ 発生の累積量の削減だということである。仮に、20X0 年に自動車走行からの（あるいは LCA 基準での）年間発生量がゼロになったとしても、そこに至るまでの CO₂ 排出量の軌道が「先送り」的な上に凸の軌道であるなら、その間に生じる気候変動問題の深刻さは大きく異なってくる可能性がある。

その意味では、2021 年の COP 会議の前後に多発した各国政府による「〇〇年までにカーボンニュートラル実現」といった宣言は、発言者の責任期間を超えたあまりに超長期の約束であるため、実現性の十分な担保がない。そこに至るバックキャスト的なロードマップが直近の 2020 年代についても示されない限り、「国際世論を気にした各国による言いつ放し競争」との印象は免れない。

むしろ「〇〇年までにカーボンニュートラル」宣言自体は努力目標として有益でありうるが、それは、直近の「決定的に重要な 2020 年代」に関する有効な手段ミックスとセットで提示されない限り、問題の先送りともなりかねない。現有の各国政策決定者にとって、等しく重要なのは、当面

の 2020 年代における具体的な CO₂ の累積発生量の低減である。そしてそのためには、BEV の普及は必須だが、それだけでは全く足りないのである。

本稿において、2020 年代の自動車 CO₂ 削減策の基本は「電気自動車普及のみに依存（BEV オンリー）」ではなく、「電気自動車を含む削減手段を総動員する総力戦」とであると主張する数値的な根拠は以上である。要するに、BEV 車の改良と普及促進や発電の低炭素化はもちろん重要だが、それに加えて、非 BEV 車の低燃費化・CO₂ 排出量低減などの努力も、少なくとも 2020～2030 年代においては極めて重要なのである。

6 「BEV オンリー論」の誤謬 —錯覚と短絡—

地球温暖化対策の目的・目標・手段：以上のように、地球温暖化問題に対して、電気自動車は、世界中で十数億台に達する自動車の走行から発生する二酸化炭素を削減させるための有力な手段として期待されるが、少なくとも、地球温暖化問題に関して決定的に重要と言われる 2020 年代において、電気自動車の普及のみで、最低限必要とされる CO₂ の削減目標、例えば日本の乗用車走行であれば現在推定約 1 億トンとされる排出量の 20%以上（2,000 万トン以上）を削減することは不可能であることを、本稿では単純化した諸仮定を置いた概算で示した。すなわち、目標達成は、電気自動車無しでは難しいが、電気自動車だけでも難しい、という結論であった。

そもそも地球温暖化問題とは、地球の大気中の温室効果ガスの密度上昇によって地球規模で気温が上昇することで、異常気象、海面上昇など人間や生態系に悪影響を及ぼす、という 21 世紀のグローバル問題である。したがってその解決手段は、地球上のあらゆる人間活動から発生する温室効果ガスの年間総量をできるだけ早く削減していくことであり、その約 2 割を占める自動車の生産や走行に伴う CO₂ 発生総量削減の取組も、当然、重要な一翼を担う。つまり、自動車セクターに課された目標は、まずもって二酸化炭素発生量の削減であり、これを、可能なあらゆる手段を用いて達成していくことである。この「目的＝CO₂ 発生総量の削減」という論点は極めて自明であろう。

ところが、現在、多くの国際会議や国際的な論説で発言力を増しているのは、電気自動車（BEV）のみを自動車走行から発生する温室効果ガス削減のための有効な手段として強調し、極端なケースでは、BEV のみを「積極的な善い手段」とし、その他の手段を全て「消極的な悪い手段」と決めつけるような性急な価値判断、あるいは政治的思惑を含むような言説も見られる。本稿ではこれを「BEV オンリー論」と呼んでいる。したがってまず、なぜこのような言説が影響力を持つのかについて、多面的な分析を試みる必要がある。

ここでは、「錯覚」と「策略」という 2 つの側面からこの言説問題を考えてみよう。「錯覚」は思考の過誤であり、「策略」は、そうした錯覚の意図的・政治的な利用に関わる。

目的と手段の混同：この点は既に本稿の冒頭で示したので多くは繰り返さないが、地球温暖化問題において、各国・各セクターが共有すべき基本目標が「各国・各セクターからの温室効果ガスの発生量の早期削減」であることは明らかであり、それに対して有効となり得る補完的な手段は全て試みる、というのが、こうした重要な長期問題に対する常識的なアプローチであろう。

これに対して、長期的に技術的・市場的・環境的な不確実性が存在する中で、特定の技術手段、例えば BEV のみに手段を集中し、それのみを正当化し、他の手段を否定するという考え方は、一

一般的な問題解決のロジックとしても目的合理性に欠ける。逆に言えば、なぜ、地球温暖化問題が不確実性を伴いつつ進行中の現在に、自動車走行におけるその対策の手段として BEV に集中せよという議論が出てくるのかは、やや理解に苦しむ。

逆に言うならば、BEV オンリー論が目的合理性を持つためには、(i) BEV が自動車走行 CO₂ 発生量削減の唯一の最善手段であることが確定していること、(ii) その大量生産・大量販売を妨げる障害が無いこと、(iii) 価格・性能・商品性などの面からも BEV への移行を支える有効需要が十分に存在すること、少なくとも以上 3 要件を満たす必要がある。これらの条件を満たすならば、BEV はこの問題の早期解決のための唯一のベスト・ソリューションとなり、量産技術も製品市場もそれを支持しているのであるから、BEV オンリー論が目的合理的である。

しかし現状においては、BEV はコスト・性能・商品性の全てにおいて、解決すべき課題をいくつか抱えている。実際、その有効需要は 2020 年においてもまだ世界市場の 2% 程度であり、それすらも相当な政府補助金で生産に対する有効需要の過小分を埋め合わせている状況である。そもそも、各国の発電構成によっては、BEV が他の電動車などに対して CO₂ 発生量最少の手段であるとも限らない。

したがって、少なくともこうした状況にある 2020 年代初頭において、手段の側から「BEV オンリー」という制約を課すのは、端的に言って「目的と手段の混同」あるいは「手段を目的視する錯覚」という他は無からう。

生産増と保有増に関する時間的錯覚：自動車走行による CO₂ 発生総量に直接影響を与えるのは (1 台当たり年間走行距離を所与とするなら)、燃費の良い自動車の保有台数シェアである。繰り返し述べたように、自動車のように稼働年数の長い製品の場合、生産シェア拡大と保有シェア拡大の間には大きなタイムラグがある。したがって、例えば 2020 年代にかなりのペースで (例えば 2030 年に 30%) BEV の生産シェアを高めたとしても、同じ 2020 年代中に、保有シェアを地球温暖化防止にとって十分な水準 (例えば 2030 年に 30%) に高めることは出来ない。BEV 普及のみに集中することによる CO₂ 排出量削減策 (BEV オンリー論) は、21 世紀中盤に及ぶ「超長期」においては有望なソリューションであるかもしれないが、2030 年代までの「長期」においては不十分であり、前述のように、他の方策によって補完される必要がある。

