

タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン

Ver. 2.0

2012 年 4 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. 対象とするタイヤ	4
3. 算定対象の温室効果ガス	4
4. 算定するライフサイクルの範囲(システム境界・基準フロー)	4
5. 算定の単位	6
6. インベントリのタイプ	6
7. GWP (Global Warming Potential, 地球温暖化係数)の出典	6
8. 算定の精度	6
9. 規格との整合性	6
III. 各段階における算定手法 (算定事例)	7
1. 原材料調達段階	7
1) 原材料構成比	7
2) 原材料の生産における GHG 排出	8
3) 原材料の輸送における GHG 排出	9
4) 原材料調達段階全体での GHG 排出量	11
2. 生産段階	12
1) エネルギー別 GHG 排出係数	12
2) 生産段階における GHG 排出量	12
3. 流通段階	15
1) タイヤ製品輸送のシナリオ設定	15
2) 流通段階における GHG 排出量	15
4. 使用段階	16
1) タイヤ使用条件の設定	16
2) 使用段階の GHG 排出量	16

5. 廃棄・リサイクル段階	18
1) 使用済みタイヤの用途別廃棄・リサイクル割合	18
2) 使用済みタイヤの輸送における GHG 排出	18
3) 熱利用における GHG 排出と排出削減効果	19
4) 製品再利用における GHG 排出と排出削減効果	23
5) 材料再利用における GHG 排出	28
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	32
6. ライフサイクルでの GHG 排出量	33

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なる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(平成10年)11月発行、以降「1998年ガイドライン」という)を、当時のLCAに関する潮流を先取りする形で取り纏め、運用してきた実績がある。

一方昨今では、国内外においてLCAに関する規格/制度等(ISO環境規格14000シリーズ、PAS2050、BPX30-323、GHG protocol、日本のカーボンフットプリント制度)が拡充・改訂されており、また、国内では関係省庁が主催するLCAに関する検討会(経済産業省/サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出量算定基準に関する調査・研究会;2010年6月～、環境省/サプライチェーンにおける温室効果ガス排出量算定方法検討会;2010年7月～等)で議論が進められている。また、タイヤ・ゴム産業がこれまで運用してきた1998年ガイドラインが10年超となってきたことも考慮し、タイヤLCA算定手法を見直すべく、2010年度(平成22年度)から一般社団法人日本自動車タイヤ協会・技術委員会・環境部会にて改訂検討を行なった。

なお、本ガイドラインの第三者による公正・適正化、および、国内外の最新動向・知見の反映等の位置づけで、専門家として「みずほ情報総研株式会社」へ協力・業務委託を行なっている。

本ガイドラインは、運用実績のある1998年ガイドラインをベースに、ISO14044、日本のカーボンフットプリント制度、PAS2050、BPX30-323、GHG protocol等の規格内容を参照し、定めたものである。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、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となっている。

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(例えば機能単位や基準フローの設定)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。

本ガイドラインは環境部会の活動報告書であり、タイヤLCAの算定手法を取り纏めたガイドラインである。また、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】

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。

なお、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。

2012年4月

一般社団法人日本自動車タイヤ協会
技術委員会 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)

(当時の役職名を記載)

	会社名	部署・役職	氏名
部会長	株式会社ブリヂストン	中央研究所 兼 環境推進本部 フェロー(本部長)	平田 靖
委員 補佐		環境戦略企画部 カーボンマネジメント推進ユニット	山下 淳生
委員	住友ゴム工業株式会社	安全環境管理部長 兼 CSR 推進室主幹	宮崎 真一 (2012年1月～)
前委員		安全環境管理部長 兼 CSR 推進室主幹	森川 喜代史 (～2012年1月)
委員	横浜ゴム株式会社	理事 CSR 本部 CSR・環境推進室長	金澤 厚
委員	東洋ゴム工業株式会社	品質環境センター 環境安全衛生推進部 部長	赤松 謙司
委員	日本ミシュランタイヤ 株式会社	環境安全衛生管理部 マネージャー	山田 佳則 (2011年3月～)
前委員		技術企画部チーフエンジニア	甲下 修司 (～2011年3月)
事務局	一般社団法人 日本自動車タイヤ協会	事務局次長 兼 技術環境部部長 兼 総務部部長(渉外・広報担当)	大高 悟
事務局		技術環境部主任 兼 総務部主任(渉外・広報担当)	木下 淳一

【協力・業務委託】

会社名	部署・役職	氏名
みずほ 情報総研 株式会社	環境エネルギー第2部 環境ビジネス戦略チーム 上席課長	前田 実
	環境エネルギー第2部 環境ビジネス戦略チーム 上席課長	岸田 裕一
	環境エネルギー第2部 環境ビジネス戦略チーム シニアコンサルタント	内田 裕之
	環境エネルギー第2部 環境ビジネス戦略チーム チーフコンサルタント	柴田 昌彦
	環境エネルギー第2部 環境ビジネス戦略チーム	古島 康
	サイエンスソリューション部 エネルギー技術チーム マネージャー	鈴木 広一
	サイエンスソリューション部 エネルギー技術チーム チーフコンサルタント	北村 修

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。

近年の低燃費タイヤの普及を鑑み、一般のタイヤと低燃費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. 対象とするタイヤ

- ・PCR (乗用車用タイヤ)
- ・TBR (トラック・バス用タイヤ)

3. 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

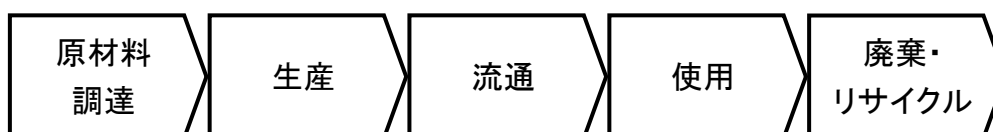
記号	日本語名称
CO ₂	二酸化炭素
CH ₄	メタン
N ₂ O	亜酸化窒素
HFCs	ハイドロフルオロカーボン類
PFCs	パーフルオロカーボン類
SF ₆	六ふっ化硫黄
NF ₃	三ふっ化窒素

※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。

4. 算定するライフサイクルの範囲(システム境界・基準フロー)

