

電気自動車部品の環境影響評価 (駆動部品の事例)

Environmental Impact Assessment of Battery Electric Vehicle Units (Case Study on Driving Units)

○学 永井 優祐^{*1}, 納村 青葉^{*1}, 山田 樹^{*1}, 寺島 修^{*2}, 山田 周歩^{*1}
Yusuke NAGAI^{*1}, Aoba NOHMURA^{*1},
Tatsuki YAMADA^{*1}, Osamu TERASHIMA^{*2} and Shuho YAMADA^{*1}

^{*1} 富山県立大学 Toyama Prefectural University

^{*2} 岐阜大学 Gifu University

Abstract

To achieve a sustainable society, it is important to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, which are the main cause of climate change. As a measure to reduce GHG emissions in the automotive industry, the transition to battery electric vehicles (BEVs), which do not emit GHGs while driving, is considered to be effective. However, considering the entire life cycle, they do emit GHGs, and it is unclear to what extent they can actually contribute to climate change countermeasures. Therefore, the importance of life cycle assessment (LCA) for BEVs in the automotive industry is increasing. This study aims to evaluate the environmental impact by conducting a detailed LCA of BEV parts from the resource extraction to the product manufacturing phase. This paper evaluates five driving units: drive motor, power delivery modules (PDM), inverter, high-voltage cables, and air conditioner (AC) compressor. The environmental impact was evaluated by CO₂ equivalent. To obtain the activity data necessary for the calculation, the authors disassembled the BEV units and identified the weight, materials, and manufacturing processes of the components. This analysis confirmed that GHG emissions from copper were commonly high in the driving units. Furthermore, a comparison of AC compressors for BEV and internal combustion engine vehicle (ICEV) showed that the GHG emissions for the BEV version were 1.6 times higher due to the difference in power source.

Key Words : Life cycle assessment, BEV, ICEV, Driving units, GHG emission, Drive motor, PDM, Inverter, High-voltage cables, AC compressor

1. 緒 言

持続可能な社会の実現に向けて、地球温暖化を始めとした気候変動への対策を行うことが重要である。そのためには、温室効果ガス (GHG: Greenhouse Gas) 排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを実現する必要がある。世界の GHG 総排出量に占める部門別の割合は、産業部門が 24%、運輸部門が 15% を占めており、両部門における GHG 排出量の削減対策が不可欠となる (IPCC, 2022)。この対策として、自動車産業において、バッテリー電気自動車 (BEV: Battery Electric Vehicle) への移行が有用であるとされており、世界的に電動化が加速している。BEV は走行中に GHG を直接排出しないため、従来のガソリン車 (ICEV: Internal Combustion Engine Vehicle) に代わるクリーンな移動手段として期待されている。2015 年のパリ協定合意以降、EU や中国など多くの先進国が BEV 化目標を定めており、自動車産業は電動化による大きな転換期を迎えている (International Energy Agency, 2024)。しかし、BEV の環境性能を正確に評価するには、走行段階のみではなく、部品製造に必要な資源の採掘や製造過程でのエネルギー消費など、ライフサイクル全体で考慮する必要がある。これらの過程において GHG が排出されるため、BEV が実際に気候変動への対策にどの程度貢献できるのかは不明瞭である。そのため、自動車産業において、ライフサイクルアセスメント (LCA: Life Cycle Assessment) の重要性が高まっている。先行研究より、国内外において ICEV と BEV の環境影響について LCA を用いた比較が実施済みである (Hawkins et al., 2012)

(Romejko and Nakano, 2017) (石崎, 中野, 2018) (中野他, 2008). しかし, 多くの先行研究において, 製造段階の LCA を実施する際に, バッテリー, 電動モータ, パワートレイン, 車体など大まかな分類でしか評価しておらず, 個々の部品単位での詳細な評価が実施されていない. 個々の部品単位での評価を行い, その情報を発信することで, 環境負荷の低い製品設計のための情報やリサイクルをするべき部品, 素材を示す根拠として活用することが可能となる.

そこで, 本研究では BEV 部品の分解調査を行い, 部品や素材の情報の整理, 製品生産段階までにおける部品単位での詳細な環境影響評価を行うことを目的とする. また, 本稿では, 駆動部品である駆動モータ, パワーデリバリモジュール (PDM: Power Delivery Modules), インバータ, 高電圧ケーブル, エアコン (AC: Air Conditioner) コンプレッサの 5 部品を対象として環境影響評価を実施する. さらに, BEV と ICEV における AC コンプレッサについて, 動力源の違いによる環境負荷を明確にするため, これらの比較評価を実施する.

2. 研究方法

2.1 目的と調査範囲

本研究では, BEV 部品製造が気候変動に与える環境負荷を GHG 排出量として定量的に算出することを目的とする. 分析対象には, 2019 年式の BEV を選定した. 図 1 に BEV のライフサイクルの概要を示す. BEV のライフサイクルを資源採掘, 素材製造, 製品生産, 使用, 廃棄までの 5 段階とし, 本研究のシステム境界を資源採掘段階から製品生産段階までの範囲とする.