このように、保有シェアと生産シェアの関係に関する一種の錯覚は、「長期成果 (2020 年代) と超長期成果 (21 世紀前半) の混同」という、もう一つの錯覚につながるのである。

生産増と販売増に関する因果的錯覚：とはいえ、「BEV 新車生産シェアの拡大^{time lag}→BEV 保有シェアの拡大→自動車走行 CO₂ 発生量減少」という因果関係の連鎖は、タイムラグは伴いつつも存在する。したがって政府当局などが「まず企業に BEV 新車生産シェアの拡大を呼びかけ、相応の支援を行う」という、BEV 生産拡大支援政策を実施することには一定の正当性がある。

しかし注意すべきは、この因果仮説は、正確に言うなら「BEV 新車生産シェアの拡大→BEV 新車販売シェアの拡大^{time lag}→稼働 BEV の保有シェアの拡大→自動車走行 CO₂ 発生量減少」という連鎖だということである。つまり、ここに「新車生産台数と新車販売台数の同一視」というもう一つの錯覚があり得る、ということである。

ここで、保有台数には「存在車両台数」と「稼働車両台数」という二つの側面があることを指摘

しておく。確かに、自動車メーカーの BEV の生産台数が増えれば、地上に物的に存在する自動車の「存在車両台数」はその分だけ増える。しかし、地上にモノとして存在する「存在車両台数」と、実際に稼働しモビリティ機能を発揮している「稼働車両台数」は、同じとは限らない。そして、CO₂ は自動車の稼働から発生するのだから、「自動車走行 CO₂ 発生量減少」に直接的に影響を与えるのは「稼働車両台数」であり、「存在車両台数」ではない。また、「稼働車両台数」をより直接的に決めるのは、メーカーの意思を反映する新車生産台数ではなく、稼働者であるユーザーの意思を反映する新車販売台数である。

したがって、より直接的な因果連鎖は、「BEV 新車販売シェアの拡大 → 稼働 BEV 保有シェアの拡大 → 自動車走行 CO₂ 発生量減少」である。

補足説明をする。社会には所与の自動車移動（稼働）ニーズがあり、また前述のように保有台数は一定であり、よって新車需要＝代替需要である、という単純な仮定を置くとしよう。この場合、燃費の悪い旧式の稼働保有車を代替・退出させられるのは、新たに「稼働車両台数」に加わる BEV の新車販売である。一方、生産はされたが販売されず製品在庫として存在する BEV は、「存在車両台数」にはカウントされるが、「稼働車両台数」には含まれない。従って、社会の自動車移動ニーズを所与とするなら、旧式の稼働車両の代替によって CO₂ 発生量削減に（間接的に）影響を与えるのは、正確に言えば、新車生産台数（→存在車両台数）ではなく、新車販売台数（→稼働車両台数）である。

それでは、この因果関係において、BEV 新車の生産台数増加には、どのような意味があるだろうか。ここには、需要が先か供給が先かという、J.M.ケインズ以来の経済学の根源的な議論が関わりますが、とりあえず、需要先行・供給先行の2つの観点から、2つの因果関係を想定しよう。

第1は、所与の製品の有効需要が、企業の需要予測・受注実績・生産計画を経て生産量を決めるという「需要先行」モデルで、市場経済を前提とする現代の経済学や産業慣行は、概ねこちらの流れを前提にする。すなわち、「BEV 有効需要の拡大 → BEV 新車生産シェアの拡大 → BEV 新車販売シェアの拡大 → 稼働 BEV 保有シェアの拡大 → 自動車走行 CO₂ 発生量減少」という経路で、BEV の実需を反映した生産と販売が行われる。この場合、生産シェアと販売シェアは収斂化に向かうだろう。また、このモデルで BEV が順調に普及するためには、第1に BEV 自体の商品力向上と価格低下、第2にユーザーの意識変革・行動変容による BEV 購買性向のアップといった、より根源的な BEV 有効需要創出が必須である。

第2は、何らかの外生的な影響で生産目標が先行し、後から顕在化する有効需要や需要予測とのギャップを埋めるために事後的な需給調整が行われる「生産先行」モデルである。古くはソ連型の計画経済がこれだが、慢性的な供給不足と需給調整の欠如を特徴とし、J. コルナイ（Kornai 1980）はこれを「吸引」経済と呼んだ。自由市場経済の民間企業においても、例えばライバル企業を販売シェアで追い抜けそうな局面で、経営判断で需要予測に基づかぬ無理な「追い抜き」生産計画をたて、結局、需要不足で製品在庫が積みあがり生産調整で終わる、といったケースはしばしば見られる。

この枠組から見ると、2020年代の BEV 生産は「生産先行モデル」になる可能性が高く、要注意である。すなわち、有効需要に基づく生産計画というよりは、地球温暖化問題の緊急性認識を背景とした政府間の国際的な BEV 増産の公約（例えば COP 会議での取り決め）、あるいは国内外世論

のプレッシャーといった外生要因が先行し、そこから逆算して各国産業・企業の生産目標が宣言される。その後から顕在化する有効需要量が不足するなら、需要不足を圧縮するための政府の補助金や税制によるユーザー支援策・メーカー支援策が注入される。2020年代は、このような外生要因による生産目標先行の傾向が強まると予想される、

しかしながら、BEVを取りまく現在の状況を総合的に勘案するなら、①BEVの有効需要量の拡大（そのためのBEVの商品力向上と価格低下）が首尾よく進まず、②外生的な生産目標と有効需要量のギャップが年々拡大し、③政府は補助金等の支援策を拡大するが財政的に支えきれず、BEV支援策は頓挫、④支援を失ったBEVの有効需要はさらに縮小し供給過剰がさらに拡大、⑤製品在庫が累積したメーカーは生産調整に入り生産目標は結局未達、という悪いシナリオとその対策準備も、想定のうちに入れておく必要があるかもしれない¹⁷。

結局、BEVの迅速かつ健全な普及にとって根本的な解決策は、「需要先行」モデルに立ち戻って、BEV自体の機能性・商品性向上と顧客の意識・行動変容によって、その有効需要を自然な形で拡大することである。「生産が増えれば需要も増える」というのは因果的錯覚である。また、事後的に有効需要不足を補う「生産先行」モデルも、自動車のような巨大産業の支援策としては財政的に限界がある。

