

# 電力中央研究所 研究資料

NO. Y21503

電動車と内燃機関車の  
製造と走行に伴う **GHG** 排出量評価  
—事業用火力発電比率に応じた比較分析—

2021年6月

一般財団法人 電力中央研究所

**IR**

**CRIEPI**

---

**Central Research Institute of  
Electric Power Industry**

電動車と内燃機関車の  
製造と走行に伴う GHG 排出量評価  
—事業用火力発電比率に応じた比較分析—

間瀬 貴之\*

## 背景

日本のエネルギー政策として実施されている燃費基準規制では、自動車メーカーに対して、燃費と電費の向上や、電動車（ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車など）の国内販売比率を高めることが求められている。電気自動車は電力をエネルギー源として走行するため、走行時は温室効果ガス（GHG）を直接排出しないが、間接的には GHG が排出される。また、電動車には駆動用の二次電池が搭載されていることから、製造に伴う GHG 排出量が多くなることが指摘されている。エネルギー政策や産業政策を検討する上では、電動車の普及を見据えて、乗用車の製造と走行に伴い生じる GHG 排出量を車種別に把握することが必要である。

## 目的

事業用火力発電比率の違いに応じた、電動車と内燃機関車の製造と走行に伴う GHG 排出量を評価し、その結果から今後の課題を整理する。

## 主な成果

### 1. 前提条件

- ・本資料の評価に用いる分析モデルは産業関連モデルの枠組みに基づき、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車の電動車 3 車種と、内燃機関車の製造と走行に伴う GHG 排出量を評価することができる。また、二次電池を含む部品交換、修理、廃棄に伴う GHG 排出量は評価対象から除外している。
- ・事業用火力発電比率は、90%（火力高ケース）、45%（火力中ケース）、0%（火力低ケース）と設定した（表 1-（a））。
- ・乗用車に関わる前提条件は、すべてのケースで共通して表 1-（b）のように設定した。また、燃費と電費は、WLTC モードのようなカタログ値ではなく、実態に近い数値を想定した。

### 2. 乗用車一台当たりの GHG 排出量（生涯走行距離：10 万 km）

- ・生涯走行距離を設定して、乗用車一台当たりの製造と走行に伴う GHG 排出量を車種別に比較した。（図 1）
- ・事業用火力発電比率が低下すると、車種によらず、製造に伴う GHG 排出量が減少するが、充電需要に伴う GHG 排出量が大きく減少することから、結果として、どのケースにおいても、GHG 排出量（合計）は、内燃機関車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車の順に小さくなる。
- ・事業用火力発電比率が同じ場合、乗用車の電動化が進むほど、製造に伴う GHG 排出量

は多くなる。特に電気自動車においては、製造に伴う GHG 排出量の 4 割強がリチウムイオン電池（二次電池）の製造に伴うものである。

・電気自動車の航続距離を伸ばすために、リチウムイオン電池の容量をさらに増加させた場合には、電気自動車の製造に伴う GHG 排出量が増加して、環境面での優位性が低下する。本資料では一定の条件を基に GHG 排出量を評価しているが、リチウムイオン電池の容量に限らず、その排出原単位、燃費、電費、生涯走行距離といった各種の前提条件の設定次第で、どの車種が環境面で優位になるかが変わり得る。電気自動車やリチウムイオン電池の生産規模が十分でないことから、GHG 排出量を比較する場合には前提条件を精査することが重要である。

### 3. 2030 年断面における乗用車の GHG 排出量（年間走行距離：0.8 万 km）

- ・日本国内における乗用車の販売台数や保有台数と、年間走行距離を設定して、2030 年断面における乗用車の製造と走行に伴う GHG 排出量を評価した。（表 2、図 2）
- ・乗用車の保有構成は徐々に変化することから、2030 年断面における電気自動車やプラグインハイブリッド車が保有台数に占める割合はどちらも 4%弱と小さく、GHG 排出量（合計）に占める割合も僅かである。
- ・事業用火力発電比率の低下は、充電需要に伴う GHG 排出量への減少よりも、乗用車の製造に伴う GHG 排出量への減少に、より大きく寄与する。
- ・将来的に電気自動車が普及する場合には、電源構成次第では充電需要に伴う GHG 排出量が増加するため、電気自動車の普及政策と合わせ、電力の低炭素化を進めていくことが必要である。

#### 政策的含意

本資料の前提条件では、電力の低炭素化が進むほど、電気自動車は環境面で優位になった。ただし、乗用車の保有構成は徐々に変化するため、電気自動車とその多くを占めるまでには相当な時間が必要になる。

また、電力の低炭素化は充電需要に伴う GHG 排出量を減少させるのに加えて、車種によらず、乗用車の製造に伴う GHG 排出量を減少させる効果もある。特に、日本国内ではリチウムイオン電池の生産能力も限られ、今後、自動車メーカーが生産拠点を検討する上で、電力由来の GHG 排出量が少ないことが一つの検討材料になり得る。リチウムイオン電池を含め電動車製造の事業環境整備の一環として、電力の低炭素化を進めていくことも重要である。

表1 前提条件

(a) 事業用火力発電比率

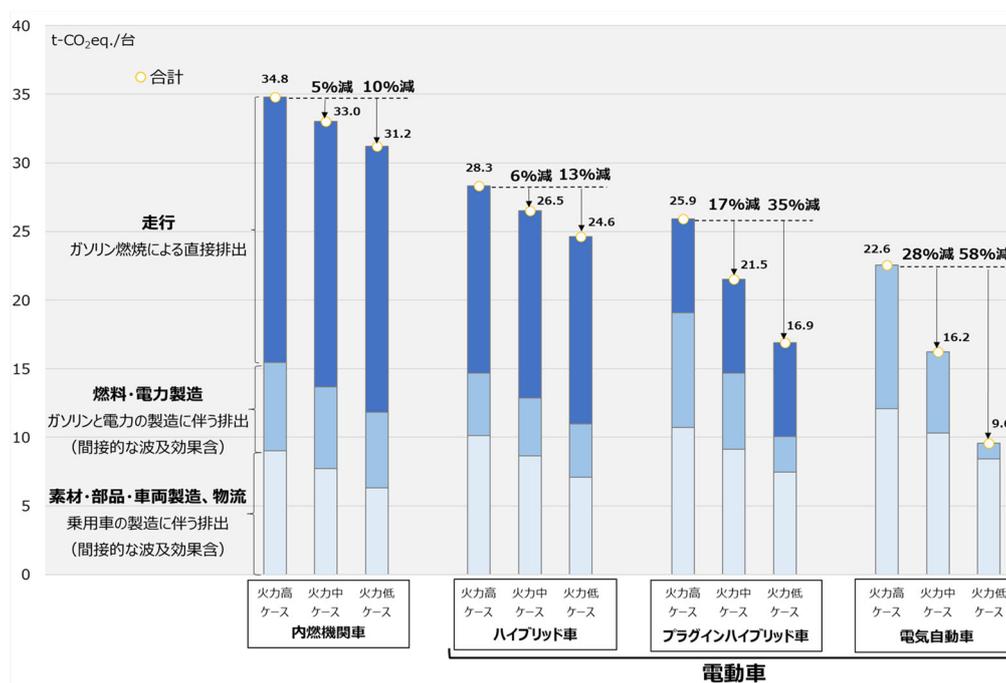
		火力高ケース	火力中ケース	火力低ケース
事業用発電				
火力発電比率	%	90	45	0
火力発電除く事発電比率	%	10	55	100

(注) 火力高ケースは 2015 年の産業連関表の電源構成であり、事業用発電の GHG 直接排出係数が 571g-CO<sub>2</sub>eq./kWh である。火力中ケースは事業用発電の GHG 直接排出係数が 285g-CO<sub>2</sub>eq./kWh である。

(b) 乗用車

		内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
二次電池容量	kWh	-	1.3	10.0	40.0
燃費	km/ℓ	12.0	17.0	17.0	-
電費	km/kWh	-	-	7.0	7.0