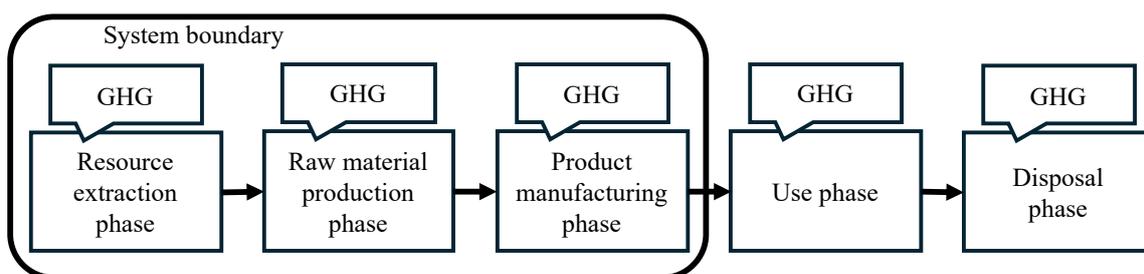


Fig. 1 Life cycle overview of BEV. In this research, the system boundary was defined as three phases: resource extraction, material production and product manufacturing.

2.2 環境負荷の算出方法

本研究では, BEV 部品製造による GHG 排出量を換算 CO₂ 排出量により評価する. 換算 CO₂ 排出量の算出方法を式 (1) に示す. また, 各種 GHG 排出量の算出方法を式 (2) に示す.

換算 CO₂ 排出量 E_g は, 各種 GHG 排出量 G_i に地球温暖化係数 GWP_i : Global Warming Potential を乗算したものを合計し算出を行う. 各種 GHG 排出量 G_i は, 活動量 A_c に排出原単位 I_i を乗算する. ここで, GWP とは, ある物質 1 kg を排出した時の温室効果が, CO₂ を 1 kg 排出した時の影響の何倍であるのかを表す係数である (稲葉, 2014). 排出原単位は環境負荷データベース IDEA ver.3.1.0 に記載されている温室効果ガス排出原単位情報を使用する (産業技術総合研究所, 2021).

$$E_g = \sum (GWP_i \times G_i) \quad (1)$$

$$G_i = I_i \times A_c \quad (2)$$

2・3 バッテリ電気自動車部品の分解調査方法

BEV 部品製造による GHG 排出量を算出するために、活動量を把握する必要がある。そのために、BEV 部品の分解調査を行い、構成部品の重量、素材、加工方法の情報を調査する。以下に、BEV 部品製造による GHG 排出量の算出手順を示す。

1. 調査対象車の分解を行う。
2. 分解した部品について可能な限り単一の素材となるまで分解を行う。
3. 構成部品の重量、素材、加工方法を調査する。
4. 重量、素材、加工方法をまとめる。
5. 構成部品に適した原単位を選択する。
6. 構成部品の GHG 排出量を算出し、それらを合計し、各部品製造時の GHG 排出量を導出する。

GHG 排出量の算出手順に示す部品とは、複数の構成部品が組み合わせて作られる、特定の機能を持つユニット部品のことであり、駆動モータやインバータなどを指す。また、これら部品を構成する部品のことを構成部品とし、ボルトやナット、シャフトなどを指す。

3. バッテリ電気自動車部品の環境影響評価

3・1 インベントリ分析

BEV の分解調査を実施するために、リサイクル部品製造会社の車体分解工場において分解調査を実施した。この調査では、BEV を部品ごとに分解した。この分解した部品のうち駆動モータ、PDM、インバータ、高電圧ケーブル、AC コンプレッサの駆動部品 5 部品について詳細な分解調査を行った。構成部品の素材、加工方法が可能な限り単一になるまで分解を行い、各部品の詳細な重量構成を算出し、GHG 排出量を導出した。駆動モータにおける構成部品の重量、素材、加工方法の情報を抜粋したものを表 1 に示す。

Table 1 Excerpt of components for a drive motor

Unit name: Drive motor		Gross weight: 54.6 kg			
Module	Component	Weight [g]	Material	Processing method	Note
Rotor Assy.	Rotor core	9 410	Steel	Pressing	
Rotor Assy.	Rotor cover	183.46	Aluminum	Pressing	Weight for 2 pieces
Stator	Stator core	13 900	Steel	Coil processing	
Coil	Coil	5 116	Copper	Pressing	
Shaft Assy.	Ring	5.03	Steel	Pressing	
Shaft Assy.	Corrugated spring	3.18	Steel	Pressing	
<hr/>					
Screw	Screw 1	97.00	Steel	Thread processing	Weight for 3 pieces
Nut	Nut	10.21	Steel	Thread processing	

3・2 駆動モータの環境影響評価

駆動モータは、走行のための駆動力および減速時の回生ブレーキでの制動力を発生させる装置である。回転子であるロータと固定子であるステータで構成されており、ステータで磁力を発生させてロータを回す機構である。

分解調査の結果、対象の BEV に搭載された駆動モータは、交流同期モータであり、ロータの磁石の配置が埋込磁石構造、ステータのコイルは巻き方が分布巻方式であることを確認した。また、駆動モータの総重量は 54.6 kg、GHG 排出量は 247.7 kg-CO_{2e} であることを確認した。駆動モータの素材別重量、GHG 排出量割合の情報を図 2 に示す。図 2 より、スチール、アルミニウム、銅の順に重量が多く、全体の 95%以上を占めており、そのうち 50%以上をスチールが占めていることを明らかにした。また、GHG 排出量のうちスチール、アルミニウム、銅の順に