BEVの商品力向上とその課題：それでは、国際合意など外生要因に影響されたBEVの生産台数目標は、実際に達成可能なのだろうか。一般に、生産数量目標に対して販売数量実績が不足となるのは、生産制約と需要制約の2つのケースである：

- (i) **生産制約**：所要資材不足・生産能力不足・稼働停止などの生産制約によって生産目標に生産実績が追いつかない場合。BEVの場合、車体系は従来型車の生産設備やサプライチェーンが使えるので制約は大きくないが、リチウムイオン電池の原料（リチウム、コバルトなど）が供給不足・価格高騰となるリスクは常に指摘される。
- (ii) **需要制約**：有効需要自体が生産量を下回り、製品在庫増加・生産調整により生産目標が未達となる場合。BEVの商品力は、使用・走行条件によっても変化するが、以下の問題が指摘される。
 - 電池のエネルギー密度不足による航続距離の不足（特にエアコン等使用時）
 - 充電時間の長さ（現状では普通充電で数時間、急速充電でも20～30分以上。充電スタンド不足）
 - 安全性（特にエネルギー密度の高い電極の発火。海外では電池の発火事故が多発。消火困難）
 - 電池の経年劣化（充電回数に従い性能低下・航続距離減少。メーカーは保証・無償交換リスク）

¹⁷ 2021年現在、比較的急進的なBEV普及シナリオで使われることが多い「2030年のBEV新車販売シェア30%」という目標も、客観的な情勢を見る限り、欧州や中国は別としても、世界市場全体でこれを達成することは容易ではない。アジア・アフリカ等の新興国はBEVインフラが急速には整わず、アメリカも2020年代半ばに共和党政権の可能性があればBEV普及策の先行きは不透明となる。また、どの国であっても補助金財源不足の問題が顕在化する可能性は高い。顧客需要に応じて生産量を決める傾向のある日本でも、「2030年にBEV30%」は、2020年に約1%という実需の現状を見る限り、達成は決して容易ではない。

- 電池・車両価格の高さ（電池等、変動費部分が大きく、量産によるコストダウンに限界）

これらの問題は、時と共に解決の方向に向かうと期待されるが、時間のかかるものもある。例えば、電池のエネルギー密度向上は、現在主流のリチウムイオン電池では限界があり、また同電池は既にいわゆる S 字カーブの上部に達しているため、今後の密度向上の余地はあまり大きくない。次世代の有力候補である全固体電池も、エネルギー密度の高いタイプは安全性確保に時間がかかり、その本格的な普及は 2030 年前後になるかもしれない。革新型バッテリーはさらにその先、2030 年代になるだろう¹⁸。

また、これらの課題の間には厄介な相互依存関係もありうる。例えば、上述のように現在のリチウムイオン電池のエネルギー密度では、大量の電池を搭載しない限り、エアコン等を使用した状態での数百 km の長距離走行は難しいが、大量の電池を搭載すれば、車重は 2 トンを超え、急速充電でも充電時間は数十分以上となり、電池発火のリスクも増え、電池劣化による経済リスクも増え、そもそも電池のコストが高くなる。

地域や国ごとのユーザーの走行慣行の影響も考慮すべきである。例えば、日本の大都市圏の住民にとっては、現在の BEV でも、日常の通勤や用足しであれば、既に十分な航続距離が確保されているかもしれないが、時々ある長距離ドライブ時が鬼門である。行楽シーズンの週末やゴールデン・ウィークや正月・お盆休みなどに帰省などで各世帯が一斉に動き、大渋滞が繰り返されるのが日本の乗用車の長距離走行の典型的パターンであるが、このパターンでは、上記の交通集中日の高速道路サービスエリアの急速充電スタンドに BEV が殺到する。相当な数のスタンドを並べないと、数時間の充電待ちなどということになりかねない。こうした経験が年に 1 回か 2 回あるだけでも、このパターンで運転をするユーザー世帯は、BEV を敬遠するだろう。かくして、年間の運転行動の変容も必要になるかもしれない。

これに関連して、電力供給システムの改変も必須であろう。平均的に言えば、電気自動車によって（もともと電力供給不安のある新興国・発展途上国は別として）、深刻な電力供給不足が起こることはない予想されるが、上記のように、交通集中日の充電集中により大きな瞬間電力需要が発生し得るので、瞬間的に電力供給不足のリスクはある。十分な規模の柔軟な発電・蓄電システムが必要である。

このように、BEV の機能・性能・商品力アップは目覚ましいものの、BEV 保有による日常的なストレスは解消しておらず、時間をかけて問題を解決していく必要がある。しかし、こうした BEV の商品力の改善が、仮に直線的には進まず、他方で BEV の生産目標は直線的に（例えば 2030 年 30% に向けて）伸びていく場合、そこには生産と需要の乖離が生じる恐れがある。自動車企業の製品在庫対応に限界がある以上、政府の補助金などによる主に価格面の商品力アップが必要になるが、BEV 産業のような巨大産業の需要下支えとなれば政府の財政負担にも限界がある。補助金が不足となれば、企業は生産調整を行う他なく、生産目標は未達となる。

要するに、現在、政府の公約などで示唆されている直線的かつ急進的な EV 生産台数増の目標が達成できるかどうかは、BEV の商品力がこれを支えるペースで向上するか否かにかかっていると見えよう。その達成は、不可能ではないが容易でもない。

¹⁸ 電池産業の現状と将来については佐藤(2020)を見よ。

BEV 生産台数で先行する中国で、BEV 生産企業が族生していることから分かるように、単に走行可能な BEV を開発・生産することは、内燃機関自動車を開発・生産できる企業にとっては難しいことではない。しかし、現状でまだまだ難しいのは、「顧客を魅了する BEV」を開発・生産することである。短距離走行の街乗り用途の小型 EV などとすれば、顧客にストレスを与えない長距離高速移動可能な EV の実現は、次世代電池の開発を含め、2030 年代前後におよぶ長期勝負だというのが、筆者の見通しであり、専門家の間でも多く聞かれる見解である。

「生産台数」の象徴性・政治性・速報性：ここで、BEV 販売の実態と生産目標について復習しておこう。2020 年の BEV 新車販売シェアは全世界で約 2%、支援策が強力な中国で約 4%（世界の BEV 販売台数の約半分を占める）、次いで BEV 支援政策が手厚い欧州が約 3%、米国が平均的で約 2%、支援策が強くない（市場の自然な傾向を反映しやすい）日本では約 1%であった。一方、2030 年の BEV 新車生産シェア予想（目標）は、2018 年の IEA 予想では「2030 年に約 10%」であったが、2021 年には「2030 年に 30%」という強気の目標（例えば 2021 年 7 月の LMC Automotive 社の予測）も登場している。これを実現するためには、電気自動車生産ラインや電池生産ラインの増設、さらに電池燃料の確保など、相当な企業努力が要求される。