(注) 乗用車に関わる前提条件については、自動車メーカーの公表情報、国土交通省「自動車燃料消費量調査」などを基に設定している。



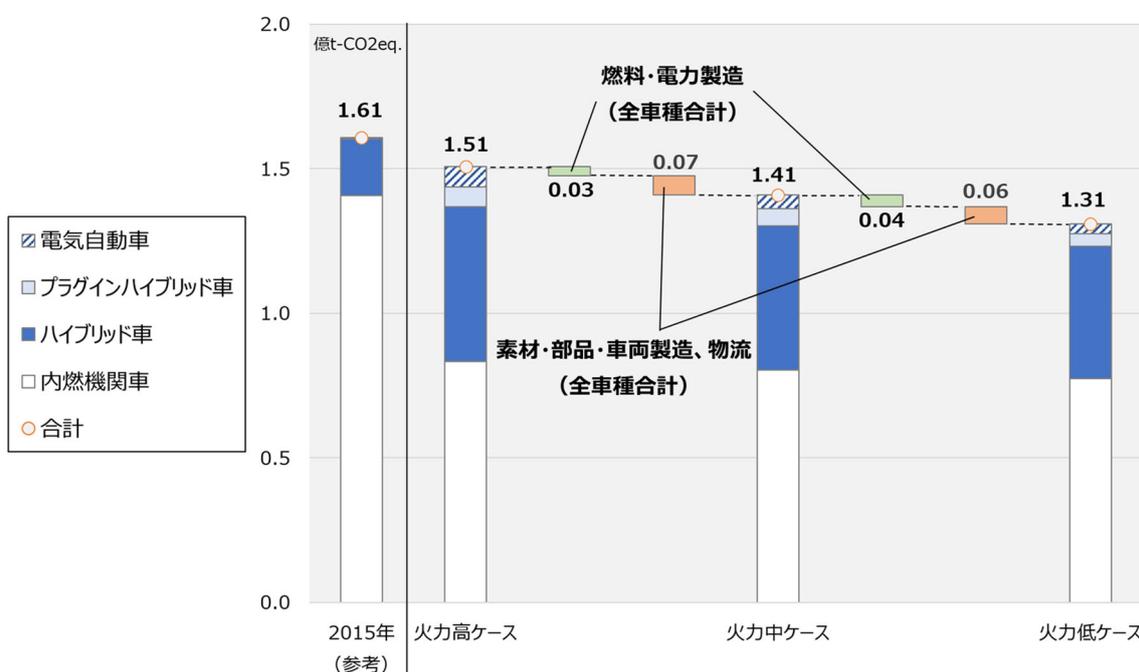
(注) 生涯走行距離は車種によらず 10 万 km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行が 5 万 km、電気走行が 5 万 km に設定している。なお、自家用発電の電源構成は変更していないため、結果の一部には火力発電の影響が含まれる点に留意する必要がある。

図1 乗用車一台当たりのGHG排出量

表2 日本国内における乗用車の保有台数と販売台数（2030年）

		合計	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
保有台数	万台	6,172	3,506	2,191	237	238
構成比	%	100.0	56.8	35.5	3.8	3.9
販売台数	万台	406	110	215	41	41
構成比	%	100.0	27.2	52.8	10.0	10.0

(注) 販売台数と保有台数は間瀬他（2021）の2030年度の結果を用いている。



(注) 年間走行距離は車種によらず 0.8 万 km、プラグインハイブリッド車の年間走行距離についてはガソリン走行が 0.4 万 km、電気走行が 0.4 万 km に設定している。また、GHG 排出量の水準については、「走行」、「燃料・電力製造」、「素材・部品・車両製造、物流」を車種ごとに集計している。乖離差については、段階ごとに、全ての車種の結果を集計している。なお、2015 年の結果は、参考値として掲載しており、該年度の保有台数（合計 6,083 万台）と販売台数（合計 412 万台）で評価している。

図2 2030年断面における乗用車のGHG排出量

関連報告書：

[1] SERC18001 「産業連関表における電動車部門の推計と電動車の生産台数シェア上昇のシミュレーション分析」(2019.01)

[2] Y19507 「乗用車の電動化とカーシェア普及による波及効果の評価方法について—電動車分析用産業連関モデルの開発—」(2020.03)

**IR**

**CRIEPI**

---

**Central Research Institute of  
Electric Power Industry**



# 電動車と内燃機関車の製造と走行に伴うGHG排出量評価 -事業用火力発電比率に応じた比較分析-

電力中央研究所 社会経済研究所

2021年6月

RI 電力中央研究所

© CRIEPI 2021

1



RI 電力中央研究所

## 目次

1. 背景と目的	3
2. 分析モデル	4
3. 事業用火力発電比率に応じた比較分析	11
3.1 乗用車一台当たりのGHG排出量評価	12
3.2 2030年断面における乗用車のGHG排出量評価	27
4. まとめ	32

# 1. 背景と目的

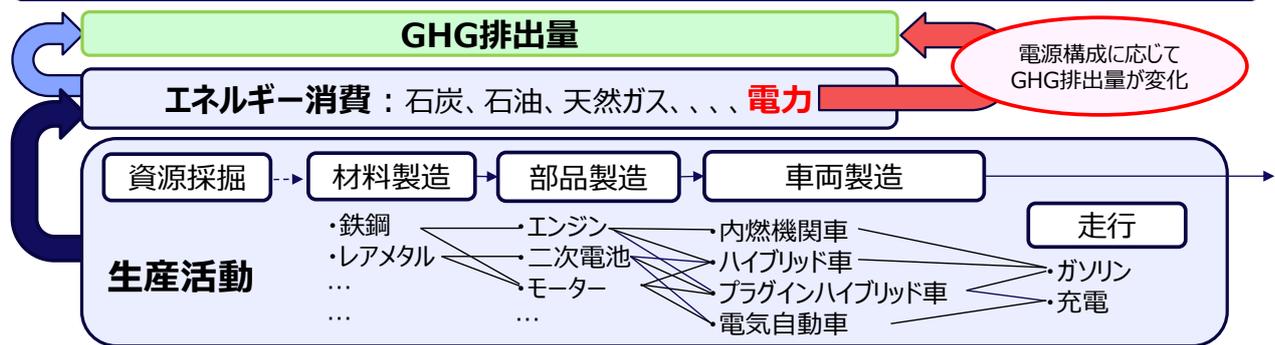
- 日本のエネルギー政策として実施されている燃費基準規制では、自動車メーカーに対して、燃費と電費の向上や、電動車（ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車など）の国内販売比率を高めることが求められる。
- 電気自動車は電力をエネルギー源として走行するため、走行時に直接は温室効果ガス（GHG）を排出しないが、間接的にGHGを排出。また、電動車には駆動用の二次電池が搭載されているが、二次電池は製造に伴うGHG排出量が多いとの指摘。また、IEA（2020）、日産自動車（2020）、トヨタ自動車（2015）、Kawamoto et al.(2019)、中野他（2008）など、自動車メーカーを始めとする諸機関が、電動車のライフサイクル排出量評価を実施。
- エネルギー政策や産業政策を策定する上では、電気自動車の普及を見据えて、日本全体での乗用車の製造と走行に伴い生じるGHG排出量を把握することが必要。
- 本資料では、産業連関モデルの枠組みを用いて、乗用車の製造と走行に伴う波及効果を含めた日本全体でのGHG排出量を車種別に評価するとともに、事業用火力発電比率に応じたGHG排出量を比較。
- 2章でGHG排出量の評価のための分析モデルについて概観した後、3.1節で乗用車一台当たりの製造と走行に伴うGHG排出量を、3.2節で2030年断面での日本の乗用車全体のGHG排出量をそれぞれ評価。

## 2. 分析モデル

# GHG排出量の評価方法

- 乗用車の製造や走行は様々な産業の生産活動に波及して、それら生産活動によるエネルギー消費に伴いGHGを排出。特に、乗用車の製造は他の産業とのつながりが強いいため、波及効果を含めGHG排出量を評価することが重要。
- 産業連関表には産業部門間の財・サービスの取引がまとめられており、産業連関モデルの枠組みを応用することで、GHG排出量を包括的に評価することが可能。
- 本資料で評価対象とする車種は、**内燃機関車（ICE）**、**電動車のうち、ハイブリッド車（HV）**、**プラグインハイブリッド車（PHV）**、**電気自動車（BEV）**。燃料電池車は他の電動車に比べて販売台数比率がごく僅かであるため対象から除外。また、製造と走行に伴うGHG排出量を評価の対象にしており、廃棄に伴うGHG排出量は対象から除外。

