

タイヤ支持車両のライフサイクル CO₂に タイヤ設計が与える影響の明確化

信長 祐輔¹・大野 浩昭²・友本 貴士³・加藤 博和⁴

¹非会員 株式会社ブリヂストン Bridgestone T&DPaaS 技術開発第 1 部

(〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-1-1) E-mail:yusuke.nobunaga@bridgestone.com

²非会員 株式会社ブリヂストン Bridgestone T&DPaaS 技術開発第 1 部 課長

(〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-1-1) E-mail:hiroaki.ono@bridgestone.com

³非会員 株式会社ブリヂストン Bridgestone T&DPaaS 戦略担当 上席専任部員

(〒187-0031 東京都中央区京橋 3-1-1) E-mail:takashi.tomomoto@bridgestone.com

⁴正会員 名古屋大学教授 大学院環境学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市中種区不老町 C1-2)

E-mail:kato@genv.nagoya-u.ac.jp

車輪は車両で唯一路面と接する部材であり、その転がり抵抗が燃費・電費を通して CO₂排出量に大きく影響する。一方、低減の取組みは、車輪の製造等ライフサイクルの各段階での CO₂排出を増加させる可能性がある。輸送車両の LCA は多数実施されているが、車輪に着目して分析評価を行った調査研究はない。本研究では車両のライフサイクル CO₂におけるタイヤの影響を明確にし試算する。その結果、使用時の影響が大きく、それはタイヤの燃費性能と直結していることが確認できた。

Key Words: *Tire, Fuel efficient tire, Retread tire, Truck, Bus, Life cycle assessment.*

1. はじめに

交通部門の低炭素化を進める際、車輪の転がり抵抗の低減は重要な要素である。車輪は車両で唯一路面と接する部材であり、その転がり抵抗が燃費・電費を通して CO₂排出量に大きく影響するからである。一方で、転がり抵抗低減のための取組みは、車輪の製造等ライフサイクルの各段階での CO₂排出を増加させる可能性がある。よって、それらをライフサイクル全体で評価することが、真の意味での低炭素化効果を評価するために必要不可欠である。その際、評価対象となる製品・サービスの環境負荷を、原材料調達から製造、使用、廃棄までのライフサイクル全体で評価する手法である LCA(Life Cycle Assessment)が有効となる。

これまでも自動車など輸送車両に関する LCA は多数実施され、自動車メーカーが自主的に結果を公表することも行われている。しかし、特に車輪に着目して分析評価を行った調査研究はないものと思われる。例えば、自動車のライフタイムの中で、タイヤは何度か交換される必要がある。その際に新品タイヤかリトレッド(RT)タイ

ヤ<一次寿命が終了したタイヤの路面と接する部分のゴムの表面を決められた寸度に削り、その上に新しいゴムを貼り付け、加硫し再利用するもの>か、新品タイヤでも低燃費タイヤを選ぶかで、走行(使用)時だけでなく、製造や廃棄などライフサイクルの他段階にも影響する。にもかかわらず、車両 LCA において、タイヤによる違い、および履き替えによる複数回のライフサイクルを盛り込んだ CO₂排出量の変化を評価したものはこれまでにない。

燃費・電費に関しては、走るルートやタイヤの使い方、走り方(加速度、速度、荷重)によって変化し、それが CO₂排出量に影響すると考えられるが、そこまでを LCA に盛り込み評価したものはこれまでにない。

そこで本研究は、車両のライフサイクル CO₂におけるタイヤの影響について、その複数回のライフサイクルを考慮し、さらにタイヤ違いや走り方・使い方違いの影響を確認した上でその関係性を表すプロセスツリーを作成する。それによってタイヤの性能や使い方が車両のライフサイクル CO₂に与える影響を評価可能にすることを目的とする。

