

限定公開版

本ガイドラインの限定公開版は、
IDEAv2 の温室効果ガス排出係数を掲載していません。

タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン

Ver. 3.0.1

2021 年 12 月

一般社団法人 日本自動車タイヤ協会

目次

I. はじめに.....	1
II. LCCO ₂ 算定の考え方.....	4
1. 目的.....	4
2. 基準フローと機能単位.....	4
3. 算定するライフサイクルの範囲(システム境界).....	4
4. ライフサイクル影響評価.....	6
1) 算定対象の温室効果ガス.....	6
2) ライフサイクル影響評価に用いる地球温暖化係数.....	6
5. 算定の精度	6
6. 規格との整合性.....	6
III. 各段階における算定手法 (インベントリ分析)	8
1. 原材料調達段階	9
1) 原材料構成比	9
2) 原材料の生産における GHG 排出	9
3) 原材料の輸送における GHG 排出	11
4) 原材料調達段階全体での GHG 排出量.....	14
2. 生産段階.....	15
1) エネルギー別 GHG 排出係数	15
2) 生産段階における GHG 排出量.....	15
3. 流通段階.....	20
1) タイヤ製品輸送のシナリオ設定	20
2) 流通段階における GHG 排出量.....	20
4. 使用段階.....	22
1) タイヤ使用条件の設定	22
2) 使用段階の GHG 排出量.....	25
3) 使用段階 GHG 排出量の他の算定方法 (参考)	26
5. 廃棄・リサイクル段階.....	28
1) 使用済みタイヤの用途別廃棄・リサイクル割合.....	28
2) 使用済みタイヤの輸送における GHG 排出	29
3) 熱利用における GHG 排出と排出削減効果	30
4) リトレッドによる製品再利用における GHG 排出と排出削減効果.....	34
5) ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出と排出削減効果 ..	40
6) 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果	45
6. ライフサイクルでの GHG 排出量.....	46
7. 今後の課題	50
8. 参照.....	51
IV. クリティカルレビュー証書	52
V. 改訂履歴.....	53

I. はじめに

LCA（ライフサイクルアセスメント）は商品またはサービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通しての環境負荷を定量的に算定、分析、評価する手法である。LCCO₂では、ライフサイクル全体で排出される温室効果ガス(GHG; Greenhouse Gas)の排出量を CO₂ に換算して算定する。温室効果ガスの排出量を「見える化」することによって、事業者はサプライチェーンを構成する企業間で協力して更多的 GHG 排出量削減に努め、一方で、消費者は提供された情報を有効に活用して自らの消費生活を低炭素なものに変革していくことが求められている。

日本のタイヤ・ゴム産業においては、日本ゴム工業会・環境専門委員会・LCA 分科会が、自動車タイヤを算定事例とした「タイヤのインベントリー分析試行～ゴム業界における LCA 調査研究活動～」（1998 年発行、以降「1998 年ガイドライン」という）を当時の潮流を先取りする形で取り纏めたものが初の LCA ガイドラインとなる。

当会では、この「1998 年ガイドライン」をベースに、2012 年に「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン Ver.2.0」（以降、Ver.2.0 という）を取り纏めた。

前回の Ver.2.0 は専門家として「みずほ情報総研株式会社」に業務委託を行い、ISO14044、日本のカーボンフットプリント制度、PAS2050、BPX30-323、GHG protocol 等の規格内容を参考し作成している。特に LCA の基本的な国際規格である ISO14040:2006 及び ISO14044:2006 については、個別に行われるデータの収集内容や一部の感度分析などの事項を除けば、前提条件・算定方法の考え方などは規格内容を満たすための指針となっており、規格に従った算定を行うことを可能とした。

本ガイドライン（以降、Ver.3.0 という）については、Ver.2.0 発行より約 10 年が経過したことによる自動車業界を取り巻く状況変化に伴い、実態に即した算定が可能となるガイドラインが必要と判断し改訂を行った。最新インベントリデータや代表タイヤデータの反映を行うとともに、タイヤのライフサイクルで 8 割以上の GHG 排出量を占める使用段階の算定について、最新の燃費試験の RRC 値を含む設定条件と結果、WBCSD(持続可能な開発のための世界経済人会議)の TIP^{※1}で作成している PCR^{※2}の算定方法を併記するなど充実を図った。

また、ステークホルダーの委員会によるクリティカルレビューは一般社団法人日本 LCA 推進機構に依頼し、ISO14040:2006 及び ISO14044:2006 に適合していることの認定を受けた。

※1: Tire Industry Project の略。JATMA 会員 4 社を含む、世界のタイヤメーカー 11 社で構成されている。

※2: Product Category Rule の略。2017 年に UL 社より発行（参照 ①）。EPD（タイプ III 環境ラベル）を作成するためのガイドラインであり、日本では EcoLeaf プログラムにより補遺 PCR が策定されている。

最新のタイヤ LCA の算定手法、データを取り纏めた本ガイドラインが、関係各位によるタイヤ LCA 算定等の一助となることを期待する。

【留意事項 1】

本ガイドライン中に記載されている原材料をはじめとする CO₂ 排出量や各種データは、計算の理解を助けるために、代表例として示したものである。

【留意事項 2】

本ガイドライン（本編）は公開資料であり、一般社団法人日本自動車タイヤ協会ホームページ等で公開している。

当会は一般社団法人サステナブル経営推進機構と特殊ライセンス契約を締結し、本ガイドラインにインベントリデータベース IDEAv2 の温室効果ガス排出係数を掲載している。そのため当会は、本ガイドラインを使用してガイドラインに沿った計算を行う希望者を対象に、所定の同意を受けることを条件として、本ガイドラインを開示することができる。ただし、例外的に、インベントリデータベース IDEAv2 エンドユーチャーライセンスの保有者に対しては、ライセンス保有の確認のみで本ガイドラインを開示する。

【留意事項 3】

各段階の GHG 排出量を算定しているが、各ステークホルダーにおいて削減効果を算定する場合はダブルカウントになる可能性がある。

2021 年 3 月

一般社団法人日本自動車タイヤ協会
環境委員会 環境部会

本ガイドラインの取り纏めに携わった環境部会委員 および 関係者名簿

(敬称略)

(作成時の所属、役職名を記載)

	会社名	部署・役職	氏名
部会長	株式会社ブリヂストン	Global CEO 室 マネジメント主幹	森永 啓詩
委員	住友ゴム工業株式会社	安全防災環境管理部 チーフアドバイザー	坂本 秀一
	横浜ゴム株式会社	C S R 本部 環境保護推進室 主査	菅 和生
	TOYO TIRE 株式会社	環境安全推進本部 環境衛生推進部長	瓜生 知幸
事務局	一般社団法人 日本自動車タイヤ協会	環境部 兼 技術部 部長	中島 弘達 (2020年1月~)
		環境部 兼 技術部 部長	緒方 務 (~2019年12月)
		環境部 兼 技術部 課長	時田 晴樹

【クリティカルレビュー実施団体】

一般社団法人日本 LCA 推進機構

II. LCCO₂ 算定の考え方

1. 目的

- ・タイヤのライフサイクルにおける温室効果ガス排出量の算定

本ガイドラインは、タイヤのライフサイクルにおける温室効果ガス排出量の基本的な算定方法を取りまとめたものである。国内における一般タイヤと低燃費タイヤなど、転がり抵抗係数(RRC)が異なるタイヤの定量的な比較もできるような手法となっている。

2. 基準フローと機能単位

本ガイドラインの基準フローは以下のタイヤ 1 本のライフサイクルとする。

国内で販売される PC(乗用車)、TB(トラック・バス)タイヤ

- ・PC 一般タイヤ
- ・PC 低燃費タイヤ
- ・TB 一般タイヤ
- ・TB 低燃費型タイヤ

PC 低燃費タイヤとは JATMA が定めたグレーディングシステムで転がり抵抗性能の等級が A 以上(転がり抵抗係数 9.0N/kN 以下)で、ウェットグリップ性能の等級が a～d の範囲内(ウェットグリップ性能 G 110% 以上、155%以下)にあるものである(JATMA ラベリング制度：参照 ②)。また、TB 低燃費型タイヤとは各社が定める低燃費仕様のものである。

これらのタイヤの機能単位は、荷重を支える、力を伝える、抵抗少なく回転する、といったタイヤの基本運動性能と、完全に摩耗するまでの十分な走行寿命である。

本ガイドラインでは走行寿命として PC タイヤ 30,000km、TB タイヤ 120,000km を例示している。

3. 算定するライフサイクルの範囲(システム境界)