確かに BEV の改良は近年目覚ましく、その販売シェアも顕著な上昇傾向にある。しかしそれでも、2018～2021 年のわずか 3 年の間に、3 倍もの生産シェア予想アップの根拠となるような BEV の画期的な商品力アップ・価格低減に関するニュースは見当たらない。よって、こうした生産シェア目標の急変動は、有効需要の予測修正ではなく、むしろ政府の国内外における政策や合意、BEV 支持の世論の盛り上がりなど、外生的要因によって起こっているの考えるのが自然であろう。

まとめよう。論理的には、BEV の「稼働車両数」を通じて CO₂ 発生量に直接影響するのは、BEV 新車販売台数であり、BEV 新車生産台数ではない。またこの生産台数は、長期的には有効需要量に従う変数であり、この数値を政府の支援政策で操作することには限界がある。

にもかかわらず、生産シェアが持つ象徴性・政治性・速報性により、この特定の数字が国内外の BEV 論議の中心に位置づけられることが多い。

例えば、「自動車企業を含む大企業体制は広告等を用いて需要自体を操作し需要創造をしてきた」という一種の謀略的な大企業需要創出説は、J・K・ガルブレイスの『ゆたかな社会』で提示された「依存効果」説以来、根強い世論的支持がある（Galbraith, J. K. 1958）。この説に従うなら、①有力自動車企業に対して圧力やインセンティブを与え、②当該企業に BEV の需要創造とそれを前提とした生産目標を立てさせ、③社会的に目標とする BEV シェアを早期に実現するという政策は、ある意味で合理的と言える¹⁹。つまり、需要を操作する大企業自体を政策的に統制することで社会的目的を達成しようというロジックである。

ここにおいて、既存の大企業は、社会的ニーズの変化に対する「抵抗勢力の象徴」とみなされることがしばしばある。したがってそうした伝統的大企業の統制は政治的イシューとなりやすい。またそうした中で、企業が発表する生産計画は、速報性（ニュース性）のある情報として脚光を浴びやすい。

¹⁹ 上記の①に関して言えば、2020 年の段階で実際に自動車メーカーに直接的に BEV (ZEV) 生産補助金を出している国は中国のみであり、あとは購買者側への補助金である。その中国も数年でこの補助金は撤廃するとみられる。

かくして、企業や産業団体が発表する生産シェアは、その象徴性・政治性・速報性ゆえに、他の重要指標（例えば保有シェア）よりもメディア等で大きく扱われやすい傾向があると言えよう。

「自動車＝乗用車」という製品軸での錯覚：次に、製品軸で生じやすい錯覚、あるいはバイアスについて考えてみよう。ここで気が付くのは、地球温暖化問題の関連で電気自動車を論じるとき、我々が無意識のうちに念頭に置くのは概して「乗用車」だという傾向である。実際、メディアで取り上げられる電気自動車促進論において、出てくる事例は、ほとんどが、テスラなど乗用車であり、大型トラックの電気自動車化の事例などはほとんど見ることがない。

ところが、本稿の前半（例えば表 1）で示したように、日本で稼働するトラック、特に事業用のトラックは、保有台数こそ少ないものの、年間走行距離は乗用車の 5 倍以上、1km あたり CO₂ 発生量も 3 倍以上とみられるため、乗用車全体（政府の 2020 年発表で年間 9,700 万トン）に対しても半分近い排出量（同 4,300 万トン）に達する。これに自家用トラックを加えれば、同発表におけるトラックの CO₂ 排出総量は、自動車全体の 42% を占める。逆に言えば乗用車の CO₂ 排出総量は、さすがに一番多いとはいえ、自動車全体の 53%、約半分に過ぎない。乗用車のみを取り上げる電気自動車論議を行っていても、自動車全体の地球温暖化対策は見えてこないのである。

商用車の CO₂ 排出総量の大きな部分を占める中大型トラックについて言えば、1km あたり CO₂ 発生量が 500g を超える車両も多く、しかも、その内燃機関の燃費改善は乗用車以上に困難とも言われる。一方、長距離トラックの場合、タクシーや路線バスとは異なり、1 トリップ当たりの走行距離が非常に長いので、航続距離に限界がある BEV の適用は現状では難しく、むしろ水素貯蔵技術によっては航続距離の長い燃料電池車（FCEV）の方が有望だとの声も産業界にはある。

いずれにせよ、言論界や国際世論において現在勢いのある「BEV オンリー論」は、自動車 CO₂ 排出総量の半分近くを占めている可能性のある商用車、特に長距離走行の大型トラック・バスなどについても正面から「BEV 商用車の可能性と課題」について建設的な議論を行う必要がある。そこに「自動車とは乗用車のことである」というような錯覚があってはいけない。万が一にも、BEV にとって都合の悪い車種には言及しない、というようなテーマの操作が合ってはならない。

「BEV オンリー論否定」と「BEV 否定」の混同：最後に、BEV 論そのもののロジックに関わる錯覚（故意であればすり替え）について簡単に述べる。それは「BEV オンリー論否定」と「BEV 否定」の混同である。

論理的に言えば、「BEV オンリー」の反対は「BEV オンリーではない」であり、そこには、BEV 自体を手段として否定するかどうかの判断は関わらない。同様に、「BEV 否定」の反対は「BEV を否定しない」である。したがって、2 つの主張は論理的には両立し得る。実際、本稿の主張も、「BEV は否定しないが BEV オンリー論は否定する」というものである。すなわち、超長期の地球温暖化問題に対する BEV の有効性は全く否定しないが、地球温暖化対策の手段ミックスは時と共に柔軟に変化すべきで、少なくとも 2020 年代に「BEV オンリー論」に固執することは地球温暖化問題自体にとって逆効果となりかねない、むしろ時期によってあらゆる有効な手段を総動員する「総力戦」が正解である、というのが、実証と論理と数理に基づく本稿の主張である。

ちなみに、日本の自動車企業（例えばトヨタ自動車）や産業団体（例えば日本自動車工業会）の 2021 年現在の主張も、本稿と基本的には同じ主旨である。要するに「BEV は肯定するが BEV オン

リー論は否定する」という考え方で、たまたま本稿の「総力戦」論にも近い。現状を論理的に解釈すれば、この種の結論に収斂化するのには、自然な流れであると筆者も考える。

ところが、「BEV オンリー論に反対である」という意見に対して、「それならあなたは BEV に反対なのか。ということは地球温暖化対策に対して否定的なのか」という非難をする傾向が、欧米を含む国内外のマスコミで散見される。これは、上述のように論理的には誤った主張であり、むしろ「あなたは BEV を信じるのか、信じないのか」と迫る、どちらかと言えば宗教的な議論の展開となっている。こうした誤解に基づく論争は、地球温暖化問題の解決という観点から見ても建設的ではない。