ライフサイクルの範囲は、下記5段階とする

原材料調達段階、生産段階、流通段階、使用段階、廃棄・リサイクル段階



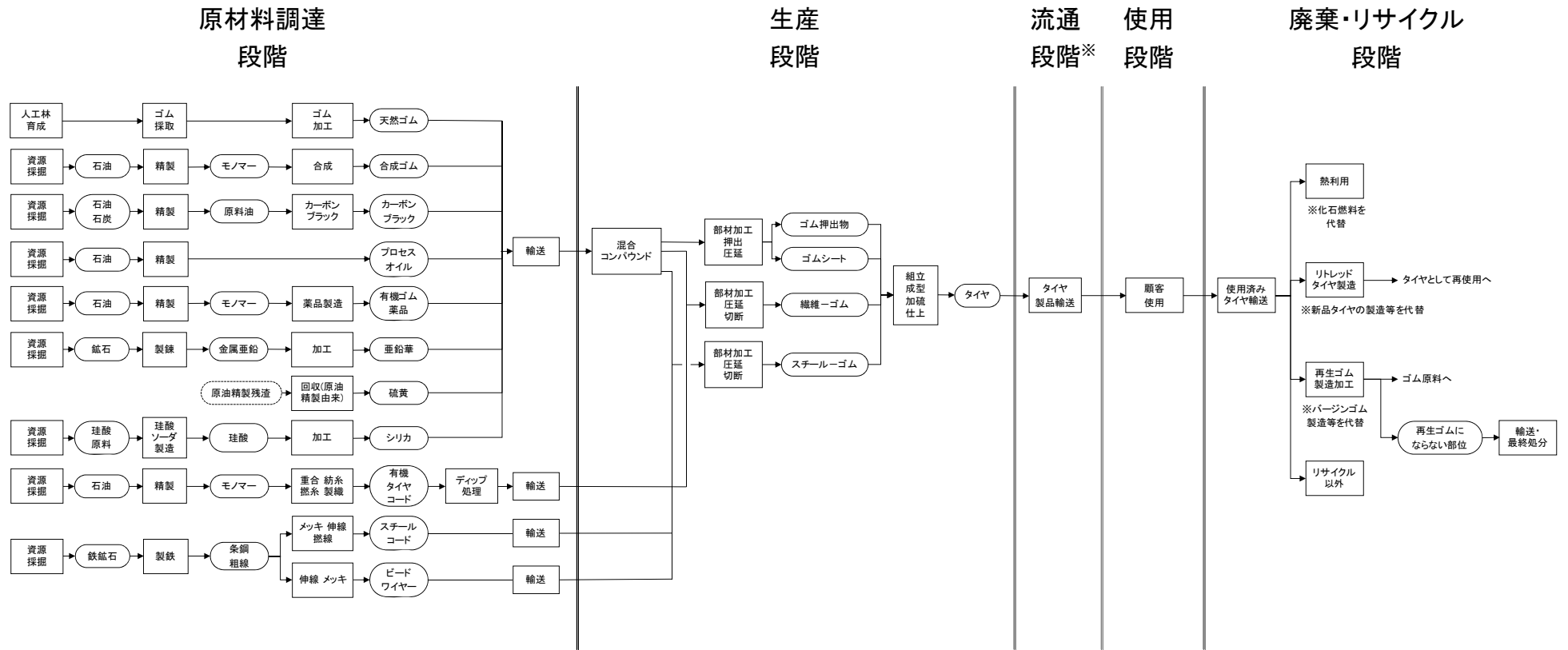


図 1. 自動車用タイヤのライフサイクルフロー図

※ 流通段階においては市販用タイヤの流通を想定して設定

5. 算定の単位

1本のタイヤがライフサイクルにおいて排出する温室効果ガスの量

6. インベントリのタイプ

原材料の採掘段階～廃棄まで(cradle to grave)

7. GWP (Global Warming Potential, 地球温暖化係数)の出典

IPCC 第四次報告書(2007年)*の100年値を採用

(CO₂:1に対し、CH₄:25、N₂O:298、その他の温室効果ガスについては原典参照)

8. 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、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に基づく二次データを適用する。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ができる。

9. 規格との整合性

本ガイドラインは、ISO14044、日本のCFP制度、PAS2050、BPX30-323、GHG protocol等の規格内容を参照し、定めたものである。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、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(例えば機能単位や基準フローの設定)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（算定事例）

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。

代表タイヤは、量販タイヤサイズの汎用タイヤと低燃費タイヤを JATMA 内調査に基づき設定した。

表 2. 代表タイヤサイズ及び重量

タイヤ区分	代表タイヤサイズ	重量(kg)	
		汎用タイヤ	低燃費タイヤ
PCR	195/65R15	8.6	8.2
TBR	275/80R22.5	56.2	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 3. 代表的なタイヤ原材料構成比(例)*

原材料名	PCR (195/65R15)		TBR (275/80R22.5)	
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 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
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 4. タイヤ原材料の生産における GHG 排出係数

原材料名	GHG 排出係数 (kgCO ₂ e/kg)	出典・根拠
新ゴム	—	—
天然ゴム	6.39 × 10 ⁻¹	Allen, P.W., MRPRA (1979)
合成ゴム	2.40	合成ゴム工業会ヒアリングデータを元に JATMA 作成
カーボンブラック	3.20	LCA 日本フォーラム (2011) *データ提供元: カーボンブラック協会
プロセスオイル	1.61	MiLCA、潤滑油(グリースを含む)の製造 *比重を 0.88kg/L と設定
有機ゴム薬計	9.27	MiLCA、有機ゴム薬品の製造
無機配合剤	—	—
亜鉛華	2.01	MiLCA、亜鉛華の製造
硫黄	7.09 × 10 ⁻³	MiLCA、回収硫黄の製造(原油精製由来)
シリカ	2.06	MiLCA、シリカゲルの製造
繊維計	6.37	LCA 日本フォーラム(2011)に基づき JATMA 作成 *データ提供元: 日本化学繊維協会
スチールコード	2.46	MiLCA、鋼索(鋼より線を含む)の製造
ビードワイヤ	2.46	MiLCA、鋼索(鋼より線を含む)の製造

※MiLCA:「Multiple interface Life Cycle Assessment」(社団法人 産業環境管理協会,
2012 年 4 月現在)

② 原材料の生産における GHG 排出量の算定

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

(原材料の生産における GHG 排出量[kgCO₂e])

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

$$(\text{原材料の生産における GHG 排出係数} [\text{kg-CO}_2\text{e/kg}]) \}$$

表 5. 原材料の生産における GHG 排出量

(単位: kgCO₂e/本)

原材料名	PCR		TBR	
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
新ゴム	—	—	—	—
天然ゴム	1.0	1.1	12.7	12.9
合成ゴム	6.1	4.8	14.3	13.0
カーボンブラック	6.7	5.0	43.1	38.8
プロセスオイル	0.5	0.6	0.8	0.7
有機ゴム薬計	3.1	4.6	24.0	19.7
無機配合剤	—	—	—	—
亜鉛華	0.3	0.3	2.6	2.3
硫黄	0.001	0.001	0.006	0.005
シリカ	0.1	1.3	0.5	1.5
繊維計	2.7	1.9	0.0	0.7
スチールコード	1.5	1.3	21.0	19.9
ビードワイヤ	0.8	0.9	7.0	8.4
計	22.8	21.7	126.2	117.9

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 6. 原材料の輸送シナリオの設定

原材料名	輸送距離(km)	設定根拠
天然ゴム	海運前陸送: 500km 国際海運: 東南アジア航路 海運輸送後陸送: 500km	<ul style="list-style-type: none"> 国際海運前後の輸送は 10 トントラックで 500 km 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) 国際海運は、輸送距離に拠らず、東南アジア航路における天然ゴム実績推定による GHG 排出係数を設定している(日本ゴム工業会(1998)に準拠)
合成ゴム	陸送 500km	<ul style="list-style-type: none"> 陸送: 500 km 片道輸送(県間輸送として、東京—大阪程度の距離を想定)
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		

表 7. 原材料の輸送における GHG 排出係数

原材料名	GHG 排出係数 (kgCO ₂ e/kg)	備考
天然ゴム	9.23 × 10 ⁻¹	・天然ゴムの国際海運: 日本ゴム工業会(1998)に準ずる
合成ゴム	9.23 × 10 ⁻²	・天然ゴム及びその他の原材料の陸送: トラック:10 トン 積載率:50 % 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)
カーボンブラック	9.23 × 10 ⁻²	
プロセスオイル	9.23 × 10 ⁻²	
有機ゴム薬計	9.23 × 10 ⁻²	
亜鉛華	9.23 × 10 ⁻²	
硫黄	9.23 × 10 ⁻²	
シリカ	9.23 × 10 ⁻²	
繊維計	9.23 × 10 ⁻²	
スチールコード	9.23 × 10 ⁻²	
ビードワイヤ	9.23 × 10 ⁻²	