## GHG排出量評価の概念図



(注) 上図は分析モデルでの産業間のつながりを簡略化して示したものの。なお、廃棄に伴うGHG排出量は評価対象から除外。

# 分析モデル

- 本資料の分析モデルは、**ICE、HV、PHV、BEV**の4車種について、製造と走行に伴う波及効果を含め、GHG排出量を評価できるように、産業連関モデルを拡張。なお、国産品と輸入品は同じ技術で製造しているとの仮定を置いているため、同一財・サービスの製造により生じるGHG排出量が同じ点には留意。
- 総務省の「産業連関表（2015年）」、国立環境研究所の「産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）（2015年）」、富士経済（2017a）、富士経済（2017b）などのデータを基に、分析モデルの部門分類に電動車部門を追加。

$$E_i = e_Y Y_i + e_F F_i^f$$

$$Y_i = (I - A)^{-1} (F_i^p + F_i^u)$$

$$i = ICE, HV, PHV, BEV$$

$E_i$ :  $i$ 車種のGHG排出量ベクトル,

$e_Y$ : 製造のGHG直接排出係数ベクトル,  $Y_i$ :  $i$ 車種の販売と走行に伴う製造ベクトル,

$e_F$ : 走行のGHG直接排出係数ベクトル,  $F_i^f$ :  $i$ 車種走行のエネルギー需要ベクトル,

$F_i^p$ :  $i$ 車種販売の最終需要ベクトル,  $F_i^u$ :  $i$ 車種走行の最終需要ベクトル,

$I$ : 単位行列,  $A$ : 投入係数行列

(注) 産業連関モデルの枠組みを用いて電気自動車のライフサイクル評価（LCA）をした先行研究としては中野他（2008）があり、車種別の部門を拡張して経済影響を分析した先行研究としては、間瀬（2020）、間瀬（2019）、紀村（2019）。また、本藤（2008）では、LCAにおける産業連関表の適用について整理。

## 内燃機関車と電動車との車両構造の違い

- ICEと電動車ではエネルギー源や動力源が異なるため車両構造が異なる。
- 電力で走行するために、電動車にはモーター、パワーコントロールユニット、駆動用の二次電池が搭載。また、BEVにはエンジンが非搭載。
- 本資料では、間瀬（2019）や紀村（2019）に倣い、下表で示した車両構造の違いを独自に反映させた産業連関表を基に分析モデルを構築した後、乗用車の製造と走行に伴うGHG排出量を評価。なお、電動車の部品の種類や点数については車種別に設定。

車両構造の違い				
	内燃機関車 (ICE)	ハイブリッド車 (HV)	プラグインハイブリッド車 (PHV)	電気自動車 (BEV)
エンジン	○	○	○	-
モーター	-	○	○	○
パワーコントロールユニット	-	○	○	○
二次電池	-	○	○	○

## 電動車の部品

- 電動車の部品点数は、富士経済（2017a）、富士経済（2017b）、自動車メーカーの公表情報などを基に、金額ベースに変換して分析モデルに織込。

部品名	ハイブリッド車		プラグインハイブリッド車		電気自動車	
	点数	部品価格	点数	部品価格	点数	部品価格
パワーコントロールユニット						
インバーター	2	5.22	2	5.40	1	2.70
インバーター用電流センサー	4	0.32	4	0.32	2	0.16
DC-DCコンバーター	1	0.80	1	0.90	1	0.90
リアクトル	1	0.51	1	0.63	-	-
平滑コンデンサ	1	0.45	1	0.45	1	0.45
モーター・ジェネレーター	2	7.56	2	8.40	1	4.20
二次電池	(1.3)	9.88	(10.0)	54.37	(40.0)	132.90
車載充電器	-	-	1	6.00	1	6.00
充電ケーブル	-	-	1	5.00	1	5.00
合計	-	24.74	-	81.47	-	152.31

(注) ( ) 内は二次電池容量 (kWh)。部品価格の単位は万円。産業連関表は2015年価格表示であるため、富士経済（2017a）、富士経済（2017b）、自動車メーカーの公表情報などに基づき、数量ベースから金額ベースに変換して、分析モデルを構築。モーター・ジェネレーターとパワーコントロールユニットの部品点数は、ハイブリッド車はトヨタ自動車のプリウス、プラグインハイブリッド車はトヨタ自動車のプリウスPHV、電気自動車は日産自動車のリーフを基に設定。二次電池は、ハイブリッド車がニッケル水素電池、プラグインハイブリッド車と電気自動車がリチウムイオン電池と設定。また、プリウスPHVの二次電池容量は8.8kWhであるが、販売されているプラグインハイブリッド車では10kWh前後であるため、分析モデルでは10kWhと設定。また、車両の生産者価格は、経済産業省の生産動態統計や自動車メーカーの情報から、内燃機関車が197万円、ハイブリッド車が239万円、プラグインハイブリッド車が274万円、電気自動車が277万円と設定。なお、分析モデルは2015年の投入（技術）構造に基づくが、電動車部門については2020年時点の技術構造を反映。

# 電気自動車：エンジンが不要になる影響

- 素形材産業ビジョン検討会（2010）では、BEVではエンジンが不要になるため、乗用車部品点数が点数ベースで37%減少と指摘。（下表）
- 分析モデルでは、数量ベースから金額ベースに変換して、BEVの投入構造に織込。なお、金額ベースではエンジンに関わる中間投入が一台当たり35万円程度減少。

## 電気自動車：エンジンが不要になる影響

部品名	内燃機関車	電気自動車	
	部品点数 点	部品点数 点	部品増減率 %
エンジン部品	6,900	0	-100
電装品・電子部品	3,000	900	-70
駆動・伝導及び操縦装置部品	5,700	3,600	-37
懸架・制動装置部品	4,500	4,500	0
車体部品	4,500	4,500	0
その他の部品	5,400	5,400	0
合計	30,000	18,900	-37

（注）電気自動車の必要部品点数は素形材産業ビジョン検討会（2010）「素形材産業ビジョン 補間版」から作成。

## 【参考】分析モデルの部門分類

部門分類	部門分類	部門分類	部門分類	部門分類
1 耕種農業	26 化学最終製品	51 回転電気機械(電動車向け)	76 事業用発電(火力発電を除く。)	101 教育
2 畜産	27 石油製品	52 開閉制御装置・配電盤(電動車向け)	77 自家発電	102 研究
3 農業サービス	28 石炭製品	53 内燃機関電装品	78 ガス・熱供給	103 医療
4 林業	29 プラスチック製品	54 民生用電気機器	79 水道	104 保健衛生
5 漁業	30 ゴム製品	55 電子応用装置・電気計測器	80 廃棄物処理	105 社会保険・社会福祉
6 石炭・原油・天然ガス	31 なめし革・革製品・毛皮	56 その他の電気機械	81 商業	106 介護
7 その他の鉱業	32 ガラス・ガラス製品	57 電池(電動車向け)	82 金融・保険	107 他に分類されない会員制団体
8 食料品	33 セメント・セメント製品	58 通信・映像・音響機器	83 不動産仲介及び賃貸	108 物品賃貸サービス
9 飲料	34 陶磁器	59 電子計算機・同附属装置	84 住宅賃貸料	109 広告
10 飼料・有機質肥料	35 その他の窯業・土石製品	60 乗用車	85 住宅賃貸料(帰属家賃)	110 自動車整備・機械修理
11 たばこ	36 鉄鉄・粗鋼	61 ハイブリッド車	86 鉄道輸送	111 その他の対事業所サービス
12 繊維工業製品	37 鋼材	62 プラグインハイブリッド車	87 道路輸送(自家輸送を除く。)	112 宿泊業
13 衣服・その他の繊維既製品	38 鋳造品(鉄)	63 電気自動車	88 自家輸送	113 飲食サービス
14 木材・木製品	39 その他の鉄鋼製品	64 その他の自動車	89 水運	114 洗濯・理容・美容・浴場業
15 家具・装備品	40 非鉄金属製錬・精製	65 自動車用内燃機関	90 航空輸送	115 娯楽サービス
16 パルプ・紙・板紙・加工紙	41 非鉄金属加工製品	66 自動車部品	91 貨物利用運送	116 その他の対個人サービス
17 紙加工品	42 電線・ケーブル(電動車向け)	67 船舶・同修理	92 倉庫	117 事務用品
18 印刷・製版・製本	43 建設用・建築用金属製品	68 その他の輸送機械・同修理	93 運輸附帯サービス	118 分類不明
19 化学肥料	44 その他の金属製品	69 その他の製造工業製品	94 郵便・信書便	
20 無機化学工業製品	45 はん用機械	70 再生资源回収・加工処理	95 通信	
21 石油化学系基礎製品	46 生産用機械	71 建築	96 放送	
22 有機化学工業製品	47 業務用機械	72 建設補修	97 情報サービス	
23 合成樹脂	48 電子デバイス	73 公共事業	98 インターネット附帯サービス	
24 化学繊維	49 その他の電子部品	74 その他の土木建設	99 映像・音声・文字情報制作	
25 医薬品	50 産業用電気機器	75 事業用火力発電	100 公務	

（注）分析モデルの部門分類であり、総務省の産業連関表基本分類表と、国立環境研究所の3EIDの部門を、当所で独自に集計、分割。なお、電動車に関わる部門については、既に公表されている投入構造を基に推計しているため、例えば、電池（電動車向け）部門の投入構造には、様々な電池の投入構造が反映。また、内燃機関車部門は既存の乗用車部門の投入構造を基に推計。これらの点には留意が必要。