論者が政治的その他の理由で、故意に問題をすり替えているのでなければ、「思い込み」や「バイアス」による可能性がある。例えば前述のように、「既成の大企業は、環境問題などの社会問題に対して抵抗勢力となりがちで、利益のために需要自体を操作する力も持つ」といったビッグビジネス批判は長く存在し、それが当てはまる事例も歴史的に多く観察されてきた。一部の論者が「今度もまたそうか」という推測を行ってもおかしくはない。

しかし、そうした「自動車企業 BEV 否定説」は、当該企業の発言や行動から実証的に論証されるべきものである。「BEV オンリー論」の否定に対して「だから BEV 否定的」と即座に論じるのは、少なくとも論理的には誤謬であり、地球温暖化問題に対する建設的な議論にとっては、かえって逆効果と言うべきであろう。

7. 産業政策としての「BEV オンリー論」 —その策略性—

各国の主張の裏にある産業政策的な思惑：本稿ではここまで、自動車走行による CO₂ 発生量の削減によって地球温暖化防止に貢献するという問題を取り上げ、仮定を単純化した試算モデルなどを用いてその概要を近似的に分析した。その結果、電気自動車（BEV）の普及は確かにその有効な方策の一つではあるが、少なくとも 2020 年代など当面の期間に限って言えば、BEV の普及だけでは CO₂ 発生量削減の目標達成は不可能であり、BEV のみならずその他の電動車、低燃費型の内燃機関自動車など、貢献可能な手段を総動員した「総力戦」が正解であると論じた。その意味で、2020 年代の現時点で「BEV オンリー論」を主張するのは目的合理的でない、というのが本稿の結論である。

また、そうした予想が論理的・実証的にはほぼ自明であるにもかかわらず、なぜ「BEV オンリー論の誤謬」がメディアや言論界で生じやすいのか、錯覚や思い違いという観点から、いくつかの可能性を考察した。

しかし、多くの専門家が緻密な議論をしているはずの国際会議など、あるいは政治家や一部メディアの発言・発信の中に「BEV オンリー論」が頻繁に登場するならば、我々は、それはなにがしかの効果を狙って故意に発言・発信している、という、いわば「策略説」も検討する必要がある。しかし、地球温暖化問題の大きさから言っても、これを「悪意」や都市伝説的な「謀略説」で片付けるのも妥当ではない。

ここで考えるべきは、「産業政策としての BEV 振興」という観点である。自動車産業は、各国の産業構造を左右する巨大産業である。仮に 2030 年の BEV 販売の世界シェアが 20% に留まるとし

ても、その販売総額は 50 兆円前後になると予想される。これだけ巨大な産業の急速な出現は（スマートフォンなど近年のデジタル系を除けば）歴史的にも前例は少ないだろう。

さらに注意すべきは、地球温暖化対策は本質的に、世界中に拡散する CO₂ の発生総量削減を目的とする「国際協調政策」であるが、産業政策は一国の付加価値増進に関わる「国際競争政策」であり、BEV 普及は、この両方に関わる、ということである。

従って、地球温暖化問題という国際協調・国際合意の場に、自国に有利な産業政策を持ち込んだとしても、それは悪意でも陰謀でもなく、ごく普通の産業政策の一環として、当たり前戦略行動とみるべきだろう。ただし、そこには、言辞をもって自国に有利な展開に持ち込もうという「戦略性」は確実に存在するだろう。各国に経済産業政策のいわば「軍師」が存在するとすれば、そうした「BEV 産業政策の戦略性」は、当然予想される展開というべきであり、それに乗せられて自国に不利な状況に落ちるならば、それは当該国の「戦略家」「軍師」の実力不足と言うしかないだろう。

そこで以下、自動車関連の地球温暖化問題に産業政策的に関わる諸外国として、自動車生産量の多い欧州、米国、中国を取り上げ、それぞれの「産業政策としての BEV 振興」が持つ戦略性について考えてみる。なお、以下の考察は、実際の各国発の言説も参考にしつつ、その国の「産業の軍師」であったならどう考えるかを推測した、一種の思考実験だとお考えいただきたい。

EU：まず、「EV オンリー政策」の主な主張者と目される EU の産業政策決定者について考えてみよう。EU は確かに、原子力や再生可能エネルギー発電など、発電の脱炭素化で世界に対して先行している。したがって、その優位性を利用して「地球温暖化対策としては BEV のみが正義である」という主張を国際会議などの場で仕掛けてくることには、明らかに戦略的な合理性がある。しかしグローバル産業競争の現実、そして自動車産業の巨大性を考えるなら、その裏に、自国・自地域の産業に有利な議論に他国を巻き込もうとする一種の「策略」がありうることは、日本の産業当事者や産業政策策定者は想定すべきである。

欧州の BEV 重視の背景には、「他の CO₂ 削減手段の限界」という逆の側面も垣間見られる。すなわち、欧州企業では従来、電気自動車の長期的開発と並行して、内燃機関係自動車の領域において「低燃費ディーゼルエンジン+排気量ダウン+ターボチャージャーによる高出力維持+42V マイルドハイブリッド」といった低燃費化・CO₂削減対策が推進されてきた。ところが、2010年代の欧州自動車産業は、VW 社のディーゼルエンジン不正（ディーゼルゲート）、マイルドハイブリッド（回生ブレーキ・パワーアシスト・アイドルストップ・48V システムなど）の CO₂削減効果の限界、欧州企業がフル・ハイブリッド車技術を確立できなかったことなど、要するに BEV 以外の領域で効果的な CO₂削減策を出せていなかった²⁰。こうして内燃機関係自動車の CO₂削減で行き詰った EU は、BEV オンリー的な産業政策を急速に推進せざるをえなかった、との見方もあり得る。

²⁰ 大聖（2021）によれば、シリーズ・パラレル式（トヨタ自動車などが採用）やシリーズ式（日産自動車などが採用）のフル・ハイブリッド車（いわゆるストロング・ハイブリッド）では 50～100%の燃費改善が予想されるが、マイルドハイブリッド車の燃費改善効果は 10～50%に留まる。しかし、導入が比較的容易であることもあり、マイルドハイブリッド方式は欧州では 2020 年代前半も採用拡大傾向にあり、一部の日米企業も採用している。一方、シリーズ・パラレル式を含む「ストロング・ハイブリッド」は欧州メーカーは元来、得意としていない。設計の比較優位を持たぬ苦手なタイプは政策的に強調したくないのが、産業政策的には当然の流れである。