ライフサイクルの範囲は、下記 5 段階とする



図 1 ライフサイクルの範囲

原材料調達は採掘、新ゴムの原料であるゴム林の育成段階を含み、廃棄・リサイクルまでとする。

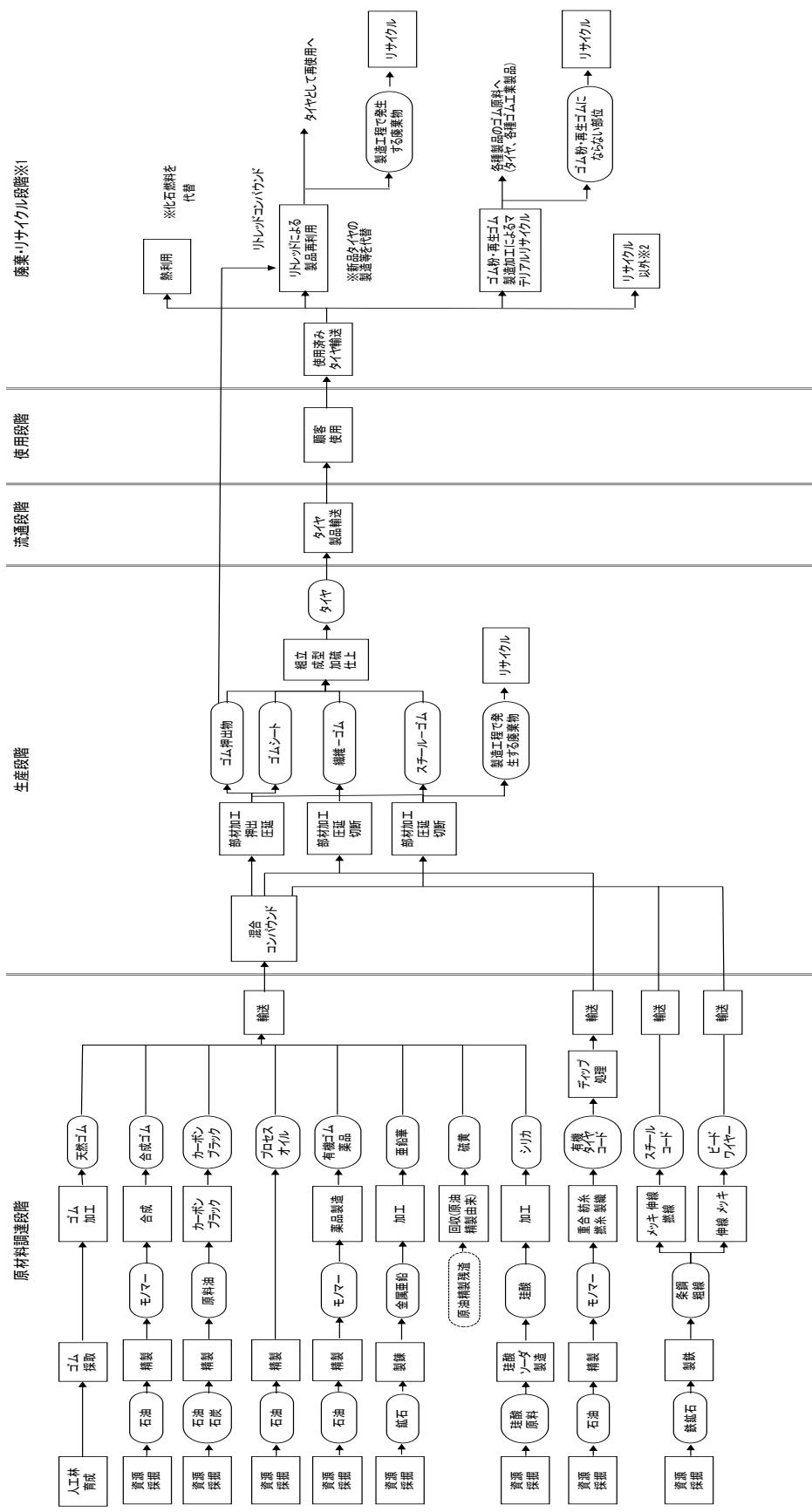


図2 自動車用タイヤのライフサイクルフロー

廃棄・リサイクル段階のプロセスは PC、TB による。PC は熱利用、TB は熱利用、リトレッドによる製品再利用、ゴム粉・再生ゴム製造加工による

マテリアルリサイクル（タイヤ・他用途）が行われている。

※2 「サイクル以外」の主なものには海外への輸出で、これらの発棄・リサイクル状況はデータが無いので、全て単純焼却(=最悪のシナリオ)されるものと仮定する。

4. ライフサイクル影響評価

1) 算定対象の温室効果ガス

下記 7 つのガスを算定の対象としている。

表 1. 算定対象ガス

記号	日本語名称
CO ₂	二酸化炭素
CH ₄	メタン
N ₂ O	亜酸化窒素
HFCs	ハイドロフルオロカーボン類
PFCs	パーフルオロカーボン類
SF ₆	六ふつ化硫黄
NF ₃	三ふつ化窒素

※HFCs・PFCs・SF₆・NF₃ の 4 ガスについては、本ガイドライン発行の時点においては、タイヤのライフサイクルにおいて排出されるという知見が十分に得られていないため、排出量としては計上されない。ただし、固有に把握が可能な場合には、計上することが必要である。

2) ライフサイクル影響評価に用いる地球温暖化係数

GWP(Global Warming Potential, 地球温暖化係数)としては IPCC 第五次報告書(2013 年)の 100 年値を採用

(CO₂ : 1 に対し、CH₄ : 28、N₂O : 265)

5. 算定の精度

本ガイドラインでのタイヤの LCCO₂ 排出量の算定は、代表的なタイヤの情報に基づく手法を示している。

LCCO₂ 算定に用いるデータは、自社での測定値または推定値である一次データを基本とするが、一次データが適用できない場合には、本ガイドラインに示した設定値を適用しうる。本ガイドライン以外で、より適切な設定やデータが入手できる場合には、それらを採用し、精度の高い算定をすることを推奨する。

6. 規格との整合性

本ガイドラインは、ISO14040:2006 及び ISO14044:2006 の規格内容を参照し、定めたものである。個別に行われるデータの収集内容や一部の感度分析などの事項を除けば、前提条件・算定方法の考え方などは規格内容を満たすための指針となっており、本ガイドラインを用いることで規格に従った算定を行うことが可能である。

ただし、ISO14040:2006 あるいは ISO14044:2006 に従ったレポート形式及びレポート項目（例えば結果に関する感度分析や不確実性分析）などを完全に網羅しているわけではないので、ISO14040:2006

及び ISO14044:2006 への完全な適合を考える場合には、本ガイドラインの項目だけではなく当該の規格内容を参照されたい。

III. 各段階における算定手法（インベントリ分析）

各段階における算定手法及び代表タイヤをモデルにした算定事例を以下に示す。

代表タイヤサイズは JATMA 内における 2019 年時点のタイヤサイズ毎の国内販売本数データを用い選定、重量については JATMA 内調査に基づき設定した。

代表タイヤサイズの選定方法：

PC の販売最上位のサイズは軽自動車のサイズであったが、同サイズのタイヤは PC タイヤ全体の平均重量より非常に軽いので、代表タイヤサイズには適さないと考え、より平均重量に近く販売数が最も多い 195/65R15 を選定した。

TB の代表タイヤサイズはサイズ表記が ISO 方式によるものの中から、販売量が多いリム径 22.5 インチのサイズである 275/80R22.5 を選定した。

なお、表 3 の PC 低燃費タイヤとは JATMA ラベリング制度（参照 ②）で定められた転がり抵抗性能の等級が A 以上（転がり抵抗係数 9.0N/kN 以下）で、ウェットグリップ性能の等級が a～d の範囲内（ウェットグリップ性能 G 110% 以上、155% 以下）にあるものであり、TB 低燃費型タイヤとは各社が定める低燃費仕様のものである。

表 2. 代表タイヤサイズ

タイヤ区分	代表タイヤサイズ
PC	195/65R15
TB	275/80R22.5

表 3. 代表タイヤの重量

（単位：kg）

タイヤ区分		重量
PC	一般タイヤ	8.6
	低燃費タイヤ	8.2
TB	一般タイヤ	56.2
	低燃費型タイヤ	54.5

1. 原材料調達段階

1) 原材料構成比

各タイヤの代表的な原材料構成比の例は下表に示すとおりである。構成比は、JATMA 内調査に基づき設定した。

表 4. 代表的なタイヤ原材料構成比(重量比)※

原材料名	PC (195/65R15)		TB (275/80R22.5)	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
新ゴム	100.0	100.0	100.0	100.0
天然ゴム	39.0	46.4	77.0	78.8
合成ゴム	61.0	53.6	23.0	21.2
カーボンブラック	50.0	41.3	52.0	47.3
プロセスオイル	8.0	9.6	2.0	1.8
有機ゴム薬計	8.0	13.1	10.0	8.3
無機配合剤	7.0	22.8	9.0	9.9
亜鉛華	3.0	3.4	5.0	4.4
硫黄	3.0	2.5	3.0	2.7
シリカ	1.0	16.9	1.0	2.8
繊維計	10.0	8.0	0.0	0.4
スチールコード	15.0	14.1	33.0	31.5
ビードワイヤ	8.0	9.5	11.0	13.3
計	206.0	218.4	217.0	212.5
タイヤ実重量/新ゴム重量比	2.06	2.18	2.17	2.13

※新ゴム重量を 100 として設定

2) 原材料の生産における GHG 排出

① 各原材料の生産における GHG 排出係数

各原材料の生産における GHG 排出係数は、下表に示すとおりである。

表 5. タイヤ原材料の生産における GHG 排出係数

(単位 : kgCO₂e/kg)

原材料名	GHG 排出係数	出典・根拠
新ゴム	-	-
天然ゴム	6.71×10^{-1}	P.W.Allen, The Malaysian Rubber Producers Research Association “Energy accounting. natural versus synthetic rubber” Rubber development vol32, no4, 1979
合成ゴム	3.71	IDEA のスチレンブタジエンゴムとブタジエンゴムの排出係数を タイヤ、チューブ向け合成ゴム出荷量割合(日本ゴム工業会 統計、2018 年実績)で加重平均し算出した。
カーボンブラック	***	JLCA データベース、カーボンブラック(2017)
プロセスオイル	***	IDEA、潤滑油(グリースを含む) *JATMA 調査の比重 0.88kg/L を用い単位換算
有機ゴム薬計	***	IDEA、有機ゴム薬品
無機配合剤	-	-
亜鉛華	***	IDEA、亜鉛華
硫黄	***	IDEA、回収硫黄
シリカ	***	IDEA、シリカゲル
繊維計	7.16	IDEA のポリエスチルタイヤコード、ナイロンタイヤコード、レーヨンの排出係数を消費量割合(JATMA 統計、2018 年度 実績)で加重平均し算出した。
スチールコード	***	IDEA、鋼索(鋼より線を含む)
ビードワイヤ	***	IDEA、鋼索(鋼より線を含む)

※IDEA : LCI データベース IDEA version 2.3 (2019/12/27)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 IDEA ラボ

一般社団法人サステナブル経営推進機構

② タイヤ 1 本あたりの原材料の生産における GHG 排出量の算定

タイヤ 1 本あたりの原材料の生産における GHG 排出量は下式により求められる。

$$\begin{aligned}
 (\text{原材料の生産における GHG 排出量} (\text{kgCO}_2\text{e/本})) &= \sum \{ (\text{タイヤ重量} (\text{kg})) \times (\text{各原材料構成比}) \\
 &\times (\text{原材料の生産における GHG 排出係数} (\text{kg-CO}_2\text{e/kg})) \}
 \end{aligned}$$

表 6. 原材料の生産における GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/本)

原材料名	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
新ゴム	-	-	-	-
天然ゴム	1.1	1.2	13.4	13.6
合成ゴム	9.4	7.5	22.1	20.2
カーボンブラック	***	***	***	***
プロセスオイル	***	***	***	***
有機ゴム葉計	***	***	***	***
無機配合剤	-	-	-	-
亜鉛華	***	***	***	***
硫黄	***	***	***	***
シリカ	***	***	***	***
繊維計	3.0	2.2	0.0	0.7
スチールコード	***	***	***	***
ビードワイヤ	***	***	***	***
計	26.3	23.8	137.3	129.3

3) 原材料の輸送における GHG 排出

① 原材料の輸送における設定

原材料の輸送においては、下表の距離を輸送するものと設定した。

表 7. 原材料の輸送シナリオの設定

原材料名	輸送距離	備考
天然ゴム	海運前陸送 : 500km 国際海運 : 原産国(東南アジア諸国)からシンガポール(1st hub)、上海等(2nd hub)を経由して日本に到着するものとする。 海運後陸送 : 500km	・国際海運前後の輸送は 10 トントラックで 500km 片道輸送、積載率 50 %とする (県間輸送として、東京 – 大阪程度の距離を想定) ・国際海運のフィーダー船は 2,000TEU、本船は 10,000TEU 以上とする。 (JATMA 調査結果(2019 年))
合成ゴム	陸送 500km	・東京 – 大阪程度の距離を想定 ・輸送手段は 10 トントラック、積載率 50 %と設定。
カーボンブラック		
プロセスオイル		
有機ゴム薬計		
亜鉛華		
硫黄		
シリカ		
纖維計		
スチールコード		
ビードワイヤ		

表 8. 原材料の輸送における GHG 排出係数

(単位 : kgCO₂e/kg)

原材料名	GHG 排出係数	備考
天然ゴム	2.97×10^{-1}	<p>JATMA 調査結果(2019 年)</p> <p>・海送は代表的な 18 航路での GHG 排出量を調査</p> <p>・陸送は燃料使用量×GHG 排出係数÷積載重量で算定</p> <p>燃費算定式：省エネ法に準拠</p> $\ln x = 2.71 - 0.812 \ln (y/100) - 0.654 \ln z$ <p>x : 貨物輸送量当たりの燃料使用量 (単位 l/トンキロ)</p> <p>y : 積載率 (単位%)</p> <p>z : 貨物自動車の最大積載量 (単位 kg)</p> <p>軽油の GHG 排出係数 : ***kgCO₂e/l (IDEA、軽油の燃焼エネルギー)</p>
合成ゴム	***	上記陸送の方法で算定
カーボンブラック	***	
プロセスオイル	***	
有機ゴム薬計	***	
亜鉛華	***	
硫黄	***	
シリカ	***	
繊維計	***	
スチールコード	***	
ビードワイヤ	***	