### 3. 事業用火力発電比率に応じた比較分析

#### 3.1 乗用車一台当たりのGHG排出量評価

#### 3.2 2030年断面における乗用車のGHG排出量評価

## 事業用火力発電比率に応じた比較分析

- ▶ **事業用火力発電比率**について3つのケースを設定して、**乗用車一台当たりの製造と走行に伴うGHG排出量を評価**した結果を提示（3.1節）。ただし、総務省の産業連関表には、電源構成の詳細な内訳が明記されていないため、ここでは、“**事業用火力発電比率**”の異なるケースを設定。なお、自家発電の電源構成は変更しないため、結果には自家発電の火力発電の影響が含まれる点に留意。
  - 「**火力高ケース**」：事業用火力発電比率 90%。
  - 「**火力中ケース**」：事業用火力発電比率 45%。
  - 「**火力低ケース**」：事業用火力発電比率 0%。
- ▶ 本資料では、乗用車の製造と走行に伴うGHG排出量のみを評価対象にしているため、二次電池などの部品交換や修理に伴い生じるGHG排出量は評価の対象外。
- ▶ その上で、その他、日本国内の保有台数と販売台数を想定し、2030年断面でのGHG排出量を評価した結果を示す（3.2節）。

**事業用発電比率：ケース比較**

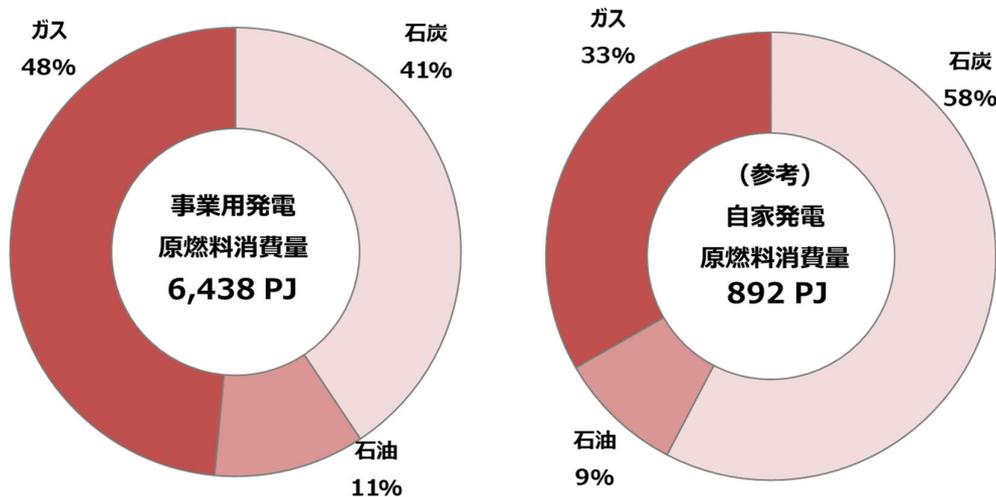
		火力高ケース	火力中ケース	火力低ケース
事業用発電				
火力発電比率	%	90	45	0
火力発電除く事発電比率	%	10	55	100

(注) 火力高ケースは2015年の総務省産業連関表の電源構成であり、事業用発電のGHG直接排出係数が571g-CO<sub>2</sub>eq./kWh。火力中ケースでは事業用発電のGHG直接排出係数が285g-CO<sub>2</sub>eq./kWh。事業用火力発電の内訳については、モデルの構造上、石炭発電比率などを設定できないため、全てのケースにおいて、産業連関表（2015年）、3EID（2015年）の火力発電構成が前提。

## 【参考】事業用発電の原燃料消費量

- 分析モデルの構造上、事業用電力については“火力発電”と“それ以外の発電”の区分でしか分析できないが、事業用火力発電の排出係数の前提となる原燃料消費量は、国立環境研究所の3 EID(2015年)から把握することが可能。

### 事業用発電と自家発電の原燃料消費量



## 乗用車に関わる前提条件

- 乗用車に関わる前提条件については、国土交通省「自動車燃料消費量調査」、自動車メーカーの公表情報などを基に、全てのケースで同一に設定。
  - **二次電池容量**：HVが1.3kWh、PHVが10kWh、BEVが40kWhと設定。
  - **燃費と電費**：WLTCモードのようなカタログ値ではなく、実態に近い数値を想定。
  - **生涯走行距離**：車種によらず、10万km。ただし、PHVについては、ガソリン走行が5万km、電力走行が5万kmと設定。
- PHVとBEVは系統から充電することを想定しているが、電力負荷（kW）ではなく、充電需要量（kWh）が評価対象。
- 本資料では、上記のような前提条件を用いているが、例えばKawamoto et al. (2019)では、各国の検査基準値を基に燃費や電費を設定。燃費や電費に加え、二次電池容量や生涯走行距離といった前提条件が異なれば、GHG排出量も変わってくることは注意が必要。

### 乗用車に関わる前提条件

		内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
二次電池容量	kWh	-	1.3	10.0	40.0
燃費	km/ℓ	12.0	17.0	17.0	-
電費	km/kWh	-	-	7.0	7.0
生涯走行距離	万km	10.0	10.0	10.0	10.0

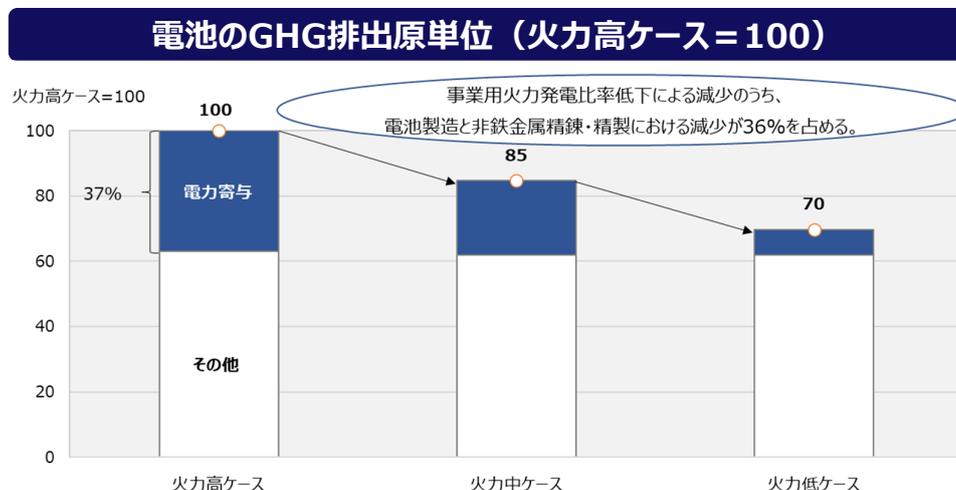
(注) プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmと設定。二次電池は、ハイブリッド車がニッケル水素電池、プラグインハイブリッド車と電気自動車がリチウムイオン電池を設定。燃費や電費は車両重量によっても変化するが、本資料では、プラグインハイブリッド車について、ハイブリッド車や電気自動車に合わせて設定。

## 二次電池の排出原単位と容量

- 分析モデルでは二次電池について、リチウムイオン電池、もしくは、ニッケル水素電池を想定しているが、ここではリチウムイオン電池を中心に記載。
- リチウムイオン電池は電動車の重要な要素技術であるが、製造に伴う環境負荷が大きいとの指摘があり、ICCT（2018）やKawamoto et al.（2019）が、リチウムイオン電池の排出原単位に関わる先行研究をまとめており、前者によれば56～494kg-CO<sub>2</sub>/kWh、後者によれば121～250kg-CO<sub>2</sub>/kWh。リチウムイオン電池など二次電池の排出原単位次第で、電動車の製造に伴うGHG排出量も変わってくることに留意。
- 本資料では、産業連関表における既存の電池部門の製造技術を基に分析モデルを構築しているため、平均的な電池の波及効果を含めた製造に伴うGHG排出量を評価。分析モデルから計算される事業用火力発電比率に応じた二次電池の排出原単位について、BEVのリチウムイオン電池（二次電池）の場合にはGHG排出原単位が91～133kg-CO<sub>2</sub>eq./kWh。電源構成以外にも、二次電池の素材（電極など）の製造技術次第で排出原単位が変わる可能性が高く、二次電池の製造技術は未熟であるため、結果は幅を持って解釈することが必要。
- 日産のリーフは、リチウムイオン電池容量が、発売当時が24kWhであったが、2021年4月時点では40～62kWhの幅があり、排出原単位と同様、その設定によって、BEVのGHG排出量の評価の結果が変わり得る。なお、本資料では40kWhに設定しているが、リチウムイオン電池容量が62kWhの場合のBEV一台当たりのGHG排出量についても評価結果を参考として掲載。