② 原材料の輸送における GHG 排出量の算定式

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])

$$= (\text{タイヤ重量[kg]}) \times \sum ((\text{各原材料構成比}) \times (\text{原材料の輸送における GHG 排出係数 [kgCO}_2\text{e/kg]}))$$

表 8. 原材料の輸送における GHG 排出量

(単位:kgCO₂e/本)

原材料名	PCR		TBR	
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
新ゴム	—	—	—	—
天然ゴム	1.50	1.61	18.41	18.65
合成ゴム	0.24	0.19	0.55	0.50
カーボンブラック	0.19	0.14	1.24	1.12
プロセスオイル	0.03	0.03	0.05	0.04
有機ゴム薬計	0.03	0.05	0.24	0.20
無機配合剤	—	—	—	—
亜鉛華	0.01	0.01	0.12	0.10
硫黄	0.01	0.01	0.07	0.06
シリカ	0.004	0.059	0.02	0.07
繊維計	0.04	0.03	0.00	0.01
スチールコード	0.06	0.05	0.79	0.75
ビードワイヤ	0.03	0.03	0.26	0.31
計	2.15	2.20	21.75	21.82

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 9. 原材料調達段階全体における GHG 排出量

(単位 : kgCO₂e/本)

区分		PCR		TBR	
		汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
原材料 調達段階	原材料生産	22.8	21.7	126.2	117.9
	原材料輸送	2.1	2.2	21.8	21.8
	計	25.0	23.9	147.9	139.7

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。

表 10. エネルギーの GHG 排出係数

区分	GHG 排出係数 (kgCO ₂ e/単位)	単位	出典
揮発油	2.81	kgCO ₂ e/l	MiLCA、燃焼、ガソリン
灯油	2.76	kgCO ₂ e/l	MiLCA、燃焼、灯油
軽油	2.89	kgCO ₂ e/l	MiLCA、燃焼、軽油
A 重油	3.08	kgCO ₂ e/l	MiLCA、燃焼、A 重油
B・C 重油	3.34	kgCO ₂ e/l	MiLCA、燃焼、C 重油
液化石油ガス(LPG)	3.78	kgCO ₂ e/kg	MiLCA、燃焼、LPG
液化天然ガス(LNG)	4.23	kgCO ₂ e/kg	MiLCA、燃焼、LNG
一般炭	2.37	kgCO ₂ e/kg	MiLCA、燃焼、一般炭
都市ガス	3.00	kgCO ₂ e/Nm ³	MiLCA、燃焼、都市ガス 13A
購入電力	0.484	kgCO ₂ e/kWh	MiLCA、発電、系統電力

※MiLCA:「Multiple interface Life Cycle Assessment」(社団法人 産業環境管理協会、
2012 年 4 月現在)

2) 生産段階における GHG 排出量

JATMA 各社の 2010 年エネルギー使用実績及び生産新ゴム量実績より、下記原単位を設定した。

① 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PCR・TBR の区別無し)

表 11. 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PCR・TBR の区別無し)

区分	値	単位
新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量	1.077	kgCO ₂ e/kg
新ゴム 1kg あたりの電力由来 GHG 排出量	0.542	kgCO ₂ e/kg
新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PCR・TBR の区別無し)	1.619	kgCO ₂ e/kg

- ② 生産工程における PCR と TBR の単位重量あたり使用エネルギー量比を下記のとおり設定(JATMA 各社調査結果より設定)

表 12. 生産工程における PCR と TBR の単位重量あたり使用エネルギー量比

区分	PCR	TBR
燃料	100	65
電力	100	90

- ③ PCR と TBR の総生産量の比を 1:1 と仮定し、PCR・TBR 別のエネルギー消費係数を下記のとおり設定

表 13. PCR・TBR 別のエネルギー消費係数

区分	PCR	TBR
燃料エネルギー	1.2	0.8
電力エネルギー	1.05	0.95

- ④ 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PCR・TBR 別)

PCR: (新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{新ゴム 1kg あたりの燃料由来 GHG 排出量}) \times 1.2 \\
 &+ (\text{新ゴム 1kg あたりの電力由来 GHG 排出量}) \times 1.05 \\
 &= 1.077 \times 1.2 + 0.542 \times 1.05 = \underline{1.861 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}}
 \end{aligned}$$

TBR: (新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{新ゴム 1 kg あたりの燃料由来 GHG 排出量}) \times 0.8 \\
 &+ (\text{新ゴム 1 kg あたりの電力由来 GHG 排出量}) \times 0.95 \\
 &= 1.077 \times 0.8 + 0.542 \times 0.95 = \underline{1.376 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}}
 \end{aligned}$$

- ⑤ PCR 及び TBR のタイヤ実重量:新ゴム重量の比

PCR 及び TBR の材料構成比より、タイヤ実重量:新ゴム重量の比を下表のとおり設定

表 14. PCR 及び TBR のタイヤ実重量:新ゴム重量の比

区分	PCR		TBR	
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 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)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量(PCR・TBR 別)}) \\
 &\div (\text{タイヤ実重量 : 新ゴム重量の比})
 \end{aligned}$$

表 15. タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量

(単位: kgCO₂e/タイヤ 1kg)

区分	PCR		TBR	
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出量	0.903	0.854	0.634	0.646

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 16. 生産段階におけるタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量

区分	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 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	7.8	7.0	35.6	35.2	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 17. 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	販売プロセスについては、十分な知見が得られていないことから、対象外とした
輸送距離	1,000km 片道輸送	納品先が特定地域に限定されないものとして、本州の長さ 1,600km の半分強の距離を想定
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)
GHG 排出係数	0.185 kgCO ₂ e/kg	上記条件を元に設定

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。

$$\begin{aligned}
 (\text{流通段階での GHG 排出量}) &= (\text{タイヤ 1 本あたりの重量}) \\
 &\times (\text{タイヤ実重量 1kg あたりの輸送の GHG 排出係数})
 \end{aligned}$$

表 18. 流通段階における GHG 排出量

区分	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 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 本あたりの輸送の GHG 排出量	1.6	1.5	10.4	10.1	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

タイヤ使用条件は、下表のとおり設定した。

表 19. タイヤ使用条件の設定

区分	PCR		TBR		単位	設定根拠
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ		
タイヤの 燃費寄与率	0.125 (1/8)		0.25 (1/4)		—	JATMA 調査 結果
車両燃費	10	転がり抵抗差 による補正	4	転がり抵抗差 による補正	km/l	統計情報に 基づき JATMA 設定
	0.1		0.25		l/km	
車両燃料	揮発油		軽油		—	JATMA 設定
タイヤ転がり 抵抗指数	100	80	100	80	汎用タイヤ =100	JATMA 調査 結果
装着タイヤ 本数	4		10		本	JATMA 設定
タイヤ 走行寿命	30,000		120,000		km/本	JATMA 調査 結果 (汎用タイヤ・ 低燃費タイヤ の寿命は比較 のため統一)