② タイヤ 1 本あたりの原材料の輸送における GHG 排出量の算定式

タイヤ 1 本あたりの原材料の輸送における GHG 排出量は下式により求められる。

(原材料の輸送における GHG 排出量(kgCO₂e/本))

$$= \sum \{ (\text{タイヤ重量(kg)}) \times (\text{各原材料構成比}) \times$$

(原材料の輸送における GHG 排出係数 (kgCO₂e/kg))\}

表 9. 原材料の輸送における GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/本)

原材料名	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
新ゴム	-	-	-	-
天然ゴム	0.48	0.52	5.92	6.00
合成ゴム	***	***	***	***
カーボンブラック	***	***	***	***
プロセスオイル	***	***	***	***
有機ゴム葉計	***	***	***	***
無機配合剤	-	-	-	-
亜鉛華	***	***	***	***
硫黄	***	***	***	***
シリカ	***	***	***	***
繊維計	***	***	***	***
スチールコード	***	***	***	***
ビードワイヤ	***	***	***	***
計	1.15	1.13	9.39	9.28

4) 原材料調達段階全体での GHG 排出量

原材料調達段階全体における GHG 排出量は、下表に示すとおりである。

(原材料調達段階全体における GHG 排出量)

$$= (\text{原材料の生産における GHG 排出量}) + (\text{原材料の輸送における GHG 排出量})$$

表 10. 原材料調達段階全体における GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/本)

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
原材料 調達段階	原材料生産	26.3	23.8	137.3
	原材料輸送	1.1	1.1	9.4
	計	27.4	24.9	146.7
				138.6

2. 生産段階

タイヤの生産段階における GHG 排出量を算定する。

1) エネルギー別 GHG 排出係数

タイヤの生産段階で消費されるエネルギーの GHG 排出係数は、下表のとおりである。

なお、工程で使われる水などは影響が小さいので除外している。

表 11. エネルギーの GHG 排出係数

区分	GHG 排出係数	単位	出典 ※1、2
ガソリン	***	kgCO ₂ e/l	IDEA、ガソリンの燃焼エネルギー
灯油	***	kgCO ₂ e/l	IDEA、灯油の燃焼エネルギー
軽油	***	kgCO ₂ e/l	IDEA、軽油の燃焼エネルギー
A 重油	***	kgCO ₂ e/l	IDEA、A 重油の燃焼エネルギー
C 重油	***	kgCO ₂ e/l	IDEA、C 重油の燃焼エネルギー
液化石油ガス(LPG)	***	kgCO ₂ e/kg	IDEA、LPG の燃焼エネルギー
液化天然ガス(LNG)	***	kgCO ₂ e/kg	IDEA、LNG の燃焼エネルギー
一般炭	***	kgCO ₂ e/kg	IDEA、一般炭の燃焼エネルギー
都市ガス	***	kgCO ₂ e/Nm ³	IDEA、都市ガス 13A の燃焼エネルギー
購入電力	***	kgCO ₂ e/kWh	IDEA、電力、日本平均、2017 年度

※1 IDEA : LCI データベース IDEA version 2.3 (2019/12/27)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 IDEA ラボ

一般社団法人サステナブル経営推進機構

※2 IDEA の係数は採掘まで含んだ上流遡及したもの

2) 生産段階における GHG 排出量

JATMA 各社の国内工場における各種タイヤごとの GHG 排出量データを直接、得ることは困難である。そこで、全工場平均の新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量（PC・TB 全平均）を算出し、さらに各社における各種タイヤ生産段階の新ゴム重量あたり使用エネルギーの比、各種タイヤごとの新ゴム生産実績量の比を設定し、これらの値から、各種タイヤごとの新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量を計算した。なお、新ゴムとは新たに投入される天然ゴムと合成ゴムのことであり、ここでは全てのタイヤ生産に関わるエネルギーを新ゴム 1kg あたりで計算している。

① 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PC・TB 全平均)

JATMA 各社の国内タイヤ工場における新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量は、2018 年の燃料と電力の使用実績を GHG 排出量に換算し、それぞれを同年の新ゴム量実績で割り、合算して算出した。すなわち、本平均値はすべての PC、TB の新ゴム単位重量あたり GHG 排出量の平均値である。

表 12. 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PC・TB 全平均)

(単位 : kgCO₂e/kg)

区分	GHG 排出量
新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量	0.981
新ゴム 1kg あたりの電力由来 GHG 排出量	0.684
新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量	1.665

② 生産工程における PC 一般タイヤ、PC 低燃費タイヤ、TB 一般タイヤ、TB 低燃費型タイヤの新ゴム重量あたり使用エネルギー量比を、2019 年に実施した JATMA 各社の調査結果に基づき、表 13 のとおり設定した。すなわち、PC 一般タイヤを基準とし、各種タイヤ生産に使用される新ゴム単位重量あたりの燃料エネルギー量と電力エネルギー量の比率を示す。

表 13. 生産工程における PC と TB の各種タイヤの新ゴム単位重量あたり使用エネルギー量比

(＝各種タイヤの新ゴム単位重量あたり GHG 排出量比)

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
燃料	100	105	108	109
電力	100	108	73	76

③ 2019 年の JATMA 統計データに基づき、PC タイヤと TB タイヤの新ゴム総生産重量の比を 2:1、PC 一般タイヤと低燃費タイヤの新ゴム総生産重量の比を 1:4 と設定し、また、TB 一般タイヤと低燃費型タイヤの新ゴム総生産重量の比を 1:1 と仮定すると、全体の新ゴム生産重量を 100 とした際の各生産重量は下表のように計算される。

表 14. PC・TB の各種タイヤの新ゴム生産重量比

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
新ゴム生産重量比	13	53	17	17

表 12 に示した新ゴム 1kg あたり GHG 排出量 (PC・TB 全平均) に対する各種タイヤごとの GHG 排出量比率の計算方法を、PC 一般タイヤの燃料由来排出量を例に説明する。

新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量(0.981 kgCO₂e/kg)に対する PC 一般タイヤの排出量比率を a とすると、表 13 の比率より、各種タイヤの新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量は、以下の式となる。

PC 一般タイヤの新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量 = $a \times$ 新ゴム 1 kgあたりの燃料由来 GHG 排出量 (PC・TB 全平均)

PC 低燃費タイヤの新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量 = $1.05 \times a \times$ 新ゴム 1 kgあたりの燃料由来 GHG 排出量 (PC・TB 全平均)

TB 一般タイヤの新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量 = $1.08 \times a \times$ 新ゴム 1 kgあたりの燃料由来 GHG 排出量 (PC・TB 全平均)

TB 低燃費型タイヤの新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量 = $1.09 \times a \times$ 新ゴム 1 kgあたりの燃料由来 GHG 排出量 (PC・TB 全平均)

表 12 に示す新ゴム 1 kgあたりの燃料由来 GHG 排出量 (PC・TB 全平均) とは、各種タイヤの新ゴム単位重量あたり燃料由来 GHG 排出量の加重平均値であると考えられる。そこで、表 12、13、14 の各値を用いると、以下の関係式が得られる。

新ゴム 1kg あたり燃料由来 GHG 排出量(PC・TB 全平均)

$$\begin{aligned} &= 0.981 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} \\ &= (a \times 0.981 \times 13 + 1.05 \times a \times 0.981 \times 53 + 1.08 \times a \times 0.981 \times 17 + 1.09 \times a \times 0.981 \\ &\quad \times 17) \div (13 + 53 + 17 + 17) \\ &= 0.981 \times a \times (1 \times 13 + 1.05 \times 53 + 1.08 \times 17 + 1.09 \times 17) \div 100 \end{aligned}$$

本式より、PC 一般タイヤの新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量比率 a は 0.95 と算出される。

また、PC 低燃費タイヤの新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量比率は $a \times 1.05 = 1.00$ となる。

同様に各種タイヤの新ゴム重量当たり電力由来 GHG 排出量比率も計算した結果を表 15 に示す。

表 15. 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PC・TB 全平均)に対する各種タイヤの GHG 排出量比率

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ
燃料	0.95	1.00	1.02	1.03
電力	1.04	1.13	0.76	0.79

④ 各種タイヤの新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量

(新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)

$$= (\text{新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量(PC・TB 全平均)}) \times (\text{各種タイヤの燃料由来 GHG 排出量比率}) + (\text{新ゴム 1kg あたりの電力由来 GHG 排出量(PC・TB 全平均)}) \times (\text{各種タイヤの電力由来 GHG 排出量比率})$$

表 16. 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/kg)

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ
新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量 (a)	0.981			
燃料 GHG 排出比率 (b)	0.95	1.00	1.02	1.03
新ゴム 1kg あたりの電力由来 GHG 排出量 (c)	0.684			
電力 GHG 排出比率 (d)	1.04	1.13	0.76	0.79
新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量 (a×b)+(c×d)	1.644	1.748	1.526	1.556

⑤ PC 及び TB のタイヤ実重量/新ゴム重量比

PC 及び TB の材料構成比(表 4)より、タイヤ実重量/新ゴム重量比を下表のとおり設定

表 17. PC 及び TB のタイヤ実重量/新ゴム重量比

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ
タイヤ実重量/新ゴム重量比	2.06	2.18	2.17	2.13

⑥ タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量

(タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量)

$$= (\text{新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PC・TB 別)})$$

$$\div (\text{タイヤ実重量/新ゴム重量比})$$

表 18. タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/タイヤ 1kg)

区分	PC		TB	
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ
タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量	0.799	0.802	0.703	0.731

⑦ 生産段階におけるタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量
 (タイヤ 1 本あたりの GHG 排出量)
 = (タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量) × (タイヤ 1 本あたりの重量)

表 19. 生産段階におけるタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量

区分	PC		TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
タイヤ 1 本あたりの重量	8.6	8.2	56.2	54.5	kg/本
タイヤ 1 本あたりの GHG 排出量	6.9	6.6	39.5	39.8	kgCO ₂ e/本

3. 流通段階

タイヤ製品の流通段階における GHG 排出量を算定する。

1) タイヤ製品輸送のシナリオ設定

タイヤ製品輸送の GHG 排出量は、下記条件設定に基づいて算定する。

表 20. タイヤ製品輸送のシナリオ設定

区分	内容	備考
対象	日本国内の生産拠点 から販売店等までの輸送	
輸送距離	550km 片道輸送	JATMA 設定値 2019 年の JATMA 各社の輸送距離調査結果
輸送手段	10 トントラック	JATMA 設定値
積載率	50%	JATMA 設定値
燃費算定式	省エネ法に準拠	$\ln x = 2.71 - 0.812 \ln (y/100) - 0.654 \ln z$ x : 貨物輸送量当たりの燃料使用量 (単位 l/トンキロ) y : 積載率 (単位%) z : 貨物自動車の最大積載量 (単位 kg)
軽油の GHG 排出係数	*** kgCO ₂ e/l	IDEA、軽油の燃焼エネルギー
タイヤ実重量 1kg あたりの輸送 の GHG 排出係 数	0.104 kgCO ₂ e/kg	燃料使用量×GHG 排出係数÷積載重量