## 電池のGHG排出原単位

- 事業用火力発電比率に応じた電池の製造に伴うGHG排出原単位を分析モデルから計算すると、火力発電比率が低下するにつれ、GHG排出原単位に占める電力寄与が低下。ただし、いずれのケースも自家発電には火力発電が含まれるため、火力低ケースでも電力寄与は一部残存。
- 電池製造や非鉄金属精錬・精製がGHG排出原単位の主な減少要因。

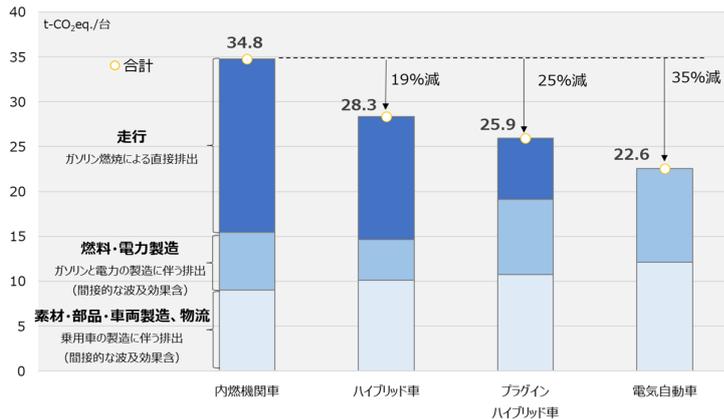


(注) 分析モデルから電池の製造に伴うGHG排出原単位を計算して、火力高ケースを100として基準化した結果。電力寄与には事業用発電だけでなく、自家発電も含む。なお、排出原単位は、特定の電池の製造技術に基づくものではなく、モデル構造上、電池の平均的な製造技術を前提にしている点には留意。また、トヨタ自動車（2020）は、電池セル製造に関して再生可能エネルギーを100%利用することで、CO<sub>2</sub>排出量が3割減少する可能性があるとして整理。

# 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力高ケース

- 基準ケースにおける乗用車一台当たりのGHG排出量は、電動化が進むほど小さくなり、BEVはICEに比べ35%減少。
  - BEVについては、エンジンが不要になるものの、リチウムイオン電池の製造に伴うGHG排出量が多く、「素材・部品・車両製造、物流」が他の車種に比べて多い。また、電力で走行するため、充電需要に伴う「燃料・電力製造」が多い。
- 燃費と電費をWLTCモード（カタログ値）にした場合には「走行」や「燃料・電力製造」がさらに少なくなる可能性が高く、その設定次第で結果が変わり得る。

## 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力高ケース

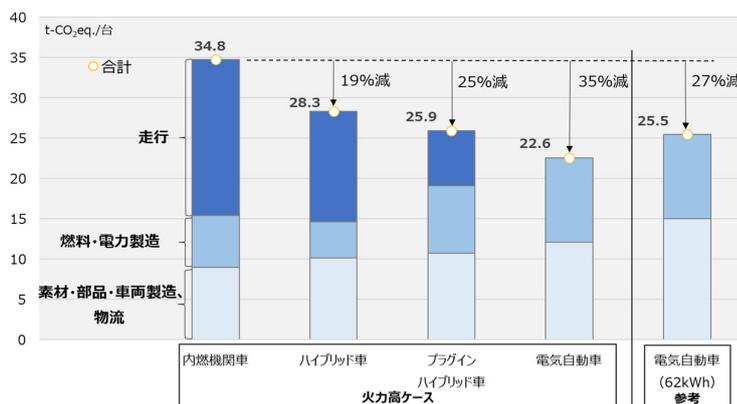


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

# 【参考】リチウムイオン電池容量の増加による影響：火力高ケース

- 乗用車に関わる前提条件としては、BEVのリチウムイオン電池容量を40kWhに設定しているが、参考として62kWhまで増加させた場合の火力高ケースにおける一台当たりのGHG排出量を評価。この場合には、車両重量の増加に伴い、電費が悪化することが考えられるが、ここでは電池容量以外の前提条件は同一。
- リチウムイオン電池の製造に伴うGHG排出量が増加するため、BEV（62kWh）は、ICEに比べ27%減少となり、PHVと同程度。
- この結果からも、リチウムイオン電池容量次第で、結果が変わり得ることがわかる。

## 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力高ケース

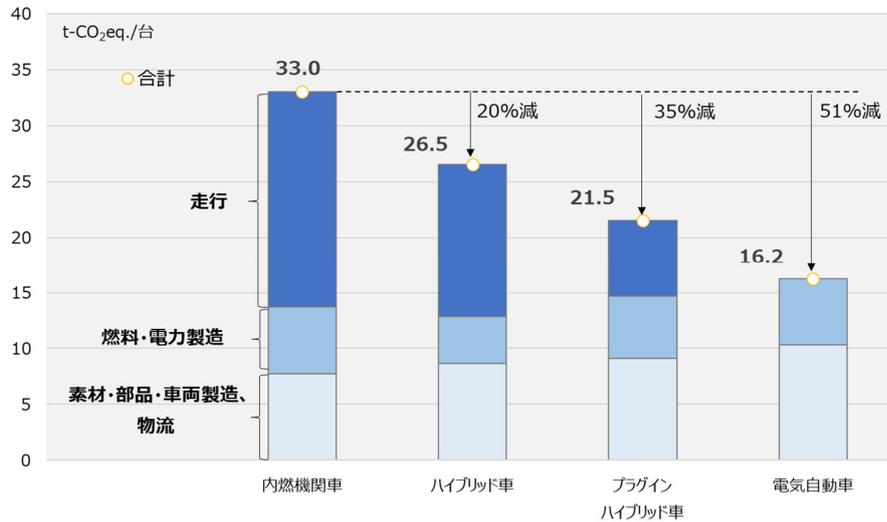


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

## 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力中ケース

- 火力中ケースにおける乗用車一台当たりGHG排出量は、電動化が進むほど少なく、BEVはICEに比べ51%減少。
- 火力発電比率の低下は、走行（充電需要）に伴うGHG排出量だけでなく、乗用車の製造に伴うGHG排出量の低減にも寄与。

### 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力中ケース

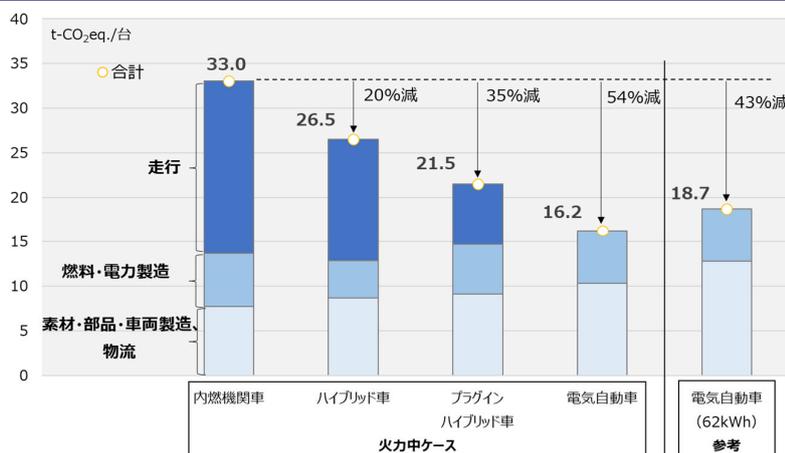


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

## 【参考】リチウムイオン電池容量の増加による影響：火力中ケース

- 火力中ケースについても、BEVのリチウムイオン電池容量を62kWhまで増加させた場合の一台当たりのGHG排出量を評価。これまでと同様、電池容量以外の前提条件は同一。
- リチウムイオン電池の製造に伴うGHG排出量が増加するため、BEV（62kWh）は、ICEに比べ43%減少。
- BEV（62kWh）はPHVよりも環境面でやや優位になるが、PHVの電力走行が増加すれば、BEVとPHVの差は縮小。

### 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力中ケース

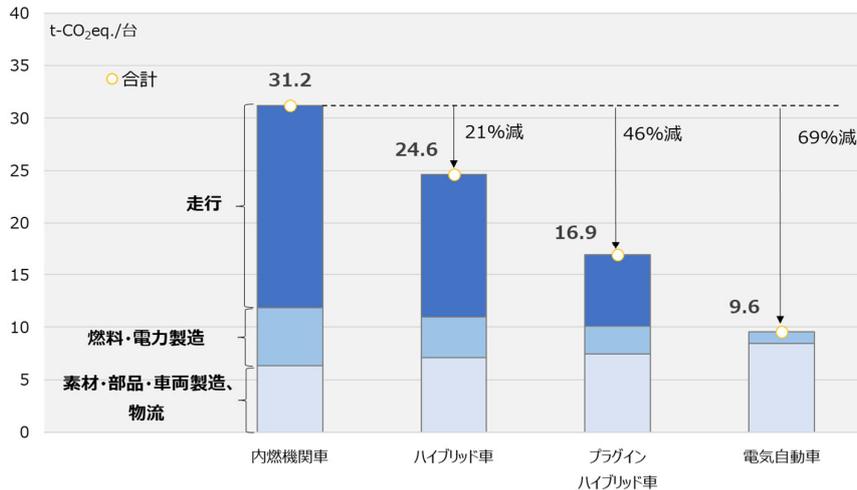


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

# 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力低ケース

- ▶ 火力低ケースにおける乗用車一台当たりGHG排出量は、電動化が進むほど小さくなり、BEVはICEに比べ69%減少。
- ▶ 充電需要の影響が様々な産業部門の生産活動に波及していき、その中には、自家発電で電力需要を賄う産業部門もあるため、BEVの「燃料・電力製造」には、そのような間接的な波及効果も含む。