2) 使用段階の GHG 排出量

① 車両燃料の GHG 排出係数

表 20. 車両燃料の GHG 排出係数

区分	値	単位
揮発油の GHG 排出係数	2.81	kgCO ₂ e/l
軽油の GHG 排出係数	2.89	kgCO ₂ e/l

② タイヤ起因燃料消費量及び GHG 排出量

タイヤ起因の燃料消費量及び GHG 排出量は、下式により求められる。

(タイヤ起因の燃料消費量)

$$= (\text{タイヤ 1 本} \cdot \text{1km あたりの燃料消費量}) \times (\text{タイヤ走行寿命})$$

$$= (\text{車両燃費}) \times (\text{タイヤの寄与率}) \div (\text{タイヤ本数})$$

$$\times (\text{転がり抵抗補正}) \times (\text{タイヤ走行寿命})$$

$$\text{タイヤ起因の GHG 排出量} = (\text{タイヤ起因の燃料消費量})$$

$$\times (\text{車両燃料の GHG 排出係数})$$

表 21. タイヤ起因の燃料消費量及び GHG 排出量

区分	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
タイヤ 1 本・1km あたりの タイヤ起因の燃料消費量	3.13×10^{-3}	2.50×10^{-3}	6.25×10^{-3}	5.00×10^{-3}	l/km・本
タイヤ起因の燃料消費量 (タイヤ寿命あたり)	93.8	75.0	750.0	600.0	l/本
タイヤ起因の GHG 排出量 (タイヤ寿命あたり)	263.4	210.8	2,167.5	1,734.0	kgCO ₂ e/本

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 2010 年の使用済みタイヤの用途分類統計をもとに、PCR・TBR 別の廃棄・リサイクル割合を下図に示す。

PCR は熱利用のリサイクル(サーマルリサイクル)、TBR は熱利用、製品再利用(リトレッド)、材料再利用(マテリアルリサイクル)のリサイクルが行われている。

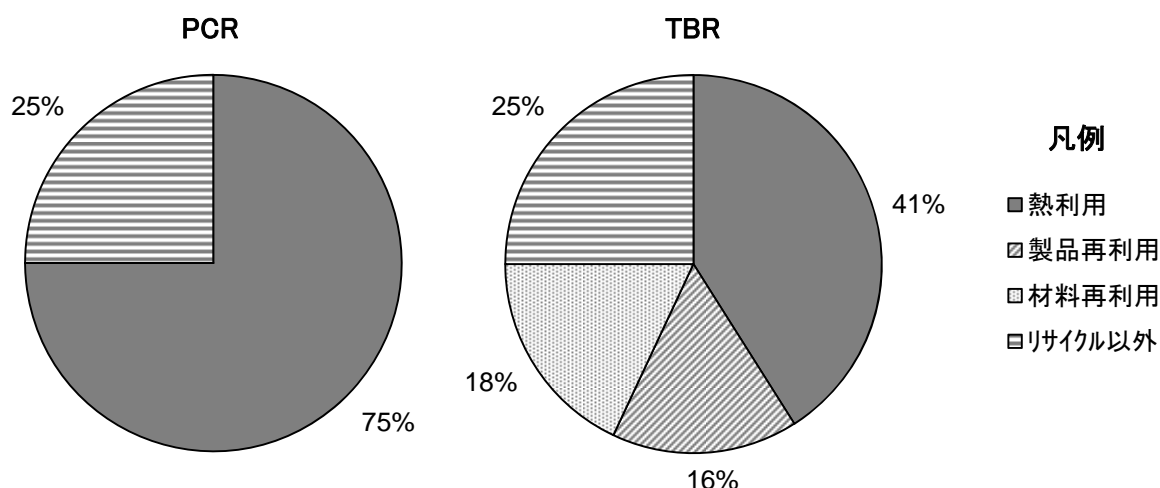


図 2. 使用済みタイヤの用途別廃棄・リサイクル割合

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、下記条件設定に基づいて算定する。

表 22. 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)
GHG 排出係数	0.0529kgCO ₂ e/kg	上記条件を元に設定
使用済みタイヤの摩耗率	PCR: 15% TBR: 18%	タイヤの仕様書計算等より設定 (表 25. タイヤの摩耗率参照)

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)

$$\begin{aligned} &= (\text{使用済みタイヤ 1 本あたりの重量}) \\ &\times (\text{タイヤ実重量 1kg あたりの GHG 排出係数}) \end{aligned}$$

表 23. 使用済みタイヤの輸送における GHG 排出量

区分	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
使用済みタイヤ重量	7.3	7.0	46.1	44.7	kg
使用済みタイヤの輸送に おける GHG 排出量	0.39	0.37	2.44	2.36	kgCO ₂ e/本

3) 熱利用における GHG 排出と排出削減効果

① 熱利用(サーマルリサイクル)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(サーマルリサイクル)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 24. 新品タイヤにおける炭素含有量

原材料名	炭素量(カーボンニュートラル考慮)				炭素量比 ^{※1}	カーボンニュートラル ^{※2}
	PCR		TBR			
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 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	54.9	48.2	20.7	19.1	0.90	1
カーボンブラック	47.5	39.2	49.4	44.9	0.95	1
プロセスオイル	7.2	8.6	1.8	1.6	0.90	1
有機ゴム薬計 ^{※3}	5.6	9.2	7.0	5.8	0.70	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	6.5	5.2	0.0	0.3	0.65	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	121.7	110.5	78.9	71.7	—	—
タイヤ中の炭素含有率	0.59	0.51	0.36	0.34	—	—

※1:各原材料の炭素量比は、基本分子構造をベースに推定

※2: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

※3:有機ゴム薬については各種あるが、炭素量比を0.7とした

b) タイヤの摩耗による減量

タイヤの仕様書計算等から全摩耗時の減量%を設定した。

表 25. タイヤの摩耗率

区分	PCR		TBR	
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
摩耗率	15%		18%	

c) 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、スチール及び繊維の重量を除いたものから比例配分して減じた。

表 26. 摩耗減量による炭素含有量の変化

区分		PCR		TBR	
		汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
新品タイヤ	構成重量	206.0	218.4	217.0	212.5
	摩耗成分重量	173.0	186.8	173.0	167.3
	炭素含有量	121.5	111.4	78.1	72.3
	炭素含有率	59%	51%	36%	34%
使用済み タイヤ	構成重量	175.1	185.6	177.9	174.3
	摩耗成分重量	142.1	154.0	133.9	129.1
	炭素含有量	101.1	92.0	61.1	55.4
	炭素含有率	58%	50%	34%	32%
減量率	構成重量	15%	15%	18%	18%
	摩耗成分重量	18%	18%	23%	23%
	炭素含有量	17%	17%	22%	23%

d) 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 27. 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	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
使用済みタイヤ燃焼時の タイヤ 1kg あたり GHG 排出量	2.127	1.833	1.247	1.173	kgCO ₂ e/kg タイヤ

e) 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)

$$= (\text{使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 1kg あたりの GHG 排出量})$$

$$\times (\text{使用済みタイヤ重量})$$

表 28. 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	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
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 GHG 排出量	15.5	12.8	57.5	52.4	kgCO ₂ e/本

② 熱利用(サーマルリサイクル)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(サーマルリサイクル)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。当該業界の統計データより、使用済みタイヤは C 重油を代替していると考えることが妥当と推察された。

表 29. タイヤ発熱量及び C 重油の GHG 排出係数

項目	値	単位
タイヤの発熱量	33.2	MJ/kg
C 重油の GHG 排出係数	0.080	kgCO ₂ e/MJ

b) 使用済みタイヤの熱利用(サーマルリサイクル)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)