排出量が多く、全体の85%以上を占めていることを明らかにした。駆動モータの構成部品数は、72部品（モジュール内の同種類の構成部品は1部品とする）であり、スチールは、ステータコアやロータコア、シャフトなどのモータ本体部品に使用されている。アルミニウムは、モータハウジングやモータカバーなどの駆動モータの外装に使用されている。銅は、コイルなどのモータの巻線に使用されている。また、磁石に関して、重量のうち3.2%を占めているが、GHG排出量では、13.2%を占めており、割合が4.1倍増加している。モータに使用されるネオジム磁石の環境負荷が大きいことが分かる。

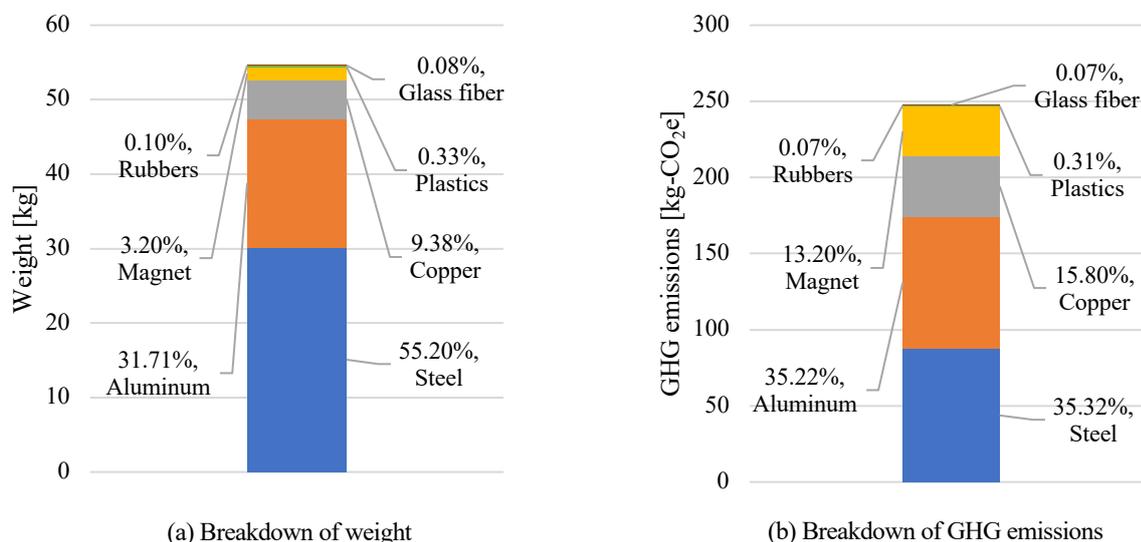


Fig. 2 Weight and GHG emissions from drive motor production by material. In both weight and GHG emissions, steel, aluminum and copper were found to have the highest percentages, in that order. The following is a breakdown of the data items in the graph. Aluminum includes aluminum products and aluminum-coated wires. Copper includes copper products and copper-coated wires. Plastics include nylon, PE, aramid, PA6T, PET and unknown plastics. Rubber includes EPDM and unknown rubbers. Plastics and rubbers for which the material could not be identified are defined unknown plastics and unknown rubbers, respectively. To calculate their GHG emissions, the average intensity for general plastics and the emission intensity for synthetic rubber from the IDEA ver.3.1.0 database were used.

3.3 パワーデリバリモジュールの環境影響評価

PDMは、交流電流を高電圧バッテリーへ充電するための充電器、高電圧を低電圧へ変換するDC/DCコンバータ、高電圧を分配、異常時には遮断するブレーカの役割を持つジャンクションボックスが一体化したものである。

分解調査の結果、PDMの総重量は17.2kg、GHG排出量は87.6kg-CO₂eであることを明らかにした。PDMの素材別重量、GHG排出量割合の情報を図3に示す。図3より、アルミニウム、スチール、銅の順に重量が多く、全体の85%以上を占めており、そのうち50%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。また、GHG排出量のうち、アルミニウム、スチール、銅の順に排出量が多く、全体の80%以上を占めており、そのうち50%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。PDMの構成部品数は292部品であり、アルミニウムは、PDMハウジング、冷却水カバーなどのPDMの外装として使用されている。スチールは、PDMカバーなど、部品の外装に使用されている。銅は、バスバーやインダクタコイルなどの電子回路部品に使用されている。また、基板に関して、重量のうち4.54%を占めているが、GHG排出量では9.97%を占めており、割合が2.2倍増加している。基板の環境負荷が大きいことが分かる。