## 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力低ケース

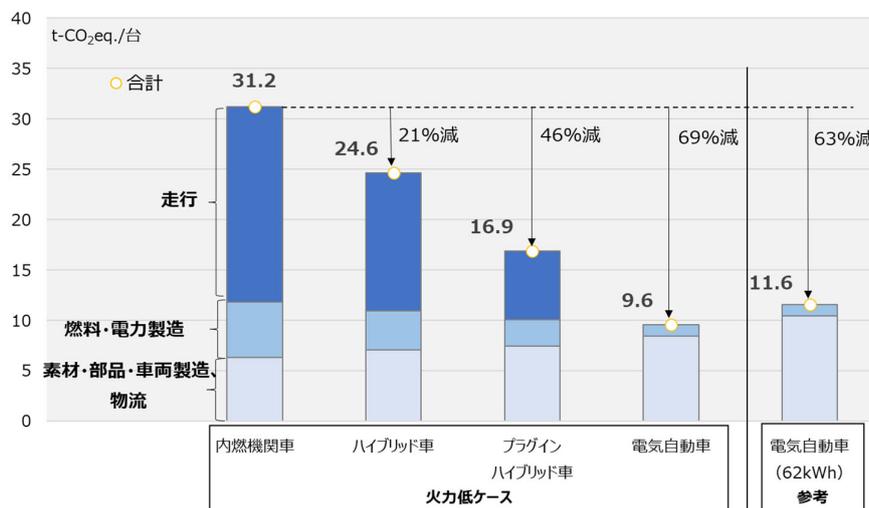


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

# 【参考】リチウムイオン電池容量の増加による影響：火力低ケース

- ▶ 火力低ケースについても、BEVのリチウムイオン電池容量を62kWhまで増加させた場合の一台当たりのGHG排出量を評価。これまでと同様、電池容量以外の前提条件は同一。
- ▶ リチウムイオン電池の製造に伴うGHG排出量が増加するため、BEV (62kWh) は、ICEに比べ63%減少。

## 乗用車一台当たりのGHG排出量：火力低ケース

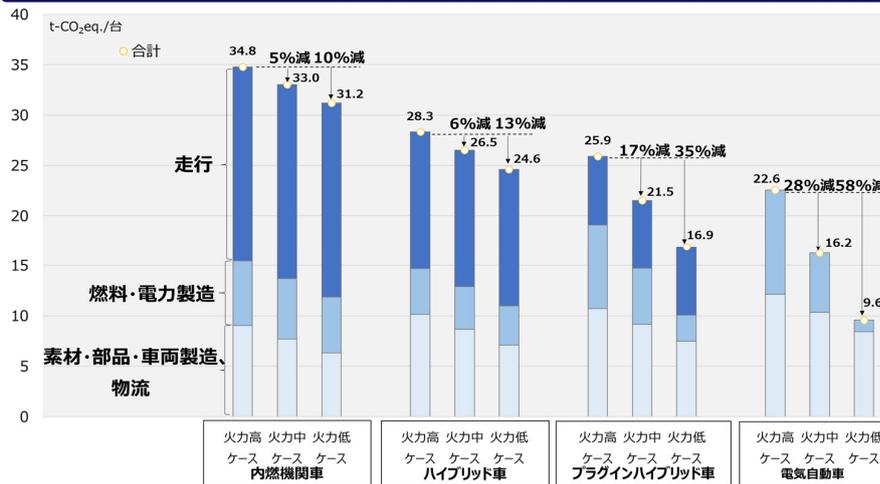


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

# 乗用車一台当たりのGHG排出量：ケース比較

- 事業用火力発電比率が低下していくと、充電需要に伴うGHG排出量が減少していくことから、BEVの環境面での優位性が高まる。電力の低炭素化とBEVの普及を合わせて進めていくことが必要。
- ICEやHVでも製造に伴うGHG排出量が減少することから、事業用火力発電比率の低下による削減効果はBEVやPHVに限らず見られる。
- 日本国内ではリチウムイオン電池の生産能力も限られており、今後、自動車メーカーが生産拠点を検討する上で、製造により生じる電力由来のGHG排出量が抑えられることが一つの検討材料になり得る。リチウムイオン電池を含め電動車製造の事業環境整備の一環として、電力の低炭素化を進めていくことも重要。

## 乗用車一台当たりのGHG排出量：ケース比較

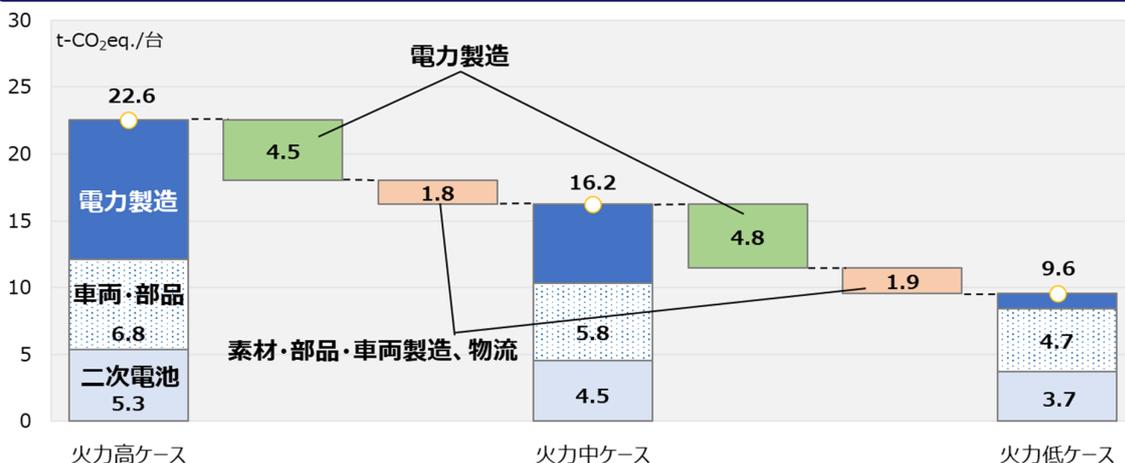


(注) 生涯走行距離は車種によらず10万km、プラグインハイブリッド車の生涯走行距離についてはガソリン走行を5万km、電力走行を5万kmに設定。

# 【参考】電気自動車一台当たりのGHG排出量

- BEV一台当たりのGHG排出量では、製造に伴うGHG排出量のうち、リチウムイオン電池（下図の二次電池）によるものが4割程度を占める。
- 事業用火力発電比率が低下すると、充電需要に伴うGHG排出量が減少するのに加え、製造に伴うGHG排出量も減少するため、「素材・部品・車両製造、物流」も減少。

## 電気自動車一台当たりのGHG排出量：ケース比較



(注) 生涯走行距離は10万kmに設定。また、「車両・部品」は二次電池の製造に伴うGHG排出量以外の「素材・部品・車両製造、物流」。

## 【参考】二次電池の廃棄、リユース、リサイクルについて

- ▶ 本資料では廃棄に伴うGHG排出量については評価対象外であるが、二次電池は破碎すると発火する可能性があり、廃棄時の加熱処理でエネルギーを要するため、二次電池のリユースやリサイクルも今後の課題。
- ▶ 環境省では、車載用二次電池のリユース、リサイクルに関する技術実証事業を実施（下表）。