2. タイヤ種・使用条件による燃費への影響

まず、タイヤ種や使い方の違いによる燃費への影響を確認するために、以下の試験を実施した。

表-1 【試験条件】

試験車両	日野プロフィア(2-D・4)
タイヤサイズ	275/80R22.5
試験場所	ブリヂストンブルービンググラウンド (栃木県那須塩原市, 1周約4[km]) 周回路を3周し燃費を測定

表-2 【試験ケース】

タイヤ種	汎用タイヤ/低燃費タイヤ
内圧[kPa]	900(標準)/800/700
荷重	10[t積]/空車
速度[km/h]	80/40

結果を以下に述べる。

(1) タイヤ違いの影響 (図-1)

汎用タイヤから低燃費タイヤへの交換で、燃費が40[km/h]は8%向上, 80[km/h]で13%向上と、高速度域の方が効果が大きい。

(2) 内圧の影響 (図-2)

標準内圧 900[kPa]の場合に比べ、800[kPa](▲100[kPa])で3%悪化, 700[kPa](▲200[kPa])で7%悪化と。低内圧になることで燃費が悪化する。

(3) 荷重違いの影響 (図-3)

10[t積]から空車の状態でおおよそ8~17%燃費が変化する。低速(40[km/h])一定走行の方が高速(80[km/h])一定走行よりも積載有無の燃費への影響が大きい。

(4) 速度違いの影響 (図-1・3)