2) 流通段階における GHG 排出量

流通段階での GHG 排出量は、下表に示すとおりである。

$$(\text{流通段階での GHG 排出量}) = (\text{タイヤ 1 本あたりの重量})$$

$$\times (\text{タイヤ実重量 1kg あたりの輸送の GHG 排出係数})$$

表 21. 流通段階における GHG 排出量

区分	PC		TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ	
タイヤ 1 本あたりの重量	8.6	8.2	56.2	54.5	kg/本
タイヤ実重量 1kg あたりの 輸送の GHG 排出係数	0.104			kgCO ₂ e/kg	
タイヤ 1 本あたりの輸送の GHG 排出量	0.9	0.9	5.8	5.7	kgCO ₂ e/本

4. 使用段階

タイヤの使用段階については、タイヤが自動車に装着され、自動車の走行に伴って排出される GHG 排出量のうち、タイヤの寄与分を配分し算定する。

1) タイヤ使用条件の設定

GHG 排出量を算定する各タイヤ使用条件を表 22 に示す。

なお、これらの代表タイヤサイズにおける RRC 値は例であり、市場平均値ではない。

(PC タイヤの RRC 市場平均値については、4 年に一度、JATMA で調査し、公表している(参照 ③)。)

また、車両燃費も実験に用いた車両の測定値であり、市場平均値を示すものではない。

(車両燃費の市場平均値については、国土交通省 HP で公表されている(参照 ④)。)

表 22. GHG 排出量を算定するタイヤ使用条件の設定

区分	PC			TB		単位	備考
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ A	低燃費 タイヤ B	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ		
タイヤサイズ	195/65R15			275/80R22.5		–	
タイヤ転がり 抵抗係数 (RRC)	10.5	8.9	6.5	9.0	5.6	N/kN	JATMA 選定 ※1
(タイヤ転がり 抵抗指数)	100	85	62	100	62	%	一般タイヤ =100
車両燃費	15.25	15.68	16.37	4.0	4.4	km/l	JATMA 調査結果 ※2
	0.0656	0.0638	0.0611	0.250	0.227	l/km	
タイヤの 燃費寄与率	0.179	0.156	0.119	0.26	0.18	–	
車両燃料	ガソリン			軽油		–	
装着タイヤ 本数	4			10		本	
タイヤ 走行寿命	30,000			120,000		km/本	JATMA 調査結果 ※3

※1: PC 低燃費タイヤ A、B は構造、パターン等の異なる特定の 2 種類のタイヤを用いている。実際にはそれぞれのタイヤの原料構成比は表 4 に示した値と異なるが、原料構成比は企業秘密であるため、今回は同一であると仮定した。

※2: PC 低燃費タイヤ A、B の各数値は、JATMA が選定した 2 種のタイヤを同一車両（1800cc ガソリンエンジン、セダン）に装着し、2020 年に実施した WLTC モード燃費試験の計測値、および計測値に基づく計算値。

PC 一般タイヤの転がり抵抗係数は、会員企業が国内で販売した 2006 年の全乗用車用タイヤの転がり抵抗係数と本数を調査した際の、低燃費タイヤ以外のタイヤの平均値であり、低燃費タイヤと一般タイヤの転がり抵抗係数の比を用いて、一般タイヤの車両燃費、燃費寄与率を計算した。

TB の各数値は 2009 年に会員企業が実車試験を行った際の計測値、および計算値。供試タイヤは一般的な仕様と低転がり抵抗仕様（低燃費型タイヤ）を会員企業が選定した。

※3: 「タイヤの使用期間に関する調査分析業務報告書」（環境省、2016、2017 年）、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書（国立環境研究所 地球環境研究センター 2020 年）」をもとに設定。

異なる転がり抵抗係数を有するタイヤを装着することにより、車両燃費が変わり、また、タイヤの燃費寄与率も変わることを図 3 で説明する。図 3 に示すように、車両燃費（l/km）は、タイヤ転がり抵抗に起因する燃費と、それ以外の抵抗に起因する燃費（タイヤの RRC の違いによらず一定）に分けることができ、タイヤの燃費寄与率は車両燃費のうちのタイヤ転がり抵抗に起因する燃費の比率と定義される。

$$\text{車両燃費 (l/km)} = \text{タイヤの転がり抵抗に起因する燃費 (l/km)} + \text{タイヤの転がり抵抗以外の抵抗に起因する燃費 (l/km)}$$

$$\text{タイヤの燃費寄与率} = \text{タイヤの転がり抵抗に起因する燃費 (l/km)} \div \text{車両燃費 (l/km)}$$

また、タイヤの転がり抵抗に起因する燃費（l/km）はタイヤの転がり抵抗係数（RRC）に比例して変化する、すなわち、タイヤの転がり抵抗係数に定数（タイヤ転がり抵抗係数に起因する燃費をタイヤ転がり抵抗係数で割った数値）を乗じることで算定する。これに従うと、車両燃費は、以下のよう式で表せる。

$$\text{車両燃費 (l/km)} = \text{タイヤの転がり抵抗係数} \times \text{定数} + \text{タイヤの転がり抵抗以外の抵抗に起因する燃費 (l/km)}$$

これに表 22 に示す低燃費タイヤ A、B の転がり抵抗係数と車両燃費の数値を代入することで、タイヤの転がり抵抗に起因する燃費（タイヤの転がり抵抗係数 × 定数）とタイヤの転がり抵抗以外に起因する燃費を算定する。

$$\begin{aligned} \text{PC 低燃費タイヤ A の車両燃費} &= 8.9 \times \text{定数} + \text{タイヤの転がり抵抗以外の抵抗に起因する燃費} \\ &= 0.0638 \text{ (l/km)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PC 低燃費タイヤ B の車両燃費} &= 6.5 \times \text{定数} + \text{タイヤの転がり抵抗以外に抵抗に起因する燃費} \\
 &= 0.0611 (\text{l/km})
 \end{aligned}$$

図 3 では表 22 に示した PC 低燃費タイヤ A と PC 低燃費タイヤ B の例を示している。両者の燃費の差 0.0027 (l/km) と、RRC の差 $8.9 - 6.5 = 2.4$ (N/kN) から、RRC1 (N/kN)あたりの燃費（上式の定数）は $0.0027 \div 2.4 = 0.00113$ (l/km) となり、これに各タイヤのタイヤ転がり抵抗係数を乗じることで、タイヤ転がり抵抗に起因する燃費（図 3 の①、②）が算出される。また、合わせてタイヤ転がり抵抗以外に起因する燃費は、以下の通りに算出される。

PC 低燃費タイヤ A のタイヤ転がり抵抗に起因する燃費(①)

$$= 0.0027 \div 2.4 \times 8.9 = 0.0100 (\text{l/km})$$

PC 低燃費タイヤ B のタイヤ転がり抵抗に起因する燃費(②)

$$= 0.0027 \div 2.4 \times 6.5 = 0.00731 (\text{l/km})$$

タイヤ転がり抵抗以外に起因する燃費

$$= \text{PC 低燃費タイヤ A の車両燃費} - (①) = 0.0638 - 0.0100 = 0.0538 (\text{l/km})$$

これに従い、PC 低燃費タイヤ A を装着した車両におけるタイヤ転がり抵抗に起因する燃費（図 3 の①部分）を車両燃費 (l/km) で除したタイヤの寄与率は以下の式で算出される。

$$\begin{aligned}
 \text{PC 低燃費タイヤ A の燃費寄与率} &= \text{タイヤ転がり抵抗に起因する燃費(①)} \div \text{車両燃費 (l/km)} \\
 &= 0.0100 \div 0.0638 \\
 &= 0.156
 \end{aligned}$$

同様に PC 低燃費タイヤ B の燃費寄与率は以下のように計算される。

$$\begin{aligned}
 \text{PC 低燃費タイヤ B の燃費寄与率} &= \text{タイヤ転がり抵抗に起因する燃費(②)} \div \text{車両燃費 (l/km)} \\
 &= 0.00731 \div 0.0611 \\
 &= 0.119
 \end{aligned}$$

また、本実験車両に RRC=10.5 である PC 一般タイヤを装着したと仮定した場合の車両燃費、およびタイヤの燃費寄与率は以下のように算出される。

PC 一般タイヤを装着した車両燃費 = タイヤ転がり抵抗に起因する燃費 + タイヤ転がり抵抗以外の抵抗に起因する燃費

$$\begin{aligned}
 &= 0.0027 \div 2.4 \times 10.5 + 0.0538 \\
 &= 0.0656 (\text{l/km})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PC 一般タイヤの燃費寄与率} &= \text{タイヤ転がり抵抗に起因する燃費} \div \text{車両燃費} \\
 &= 0.0027 \div 2.4 \times 10.5 \div 0.0656 \\
 &= 0.179
 \end{aligned}$$

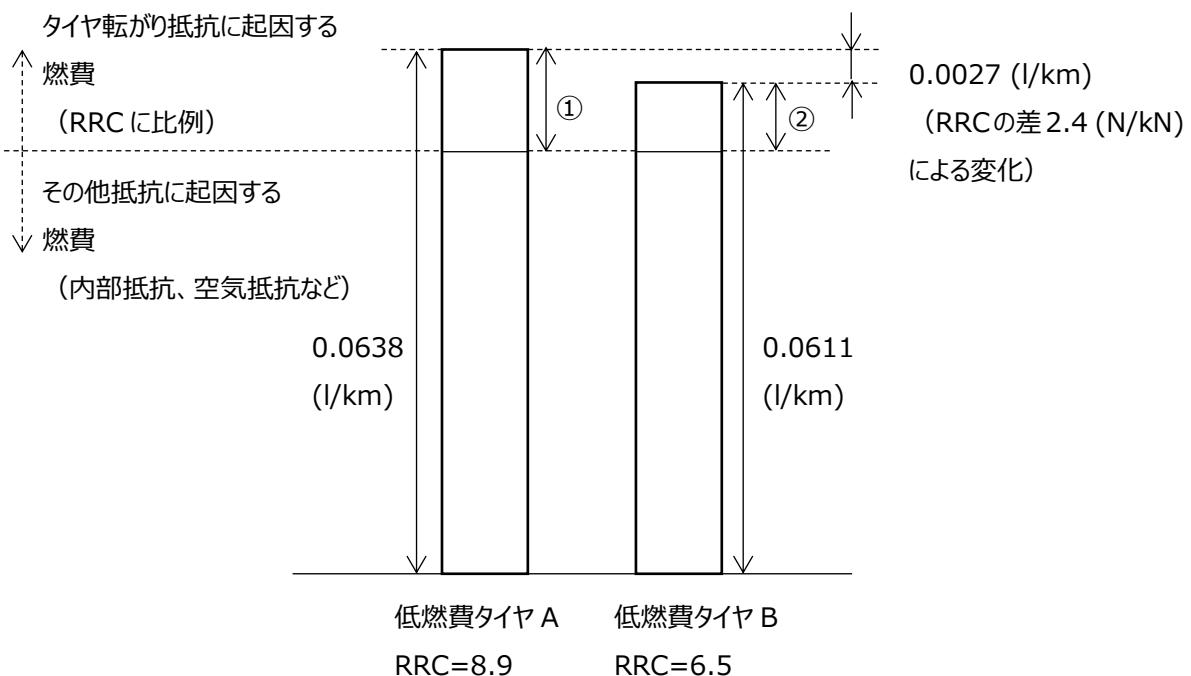


図 3. 異なるタイヤを装着した場合の車両の燃費変化

TB についても一般タイヤと低燃費型タイヤの実験値を用い、同様の計算方法でタイヤの燃費寄与率を算定し、表 22 に示している。

2) 使用段階の GHG 排出量

① 車両燃料の GHG 排出係数

表 23. 車両燃料の GHG 排出係数

(単位 : kgCO₂e/l)