### 平成30年度省CO<sub>2</sub>型リサイクル等設備技術実証事業（環境省実証事業）採択事業概要

申請者名	申請事業名	事業の概要
太平洋セメント	車載用等の使用済リチウムイオン電池の低炭素型リサイクルシステム実証事業	セメントキルンを活用したLiBのリサイクルシステムを検証する。多種多様な使用済LiBパックを用い、かつリチウム化合物の効率的な回収に資するシステムの全体設計や比較評価を実施し、事業化に向けた計画検討や課題整理を行う。
中部電力	電動車の駆動用電池のリユース・リサイクル技術開発実証事業	大量発生が見込まれる電動車駆動用バッテリーについて、電力システムでの有効活用が図られるよう大規模蓄電システムとしてリユースするための課題解決を図るとともに、環境に配慮した新しいリサイクル技術を開発し、低炭素社会および資源循環型社会の両立に貢献する。
リコー	ハイブリッド車用リチウムイオン電池のリマニュファクチャリング検証事業	使用済みのハイブリッド車のLiBを効率的かつ安全に回収するための輸送方法を実証する。また、複数のLiBを接続し、定置用の蓄電システムとして制御するための技術開発を行い、経済合理性の成り立つシステム構成及びビジネスモデルに関する検討を実施する。

（注）経済産業省・環境省（2018）から作成。

## 【参考】乗用車一台当たりのGHG排出量（t-CO<sub>2</sub>eq.）

### ・火力高ケース（事業用火力発電比率90%）

	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
合計	34.8	28.3	25.9	22.6
走行	19.4	13.7	6.8	0.0
燃料・電力製造	6.4	4.5	8.4	10.5
素材・部品・車両製造、物流	9.0	10.1	10.7	12.1

### ・火力中ケース（事業用火力発電比率45%）

	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
合計	33.0	26.5	21.5	16.2
走行	19.4	13.7	6.8	0.0
燃料・電力製造	6.0	4.2	5.6	5.9
素材・部品・車両製造、物流	7.7	8.6	9.1	10.3

### ・火力低ケース（事業用火力発電比率0%）

	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
合計	31.2	24.6	16.9	9.6
走行	19.4	13.7	6.8	0.0
燃料・電力製造	5.5	3.9	2.6	1.1
素材・部品・車両製造、物流	6.3	7.1	7.5	8.4

## 2030年断面における乗用車のGHG排出量： 前提条件

- 以下では、日本国内における販売台数や保有台数を想定し、事業用火力発電比率に応じた2030年断面での乗用車の製造と走行に伴うGHG排出量を評価。
- 乗用車に関わる前提条件はこれまでと同様とするが、走行距離については、年間走行距離を車種によらず8,000kmと設定。販売台数と保有台数は間瀬他（2021）の結果を用いる。
- 本資料では事業用火力発電比率変化による影響評価に焦点を当てているため、電源構成以外の前提条件については一定。実際には燃費や電費の向上や、産業構造（電源構成以外の投入構造）などが変化する可能性があるため、全体の結果を評価する場合には注意が必要。

### 乗用車に関わる前提条件

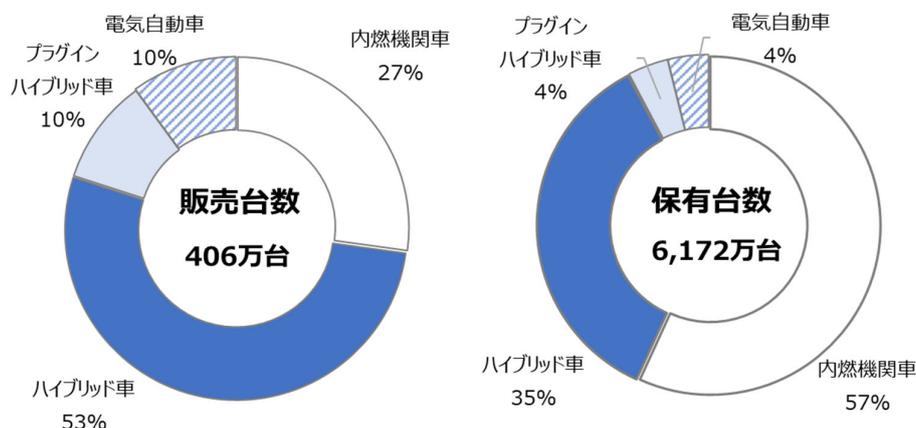
		合計	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグインハイブリッド車	電気自動車
二次電池容量	kWh	-	-	1.3	10.0	40.0
燃費	km/ℓ	-	12.0	17.0	17.0	-
電費	km/kWh	-	-	-	7.0	7.0
年間走行距離	万km	-	0.8	0.8	0.8	0.8
保有台数	万台	6,172	3,506	2,191	237	238
構成比	%	100.0	56.8	35.5	3.8	3.9
販売台数	万台	406	110	215	41	41
構成比	%	100.0	27.2	52.8	10.0	10.0

(注) 二次電池容量、燃費、電費は再掲。本資料で設定した生涯走行距離（10万km）を平均使用年数（13年）で除した約7,700kmを切り上げて、年間走行距離を8,000kmと設定。プラグインハイブリッド車の年間走行距離のうち、ガソリン走行を4,000km、電力走行を4,000kmと設定。販売台数と保有台数は間瀬他（2021）の2030年度の結果。

## 【参考】乗用車の販売台数と保有台数

- 2030年断面の乗用車の販売台数に電動車が占める割合は、HVが53%、PHVが10%、BEVが10%と設定。
- 2030年にかけて保有構成は販売台数に応じて徐々に変化するため、保有台数に占める電動車の割合はHVが35%、PHVが4%、BEVが4%。

### 乗用車の販売台数と保有台数（2030年）

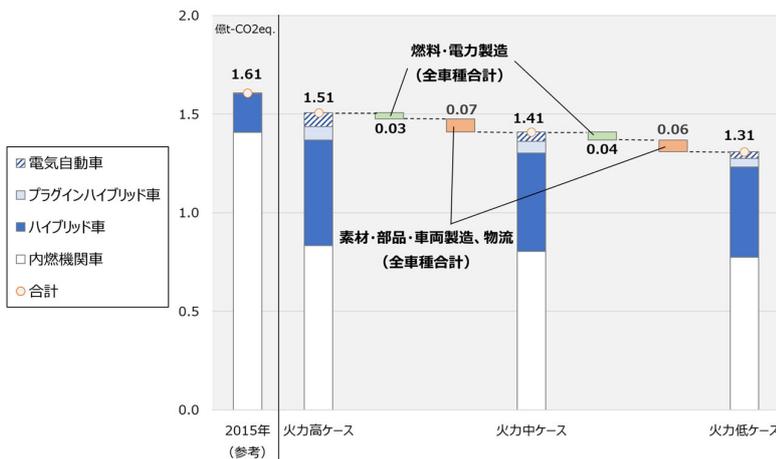


(注) 販売台数と保有台数は間瀬他（2021）の2030年度の結果。また、軽自動車を含む。

## 2030年断面における乗用車のGHG排出量 1/2

- PHVとBEVは販売台数や保有台数に占める割合が小さいため、GHG排出量（合計）に占める割合も僅少。
- 事業用火力発電比率の低下は、PHVやBEVの充電需要に伴うGHG排出量への影響よりも、製造に伴う排出量へ影響の方が合計のGHG排出量の減少により大きく寄与。なお、自動車メーカーは環境問題への取り組みを強化しているため、製造に伴うGHG排出量がさらに減少する可能性がある。具体的な取り組みとしては、海外事例ではあるがテスラのギガファクトリー。

### 2030年断面における乗用車のGHG排出量



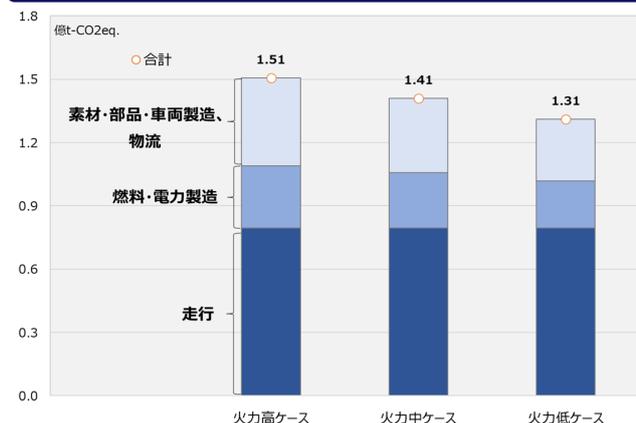
(注) GHG排出量の水準については、「走行」、「燃料・電力製造」、「素材・部品・車両製造、物流」を車種ごとに集計。乖離差については、段階ごとに、全ての車種の結果を集計。なお、電力需要（自家消費含む）は、火力高ケースが304億kWh、火力中ケースが310億kWh、火力低ケースが316億kWh。そのうち、充電需要はいずれのケースも41億kWh。

2015年の結果は、参考値として掲載しており、該当年の保有台数（合計6,083万台）と販売台数（合計412万台）で評価。その他の前提条件については同一。なお、2015年時点でのリチウムイオン電池容量は、今回の前提条件とは異なるため、実績値ではなく、あくまでも参考値。2015年に行っているのは該当年の産業連関表を基に分析モデルを構築しているため。