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

※熱回収効率係数: 化石燃料の熱利用に比べて、使用済みタイヤの熱利用は熱回収効率が低い可能性があるが、現時点では十分な知見が得られていないため、熱回収効率を 0.9 と設定した。

表 30. 使用済みタイヤの熱利用による GHG 排出削減効果

区分	PCR		TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
使用済みタイヤ重量	7.3	7.0	46.1	44.7	kg/本
GHG 削減効果	-17.4	-16.6	-109.9	-106.6	kgCO ₂ e/本

③ 熱利用(サーマルリサイクル)における GHG 排出(全体)

熱利用(サーマルリサイクル)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。

(熱利用(サーマルリサイクル)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) 製品再利用における GHG 排出と排出削減効果

製品再利用(TBR のリトレッド)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

【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)

① 製品再利用(リトレッド)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

JATMA 各社データより、リトレッドコンパウンドの原材料構成比を下表のとおり設定した。

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)

$$\begin{aligned} &= \sum \{ (\text{リトレッドコンパウンドの各原材料重量}) \\ &\times \text{各原材料の GHG 排出係数} \} \end{aligned}$$

表 31. 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	GHG 排出係数 [kgCO ₂ e/kg]	GHG 排出量 [kgCO ₂ e]
天然ゴム	70	6.39×10^{-1}	44.73
合成ゴム	30	2.40	72.00
カーボンブラック	48	3.20	153.60
プロセスオイル	7	1.61	11.27
有機ゴム薬	7	9.27	64.89
亜鉛華	3	2.01	6.03
硫黄	2	7.09×10^{-3}	0.01
シリカ	0	2.06	0.00
計	167	—	352.53
実重量/新ゴム 比	1.67		

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。

$$\begin{aligned}
 & \text{(リトレッドコンパウンド 1kg あたりの GHG 排出量)} \\
 & = \text{GHG 排出量} \div \text{構成比重量} \\
 & = 352.53 \div 167 = \underline{2.11 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}}
 \end{aligned}$$

(ii) リトレッドコンパウンドの重量

汎用タイヤ/スタッドレスタイヤの本数比を 8/2 として計算
 汎用タイヤ: 15kg、スタッドレスタイヤ: 19kg とすると
 $15 \times 0.8 + 19 \times 0.2 = \underline{16 \text{ kg}}$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{(リトレッドコンパウンドの原材料段階の GHG 排出量)} \\
 & = \text{(リトレッドコンパウンド 1kg あたりの GHG 排出量)} \\
 & \times \text{リトレッドコンパウンドの重量} \\
 & = 2.11 \times 16 = \underline{33.78 \text{ kgCO}_2\text{e/本}}
 \end{aligned}$$

表 32. リトレッドコンパウンドの原材料段階の GHG 排出量

区分	値	単位
タイヤ 1 本あたり GHG 排出量	33.78	kgCO ₂ e/本

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 8. 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。

$$\begin{aligned}
 & \text{(リトレッドコンパウンド原材料の輸送における GHG 排出量[kgCO}_2\text{e])} \\
 & = \text{(リトレッドコンパウンド原材料重量[kg])} \times \sum \{ \text{(各原材料構成比)} \\
 & \times \text{(原材料輸送における GHG 排出係数 [kgCO}_2\text{e/kg])} \}
 \end{aligned}$$

表 33. 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	GHG 排出係数 [kgCO ₂ e/kg]	GHG 排出量 [kgCO ₂ e]
天然ゴム	70	9.23×10^{-1}	64.61
合成ゴム	30	9.23×10^{-2}	2.77
カーボンブラック	48	9.23×10^{-2}	4.43
プロセスオイル	7	9.23×10^{-2}	0.65
有機ゴム薬	7	9.23×10^{-2}	0.65
亜鉛華	3	9.23×10^{-2}	0.28
硫黄	2	9.23×10^{-2}	0.18
計	167	—	73.56

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。

$$\begin{aligned} & (\text{リトレッドコンパウンド原材料 1kg あたりの輸送時の GHG 排出係数}) \\ & = 73.56 \div 167 = \underline{0.440} \end{aligned}$$

したがって、リトレッド原材料輸送時の GHG 排出量は、下式により求められる

$$\begin{aligned} & (\text{リトレッドコンパウンド原材料輸送時の GHG 排出量}) \\ & = (\text{リトレッドコンパウンド重量合計}) \\ & \times (\text{リトレッド原材料 1kg あたりの輸送時の GHG 排出係数}) \\ & = 16 \times 0.440 = \underline{7.05 \text{ kgCO}_2\text{e/本}} \end{aligned}$$

表 34. リトレッド原材料輸送時の 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合計	16	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	0.440	kgCO ₂ e/kg
リトレッドコンパウンド原材料輸送の GHG 排出量	7.05	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混合時の消費エネルギーは、電力のみとし、以下の通りに算定する。
- ・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 11. 新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量」より、0.542kgCO₂e/kg (電力由来 GHG 排出量)
- ・これに TBR のエネルギー消費係数(電力)0.95 を乗じ、
- ・さらに、全工程に占める混合工程の使用電力量比 0.35(JATMA 内データ)を乗じると、リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量が求められる。

$$\begin{aligned}
 & \text{(リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたりの GHG 排出量)} \\
 & = \text{(新ゴム 1kg あたりの消費電力からの GHG 排出量)} \\
 & \times \text{(TBR エネルギー消費係数)} \times \text{(混合工程のエネルギー消費係数)} \\
 & = 0.542 \times 0.95 \times 0.35 \\
 & = \underline{0.180 \text{ kgCO}_2\text{e/新ゴム 1kg}}
 \end{aligned}$$

表 35. 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)

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	0.542	kgCO ₂ e/kg
TBR エネルギー消費係数	0.95	—
全工程に占める混合工程の使用電力比	0.35	—
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	0.180	kgCO ₂ e/kg

(ii) リトレッドコンパウンド混合時のリトレッド実重量あたり GHG 排出量

- ・実重量/新ゴム比でリトレッドゴム 1kg あたりの GHG 排出量に割戻し、
- ・リトレッドゴム実重量を乗じることで、リトレッドコンパウンド混合時の 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 GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 & = \text{(リトレッドコンパウンド混合時の新ゴム 1kg あたり GHG 排出量)} \\
 & \div \text{(実重量/新ゴム比)} \times \text{(リトレッドゴム実重量)} \\
 & = 0.180 \div 1.67 \times 16 \\
 & = \underline{1.725 \text{ kgCO}_2\text{e/本}}
 \end{aligned}$$

表 36. リトレッドコンパウンド混合時のリトレッド実重量あたり 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	0.180	kgCO ₂ e/kg
実重量/新ゴム 比	1.67	—
リトレッドゴム実重量	16	kg
リトレッド実重量あたり GHG 排出量	1.725	kgCO ₂ e/本

d) リトレッドタイヤ生産時の GHG 排出量

(i) リトレッドタイヤ生産時における 1 本あたりのエネルギー消費量及び GHG 排出量

リトレッド工場でのリトレッドタイヤ生産時の GHG 排出量は、JATMA3 社もちよりデータより、下式により求められる。

(リトレッド工場でのリトレッドタイヤ生産時の GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 & = \text{(C 重油消費量)} \times \text{(C 重油の GHG 排出係数)} \\
 & + \text{(電力消費量)} \times \text{(電力の GHG 排出係数)} \\
 & = 5.5 \times 3.34 + 12 \times 0.484 \\
 & = \underline{24.18 \text{ kgCO}_2\text{e/本}}
 \end{aligned}$$