確かに、すでに見てきたように、BEV は自動車走行 CO₂ 削減の手段としては長期的には有望と考えられ、特に乗用車セグメントにおいては、超長期的には BEV への収斂化も十分に考えられる。しかし、2020 年代初頭という現時点において、BEV オンリーに手段を絞ってしまうという考え方には無理があり、意地の悪い見方をすれば、前世代の政策失敗に対する失地回復という焦りも感じられる。

欧州国政府や EU は、今後も自地域の特性（例えば発電の脱炭素化での先行）を活かした産業政策の一環として「EV オンリー政策」を世界に向けて強力に発信すると予想されるが、それを「唯一の普遍的な正論」として受け取るのは、いささか単純に過ぎるであろう²¹。

これに対し、ハイブリッド車で先行など日本企業が持つ技術的多様性、それを前提とした「総力戦」の目的合理性、福島原発事故の長期的影響（発電脱炭素化の相対的な遅れ）、災害大国としてのエネルギー多様性維持の必要性など、欧州とは置かれた状況が異なる日本としては、欧州の「EV オンリー」とは少し異なるアプローチで、「地球温暖化問題解決という世界共通の目的に対して全力で貢献する」という基本方針を繰り返し強調し、骨太なロジックとコンセプトを伴う「正論」として、世界に対して堂々と発信すべきであろう。こうした日本の「総力戦論」は、表現等を工夫すれば、十分に国際論戦に耐え得る目的合理性を持った主張であると本稿では考える。

逆に、この問題の背後に存在すると思われる産業政策的な「戦略性」を考えるなら、複雑な政治的背景があるかもしれない海外発の議論に、日本の政府や言論界がナイーブに追随するのは、一国の産業構造の将来に大きな影響を与えかねない「危険な潮流」である可能性もある。

米国：BEV 産業政策が持つ戦略性に関しては、米国も例外ではなかろう。そもそも、1980～2000 年代においてフレーム・ボディ式の大型乗用車やトラックなど、モジュラー型アーキテクチャの製品に利益依存し、逆にインテグラル型の小型乗用車の国際競争では劣後し、全体に赤字基調に陥り、リーマンショックでは GM の経営破綻まで経験した米国が、「移民の国としての分業型産業体制を活用し、ハイテク・モジュラー型アーキテクチャにより近い電気自動車・自動運転・インフォテイメントなどを梃に米国自動車産業を復権させたい」という産業政策的な願望を抱くのは、当然のことである（藤本 2003, 2017）。

またその背後には、シリコンバレー型米国企業がデジタル領域で持つ圧倒的な国際競争力や、株主主権による社会・環境重視路線（例えば ESG 投資）など、米国が強い影響力を行使できる産業基盤がある。既に、高級 BEV 乗用車セグメントに、テスラという時価総額では世界最大の米国自動車企業が存在するのだから、米国政府が電気自動車促進に力を入れるのは、当然の産業政策である。

実際には、テスラのような高性能電気自動車は、一般に想像されているほどにモジュラー型アーキテクチャ寄りの製品ではなく、むしろインテグラル・アーキテクチャ的な特性も持っているが（藤本 2018）、それでも伝統的な低燃費ガソリン・ディーゼル自動車に比べれば、BEV、特に自動運転やインフォテイメントと合体した BEV は、相対的にはよりモジュラー型寄りであり、米国の

²¹ 例えば、欧州企業が市場シェアでも CO₂ 発生量でもより大きな存在感を持つ大型商用車の BEV 化について、欧州から積極的な提案があまり聞こえてこないことにも、産業政策的なある種の「御都合主義」の気配が感じられる。国別の CO₂ 発生量の公表でも、EU は EU 全体の数字を示さず、各国別の数字のみを表示する傾向がある。このように、都合の悪いデータは積極的に表示しないということの背後にも、産業政策としての周到な思惑があると考えられるべきであろう。

産業現場の組織能力により合致した有望製品であることは間違いない（藤本 2004, 2012, 2017）。政策手段としても、米国のカリフォルニア州はすでに 2005 年から長年にわたって ZEV 規制（Zero Emission Vehicle：2018 年からは BEV と FCEV と PHEV と定義される）という新車販売台数のシェア規制を導入・強化している。シェア目標未達なら罰金納付か達成企業からのクレジット購入が義務付けられ、実際、クレジット収入は大幅達成企業であるテスラの大きな収益源となってきた。結果的に、ZEV 政策は米国 BEV 企業に対する支援策となっている。この ZEV シェア規制は、カリフォルニアから、他の州にも急速に広がっている。

米国にとってやや不都合なのは、米国が「設計の比較優位」を持つモジュラー型寄りの自動車には、(i) CO₂ 発生量の少ない BEV と、(ii) 逆に CO₂ 発生量が相対的に大きいトラック型あるいはボディ・オン・フレーム型の自動車の両方が含まれることである。カリフォルニア州の路上を観察してみれば、電気自動車であるテスラ等と、大排気量のピックアップトラックや SUV が混在して走っており、全体として CO₂ 発生総量が、ZEV 規制によって大幅に削減されているのかについては疑問が残る。

自動車走行からの CO₂ 発生量削減のための有効な政策としては、例えば、①CO₂ 発生量を直接規制する CAFE（Corporate Average Fuel Efficiency：企業平均燃費）規制の強化と、②ZEV 販売シェア規制の強化の二本立てで行うことが有効と考えられる。これに対し、①目標指向型の CAFE 規制強化を行わずに、②手段制約型の ZEV のみを強化することは、見方によっては「目的と手段の混同」であり、その点では、目的合理的な地球温暖化対策とは言えない²²。

このように、モジュラー型製品である大排気量のトラックと BEV の両方を得意とする分業社会アメリカが、BEV のシェア拡大のみを規制対象とし、それに比べて全体の CAFE 規制を十分に強化しないなら、これもまた、その国の産業事情に合わせた、ややご都合主義的な産業政策と海外から見られても致し方なからう。

中国：中国は電気自動車の生産台数は 2019 年、2020 年において約 100 万台で、世界の電気自動車販売台数のおよそ半分を占める、世界最大の BEV 生産国である。中国の発電事情をみると、石炭火力発電への依存度が高く、地方では石炭火力発電所の建設が続いてさえおり、したがって、中国の BEV の発電を含めた CO₂ 削減効果については今後も慎重な検討が必要である。とはいえ、「世界最大の BEV 生産大国」という称号は、世界最大の CO₂ 発生国である中国にとって、若干のイメージ改善につながっている。

一方、産業政策としての中国 BEV 政策には、また別の思惑が存在すると言われる。すなわち「BEV なら自動車先進国にキャッチアップできる」という産業政策的な見通しである。