## 2030年断面における乗用車のGHG排出量 2/2

- 本資料では、使用年数を問わず、燃費と電費を同一にしているが、今後発売される乗用車の燃費や電費が向上する場合には、今回の結果を下回る可能性が高い。ただ、この点を加味しても、2030年断面では、保有台数の大半を占めるICEやHVのガソリン燃焼による直接的な排出は相当残る。
- 乗用車の保有構成は徐々に入れ替わる。例えば、平均使用年数を13年として、ワイブル分布（廃棄分布）に従うとすれば、ある年に販売された乗用車が全て廃棄されるまでには、26年程度の時間がかかる。
- 計算上、乗用車の販売が、2021年から全てBEVになったとしても、保有される乗用車が全てBEVになるのは2040年代後半。
- 本資料の評価対象外であるが、足元の販売動向や燃費規制を踏まえると、現実的には、2050年でもガソリン燃料による排出が残存する可能性が高い。カーボンニュートラル社会実現に向け、BEVの普及を後押しするだけでなく、ガソリンの代替燃料となるような合成燃料の利用可能性を検討していくことも重要。

### 2030年断面における乗用車のGHG排出量



(注) 2030年断面における乗用車のGHG排出量を段階別に示しており、前スライドの合計と同一。

## 【参考】2030年断面における乗用車のGHG排出量（億t-CO<sub>2</sub>eq.）

### ・火力高ケース（事業用火力発電比率90%）

	合計	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグイン ハイブリッド車	電気自動車
合計	1.51	0.83	0.53	0.07	0.07
走行	0.80	0.54	0.24	0.01	0.00
燃料・電力製造	0.29	0.18	0.08	0.01	0.02
素材・部品・車両製造、物流	0.42	0.11	0.22	0.04	0.05

### ・火力中ケース（事業用火力発電比率45%）

	合計	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグイン ハイブリッド車	電気自動車
合計	1.41	0.80	0.50	0.06	0.05
走行	0.80	0.54	0.24	0.01	0.00
燃料・電力製造	0.26	0.17	0.07	0.01	0.01
素材・部品・車両製造、物流	0.35	0.09	0.18	0.04	0.04

### ・火力低ケース（事業用火力発電比率0%）

	合計	内燃機関車	ハイブリッド車	プラグイン ハイブリッド車	電気自動車
合計	1.31	0.77	0.46	0.04	0.03
走行	0.80	0.54	0.24	0.01	0.00
燃料・電力製造	0.22	0.15	0.07	0.00	0.00
素材・部品・車両製造、物流	0.29	0.08	0.15	0.03	0.03

## 4.まとめ

## まとめ 1/2

- ▶ 本資料では、産業関連モデルの枠組みを用いて、乗用車の製造と走行に伴うGHG排出量を車種別（内燃機関車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車）に評価。
- ▶ 結果としては、乗用車一台当たりの製造と走行に伴うGHG排出量は、火力発電比率が比較的高い時期（2015年）を前提としても、電気自動車が一番少ない。また、事業用火力発電比率が低下する場合には、走行だけでなく、二次電池の製造に伴うGHG排出量が低下する結果、環境面で電気自動車がさらに優位。
- ▶ ただし、本資料では一定の条件に基づきGHG排出量を評価しており、燃費、電費、走行距離、火力発電比率、二次電池容量や排出原単位など、前提条件により、どの車種が環境面で優位になるかが変わり得る。特に、電気自動車とリチウムイオン電池の生産規模が十分でないこともあり、GHG排出量を比較する場合には、前提条件を精査することが必要。

## まとめ 2/2

- ▶ リチウムイオン電池の製造に伴うGHG排出など、電気自動車に関わる課題は残りつつも、電力の低炭素化を前提とするならば、電気自動車が環境面で優位となる可能性は高い。ただし、乗用車の保有構成は徐々に入れ替わるため、電気自動車はその多くを占めるまでには相当な時間が必要。
- ▶ 事業用火力発電比率の低下は、充電需要だけでなく、電気自動車のリチウムイオン電池の製造に伴うGHG排出量の減少にも大きく寄与。また、内燃機関車やハイブリッド自動車においても、それぞれの車両製造に伴うGHG排出量の減少につながる。
- ▶ 日本国内ではリチウムイオン電池の生産能力も限られることから、今後、自動車メーカーが生産拠点を検討する上で、電力由来のGHG排出量が少ないことが一つの検討材料になり得る。リチウムイオン電池を含めた電動車製造の事業環境整備の一環として、電力の低炭素化を進めていくことも重要。
- ▶ 加えて、水素を燃料とする燃料電池車も期待されていることから、今後は、燃料電池車に加え、自動運転、カーシェアリングなどを含め、モビリティ社会の将来像を定量的に検討することも必要。

## 参考文献 1/2

1. IEA (2020) 「World EV Outlook 2020」.
2. ICCT(2018)「Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions」.
3. Kawamoto, Ryuji, Hideo Mochizuki, Yoshihisa Moriguchi, Takahiro Nakano, Masayuki Motohashi, Yuji Sakai, and Atsushi Inaba (2019) 「Estimation of CO2 Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA」, Sustainability , 11, 2690.
4. Keisuke, Nansai, Yasushi Kondo, Shigemi Kagawa , Sangwon Suh , Kenichi Nakajima, Rokuta Inaba, and Susumu Tohno (2012), Estimates of Embodied Global Energy and Air-Emission Intensities of Japanese Products for Building a Japanese Input-Output Life Cycle Assessment Database with a Global System Boundary, Environmental Science & Technology, 46(16), 9146-9154.
5. Tesla, 「Tesla Gigafactory」, <https://www.tesla.com/gigafactory?redirect=no>.
6. 紀村真一郎 (2019) 「次世代自動車をもたらす中部圏へのインパクト 中部圏地域間産業連関表による分析」, 産業連関, vol.26, No.1, 80-89.
7. 経済産業省、環境省 (2018) 「自動車リサイクル制度をめぐる各種取組状況について」, 経済産業省産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会自動車リサイクル専門委員会 (第46回 2018年9月4日開催) , [https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/haikibutsu\\_recycle/jidosha\\_wg/pdf/046\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/046_06_00.pdf).
8. 素形材産業ビジョン検討会 (2010) 「素形材産業ビジョン 追補版-我が国の素形材産業が目指すべき方向性-」.
9. トヨタ自動車, 「プリウスPHVのライフサイクル環境取り組み」, <https://global.toyota/jp/sustainability/esg/challenge2050/challenge2/lca-and-eco-actions/>.
10. トヨタ自動車 (2015) 「The MIRAI LCAレポート」.
11. トヨタ自動車 (2020) 「2030年に向けたトヨタの取組みと課題」, 経済産業省 モビリティの構造変化と2030年以降に向けた自動車政策の方向性に関する検討会 (第2回 2020年9月14日開催) , [https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/mobility\\_kozo\\_henka/pdf/002\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mobility_kozo_henka/pdf/002_04_00.pdf).
12. 中野諭, 平湯直子, 鈴木将之 (2008) 「電気自動車ELLICAのLCA」, KEO Discussion Paper, No.112.

## 参考文献 2/2

13. 日産自動車 (2020) 「サステナビリティレポート2020」.
14. 富士経済 (2017a) 「2017年版HEV、EV関連市場徹底分析調査」.
15. 富士経済 (2017b) 「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2017-次世代環境自動車分野編-」.
16. 本藤祐樹 (2008) 「LCAにおける産業連関表の応用」, 産業連関, Vo.16, No.2 , pp.5-15.
17. 間瀬貴之 (2019) 「産業連関表における電動車部門の推計と電動車の生産台数シェア上昇のシミュレーション分析」, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー, SERC18001, <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/18001dp.pdf>.
18. 間瀬貴之 (2020) 「乗用車の電動化とカーシェア普及による波及効果の評価方法について - 電動車分析用産業連関モデルの開発 -」, 電力中央研究所 研究資料, Y19507, <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/pdf/Y19507.pdf>.
19. 間瀬貴之, 朝野賢司, 永井雄宇, 星野優子 (2021) 「2030年度までの日本経済・産業・エネルギー需要構造の検討」, 電力中央研究所 研究資料, Y20506, <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/pdf/Y20506.pdf>.

(注) 上記のアクセス日は全て2021年6月11日。

---

[不許複製]

編集・発行人 一般財団法人 電力中央研究所  
社会経済研究所長  
東京都千代田区大手町1-6-1  
e-mail [src-rr-ml@criepi.denken.or.jp](mailto:src-rr-ml@criepi.denken.or.jp)

---

発行・著作・公開 一般財団法人 電力中央研究所  
東京都千代田区大手町1-6-1

---