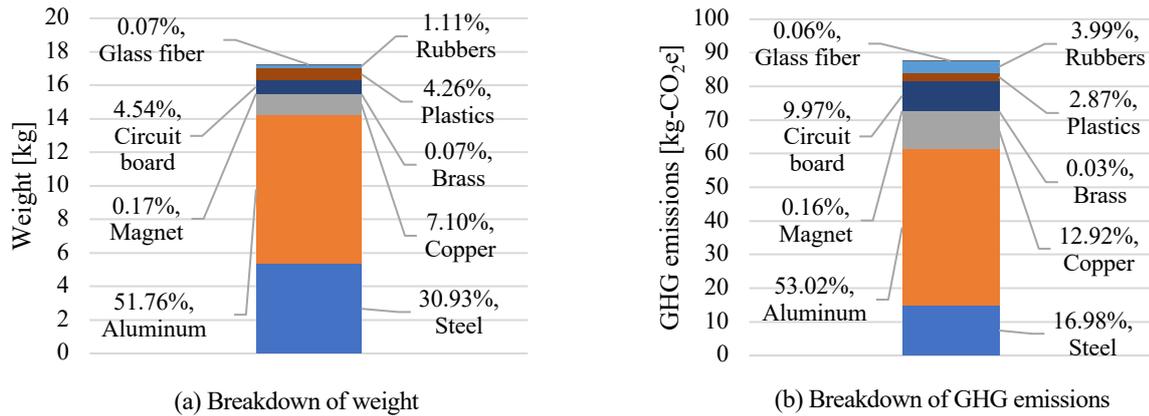


Fig. 3 Weight and GHG emissions from PDM production by material. In both weight and GHG emissions, aluminum, steel and copper were found to have the highest percentages, in that order. The following is a breakdown of the data items in the graph. Aluminum includes aluminum products and aluminum-coated wires. Copper includes copper products and copper-coated wires. Plastics include aramid, PP, PP-GF35, PBT, PBT-GF30, PET, PVC and unknown plastics. Rubber includes silicone, NR+SBR and unknown rubbers.

3・4 インバータの環境影響評価

インバータは、走行時に直流電流を交流に変換しモータを駆動、減速時は交流電流を直流に変換してエネルギーを回収するための部品である。

分解調査の結果、インバータの総重量は 11.8 kg、GHG 排出量は 55.2 kg-CO₂e であることを明らかにした。インバータの素材別重量、GHG 排出量割合の情報を図 4 に示した。図 4 より、アルミニウム、銅、プラスチック（PUR, PP+EPDM, PBT, PBT-GF30, PVC, PPS-(GF+MD)50, 不明なプラスチックが含まれる）の順に重量が多く、全体の 85%以上を占めており、そのうち 60%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。また、GHG 排出量のうち、アルミニウム、銅、プラスチックの順に排出量が多く、全体の 85%以上を占めており、そのうち 60%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。インバータの構成部品数は 69 部品であり、アルミニウムはインバータケースやインバータカバーなどのインバータの外装に使用されている。銅は、基板ヒートシンクや端子などの回路部品に使用されている。プラスチックは、キャパシタハウジングや基板ハウジングなどの回路部品の外装に使用されている。

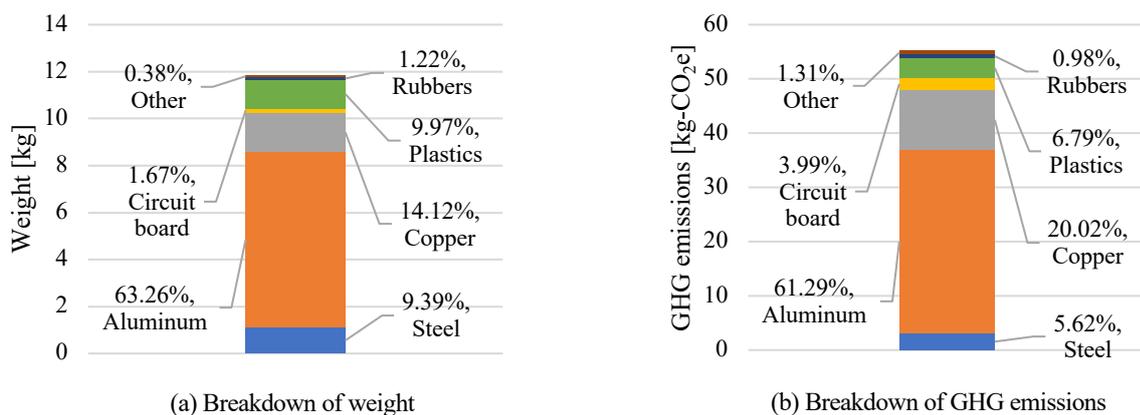


Fig. 4 Weight and GHG emissions from inverter production by material. In both weight and GHG emissions, aluminum, copper and plastics were found to have the highest percentages, in that order. The following is a breakdown of the data items in the graph. Copper includes copper products and copper-coated wires. Plastics include PUR, PP+EPDM, PBT, PBT-GF30, PVC, PPS-(GF+MD)50 and unknown plastics. Rubber includes EPDM and unknown rubbers. Other includes carbon, glass fiber and ceramics.