世界最大の自動車生産国である中国だが、その約 50%のシェアは外資系の 10 大メーカーが占め、中国ローカル自動車メーカーの中からは、依然として、グローバル市場で高シェアを持つ企業は出現していない。その一因は、中国企業が、高機能エンジンで先進国企業をキャッチアップできていないことだ、という認識が、中国国内にはある。

²² 実際、米国のトランプ前政権では、国のレベルではそれまで強化されてきた CAFE 規制が一転して緩和される一方、カリフォルニア州等の ZEV 規制の強化は続き、ここで示唆されたような矛盾した事態となっていた。しかし、現バイデン政権は、CAFE 規制の強化に再び舵を切るものと予想される(2021 年末段階)。

そこで、いわばゲームチェンジのきっかけとして、世界に先駆けた中国の BEV 普及が、強力な政府支援によって推進されているのである。中国は、産業の成り立ちから、モジュラー型製品を得意とする傾向が強い（藤本・新宅 2005, 都留 2018）。特に低速・低仕様・低価格の「ロースペック BEV」は、標準的な市販部品を多用しても生産できる可能性が高いため、中国の産業風土に合っている。また、比較的高速・高仕様である「ハイスぺック BEV」でも、その車両制御のための ECU の組込みソフト行数は、通常の低燃費ガソリン車・ディーゼル車の約半分で済むと有力電子部品メーカーの技術者は推定する。要するに「BEVの方が先進国企業にキャッチアップしやすい」という、新興国として当然重視すべき産業政策上の理由によって、中国の BEV 重視政策が推進されていたわけである²³。

とはいえ、世界最大の CO₂ 排出国であり、同時に世界最大の BEV 生産国でもある中国は、BEV 生産で先行した分、「BEV だけでは CO₂ 発生量の削減は不十分」という現実気付くのも早かったようで、現在では、米国カリフォルニアの ZEV 規制を模した「NEV 規制」を推進する一方、2021 年から「低燃費車」（優遇対象車）の категория にハイブリッド車を加えるなど、より「総力戦」的な発想の強い政策に移行しつつある²⁴。

COP（気候変動枠組条約締約国際会議）などで繰り返される地球温暖化問題をめぐる国際合意交渉は、それ自体が複雑なポリティカルゲームであり、地球環境対策としての BEV 論議もその中に組み込まれているが、その背後に、本来的に国際競争的である「BEV 産業政策」も存在することは、議論をさらに複雑化する。

いずれにせよ、BEV をめぐる国際的論議は、産業政策としての「戦略性」を必ず含んでいると考えるべきである。特に「BEV オンリー論」は、BEV において「設計の比較優位」を持つと自己認識する国、あるいは高機能内燃機関において「設計の比較劣位」を認識している国が、積極的に主張してくるのは当然である。

グローバル競争の時代、各国には自国の産業にとって有利な展開を画策する「軍師」が存在すると考えるのが常識である。逆に、日本にだけそうした「軍師」が存在しないとすれば、自国産業に貢献しより良い生活をしたいと考える将来世代にとって、悪いニュースという他ない。

²³ これに関連して筆者の個人的な経験を述べる。2009 年 11 月、精華大学 CIDEG の関連で北京を訪問していた筆者は、当時、中国の自動車産業政策に関する国家レベルのリーダーの一人であった C 氏と北京のホテルの一室で対話した。この時、C 氏より「率直に聞くが、中国自動車産業が重視すべき次世代車は、電気自動車か、ハイブリッド車か？」との御質問があった。筆者は、「現状ではリチウムイオン電池のエネルギー密度や電池の価格等に制約があるので、まず、ハイブリッド車を中心に両方を導入し、電池の性能アップ・価格低下に従って、徐々に車載電池を増やし、電気自動車に重心を移していけばよいのではないか」とお答えし、C 氏は「そうだね」と同意された。しかしその後、中国政府では、「ハイブリッド車は難しい。電気自動車で一気にキャッチアップしよう」との意見が強くなったようで、上述の BEV 重視政策が採られた。しかし後述のように、2020 年代になって、再び中国で BEV とハイブリッド車のバランス論が出てくるとすれば、その間の歴史的経緯は興味深いものである。

²⁴ 報道によると、2021年10月27日、中国の自動車政策に影響力を持つ中国汽车工程学会の幹部は、同国における電気自動車(BEV)、プラグイン・ハイブリッド(PHEV)、燃料電池車(FCEV)など「新エネルギー車(NEV)」の販売が2035年までに全新車販売の50%に達し(その95%がBEV)、ハイブリッド車販売が残りの50%を占めるとの見通しを示した。

日本の産業当事者や政策決定者は、そうした BEV 論議における「錯覚」と「策略性」を十分に理解した上で、自国の状況を説明しつつ、その目的合理性を「正論」として積極的、かつ粘り強く主張すべきであろう。

8. まとめ:論理と実証により目的合理的な正論を展開せよ

本稿では、自動車走行による地球温暖化対策に関して、近年国内外で勢いを強めている「BEV オンリー論」を取り上げ、その妥当性・現実性について検討した。まず、自動車走行による CO₂ 発生量削減の現状と目標を示し、それに対する方策として、電気自動車 (BEV) の普及のみに集中せよとの「BEV オンリー論」と、この超長期課題に対してその時期その時期において有効な手段を総動員すべきだとする「総力戦論」を対比的に論じた。

また、予備的分析として、自動車走行の CO₂ 発生量推定の基本式 (CO₂ 発生総量=保有台数×1台当たり年間平均走行距離×距離あたり CO₂ 発生量) を示し、一定の単純化された仮定を置いた自動車保有台数モデルと CO₂ 発生量推定モデルを作った。またこれを用いて、2030 年における日本の乗用車の BEV 保有シェアとハイブリッド車保有シェアに関する「中庸」「急進」の 2 つのシナリオを用意して、①電気自動車 (BEV)、②ハイブリッド車などその他の電動車、③低燃費の次世代ガソリン・ディーゼル車、以上 3 タイプの次世代車の CO₂ 削減貢献予想量の試算を行った。

その結果、2030 年までに日本の乗用車保有台数約 6,000 万台から発生する CO₂、年間約 1 億トン、国際的な約束通りに 2030 年までに 20% (2,000 万トン) 以上削減するためには、① BEV の普及だけでは不十分であり、② ハイブリッド車、③ 低燃費ガソリン・ディーゼル車、これらの 3 タイプすべてが貢献する「総力戦」でなければ不可能であるとの見通しを示した。

つまり、地球温暖化対策にとって決定的な期間と言われる 2020 年代において、自動車走行部門が最低限の CO₂ 削減目標を達成しようとするならば、「BEV なしではできないが、BEV だけでもできない」というのが、本稿が示唆する見通しである。これに基づき、本稿では、超長期の地球温暖化問題に対する自動車走行部門の正解は、「BEV オンリー論」ではなく「BEV を含む総力戦論」とであると主張する。