80[km/h]より40[km/h]の方が汎用タイヤで約25%、低燃費タイヤで約20%燃費が良い。

(5) その他

同一条件下で周回路を走行中、直線上り・下り・カーブにおいても燃費の出方が異なることから、ルートが変われば燃費に影響すると言える。

以上から、(1)~(4)の各要素が燃費へ影響することが確認された。よって、これら要素を盛り込んだプロセスツリーを作成することが必要である。

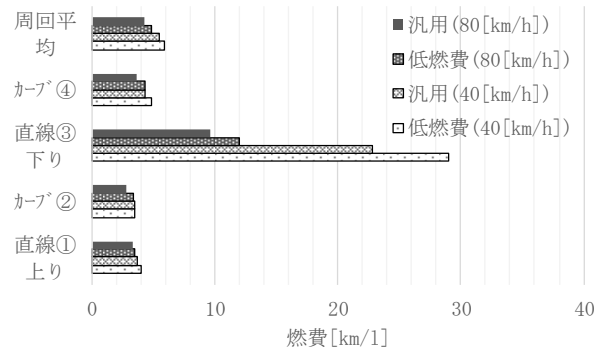


図-1 タイヤ違いによる燃費への影響

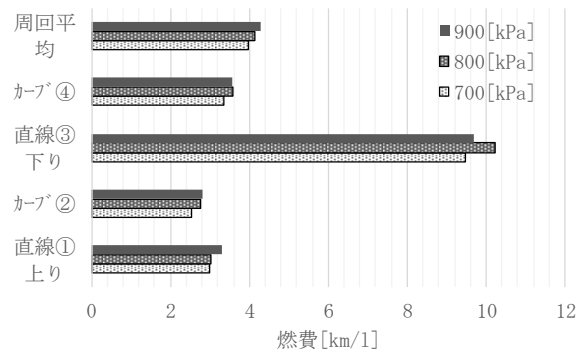


図-2 内圧の燃費への影響

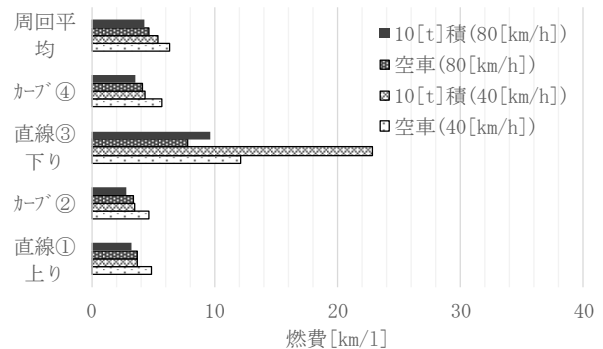


図-3 荷重違いによる燃費への影響

3. タイヤを中心とした自動車の LCA プロセスツリー

(1) プロセスツリーの特徴

LCAの方法論を構築するにあたり、まずその対象範囲(システム境界)を決定する。本研究ではタイヤの影響に特に着目するが、影響は車両全体のライフサイクル各段階の環境負荷に及ぶことから、タイヤのみを対象範囲とするのではそれらを把握できない。そのため、対象範囲は部品たるタイヤを含む自動車(車両)全体とすることが妥当となる。その上で、タイヤの影響に着目した分析を行うことに留意すべきである。

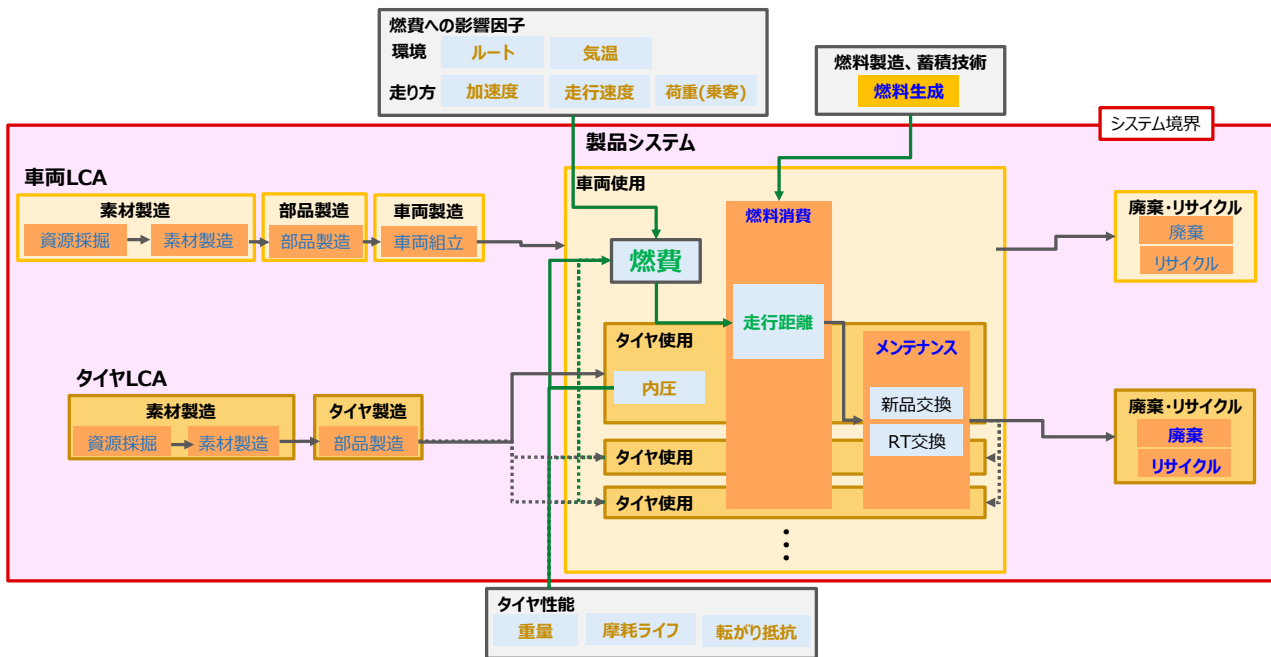


図4 タイヤの影響を考慮した自動車（車両）の LCA プロセスツリー

以上を念頭に、自動車（車両）の LCA において、タイヤの影響に特に着目したプロセスツリーを作成する。図4に、作成したプロセスツリーを示す。ライフサイクルの各段階は「素材製造」「部品製造」「製品製造」「使用」「廃棄・リサイクル」とする。製造段階までは車両とタイヤはそれぞれ独立しているが、使用段階では「タイヤ使用」は「車両使用」に含まれるため、プロセスツリー内では「車両使用」の中に「タイヤ使用」を盛り込む。さらに「車両使用」期間中に何度かタイヤ交換される（車両よりタイヤの方がライフタイムが短い）ことが通常であることから「タイヤ使用」を「車両使用」内に複数回盛り込む。タイヤにおける「製造」から「廃棄・リサイクル」の過程はこの交換回数分発生する。