表 37. リトレッド生産時における 1 本あたりのエネルギー消費量及び GHG 排出量

区分		値	単位
消費量	C 重油	5.5	l/本
	電力	12.0	kWh/本
GHG 排出係数	C 重油	3.34	kgCO ₂ e/l
	電力	0.484	kgCO ₂ e/l
GHG 排出量	C 重油	18.37	kgCO ₂ e/本
	電力	5.81	kgCO ₂ e/本
リトレッド生産時における タイヤ 1 本あたり GHG 排出量		24.18	kgCO ₂ e/本

e) 製品再利用(リトレッド)による GHG 排出量

上記より、製品再利用(リトレッド)による GHG 排出量は下表のとおりとなる。

表 38. 製品再利用による GHG 排出量

区分	値	単位
リトレッドコンパウンド原材料製造段階	33.8	kgCO ₂ e/本
リトレッドコンパウンド原材料輸送段階	7.0	kgCO ₂ e/本
リトレッドコンパウンド混合段階	1.7	kgCO ₂ e/本
リトレッドタイヤ生産段階	24.2	kgCO ₂ e/本
製品再利用(リトレッド)による GHG 排出量合計	66.7	kgCO ₂ e/本

② 製品再利用(リトレッド)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。これにより、下表の GHG 排出削減効果を得ることができる。

表 39. 製品再利用(リトレッド)による GHG 排出削減効果

区分	TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
原材料生産の GHG 排出量代替削減量	-126.2	-117.9	kgCO ₂ e/本
原材料輸送の GHG 排出量代替削減量	-21.8	-21.8	kgCO ₂ e/本
新品タイヤ生産の GHG 排出量代替削減量	-35.6	-35.2	kgCO ₂ e/本
リトレッドタイヤによる GHG 排出削減量	-183.5	-174.9	kgCO ₂ e/本

参照: 表 5. 原材料の生産における GHG 排出量

表 8. 原材料の輸送における GHG 排出量

表 16. 生産段階におけるタイヤ 1 本あたりの GHG 排出量

③ 製品再利用(リトレッド)における GHG 排出(全体)

製品再利用(リトレッド)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。

(製品再利用(リトレッド)における GHG 排出量(全体))

= (製品再利用(リトレッド)における GHG 排出量)

- (製品再利用(リトレッド)による GHG 排出削減効果)

5) 材料再利用における GHG 排出

① 材料再利用(マテリアルリサイクル)における GHG 排出

a) 材料再利用(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と、再生できない部分を廃棄輸送及び最終処分する場合の使用エネルギーから GHG 排出量を算出した。

材料再利用(マテリアルリサイクル)におけるエネルギーデータは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)

= (ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの電力消費量)

× (電力の GHG 排出係数)

= $0.660 \times 0.484 = 0.319 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$

表 40. 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
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
電力の GHG 排出係数	0.484	kgCO ₂ e/kWh
ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量	0.319	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)

= (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)

× (電力の GHG 排出係数)

+ (再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの C 重油消費量)

× (C 重油の GHG 排出係数)

= $1.44 \times 0.484 + 0.07 \times 3.34 = 0.931 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$

表 41 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
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
	再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの C 重油消費量	0.07	l/kg
GHG 排出係数	電力の GHG 排出係数	0.484	kgCO ₂ e/kWh
	C 重油の GHG 排出係数	3.34	kgCO ₂ e/l
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	0.697	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 C 重油の GHG 排出量	0.234	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	0.931	kgCO ₂ e/kg

b) 輸送と最終処分に関する GHG 排出量(単位あたり)

使用済みタイヤのうち、再生ゴムにできない部位については、最終処分とそのため
の輸送によりエネルギーを使用する。

(i) 輸送と最終処分に関する GHG 排出係数

輸送は、県内輸送として、県境ー県境の距離を想定し、2 トントラックで 100 km 片
道輸送、積載率 50 %とした。

(再生ゴムにできない部位 1kg あたりの輸送の GHG 排出係数)

$$= (\text{トンキロあたりの軽油消費量}^*) \times (\text{軽油の GHG 排出係数}) \\ \times (\text{輸送距離})$$

$$= 0.183 \times 2.89 \times 100 \div 1000 = 0.0529 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$$

$$* \ln x = 2.71 - 0.812 \ln (y/100) - 0.654 \ln z$$

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)

(ii) 最終処分に関する GHG 排出係数

最終処分に関する GHG 排出係数は、下記のとおり設定した。

$$(\text{最終処分に関する GHG 排出係数}^*) = 3.83 \times 10^{-3} \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$$

*出典: MiLCA, 埋立処分(産廃)

表 42. 輸送と最終処分に関する GHG 排出係数

区分	GHG 排出係数	単位
輸送の GHG 排出係数	5.29×10^{-2}	kgCO ₂ e/kg
最終処分の GHG 排出係数	3.83×10^{-3}	kgCO ₂ e/kg

c) 材料再利用(マテリアルリサイクル)における GHG 排出量

(i) マテリアルリサイクルにおける重量設定

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、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		TBR		単位
		汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
新品 タイヤ	新品タイヤ重量	56.2	54.5	kg/本
	再生可能部位割合	80%	79%	%
	新品タイヤ中の再生可能部位重量	44.80	42.91	kg/本
摩耗	摩耗率	18%	18%	%
	摩耗量	10.12	9.81	kg/本
	使用済みタイヤ重量	46.08	44.69	kg/本
	使用済みタイヤの再生可能部位重量	34.69	33.10	kg/本
ゴム粉	使用済みタイヤからゴム粉への歩留まり	90%	90%	%
	ゴム粉への再生可能部位重量	31.22	29.79	kg/本
	使用済みタイヤの再生ゴムにならない部位重量	14.86	14.90	kg/本

(ii) マテリアルリサイクルにおける GHG 排出量

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。

(マテリアルリサイクルにおける GHG 排出量)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ゴム粉} \cdot \text{再生ゴム生産時の GHG 排出量}) \\
 &+ (\text{輸送} \cdot \text{最終処分時の GHG 排出量}) \\
 &= (\text{ゴム粉への再生可能部位重量}) \\
 &\times \{(\text{ゴム粉生産段階におけるゴム粉 1kg あたりの GHG 排出量}) \\
 &+ (\text{再生ゴム生産段階における再生ゴム 1kg あたりの GHG 排出量})\} \\
 &+ (\text{使用済みタイヤの再生ゴムにならない部位重量}) \\
 &\times \{(\text{輸送の GHG 排出係数}) + (\text{最終処分の GHG 排出係数})\}
 \end{aligned}$$

表 44. 材料再利用(マテリアルリサイクル)における GHG 排出量

区分	TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
ゴム粉・再生ゴム生産時の GHG 排出量	39.0	37.2	kgCO ₂ e/本
輸送・最終処分時の GHG 排出量	0.8	0.8	kgCO ₂ e/本
材料再利用(マテリアルリサイクル) における GHG 排出量	39.9	38.1	kgCO ₂ e/本

② 材料再利用(マテリアルリサイクル)による GHG 排出削減効果

マテリアルリサイクルを行うことにより、配合ゴム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の収率を考慮し、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。