3・5 高電圧ケーブルの環境影響評価

高電圧ケーブルは、高圧バッテリーやインバータ、PDM などの高電圧機器に高圧電流を流すための部品である。分解調査の結果、高電圧ケーブル 4 種類の総重量は 4.49 kg、GHG 排出量は 31.6 kg-CO₂e であることを明らかにした。高電圧ケーブル 4 種類の素材別重量、GHG 排出量割合の情報を図 5 に示す。図 5 より、銅、プラスチック (PUR, PP, PBT, PBT-GF15, PBT-GF30, PBT+PC, PA66, PA66-GF30, PVC, 不明なプラスチックが含まれる) の順に重量が多く、全体の 85 %以上を占めており、そのうち 55 %以上を銅が占めていることを明らかにした。また、GHG 排出量のうち、銅、プラスチックの順に排出量が多く、全体の 90 %以上を占めており、そのうち 75 %以上を銅が占めていることを明らかにした。高電圧ケーブル 4 種類の構成部品数は 168 部品であり、銅は銅線や編組シールドなどのハーネスの部品に使用されている。プラスチックは、インレットなどのコネクタ部品に使用されている。

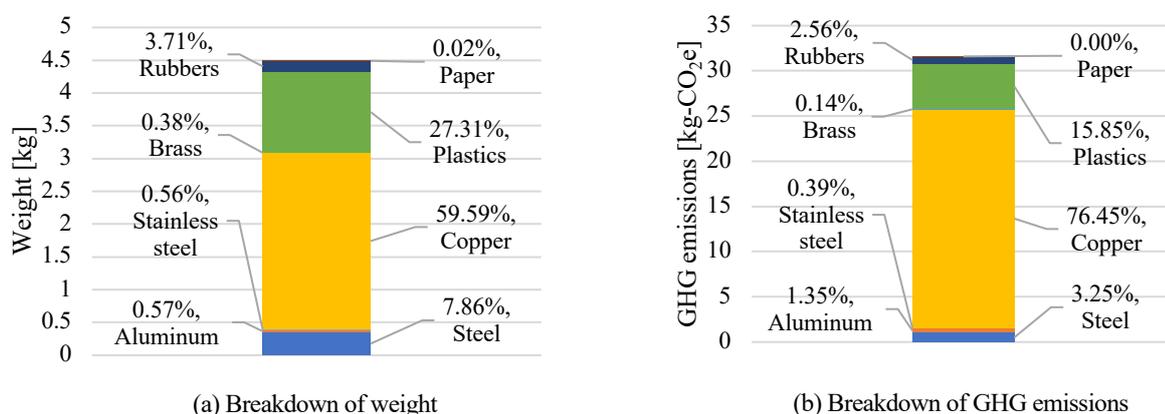


Fig. 5 Weight and GHG emissions from high-voltage cables (4 units) production by material. In both weight and GHG emissions, copper and plastics were found to have the highest percentages, in that order. The following is a breakdown of the data items in the graph. Aluminum includes aluminum products and aluminum-coated wires. Copper includes copper products and copper-coated wires. Plastics include PUR, PP, PBT, PBT-GF15, PBT-GF30, PBT+PC, PA66, PA66-GF30, PVC and unknown plastics. Rubber includes silicone, EPDM and unknown rubbers. Values displayed as 0.00 % represent non-zero percentages that less than 0.005 %.

4. バッテリー電気自動車部品とガソリン車部品の比較

4・1 比較対象部品の選定

BEV 用と ICEV 用の AC コンプレッサの環境影響評価の比較を行う。AC コンプレッサとは、エアコンの冷媒を圧縮する装置である。電動化の影響により、BEV 用と ICEV 用では、AC コンプレッサの動力源が異なることが確認された。ICEV 用コンプレッサには、マグネットクラッチ付きのプーリが装着されている。このプーリがベルトを介してエンジンに繋がっており、エンジンの駆動力によって回転する仕組みである。BEV 用は、エンジンがないため、動力源をコンプレッサ内に確保する必要がある。そのため、AC コンプレッサ内にモータがあり、このモータが動力源である。この動力源の違いによる環境影響を評価するために比較を行う。

LCA において、製品を比較する場合には、機能単位が同一なものを比較することが求められる (伊坪他, 2007)。本研究は、AC コンプレッサの機能単位を、ある車内空間の温度を一定に保つ機能とした。そのため、比較対象の AC コンプレッサを使用している ICEV の室内容積を分析対象の BEV の室内容積に近づける必要がある。また、コンプレッサの圧縮機構には、スクロール式や斜板式、ベーン式など複数の種類がある。分析対象の BEV に用いられている AC コンプレッサは、スクロール式であるため、比較対象の AC コンプレッサも同様のスクロール式にする必要がある。この機能単位と圧縮機構を考慮し、比較対象の ICEV の AC コンプレッサを選択した。

分析対象の BEV、比較対象の ICEV の室内全長、全幅、全高、容積を表 2 に示す (日産自動車株式会社, 参照 2025) (トヨタ自動車株式会社, 参照 2025)。分析対象の BEV と比較対象の ICEV のそれぞれの寸法の差がいずれ

も 10%以内になっているため、室内容積が近い車体であると見做せる。また、比較対象の ICEV の AC コンプレッサの圧縮機構はスクロール式であり、比較条件が一致している。

Table 2 Interior dimensions of each car (日産自動車株式会社, 参照 2025) (トヨタ自動車株式会社, 参照 2025)

	BEV to be analyzed	ICEV to be analyzed
Interior overall length [m]	2.030	1.830
Interior overall width [m]	1.455	1.510
Interior overall height [m]	1.185	1.160
Interior space [m ³]	3.500	3.205