2章で確認したとおり、「車両」と「タイヤ」と繋ぎ合わせるにあたり「燃費（あるいは電費）」が重要な要素となる。それに走行距離を掛け合わせることで、燃料消費量を算出するものとする。「燃費」という要素を加えた理由は2章で説明した通りである。

また、「メンテナンス」内に「新品(タイヤ)交換」／「RT(タイヤ)交換」という項を追加した。これはタイヤ交換時にどちらを選択するかにより、「製造」「廃棄・リサイクル」での CO₂ 排出量に影響するためである。

(2) 「タイヤ性能」「燃費への影響因子」の追加

タイヤ性能が燃費に与える影響を明確にするため、システム境界の外に「タイヤ性能」という項目を加えた。タイヤには様々な性能があるが、今回はライフサイクル CO₂ に影響を与える項目として「重量」「摩耗ライフ」

「転がり抵抗」を加えた。

「重量」は軽ければ燃費向上となる。

「摩耗ライフ」はタイヤが何[km]走行できるかを意味し、長ければ車両の総走行距離に対してタイヤの交換回数が少なく済むことになり、ライフサイクル CO₂ に影響する。

「転がり抵抗」は燃費＝CO₂ 排出量に直接影響する性能項目となる。転がり抵抗が低ければ燃費は向上し、CO₂ 排出量は少なくなる。

実際のタイヤ設計においてはこれらの性能に他性能も考慮し、それぞれの市場や車両、使用条件に応じた設計をしている。

同じくシステム境界の外に「燃費への影響因子」を加えた。これは2章で示した実験の結果より、走行する場所、気温などの環境条件、加速度、速度、荷重および内圧が燃費に影響することが分かったためである。

ライフサイクルの中でここまで細かく影響を切り分けて CO₂ 排出量を算出することは非常に困難であるが、車両ライフサイクルにおける影響の大小が現時点では不明なため、次章でそれを試算する。

4. タイヤが車両 LCA に与える影響試算

日本自動車協会編「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン ver.2.0」¹⁾を元に、タイヤ性能が車両 LCA に与える影響を試算する。

ここでは大型トラックを対象とする。車両の生涯走行

距離を 100 万[km]と仮定する。タイヤは「a) 汎用タイヤを使い続ける」「b) 低燃費タイヤを使い続ける」「c) 新車時 1 回のみ汎用タイヤで、その後廃車まで RT タイヤを使い続ける」の 3 つのケースを想定する。各ケースの設定を表-3 にまとめる。

各タイヤの生涯走行距離は一律 10 万[km]と仮定し、燃費は図-1 の周回平均値とする。RT タイヤの燃費は汎用タイヤ同等と仮定する。

表-3 タイヤに関するケース設定

	生涯走行距離 [km]	交換回数	タイヤ 1 本の自体の LCCO ₂ [kgCO ₂]*1
a)-汎用	100,000	10	162.8
b)-低燃費	100,000	10	154.1
c)-RT	100,000	1+9	66.7

*1 「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン ver2.0」中の 原材料調達、生産、流通、廃棄リサイクルの合計値

また、日野自動車のサステナビリティレポート 2018²⁾によれば、大型トラックの車両ライフサイクル CO₂のうち使用(走行)時が 91.8%を占めることから、今回の試算では「車両使用時の CO₂+タイヤのライフサイクル CO₂」を試算しその影響を確認することとした。

$$Y(\text{車両使用時の CO}_2 + \text{タイヤのライフサイクル CO}_2) = (\text{車両走行寿命}) \div (\text{燃費}) \times$$

$$(\text{軽油 GHG 排出係数}) + ((\text{CO}_2 \text{ 排出量} * 1) \times (\text{交換回数}))$$

上記式にて車両使用時の CO₂排出量を算出し、「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン ver2.0」で設定されているタイヤの燃費寄与率 1/4 として算出した。