次に、簡単なロジックや試算でも「総力戦論」の妥当性・現実性が明らかであるにもかかわらず、なぜ、国内外のメディアの発信や政策論議において「BEV オンリー論」が勢いを持つ傾向があるのかを、錯覚と策略という観点から分析した。まず、こうした論議において陥りやすい錯覚として「目的と手段の混同」「生産増と保有増のタイムラグに関する時間的錯覚」「生産増と販売増に関する因果的錯覚」「自動車=乗用車との製品的錯覚」「BEV オンリー論否定と BEV 否定の混同」などの可能性を示した。

最後に、BEV 普及政策が、地球温暖化対策 (国際協調) と巨大産業政策 (国際競争) という二面性を持つことに着目し、各国の産業的「軍師」が考えそうな「策略」についても推理した。欧州は前世代のディーゼル車重視政策の頓挫からの巻き返し、米国ではモジュラー型製品による自動車産業の復興、中国では「キャッチアップしやすい BEV へのゲームチェンジ」などをその候補として分析した。

それでは、こうした BEV と地球温暖化問題に関する現実のおよび言辭的な状況、基本ロジック、錯覚と策略に対して、我が国の産業人、政策決定者、言論人などは、どのように対処すべきだろうか。結論から先に言うなら、錯覚を繰り返すのではなく、策略に策略で応じるのでもなく、日本勢は、正論を世界に発信すべきである。すなわち、地球温暖化対策の基本的な目的に常に立ち返り、世界に対してその目的達成と目標貢献に対する自国・自産業のコミットメントを繰り返し示し、そのために有効なあらゆる手段を講じるとの「総力戦」論を、数値的根拠も示しながら、粘り強く説くことである。

また、これに対する異議として出てくる「BEV オンリー論」に対しては、常に目的は何か（CO₂ 発生総量の削減）、手段は何か（例えば次世代車の車種構成）を問いかけ、「総力戦論」は決して BEV 否定論ではないことを確認し、生産シェア増加と保有シェア増加にはタイムラグがあることを注意喚起し、小型乗用車だけでなく大型商用車も CO₂ の大きな発生源であることも常に指摘し、これらすべてについて、英語（国際会議で多用される汎用的な用語）で正確に発信するためのポキャブラリーとロジックで武装し、正論で論じることである。

最後に、より大きな観点から、自動車の未来を論じる必要性も指摘しておきたい。確かに地球温暖化問題は、危険な兆候が世界規模で顕在化しており、これへの対処は、迅速かつ最優先の国際協力課題であると言うべきだ。しかしながら、国連の SDGs 目標が 17 項目あり、これでも全部ではないと言われるように、地球規模で取り組むべき問題は温暖化だけではない。自動車走行に限っても、未来の自動車が対処しなければいけない課題は複数存在し、しかもその間には相互作用やトレードオフが存在する可能性もある。例えば、交通事故の死者数は世界全体で年間 100 万人を超える。

例えば国連の SDGs は、17 の大目標の羅列と見られがちだが、仮にその上位目的が「世界中で不条理な理由で死傷あるいは困窮する人間を一人でも減らすこと」だとするなら、未来の自動車問題を考える上でも、地球温暖化問題に加えて、交通事故・大気汚染・自然災害対応など、その他の重要問題領域とも連動させた議論が必要である。我々が正面から考えるべきは、そうした「広視野の連立方程式」を解いた上での「全体最適解」である。

参考文献

- 大聖泰弘 (2018) 「自動車の環境・エネルギー技術に関する将来展望：電動化の動向を見据えて」, 『一橋ビジネスレビュー』 66(2), 6-23, 東洋経済新報社
- 大聖泰弘 (2021) 「自動車の電動化に関わる将来展望」自動車とモビリティの未来を考える研究会 2月例会 発表資料, 経営研究所
- 藤本隆宏 (2003) 『能力構築競争：日本の自動車産業はなぜ強いのか』, 中央公論新社
- 藤本隆宏 (2004) 『日本のもの造り哲学』, 日本経済新聞社
- 藤本隆宏 (2012) 『ものづくりからの復活: 円高・震災に現場は負けない』, 日本経済新聞出版
- 藤本隆宏 (2017) 『現場から見上げる企業戦略論：：デジタル時代にも日本に勝機はある』, KADOKAWA
- 藤本隆宏 (2018) 「次世代型低燃費自動車のアーキテクチャ分析：その多様化の可能性」 『一橋ビジネスレビュー：EVの将来』 66(2), 86-107, 東洋経済新報社
- 藤本隆宏・新宅純二郎 (2005) 『中国製造業のアーキテクチャ分析』, 東洋経済新報社
- 藤村俊夫 (2019) 「自動車の将来動向：EVが今後の主流になり得るのか(第8章・総括)」, PwC Japan 合同会社, <https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/automotive-insight/vol12.html>
- Galbraith, J. K.(1958) “*The Affluent Society*”, Penguin, 『ゆたかな社会』 鈴木哲太郎訳, 岩波書店, 2006年
- Global Carbon Project (2020) Global Carbon Budget : <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- 国立環境研究所 (2004) 「電気自動車の開発と自動車の環境効率評価」, 『環境儀』 No.11, 10-11.
- 全国地球温暖化防止活動推進センター (2021) ホームページ. <https://www.jccca.org/>
- 加藤康子・池田直渡・岡崎五朗 (2021) 『EV(電気自動車)推進の罨：「脱炭素」政策の嘘』, ワニブックス
- 河本竜路・望月英生・森口義久・中野隆裕・本橋真之・酒井裕司・稲葉敦 (2019) 「LCAによる内燃機関自動車とBEVのCO₂排出量の算定」, 『第14回日本LCA学会研究発表会講演要旨集』, 日本LCA学会事務局
- Kornai, János (1980) . “*Economics of Shortage*”, North-Holland, 『「不足」の政治経済学』 盛田常夫編訳, 岩波書店, 1984年
- 日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析ユニット (2021) 『EDMC/エネルギー・経済統計要覧・2021年版』, 理工図書
- 延岡健太郎・藤本隆宏 責任編集 (2018) 『一橋ビジネスレビュー：EVの将来』 66(2), 東洋経済新報社
- 佐藤登 (2020) 『電池の覇者：EVの命運を決する戦い』, 日本経済新聞出版
- 寺師茂樹・米倉誠一郎・延岡健太郎・藤本隆宏 (2018) 「利用シーンに適した電動車で多様なモビリティサービスを展開する」, 『一橋ビジネスレビュー』 66(2), 138-148, 東洋経済新報社
- 都留康 (2018) 『製品アーキテクチャと人材マネジメント：中国・韓国との比較からみた日本』, 岩波書店