区分	GHG 排出係数	出典
ガソリン	***	IDEA、ガソリンの燃焼エネルギー
軽油	***	IDEA、軽油の燃焼エネルギー

② タイヤ起因燃費 (l/km) 及び GHG 排出量

タイヤ起因の燃費 (l/km) 及び GHG 排出量は、下式により求められる。

(タイヤ起因の燃費 (l/km))

$$= (\text{タイヤ 1 本} \cdot 1\text{km あたりの燃費 (l/km)}) \times (\text{タイヤ走行寿命})$$

$$= (\text{車両燃費}) \times (\text{タイヤの燃費寄与率}) \div (\text{タイヤ本数}) \times (\text{タイヤ走行寿命})$$

$$(\text{タイヤ起因の GHG 排出量}) = (\text{タイヤ起因の燃費 (l/km)}) \times (\text{車両燃料の GHG 排出係数})$$

表 24. タイヤ起因の燃費 (l/km) 及び GHG 排出量

区分	PC			TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ A	低燃費 タイヤ B	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
タイヤ 1 本・1km あたりのタイヤ起因 の燃費 (l/km)	***	***	***	***	***	l/km・本
タイヤ起因の燃費 (l/km) (タイヤ寿命あたり)	***	***	***	***	***	l/本
タイヤ起因の GHG 排出量 (タイヤ寿命あたり)	250.5	212.3	155.1	2,326.9	1,447.9	kgCO ₂ e/本

3) 使用段階 GHG 排出量の他の算定方法 (参考)

使用段階の GHG 排出量を算定する方法として、WBCSD の TIP が作成した PCR(参照 ①)に示されている数式を基に計算することもできる。JATMA ガイドラインが燃費ベースでタイヤ寄与分を計算しているのに対し、PCR では、タイヤの運動エネルギーを算出し、このタイヤ運動エネルギーに必要な燃焼エネルギーを車両効率性から求めている。車両効率性とは、燃焼エネルギーから熱損失や機械伝達損失を除いて運動エネルギーへ伝えられるエネルギーの比率である。

PCR の使用段階のエネルギー計算は以下の式により構成されている。エネルギー量とはガソリン車の場合、燃料の燃焼エネルギーの量である。

$$(タイヤに起因するエネルギー量 (MJ/tire)) = (転がり抵抗によるエネルギー消費量) + (加速抵抗によるエネルギー消費量)$$

このうち転がり抵抗によるエネルギー消費量は以下の式で表される。

$$(転がり抵抗によるエネルギー消費量) = (タイヤ転がり抵抗係数) \times (1 - (摩耗による転がり抵抗低減率) \div 2) \times (荷重) \times (走行寿命) \times (重力加速度) \div (車両効率性)$$

一方、加速抵抗によるエネルギー消費量は以下の式で表される。

$$(加速抵抗によるエネルギー消費量) = (タイヤ慣性力) \div (車両効率性) \times (走行寿命)$$

なお、用語の違いについて補足する。本ガイドラインの“走行寿命”は、PCR 中では“標準耐用走行距離”と記載されている。

GHG 排出量を計算するには、タイヤに起因するエネルギー量を燃料の低位発熱係数（例えば PCR 表 39）で除すことによって燃料量を求め、更に燃料量に GHG 排出係数（例えば本ガイドライン表 11）を乗じることにより算出することができる。

上記のように、PCR 中の数式は本ガイドラインとは異なる係数を設定しているが、適切に係数の値が設定されるのであれば、ユーザーがいずれの方法で計算しても問題無い。

なお、PCR では使用段階以外のデータの例示が充分になされていない為、ここでは使用段階の計算のみを説明した。

5. 廃棄・リサイクル段階

廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量を算定する。

1) 使用済みタイヤの用途別廃棄・リサイクル割合

JATMA 調査による 2019 年の使用済みタイヤの用途分類統計をもとに、PC・TB 別の廃棄・リサイクル割合を下図に示す。

PC は熱利用、TB は熱利用、リトレッドによる製品再利用、ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルが行われている。

「リサイクル以外」の主なものは海外への輸出で、これらの廃棄・リサイクル状況はデータが無いので、全て単純焼却(=最悪のシナリオ)されるものと仮定する。

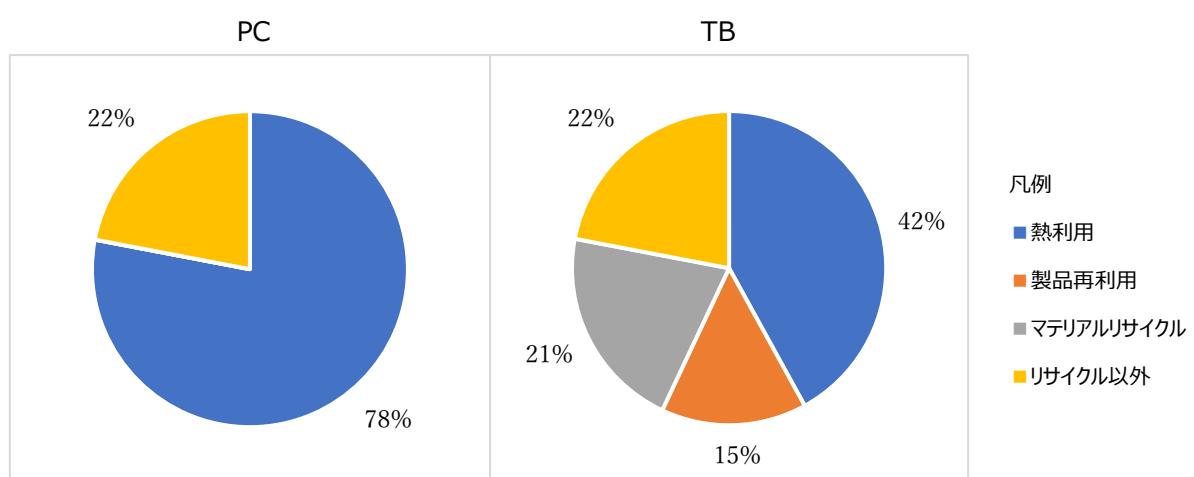


図 4. 使用済みタイヤの用途別廃棄・リサイクル割合

2) 使用済みタイヤの輸送における GHG 排出

① 使用済みタイヤの輸送の条件設定

使用済みタイヤの輸送の GHG 排出量は、表 25 に示す条件設定に基づいて算定する。

表 25. 使用済みタイヤの輸送の条件設定

区分	内容	備考
対象	使用済みタイヤが発生した拠点(販売店等)から廃棄物処理施設までの輸送	—
輸送距離	100km 片道輸送	県内輸送として、県境－県境の距離を想定
輸送手段	2 トントラック	JATMA 設定値
積載率	50%	JATMA 設定値
燃費算定式	省エネ法に準拠	$\ln x = 2.71 - 0.812 \ln (y/100) - 0.654 \ln z$ x : 貨物輸送量当たりの燃料使用量 (単位 l/トンキロ) y : 積載率 (単位%) z : 貨物自動車の最大積載量 (単位 kg)
軽油の GHG 排出係数	***kgCO ₂ e/l	IDEA、軽油の燃焼エネルギー
使用済みタイヤの輸送の GHG 排出係数	0.0547kgCO ₂ e/kg	燃料使用量×GHG 排出係数÷積載重量

②使用済みタイヤの輸送における GHG 排出量

使用済みタイヤ 1 本あたりの輸送における GHG 排出量は、下式により求められる。

(使用済みタイヤの輸送における GHG 排出量)

$$= (\text{使用済みタイヤ重量}) \times (\text{使用済みタイヤの輸送の GHG 排出係数})$$

表 26. 使用済みタイヤ 1 本あたりの輸送における GHG 排出量

区分	PC		TB		単位	備考
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ		
新品タイヤ重量(a)	8.6	8.2	56.2	54.5	kg	表 3 より
摩耗率(b)	15		18		%	※1
使用済みタイヤ重量 (a)×(1-b)	7.3	7.0	46.1	44.7	kg	
使用済みタイヤの輸 送の GHG 排出係 数(c)	0.0547				kgCO ₂ e/kg	表 25 より
使用済みタイヤの輸 送における GHG 排出量 (a)×(1-b)×(c)	0.40	0.38	2.52	2.44	kgCO ₂ e/本	

※1 タイヤの仕様書計算等から全摩耗時の減量%を設定

3) 熱利用における GHG 排出と排出削減効果

① 热利用における GHG 排出

a) 新品タイヤにおける炭素含有量

タイヤ原材料構成比と各原材料の炭素量比から、タイヤの炭素含有量を求める。なお、再生可能な原材料(天然ゴム)については、カーボンニュートラルな原材料ととらえ、炭素含有量から除いた。

また、使用済みタイヤの熱利用に際しては、タイヤをカットするプロセスが必要となる場合があるが、GHG 排出量がタイヤの燃焼に比べて非常に小さいことから(約 1/1,000)、除外した。

表 27. 新品タイヤにおける炭素含有量 ※1

原材料名	炭素含有量(カーボンニュートラル考慮)				炭素量比 ※2	カーボンニュートラル ※3		
	PC		TB					
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費型 タイヤ				
新ゴム	-	-	-	-	-	-		
天然ゴム	0.0	0.0	0.0	0.0	0.88	0		
合成ゴム	54.3	47.7	20.5	18.9	0.89	1		
カーボンブラック	49.0	40.5	51.0	46.4	0.98	1		
プロセスオイル	6.7	8.1	1.7	1.5	0.84	1		
有機ゴム薬計 ※4	5.4	8.8	6.7	5.6	0.67	1		
無機配合剤	-	-	-	-	-	N		
亜鉛華	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	N		
硫黄	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	N		
シリカ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	N		
繊維計	6.2	5.0	0.0	0.2	0.62	1		
スチールコード	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	N		
ビードワイヤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	N		
計	121.6	110.0	79.8	72.5	-	-		
タイヤ中の炭 素含有率※5	0.590	0.504	0.368	0.341	-	-		

※1：新ゴム重量 100 としたときの重量指数。表 4 の原材料構成比に炭素量比を掛けて算出

※2：各原材料の炭素量比は、基本分子構造をベースに JATMA で推定

※3：カーボンニュートラル=0, カーボンニュートラルでない=1, 炭素分を含まない原材料=N

※4：有機ゴム薬については、代表的な加硫促進剤、老化防止剤の基本分子構造から計算した。

※5：表 4 の新ゴム重量を 100 としたときの総重量指数(PC 一般タイヤであれば 206.0)で、本表の炭素含有量計を除して算出

b) タイヤ摩耗後の材料構成成分及び炭素含有量の変化

タイヤの摩耗はゴム成分のみであるから、全構成重量から、繊維計、スチールコード、ビードワイヤの重量を除いたものから比例配分して減じた。

表 28. 摩耗減量による炭素含有量の変化

区分		PC		TB		備考
		一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
新品 タイヤ	構成重量(a)	206.0	218.4	217.0	212.5	※1
	摩耗成分重量(b)	173.0	186.8	173.0	167.3	※2
	炭素含有量(c)	121.6	110.0	79.8	72.5	表 27 で 計算
	炭素含有率(d)	59.0%	50.4%	36.8%	34.1%	
使用 済み タイヤ	構成重量(e)	175.1	185.6	177.9	174.3	(a)×(1-摩 耗率×3)
	摩耗成分重量(f)	142.1	154.0	133.9	129.1	(b)-(a-e)
	炭素含有量(g)	101.0	91.6	61.8	56.0	※4
	炭素含有率	57.7%	49.3%	34.7%	32.1%	(g)/(e)