4・2 バッテリー電気自動車の AC コンプレッサの環境影響評価

前節で述べたように、BEV 用 AC コンプレッサはモータを内蔵している。分解調査の結果、分析対象の BEV の AC コンプレッサに使用されるモータは、交流同期モータであり、ロータの磁石の配置が埋込磁石構造、ステータのコイルは巻き方が分布巻方式である。また、BEV 用には、モータの駆動制御を行うための回路であるインバータが搭載されている。また、BEV 用 AC コンプレッサの総重量は 5.18 kg、GHG 排出量は 21.7 kg-CO₂e という結果を明らかにした。BEV 用の AC コンプレッサの素材別重量、GHG 排出量割合の情報を図 6 に示す。図 6 より、アルミニウム、スチール、銅の順に重量が多く、全体の 90%以上を占めており、そのうち 50%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。また、GHG 排出量のうちアルミニウム、銅、スチールの順に排出量が多く、全体の 85%以上を占めていることを明らかにした。BEV 用 AC コンプレッサの構成部品数は 70 部品であり、スチールは、ステータコアやロータコアなどモータ部品に使用されている。アルミニウムは、コンプレッサハウジングやコンプレッサカバー、固定スクロールなど外装部品や圧縮機構部品に使用されている。銅は、コイルなどのモータの巻線部品として使用されている。

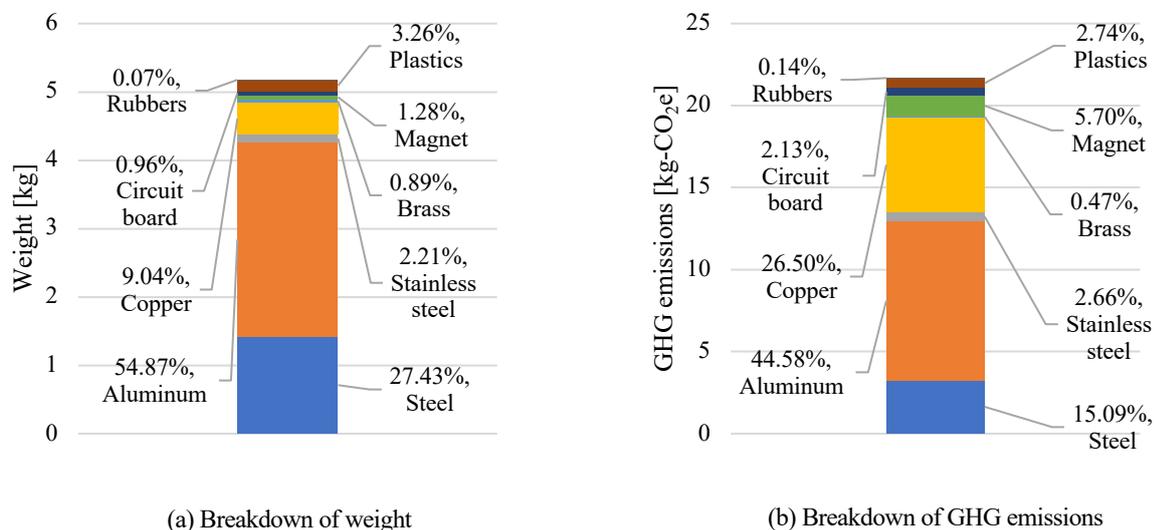


Fig. 6 Weight and GHG emissions from AC compressor production for BEV by material. In terms of both weight and GHG emissions, aluminum, steel and copper account for the highest percentages. The order by weight is aluminum, steel and copper, while the order by GHG emissions, the order is aluminum, copper and steel. The following is a breakdown of the data items in the graph. Plastics include aramid, PET and unknown plastics. Rubber includes unknown rubbers.

4・3 ガソリン車の AC コンプレッサの環境影響評価

分解調査の結果、比較対象の ICEV 用 AC コンプレッサの総重量は 3.91 kg、GHG 排出量は 13.5 kg-CO₂e という結果を明らかにした。ICEV 用 AC コンプレッサの素材別重量、GHG 排出量割合の情報を図 7 に示す。図 7 より、アルミニウム、スチールの順に重量が多く、全体の 95%以上を占めており、そのうち 50%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。また、GHG 排出量のうちアルミニウム、スチール、銅の順に排出量が多く、全体の 95%以上を占めており、そのうち 55%以上をアルミニウムが占めていることを明らかにした。ICEV 用の AC コンプレッサの構成部品数は 31 部品となり、スチールでは、プーリやフィールドコアコイル部品などの動力伝達部品に使用されている。アルミニウムは、回転スクロールやコンプレッサカバーなどの圧縮機構部品に使用されている。銅は、フィールドコアコイルの巻線部品に使用されている。