(材料再利用(マテリアルリサイクル)による GHG 削減効果)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{使用済みタイヤの再生可能部位重量}) \\
 &\times (\text{使用済みタイヤからゴム粉への歩留まり}) \\
 &\times (\text{配合ゴムの GHG 排出係数})
 \end{aligned}$$

表 45. マテリアルリサイクルにおける GHG 削減効果

区分	TBR		単位
	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
使用済みタイヤの再生可能部位重量	34.69	33.10	kg/本
使用済みタイヤからゴム粉への歩留まり	90%	90%	%
再生ゴム収量	31.22	29.79	kg/本
配合ゴムの GHG 排出係数※	2.65	2.56	kgCO ₂ e/kg
マテリアルリサイクルによる GHG 排出削減効果	-82.79	-76.20	kgCO ₂ e/本

※配合ゴムに含まれる各原材料(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)の GHG 排出係数(原材料の生産と輸送)に、原材料構成比を乗じて重みづけることにより得られる係数

参照: 表 3. 代表的なタイヤ原材料構成比(例)
表 4. タイヤ原材料の生産における GHG 排出係数
表 7. 原材料の輸送における GHG 排出係数

③ 材料再利用(マテリアルリサイクル)における GHG 排出(全体)

材料再利用(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。

(材料再利用(マテリアルリサイクル)における GHG 排出量(全体))

$$\begin{aligned}
 &= (\text{材料再利用(マテリアルリサイクル)における GHG 排出量}) \\
 &- (\text{材料再利用(マテリアルリサイクル)による GHG 排出削減効果})
 \end{aligned}$$

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 リサイクル別割合

使用済みタイヤのリサイクル割合は、JATMA 統計により、下図の割合となっている。

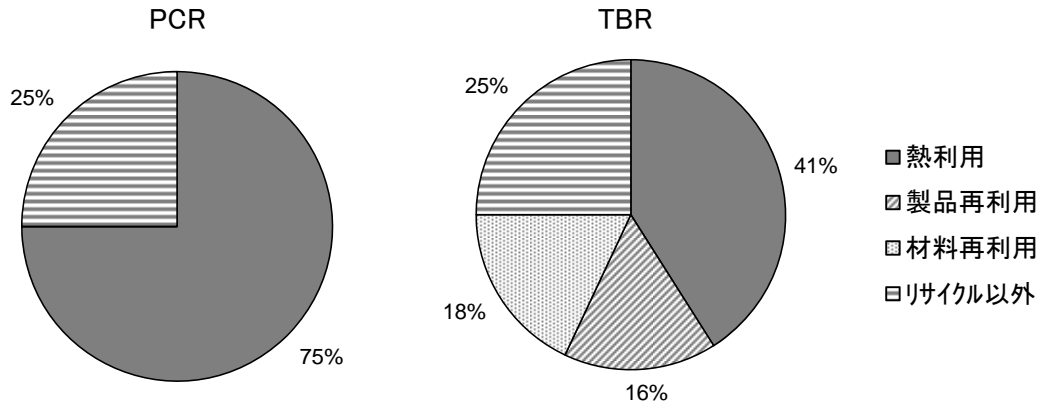


図 3. 使用済みタイヤのリサイクル割合

② 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、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		PCR		TBR	
		汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ
リサイクル割合	熱利用	75%		41%	
	製品再利用	—		16%	
	材料再利用	—		18%	
	リサイクル以外	25%		25%	
GHG 排出量	回収輸送	0.4	0.4	2.4	2.4
	熱利用	11.7	9.6	23.6	21.5
	製品再利用	0.0	0.0	10.7	10.7
	材料再利用	0.0	0.0	7.2	6.9
	単純焼却	3.9	3.2	14.4	13.1
排出削減効果	熱利用	-13.1	-12.5	-45.1	-43.7
	製品再利用	0.0	0.0	-29.4	-28.0
	材料再利用	0.0	0.0	-14.9	-13.7

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		PCR		TBR		
		汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	汎用 タイヤ	低燃費 タイヤ	
原材料調達段階	原材料生産	22.8	21.7	126.2	117.9	
	原材料輸送	2.1	2.2	21.8	21.8	
生産段階	生産	7.8	7.0	35.6	35.2	
流通段階	輸送	1.6	1.5	10.4	10.1	
使用段階	使用	263.4	210.8	2,167.5	1,734.0	
廃棄・ リサイクル 段階	排出量	回収輸送	0.4	0.4	2.4	2.4
		熱利用	11.7	9.6	23.6	21.5
		製品再利用	0.0	0.0	10.7	10.7
		材料再利用	0.0	0.0	7.2	6.9
		単純焼却	3.9	3.2	14.4	13.1
GHG 排出量合計		313.7	256.4	2,419.6	1,973.6	
廃棄・ リサイクル 段階	削減 効果	熱利用	-13.1	-12.5	-45.1	-43.7
		製品再利用	0.0	0.0	-29.4	-28.0
		材料再利用	0.0	0.0	-14.9	-13.7
ライフサイクルでの GHG 排出量 (削減効果考慮)		300.6	243.9	2,330.3	1,888.1	

表 48 ライフサイクルでの GHG 排出量(段階別)

(単位 kgCO₂e/本)

区分	PCR				TBR			
	汎用 タイヤ		低燃費 タイヤ		汎用 タイヤ		低燃費 タイヤ	
原材料調達段階	25.0	8.3%	23.9	9.8%	147.9	6.3%	139.7	7.4%
生産段階	7.8	2.6%	7.0	2.9%	35.6	1.5%	35.2	1.9%
流通段階	1.6	0.5%	1.5	0.6%	10.4	0.4%	10.1	0.5%
使用段階	263.4	87.6%	210.8	86.4%	2,167.5	93.0%	1,734.0	91.8%
廃棄・リサイクル段階	2.9	1.0%	0.7	0.3%	-31.1	-1.3%	-30.9	-1.6%
排出	15.9	5.3%	13.1	5.4%	58.2	2.5%	54.5	2.9%
排出削減効果	-13.1	-4.3%	-12.5	-5.1%	-89.3	-3.8%	-85.4	-4.5%
合計	300.6	100.0%	243.9	100.0%	2,330.3	100.0%	1,888.1	100.0%

【PCR】

汎用タイヤ 1 本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 300.6 kgCO₂e



※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量: 排出 = 15.9 kgCO₂e, 削減効果 = -13.1 kgCO₂e

低燃費タイヤ 1 本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 243.9 kgCO₂e



※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量: 排出 = 13.1 kgCO₂e, 削減効果 = -12.5 kgCO₂e

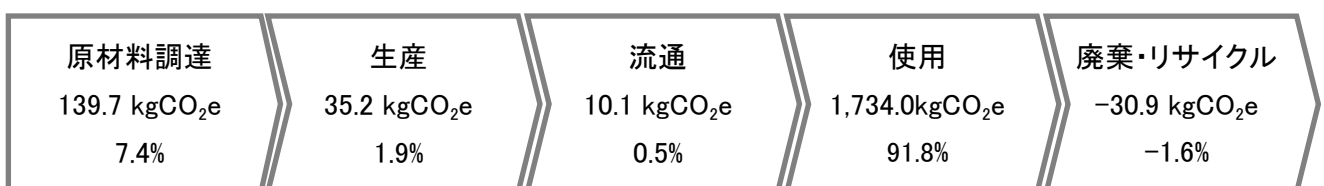
【TBR】

汎用タイヤ 1 本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 2,330.3 kgCO₂e



※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量: 排出 = 58.2 kgCO₂e, 削減効果 = -89.3 kgCO₂e