※1 表 4 新ゴム量 100 としたときの重量指數

※2 構成重量(a)から繊維計、スチールコード、ビードワイヤを除いたもの (ゴムコンパウンド重量指數)

※3 表 26 に記載

※4 新品の摩耗成分の炭素含有量計(表 27 の天然ゴム、合成ゴム、カーボンブラック、プロセスオイル、有機ゴム薬の合計)×((f)÷(b)) + 新品のスチールコード、ビードワイヤ、繊維計の炭素含有量

c) 使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量

使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量は、下式にて求められる。

(使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量)

$$= (\text{使用済みタイヤの炭素含有率}) \times 44 \div 12$$

表 29. 使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量

区分	PC		TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
使用済みタイヤの炭素含 有率(表 28 より)	57.7	49.3	34.7	32.1	%
使用済みタイヤ燃焼時の タイヤ 1kg あたり GHG 排出量	2.114	1.808	1.273	1.179	kgCO ₂ e/kg

d) 使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量

使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量は、下式により求められる。

(使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量)

= (使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量)

× (使用済みタイヤ重量)

表 30. 使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量

区分	PC		TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量	2.114	1.808	1.273	1.179	kgCO ₂ e/kg
使用済みタイヤ重量	7.3	7.0	46.1	44.7	kg
使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1 本 あたり GHG 排出量	15.5	12.6	58.7	52.7	kgCO ₂ e/本

② 热利用における GHG 排出削減効果

使用済みのタイヤを熱源として利用しエネルギーを回収することにより、化石燃料の消費が代替され、GHG 排出が削減されると考えることができ、この削減効果を算定する。

a) 使用済みタイヤの熱利用にともない代替される化石燃料

使用済みタイヤの主な熱利用先として、製紙業界が挙げられる。製紙会社へのヒアリングの結果、主に C 重油の代わりに使用済みタイヤを使用しているため、使用済みタイヤは C 重油を代替しているものとする。

b) 使用済みタイヤの熱利用による GHG 排出削減効果

使用済みタイヤの熱利用による GHG 排出削減効果は、下式により求められる。

(使用済みタイヤの熱利用による GHG 排出削減効果)

$$= (C \text{ 重油の GHG 排出係数}) \times (\text{タイヤの発熱量}) \times (\text{使用済みタイヤ重量})$$

表 31. 使用済みタイヤの熱利用による GHG 排出削減効果

区分	PC		TB		単位	備考
	一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ		
C 重油の GHG 排出係数	***				kgCO ₂ e/MJ	※1
タイヤの発熱量	***				MJ/kg	※2
使用済みタイヤ重量	7.3	7.0	46.1	44.7	kg	表 26 より
GHG 削減効果	-20.4	-19.4	-128.5	-124.6	kgCO ₂ e/本	

※1 IDEA C 重油の燃焼エネルギー

※2 IDEA 廃タイヤの高位発熱量

③ 热利用における GHG 排出(全体)

熱利用における GHG 排出量(全体)は、下式により求められる。

集計結果については、「表 46. 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果」を参照のこと。

(熱利用における GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{使用済みタイヤの輸送における GHG 排出量}) \\
 &+ (\text{使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量}) \\
 &- (\text{使用済みタイヤの熱利用による GHG 排出削減効果})
 \end{aligned}$$

4) リトレッドによる製品再利用における GHG 排出と排出削減効果

リトレッドによる製品再利用における GHG 排出としては、下記の点が挙げられる。

【GHG 排出】

- ・リトレッドコンパウンド原材料の製造
- ・リトレッドコンパウンド原材料の輸送
- ・リトレッドコンパウンドの混合
- ・リトレッドタイヤの生産

※コンパウンドとは各種原材料(天然ゴム,合成ゴム,カーボンブラック,プロセスオイル,有機ゴム薬,無機配合剤)を配合し混合したゴムのことである。

【GHG 排出削減効果】

- ・リトレッドタイヤによる新品タイヤ製造の代替(削減効果)

前提として、寿命や省エネ性能は同一のものとした。ただし、実態に即して計算は調整されるべきである。

① リトレッドによる製品再利用における GHG 排出

a) リトレッドコンパウンドの原材料の製造における GHG 排出量

(i) リトレッドコンパウンドの原材料構成比及び製造における GHG 排出量

リトレッドコンパウンドの製造における GHG 排出量は、下式により求められる。

(リトレッドコンパウンドの製造における GHG 排出量)

= $\sum \{(\text{リトレッドコンパウンドの各原材料重量})$

$\times \text{各原材料の GHG 排出係数}\}$

表 32. リトレッドコンパウンドの原材料構成比及び製造における GHG 排出量

区分	構成比 (kg)	GHG 排出係数 (kgCO ₂ e/kg)	GHG 排出量 (kgCO ₂ e)
天然ゴム	70	6.71×10^{-1}	46.97
合成ゴム	30	3.71	111.30
カーボンブラック	48	***	***
プロセスオイル	7	***	***
有機ゴム薬	7	***	***
亜鉛華	3	***	***
硫黄	2	***	***
シリカ	0	***	0
計	167	-	375.35
原材料重量合計/ 新ゴム 比	1.67		

※構成比は JATMA 調査により設定

したがって、リトレッドコンパウンド 1kg あたりの GHG 排出量は、下記に示すとおりとなる。

(リトレッドコンパウンド 1kg あたりの GHG 排出量)

= GHG 排出量 ÷ 構成重量 kg

= $375.35 \div 167 = 2.25 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$

(ii) リトレッドコンパウンドの重量

夏用タイヤ/冬用タイヤの本数比を更生タイヤ全国協議会へのヒアリングに基づき、1:1 として計算

JATMA 内調査に基づき夏用タイヤ：15kg、冬用タイヤ：19kg とすると

$15 \times 0.5 + 19 \times 0.5 = 17.0 \text{ kg}$

(iii) リトレッドコンパウンドの原材料段階のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

(リトレッドコンパウンドの原材料段階の GHG 排出量)

= (リトレッドコンパウンド 1kg あたりの GHG 排出量)

× リトレッドコンパウンドの重量

= $2.25 \times 17.0 = 38.21 \text{ kgCO}_2\text{e/本}$

表 33. リトレッドコンパウンドの原材料段階のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/本)

区分	GHG 排出量
タイヤ 1 本あたり GHG 排出量	38.21

b) リトレッドコンパウンド原材料の輸送における GHG 排出量

リトレッドコンパウンド原材料輸送時の GHG 排出は、タイヤ原材料の輸送(表 9. 原材料の輸送における GHG 排出量)と同様の考え方とした。リトレッドコンパウンド原材料輸送の GHG 排出係数及び GHG 排出量は下式により求められる。

(リトレッドコンパウンド原材料の輸送における GHG 排出量(kgCO₂e))

= $\Sigma \{(\text{リトレッドコンパウンドの各原材料重量})$

× 各原材料の輸送における GHG 排出係数)

表 34. リトレッドコンパウンドの原材料構成比及び輸送における GHG 排出量

区分	構成比 (kg)	GHG 排出係数 (kgCO ₂ e/kg)	GHG 排出量 (kgCO ₂ e)
天然ゴム	70	2.97×10^{-1}	20.79
合成ゴム	30	***	***
カーボンブラック	48	***	***
プロセスオイル	7	***	***
有機ゴム薬	7	***	***
亜鉛華	3	***	***
硫黄	2	***	***
計	167	-	30.05

ここで、リトレッドコンパウンド原材料 1kg あたりの輸送時の GHG 排出係数は、下式により求められる。

(リトレッドコンパウンド原材料 1kg あたりの輸送時の GHG 排出係数)

$$= 30.05 \div 167 = 0.180$$

したがって、リトレッドコンパウンド原材料輸送時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量は、下式により求められる

(リトレッドコンパウンド原材料輸送時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量)

$$= (\text{リトレッドコンパウンド原材料重量}) \\ \times (\text{リトレッドコンパウンド原材料 1kg あたりの輸送時の GHG 排出係数})$$

表 35. リトレッドコンパウンド原材料輸送時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

区分	値	単位
リトレッドコンパウンド原材料重量	17.0	kg
リトレッドコンパウンド原材料 1kg あたりの輸送時の GHG 排出係数	0.180	kgCO ₂ e/kg
リトレッドコンパウンド原材料輸送のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量	3.06	kgCO ₂ e/本

c) リトレッドコンパウンド混合時の GHG 排出量

(i) リトレッドコンパウンド混合時の GHG 排出量(新ゴムあたり)

リトレッドコンパウンドの混合は、通常、タイヤ工場で実施され、また、混合工程における使用エネルギーは主に電力であり、以下の通りに算定する。

TB 用タイヤの新ゴム 1kg あたりの生産段階の消費電力による GHG 排出量は、表 12 に示した電力由来

GHG 排出量 (0.684kgCO₂e/kg) に、表 15 に示す TB の電力由来 GHG 排出量比率(一般タイヤ、低燃費型タイヤの平均 : 0.775)を乗じ、計算される。また、この電力由来の GHG 排出量は生産の全工程の数値であるが、混合工程の排出量は、全行程に占める混合工程の使用電力量比 0.39(2019 年 JATMA 各社調査結果)を乗じることにより求められる。各数値を表 36 に示す。

(リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)

= (生産段階における新ゴム 1kg あたりの消費電力からの GHG 排出量)

× (TB タイヤ電力由来 GHG 排出量比率) × (全工程に占める混合工程の使用電力量比)

表 36. リトレッドコンパウンド混合時の GHG 排出量(新ゴム 1kg あたり)

区分	値	単位
生産段階における新ゴム 1kg あたり消費電力からの GHG 排出量 (PC・TB 全平均)	0.684	kgCO ₂ e/kg
TB タイヤ電力由来 GHG 排出量比率 (一般タイヤ、低燃費型タイヤの平均)	0.775	-
全工程に占める混合工程の使用電力量比	0.39	-
リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたり GHG 排出量	0.207	kgCO ₂ e/kg

(ii) リトレッドコンパウンド混合時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

リトレッドコンパウンド重量/新ゴム比でリトレッドコンパウンド 1kg あたりの GHG 排出量に割戻し、リトレッドコンパウンド重量を乗じることで、リトレッドコンパウンド混合時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量が求められる。

(リトレッドコンパウンド混合時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量)

= (リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたり GHG 排出量)

÷ (リトレッドコンパウンド重量/新ゴム比) × (リトレッドコンパウンド重量)