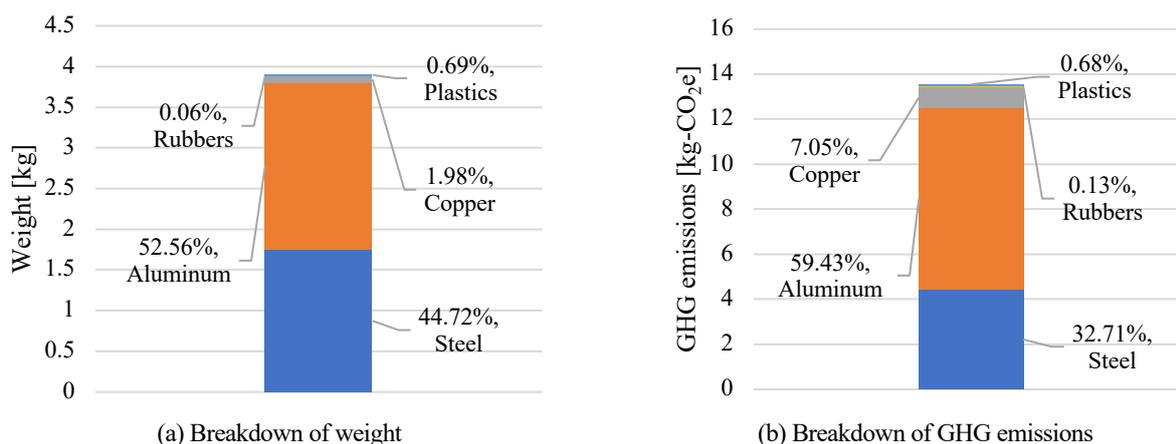


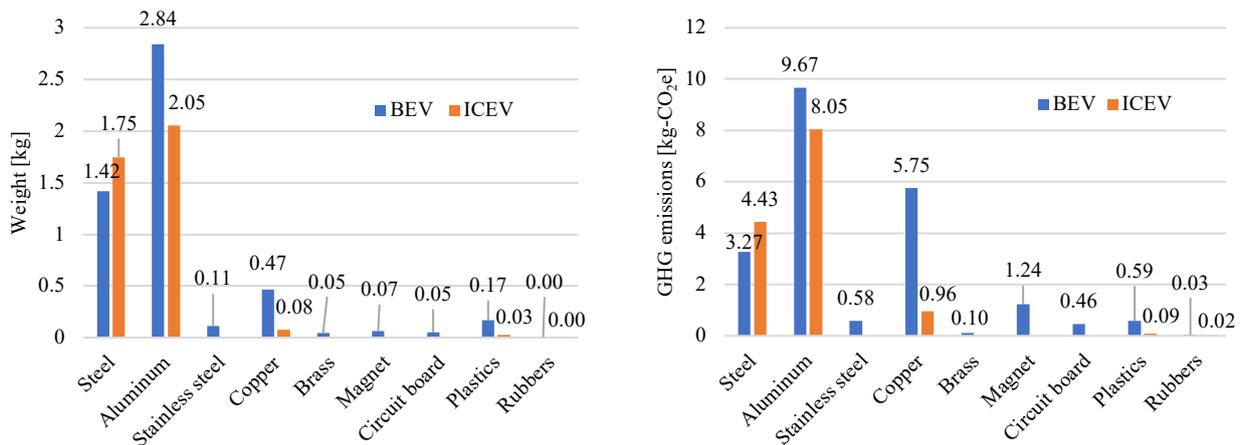
Fig. 7 Weight and GHG emissions from AC compressor production for ICEV by material. In both weight and GHG emissions, aluminum and steel were found to have the highest percentages, in that order. The following is a breakdown of the data items in the graph. Plastics include unknown plastics. Rubber includes unknown rubbers.

4・4 AC コンプレッサの環境影響評価の比較

BEV 用と ICEV 用の AC コンプレッサの環境影響評価の比較を行う。図 8 に BEV 用と ICEV 用の素材別重量比較、GHG 排出量比較を示す。

BEV 用の総重量は 5.18 kg、ICEV 用は 3.91 kg であり、BEV 用の総重量が 1.3 倍増加していることを確認した。また、図 8 よりアルミニウムの重量において、BEV 用は 2.84 kg、ICEV 用は 2.05 kg であり、BEV 用が ICEV 用と比較して 1.4 倍大きく、銅の重量において、BEV 用は 0.47 kg、ICEV 用は 0.08 kg であり、BEV 用が ICEV 用と比較して 6.0 倍大きいことが分かる。さらに、BEV 用においては、ICEV 用には使用されていない磁石、真鍮、基板などの素材が使用されており、これらはモータ本体の部品や、モータの制御部品に使用されている。コンプレッサにモータを内蔵させたことにより、モータ自身の重量の増加と、それに伴う外装の大型化により重量が増加したと考えられる。また、スチールの重量において、BEV 用は 1.42 kg、ICEV 用は 1.75 kg であり、ICEV 用が BEV 用と比較して 1.2 倍大きいことが分かる。これは、ICEV 用において必要であるプーリなどの動力伝達部品が、BEV 用では不要になったことによるものと考えられる。