車両使用時のタイヤ以外の CO₂排出量は内燃機関の熱効率や空気抵抗によるエネルギー損失によるものである。

図-5 に、汎用/低燃費/RT タイヤ各使用時の CO₂排出量を試算した結果を示す。同じ速度域で比較した場合、低燃費タイヤ使用時の CO₂排出量が一番少ない。

走行寿命および燃費性能が汎用タイヤと同じと仮定した RT タイヤでは、トータルの CO₂排出量は汎用タイヤ使用時とほとんど変わらない。これは、この範囲における使用以外のタイヤの CO₂排出量が全体の 1.5%と影響が小さいためである。

今回の結果から、車両ライフサイクル CO₂におけるタイヤの影響としては使用時の燃費の影響が大きいことが確認できた。また図-6 より燃費が 1.0[km/l]良くなれば車両使用中の CO₂排出量は約 20%低減される。

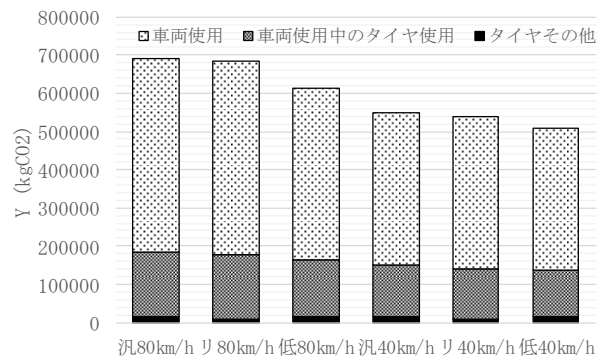


図-5 車両使用時およびタイヤライフサイクル CO₂排出量

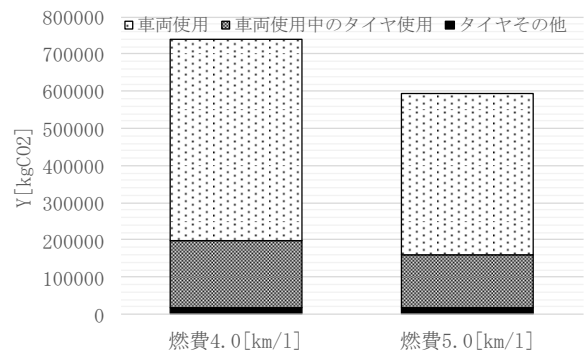


図-6 燃費改善による CO₂排出量低減効果試算

5. おわりに

自動車(車両)ライフサイクル CO₂において図-6の結果より燃費が大きく影響し、それはそのままタイヤの燃費性能と直結していることが確認できた。長期間の使用においては燃費 0.1[km/l]違うだけでもその影響は大きい。今回の前提条件の試算では、80[km/h]領域ではタイヤの走行寿命を 40%アップすることと、タイヤで燃費 1%アップする効果が CO₂排出量の点ではほぼ同等である。

謝辞：本研究は株式会社ブリヂストンと名古屋大学大学院環境学研究科との共同研究として実施したものである。また、ブリヂストンタイヤソリューションジャパン株式会社より、データ提供などのご協力をいただいた。この場を借りて深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン Ver.2.0, 一般社団法人, 日本自動車タイヤ協会, 2012.
- 2) HINO SUSTAINABILITY REPORT 2018.

(2020.10.2 受付)

CLARIFICATION OF INFLUENCE OF TIRE DESIGN ON LIFE CYCLE CO₂ OF VEHICLES SUPPORTED BY TIRES

Yusuke NOBUNAGA, Hiroaki ONO, Takashi TOMOMOTO, Hirokazu KATO