表 37. リトレッドコンパウンド混合時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

区分	値	単位
リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたり GHG 排出量	0.207	kgCO ₂ e/kg
リトレッドコンパウンド重量/新ゴム比	1.67	-
リトレッドコンパウンド原材料重量	17.0	kg
リトレッドコンパウンド混合時のタイヤ 1 本あたり GHG 排出量	2.105	kgCO ₂ e/本

d) リトレッドタイヤ生産時の GHG 排出量

リトレッドタイヤ生産時におけるタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量は、下式により求められる。

(リトレッドタイヤ生産時の GHG 排出量)

= (リトレッドタイヤ生産時におけるタイヤ 1 本あたりの各エネルギー消費量)

× (各エネルギーの GHG 排出係数)

表 38. リトレッドタイヤ生産時におけるタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量

区分	リトレッドタイヤ生産時におけるエネルギー消費量 (a) ※1	GHG 排出係数 (kgCO ₂ e/単位) (b) ※2	GHG 排出量 (kgCO ₂ e) (a×b)
A 重油 (l)	4.02	***	***
灯油 (l)	0.01	***	***
軽油 (l)	0.35	***	***
ガソリン (l)	0.06	***	***
天然ガス (Nm ³)	0.11	***	***
電力 (kWh)	11.71	***	***
リトレッドタイヤ生産時における タイヤ 1 本あたりの GHG 排出量	-	-	21.26

※1 リトレッドタイヤ生産時におけるエネルギー消費量は JATMA 調査により設定。

※2 GHG 排出係数は表 11 と同様(表 11 に無い天然ガスは IDEA, 天然ガスの燃焼エネルギーより)。

e) リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

上記より、リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出量は下表のとおりとなる。

表 39. リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/本)

区分	GHG 排出量
リトレッドコンパウンド原材料製造段階	38.2
リトレッドコンパウンド原材料輸送段階	3.1
リトレッドコンパウンド混合段階	2.1
リトレッドタイヤ生産段階	21.3
リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出量合計	64.6

②リトレッドによる製品再利用における GHG 排出削減効果

使用済みタイヤをリトレッドし再利用することにより、新品タイヤの原材料生産、原材料輸送、新品タイヤ生産を代替すると考えることができる。表 6、9、19 の新品タイヤのそれぞれの段階の GHG 排出量を参照し、リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出削減効果を算出して結果を表 40 に示す。

表 40. リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出削減効果

(単位 : kgCO₂e/本)

区分	TB	
	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ
原材料生産の GHG 排出量代替削減量	-137.3	-129.3
原材料輸送の GHG 排出量代替削減量	-9.4	-9.3
新品タイヤ生産の GHG 排出量代替削減量	-39.5	-39.8
リトレッドによる製品再利用におけるタイヤ 1 本あたり GHG 排出 削減量合計	-186.2	-178.4

③リトレッドによる製品再利用における GHG 排出(全体)

リトレッドによる製品再利用における GHG 排出量(全体)は、下式により求められる。集計結果については、「表 46. 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果」を参照のこと。

(リトレッドによる製品再利用における GHG 排出量(全体))

$$= (\text{リトレッドによる製品再利用における GHG 排出量}) \\ - (\text{リトレッドによる製品再利用における GHG 排出削減効果})$$

5) ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出と排出削減効果

① ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出

a) ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルの生産段階における GHG 排出量(単位あたり)

(i) ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量

タイヤのマテリアルリサイクルは主にゴム粉及び再生ゴム(リクレーム)として再利用されている。

使用済みタイヤを再生ゴム工場でゴム粉及び再生ゴムに再加工する場合の使用エネルギーから GHG 排出量を算出した。

ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおけるエネルギーデータは 2019 年に日本再生ゴム工業会から入手した。

ゴム粉生産段階における GHG 排出量は下式より求められる。

(ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量)

$$= (\text{ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの電力消費量}) \\ \times (\text{電力の GHG 排出係数})$$

表 41. ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量

区分	値	単位	出典・根拠
ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの電力消費量	0.660	kWh/kg	日本再生ゴム工業会(ヒアリング)
電力の GHG 排出係数	***	kgCO ₂ e/kWh	IDEA、電力、日本平均、2017 年度
ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量	***	kgCO ₂ e/kg	

(ii) 再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量

再生ゴム生産段階における GHG 排出量は、下式より求められる。

(再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの電力消費量}) \\
 &\times (\text{電力の GHG 排出係数}) \\
 &+ (\text{再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの A 重油消費量}) \\
 &\times (\text{A 重油の GHG 排出係数})
 \end{aligned}$$

表 42. 再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量

区分		値	単位	出典・根拠
消費量	再生ゴム生産段階における 再生ゴム 1kg あたりの電 力消費量	1.44	kWh/kg	日本再生ゴム工業会 にヒアリング
	再生ゴム生産段階における 再生ゴム 1kg あたりの A 重油消費量	0.07	l/kg	同上
GHG 排出係数	電力の GHG 排出係数	***	kgCO ₂ e/kWh	IDEA、電力、日本平 均、2017 年度
	A 重油の GHG 排出係数	***	kgCO ₂ e/l	IDEA、A 重油の燃焼 エネルギー
GHG 排出量 (単位あたり)	再生ゴム生産段階におけ る再生ゴム 1kg あたりの 消費電力の GHG 排出量	***	kgCO ₂ e/kg	
	再生ゴム生産段階におけ る再生ゴム 1kg あたりの消 費 A 重油の GHG 排出量	***	kgCO ₂ e/kg	
	再生ゴム生産段階におけ る再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量	***	kgCO ₂ e/kg	

c) ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量

(i) ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける重量設定

ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルに用いられる使用済みタイヤは摩耗により重量が減ってい
る。さらに、ゴム粉・再生ゴムとして利用できるゴムを主体とする部分と、利用できないコード・スチール部分とに
分かれ、マテリアルリサイクルにおける重量は、下表のとおり設定される。

表 43. マテリアルリサイクルに関する重量設定

区分		TB		単位	備考
		一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ		
新品 タイヤ	新品タイヤ重量(a)	56.2	54.5	kg/本	表 3 より
	再生可能部位割合(b)	80	79	%	※1
	新品タイヤ中の再生 可能部位重量(a)×(b)	44.80	42.91	kg/本	
使用済 みタイヤ	摩耗率(c)	18	18	%	表 26 より
	摩耗量(a)×(c)	10.12	9.81	kg/本	
	使用済みタイヤ重量 (a)-(a×c)	46.08	44.69	kg/本	
	使用済みタイヤの再生 可能部位重量 (a×b)-(a×c)	34.69	33.10	kg/本	
ゴム粉・ 再生ゴム	使用済みタイヤからゴム 粉・再生ゴムへの歩留まり (d)	90	90	%	日本再生ゴム工業会 にヒアリング ※2
	再生ゴム収量 ((a×b)-(a×c))×(d)	31.22	29.79	kg/本	

※1 再生可能部位割合:天然ゴム、合成ゴム、カーボンブラック、プロセスオイル、有機ゴム薬、無機配合剤の占める割合

※2 ゴム粉・再生ゴムにならない再生可能部位は主にセメント業界や製鉄業界でリサイクルされている。

(ii) ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量

ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量は、下式により求められる。

(ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量)

= (ゴム粉・再生ゴム生産時の GHG 排出量)

= (再生ゴム収量) × {(ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量) + (再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)}

表 44. ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量

区分	TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
再生ゴム収量	31.22	29.79	kg/本
ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量	***		kgCO ₂ e/kg
再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量	***		kgCO ₂ e/kg
ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量	45.8	43.7	kgCO ₂ e/本

② ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出削減効果

ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルを行うことにより、タイヤや各種ゴム工業製品（ゴムベルト、ゴムホース、ゴム板等）のコンパウンドの生産を代替すると考えることができる。また、使用済みタイヤから得られるゴム粉・再生ゴムの収率を考慮し、ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルによる GHG 削減効果は下式で求められる。

（ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 削減効果）

$$\begin{aligned}
 &= (\text{使用済みタイヤの再生可能部位重量}) \times (\text{使用済みタイヤからゴム粉・再生ゴムへの歩留まり}) \\
 &\times (\text{コンパウンドの GHG 排出係数})
 \end{aligned}$$

表 45. ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 削減効果

区分	TB		単位
	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ	
使用済みタイヤの再生可能部位重量 (a)	34.69	33.10	kg/本
使用済みタイヤからゴム粉・再生ゴムへの歩留まり (b)	90	90	%
再生ゴム収量 (a×b)	31.22	29.79	kg/本
コンパウンドの GHG 排出係数※	2.27	2.16	kgCO ₂ e/kg
マテリアルリサイクルによる GHG 排出削減効果	-70.76	-64.20	kgCO ₂ e/本

※コンパウンドに含まれる各原材料の生産の GHG 排出係数に、原材料構成比を乗じて平均化することにより得られる係数。表 4 と表 5 における TB 一般タイヤと TB 低燃費型タイヤの値を用い、それぞれ計算した。

③ ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出(全体)

ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量(全体)は、下式により求められる。集計結果については、「表 46. 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果」を参照のこと。

(ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量(全体))
 = (ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出量)
 - (ゴム粉・再生ゴム製造加工によるマテリアルリサイクルにおける GHG 排出削減効果)

6) 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果

① 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出及び排出削減効果

各リサイクル手法別の GHG 排出量に、図 4 のリサイクル割合により重みづけを行い、廃棄段階における GHG 排出量とリサイクルによる排出削減効果を下表のとおりとした。

表 46. 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果

(単位 : kgCO₂e/本)

区分		PC		TB		備考	
		一般 タイヤ	低燃費 タイヤ	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ		
リサイクル割合	熱利用	78%		42%		図 4	
	製品再利用	-		15%			
	マテリアルリサイクル	-		21%			
	リサイクル以外	22%		22%			
GHG 排出量	輸送	0.4	0.4	2.5	2.4	表 26	
	熱利用	12.1	9.8	24.6	22.1	表 30 の GHG 排出量 ×熱利用の割合	
	製品再利用	-	-	9.7	9.7	表 39 の GHG 排出量 ×製品再利用の割合	
	マテリアルリサイクル	-	-	9.6	9.2	表 44 の GHG 排出量 ×マテリアルリサイクルの 割合	
	単純焼却	3.4	2.8	12.9	11.6	表 30 の GHG 排出量 ×リサイクル以外の割合	
排出削 減効果	熱利用	-15.9	-15.2	-54.0	-52.3	表 31 の GHG 排出削 減量×熱利用の割合	
	製品再利用	-	-	-27.9	-26.8	表 40 の GHG 排出削 減量×製品再利用の 割合	
	マテリアルリサイクル	-	-	-14.9	-13.5	表 45 の GHG 排出削 減量×マテリアルリサイク ルの割合	

6. ライフサイクルでの GHG 排出量

代表的なタイヤに基づく、ライフサイクルでの GHG 排出量の合計は、以下に示すとおりである。

表 47. ライフサイクルでの GHG 排出量(詳細)

(単位 : kgCO₂e/本)