次に、BEV 用の GHG 排出量は 21.7 kg-CO₂e、ICEV 用は 13.5 kg-CO₂e であり、BEV 用の GHG 排出量が 1.6 倍増加していることを確認した。図 8 より、アルミニウムの GHG 排出量において、BEV 用は 9.67 kg-CO₂e、ICEV 用は 8.05 kg-CO₂e であり、BEV 用が ICEV 用と比較して 1.2 倍大きく、銅の GHG 排出量において、BEV 用は 5.75 kg-CO₂e、ICEV 用は 0.96 kg-CO₂e であり、BEV 用が ICEV 用と比較して 6.0 倍大きいことが分かる。さらに、BEV 用において重量が少ない磁石、基板において、GHG 排出量はそれぞれ 1.24 kg-CO₂e、0.46 kg-CO₂e であり、重量の 9 倍以上の GHG を排出している。モータの内蔵により、モータの巻線の銅や磁石の使用量増加やモータの制御部品である基板の使用、外装の大型化によるアルミニウムの使用量増加によって、BEV 用が ICEV 用と比較して GHG 排出量が増加している要因であると考えられる。



(a) Weight of AC compressors for BEV and ICEV by material (b) GHG emissions of AC compressors for BEV and ICEV by material

Fig. 8 Comparison of weight and GHG emissions of AC compressors for ICEV and BEV by material. The blue and orange bars indicate the weight and GHG emissions of each material in BEV and ICEV, respectively.

5. 結 言

本研究は、BEVの部品単位での詳細な環境影響評価を行うことを目的に、分解調査を行い、駆動部品の素材ごとの詳細な重量およびGHG排出量を定量的に算出した。駆動モータの総重量は54.6kg、GHG排出量は247.7kg-CO₂e、PDMの総重量は17.2kg、GHG排出量は87.6kg-CO₂e、インバータの総重量は11.8kg、GHG排出量は55.2kg-CO₂e、高電圧ケーブルの総重量は4.49kg、GHG排出量は31.6kg-CO₂e、ACコンプレッサの総重量は5.18kg、GHG排出量は21.7kg-CO₂eであることを確認した。駆動部品全体に共通して銅のGHG排出が高いことが明らかとなった。また、本稿ではBEV用とICEV用におけるACコンプレッサについての環境影響評価の比較を行った。BEV用の総重量は5.18kg、GHG排出量は21.7kg-CO₂e、ICEV用の総重量は3.91kg、GHG排出量は13.5kg-CO₂eであることを確認した。BEV用のACコンプレッサの方がICEV用と比較して重量、GHG排出量が多いという結果を明らかにした。これは、動力源であるモータが内蔵されることによる影響が大きいと考えられる。モータが内蔵されることで、コンプレッサの大型化に伴いアルミニウムや、モータのコイルに使用される銅の使用量増加、モータのロータに使用される磁石、モータの制御に使用する基板の使用により、GHG排出量がICEV用と比較して増加したと考えられる。

今回、駆動部品5部品について環境影響評価を行ったが、BEV一台分の部品全ての環境影響評価には及んでいない。特に、自動車の重要部品であるのパワートレインにおいて、駆動用バッテリーや減速機などについては未評価である。また、その他の未分解部品についての追加調査を行い、BEV一台分を網羅できる環境影響評価を今後行うことが必要である。本稿では、気候変動に対する環境負荷の算出のみを行なったが、持続可能な社会の実現のためには、資源消費やオゾン層破壊など様々な環境影響を考慮することが求められる。そのため、他の環境影響領域についても、環境負荷を定量的に算出することが必要である。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、株式会社マルトシ青木、株式会社NGPにBEVの分解調査において多大なご協力をいただいた。記して感謝の意を表す。本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費若手研究23K13515、TAKEUCHI育英奨学金の助成を受けたもので、感謝の意を表す。

文 献

- Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G. and Strømman, A. H., Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.17, No.1 (2012), pp.53-64, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x.
- 稲葉敦, 改訂版 演習で学ぶ LCA—ライフサイクル思考から, LCA の実務まで—, 株式会社シーエーティー, (2014), P.42.
- International Energy Agency (IEA), *Global EV Outlook 2024* (2024), (online), available from <<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>>, (参照日 2025 年 7 月 7 日).
- IPCC, *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change* (2022), p.237, DOI: 10.1017/9781009157926.
- 石崎啓太, 中野冠, 内燃機関自動車, ハイブリッド自動車, 電気自動車, 燃料電池自動車における車内空調を考慮した量産車両 LCCO₂ 排出量の比較分析, Vol.84, No.866 (2018), DOI:10.1299/transjsme.18-00050.
- 伊坪徳宏, 田原聖隆, 成田暢彦, LCA シリーズ LCA 概論, 社団法人産業環境管理協会 (2007), pp.1-35.
- 中野諭, 平湯直子, 鈴木将之, 電気自動車 ELIICA の LCA, KEO Discussion Paper, No.112 (2008).
- 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, LCI データベース IDEA version 3.1.0, (2021).
- 日産自動車株式会社, 日産リーフ主要装備一覧, (online), available from <https://www-asia.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/jp/vehicles/leaf/2409/pdf/leaf_specsheet.pdf>, (参照日 2025 年 7 月 7 日).
- Romejko, K. and Nakano, M., Life Cycle Analysis of Emissions from Electric and Gasoline Vehicles in Different Regions, *International Journal of Automation Technology*, Vol.11, No.4 (2017), PP.572-582, DOI:10.20965/ijat.2017.p0572.
- トヨタ自動車株式会社, トヨタカローラ主要諸元表, (online), available from <https://toyota.jp/pages/contents/corolla/002_p_001/pdf/corolla_spec_202505.pdf>, (参照日 2025 年 7 月 7 日).