低燃費タイヤ 1 本あたりのライフサイクル GHG 排出量 = 1,888.1 kgCO₂e



※廃棄・リサイクル段階の GHG 排出量: 排出 = 54.5 kgCO₂e, 削減効果 = -85.4 kgCO₂e

図 4 ライフサイクルでの GHG 排出量(図)

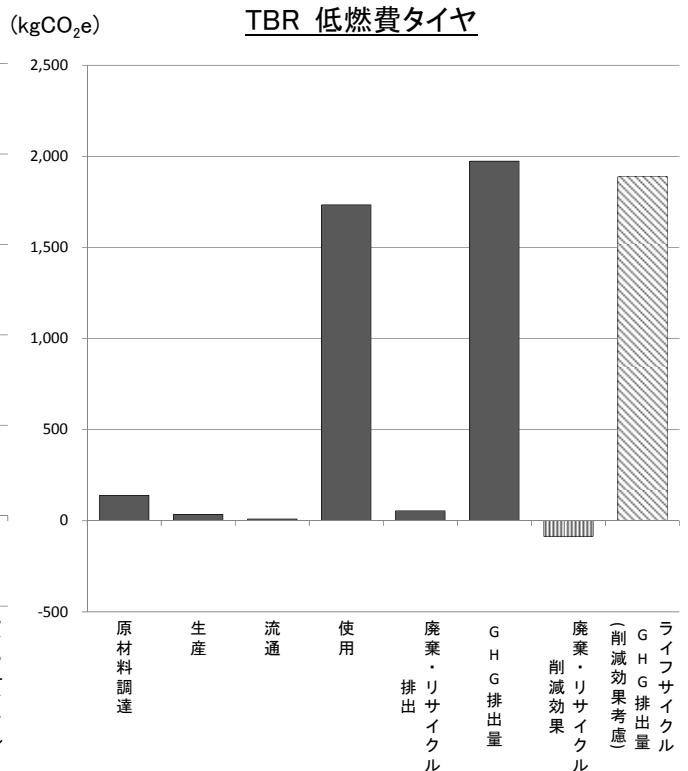
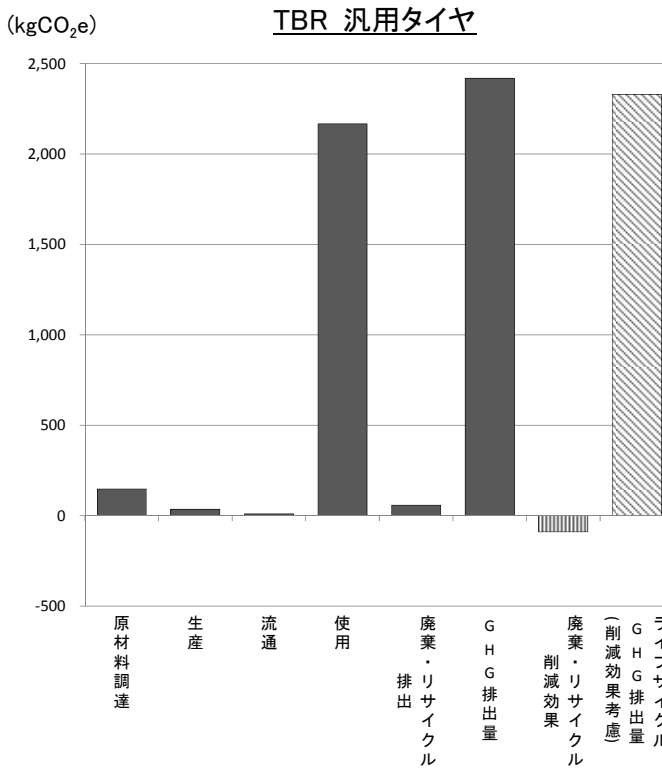
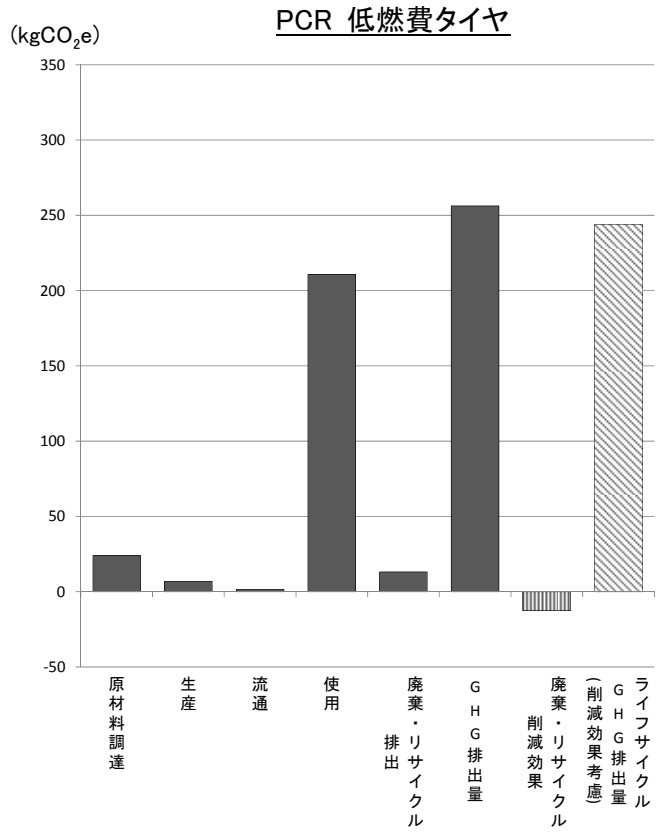
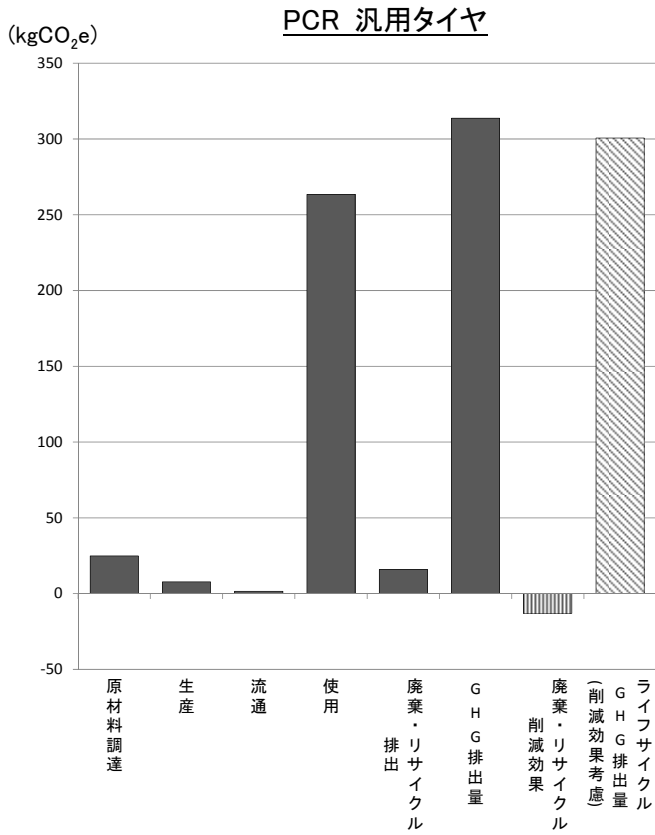


図 5 ライフサイクルでの GHG 排出量(グラフ)