区分		PC			TB	
		一般 タイヤ	低燃費 タイヤ A	低燃費 タイヤ B	一般 タイヤ	低燃費 型タイヤ
原材料調達 段階	原材料生産	26.3	23.8		137.3	129.3
	原材料輸送	1.1	1.1		9.4	9.3
生産段階	生産	6.9	6.6		39.5	39.8
流通段階	輸送	0.9	0.9		5.8	5.7
使用段階	使用	250.5	212.3	155.1	2,326.9	1,447.9
廃棄・ リサイ クル 段階	輸送	0.4	0.4		2.5	2.4
	熱利用	12.1	9.8		24.6	22.1
	製品再利用	-	-		9.7	9.7
	マテリアルリサイクル	-	-		9.6	9.2
	単純焼却	3.4	2.8		12.9	11.6
GHG 排出量合計		301.5	257.6	200.4	2,578.4	1,687.0
廃棄・ リサイ クル 段階	熱利用	-15.9	-15.2		-54.0	-52.3
	製品再利用	-	-		-27.9	-26.8
	マテリアルリサイクル	-	-		-14.9	-13.5
ライフサイクルでの GHG 排出量 (削減効果考慮)		285.6	242.5	185.2	2,481.6	1,594.4

表 48 ライフサイクルでの GHG 排出量(段階別)

(単位 : kgCO₂e/本)

区分	PC						TB			
	一般 タイヤ		低燃費 タイヤ A		低燃費 タイヤ B		一般 タイヤ		低燃費 型タイヤ	
原材料 調達段階	27.4	9.6%	24.9	10.3%	24.9	13.4%	146.7	5.9%	138.6	8.7%
生産段階	6.9	2.4%	6.6	2.7%	6.6	3.5%	39.5	1.6%	39.8	2.5%
流通段階	0.9	0.3%	0.9	0.4%	0.9	0.5%	5.8	0.2%	5.7	0.4%
使用段階	250.5	87.7%	212.3	87.6%	155.1	83.7%	2,326.9	93.8%	1,447.9	90.8%
廃棄 ・リサイクル 段階	0.0	0.0%	-2.2	-0.9%	-2.2	-1.2%	-37.4	-1.5%	-37.5	-2.4%
排出	15.9	5.6%	13.0	5.4%	13.0	7.0%	59.4	2.4%	55.0	3.5%
排出削 減効果	-15.9	-5.6%	-15.2	-6.3%	-15.2	-8.2%	-96.8	-3.9%	-92.6	-5.8%
合計	285.6	100.0%	242.5	100.0%	185.2	100.0%	2,481.6	100.0%	1,594.4	100.0%

【PC】

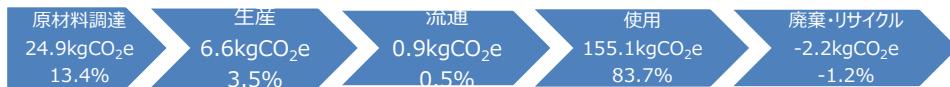
一般タイヤ 1 本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 285.6 kgCO₂e

※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量 : 排出 = 15.9 kgCO₂e, 削減効果 =
-15.9 kgCO₂e

低燃費タイヤ A 1 本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 242.5 kgCO₂e

※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量 : 排出 = 13.0 kgCO₂e, 削減効果 =
-15.2 kgCO₂e

低燃費タイヤ B 1本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 185.2 kgCO₂e



※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量：排出 = 13.0 kgCO₂e, 削減効果 = -15.2 kgCO₂e

【TB】

一般タイヤ 1本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 2,481.6kgCO₂e



※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量：排出 = 59.4 kgCO₂e, 削減効果 = -96.8 kgCO₂e

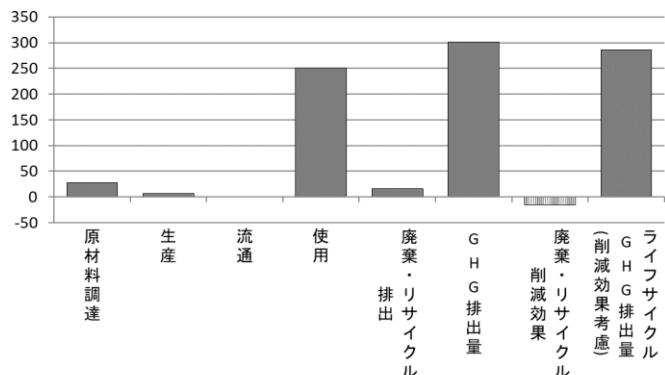
低燃費型タイヤ 1本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 1,594.4kgCO₂e



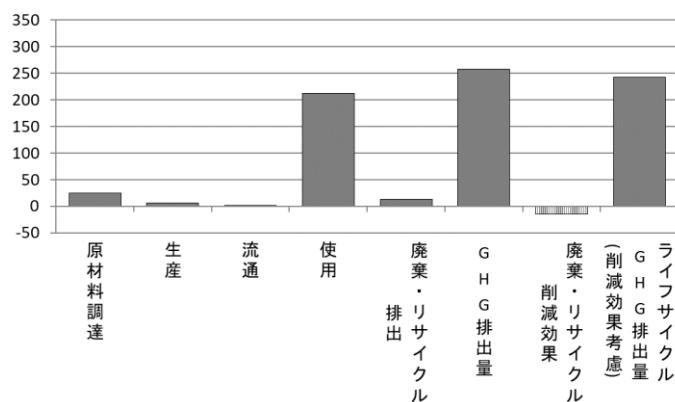
※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量：排出 = 55.0 kgCO₂e, 削減効果 = -92.6 kgCO₂e

図 5 ライフサイクルでの GHG 排出量(図)

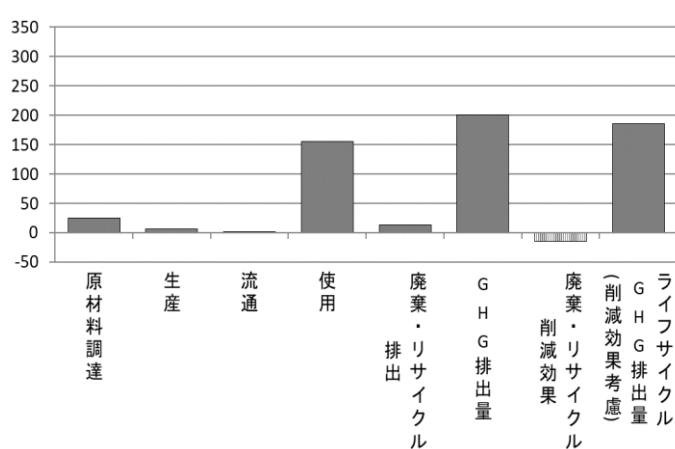
PC 一般タイヤ



PC 低燃費タイヤA



PC 低燃費タイヤB



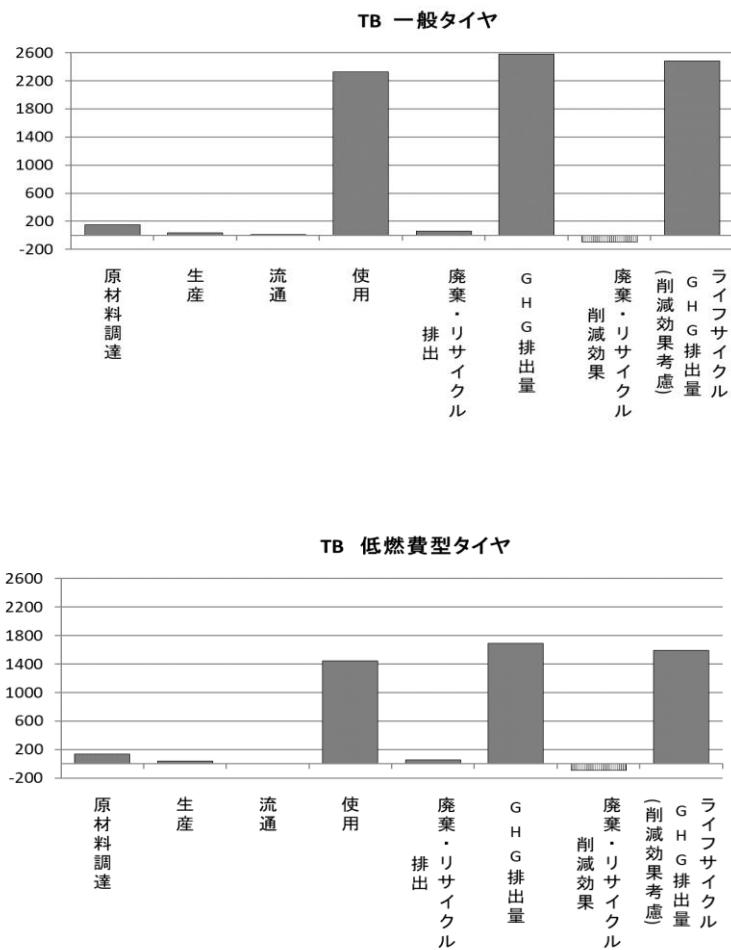


図 6 ライフサイクルでの GHG 排出量(グラフ)

なお、本ガイドラインではタイヤ同士の寿命が同じと考え、タイヤ 1 本あたりの評価を行っているが、寿命の異なるタイヤ同士を比較する際には、タイヤ 1 本あたりの比較は適切ではない。この場合には、例えば単位距離あたりの比較などが考えられる。その場合、本書で示すように、走行寿命が異なるタイヤごとに LCCO₂を算出し、さらに単位走行距離あたりの排出量に換算して相対比較すればよい。

$$\text{単位走行距離あたりの GHG 排出量} = \text{タイヤ LCCO}_2 \times \text{単位走行距離} \div \text{走行寿命}$$

7. 今後の課題

- ・ISO14040:2006 あるいは ISO14044:2006 に従ったレポート項目である結果に関する感度分析や不確実性分析を本ガイドラインでは実施していない。今後の課題としたい。
- ・表 5 の天然ゴムの GHG 排出係数は古い文献(1979 年)を根拠にしている。現時点ではより良い評価がないことから妥当なものと判断しているが、今後の課題と認識している。

8. 参照

① PCR :

<https://www.ul.com/news/tire-industry-project-announces-first-pcr-tires-industry-developed-ul>

② JATMA ラベリング制度 :

https://www.jatma.or.jp/environment_recycle/aboutlabelingsystem.html

③ PC タイヤの RRC 市場平均値(JATMA 調査結果) :

https://www.jatma.or.jp/environment_recycle/globalwarming.html#乗用車用タイヤの転がり抵抗低減によるCO2排出量削減効果について

④ 車両燃費の市場平均値(国土交通省) :

<https://www.mlit.go.jp/k-toukei/nenryousyouhiryou.html>

IV. クリティカルレビュー証書

証書

証書番号 CR2020001

事業者名 一般社団法人日本自動車タイヤ協会

一般社団法人日本LCA推進機構は、上記事業者の

「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン Ver. 3.0」

を審査し下記規格に準拠していることを証明します

規格

ISO 14040:2006 環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—原則及び枠組み
ISO 14044:2006 環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—要求事項及び指針

クリティカルレビューパネル実施日 2020年12月22日

一般社団法人日本LCA推進機構 理事長 クリティカルレビューパネル 委員長

稻葉 敦

稻葉 敦

稻葉 敦

稻葉 敦



IV. 改訂履歴

バージョン	日付	内容
1.0	1998年11月	一般社団法人日本ゴム工業会 「タイヤのインベントリー分析試行～ゴム業界における LCA 調査研究活動～」発行
2.0	2012年4月	「タイヤの LCCO ₂ 算定ガイドライン Ver.2.0」発行
3.0	2021年3月	「タイヤの LCCO ₂ 算定ガイドライン Ver.3.0」発行
3.0.1	2021年12月	タイヤ原材料「プロセスオイル」、「繊維計」の生産における GHG 排出係数及び計算値を訂正