

論文・解説

40

マツダのライフサイクルアセスメント (第3報) - CX-5 - Mazda Life Cycle Assessment (3rd report) - CX-5 -

新田 茂樹*¹
Shigeki Nitta

森口 義久*²
Yoshihira Moriguchi

要約

マツダは、技術開発の長期ビジョン「サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言」にて、マツダ車をご購入いただいたすべてのお客さまに「走る喜び」と「優れた環境・安全性能」を提供することを宣言している。

この度、革新的な新世代技術「SKYACTIV 技術」を採用した CX-5 は、上質で気持ちのよい走り、優れた燃費性能を両立させている。

この新世代技術「SKYACTIV 技術」の環境面での改善効果を、Life Cycle Assessment (以下LCA) で確認した。その確認には、革新的な技術を評価するための新たな評価手法を用いたので、その手法とともに結果を報告する。CX-5 は、従来型相当車に比べCO₂排出量で、28%の削減が確認された。

Summary

Mazda announced the Sustainable Zoom-Zoom long-term vision for technology development to provide all customers who purchase Mazda vehicles with driving pleasure and outstanding environmental safety performance.

The CX-5 adopts the innovative new-generation technology, SKYACTIV TECHNOLOGY, achieving both pleasant and refined driving performance and excellent fuel efficiency.

The improvement effect of the SKYACTIV TECHNOLOGY on environment was confirmed by Life Cycle Assessment (LCA). In the assessment, a new method was used, which is reported in this paper. CO₂ emission of the CX-5 was decreased from the equivalent of predecessor by 28%.

1. はじめに

マツダは、サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言のもと、さまざまな領域においてCO₂削減など環境負荷の低減活動を行っている。その中で、自動車の製造段階、お客さまの使用段階、使用後の廃棄までのライフサイクルを通して環境負荷を定量化し、自動車の環境負荷削減を目指している。

その定量化の手法としてLCAに着目し、2010年の新型プレマシー以降の新型車では、特定の燃費向上デバイスを搭載したグレードだけでなく全グレードでLCAを実施し、販売台数の加重平均値で評価を実施した⁽¹⁾⁽²⁾。また、水を燃料としたRX-8 ハイドロジェンREでは、クリーンエネルギー車の新しいLCA手法を提案し、実施した⁽²⁾。2011年の新型アクセラでは、温暖化、酸性雨や光化学スモッグなど

の主要原因物質を特定し、CO₂、SO_x、NO_x、NMHCについて評価を実施した⁽³⁾⁽⁴⁾。今回、CX-5では、革新的な新世代技術「SKYACTIV 技術」の評価手法と、最新の使用実態を反映したLCAを実施したので紹介する。

2. LCAの手法

2.1 目的

コンパクトクロスオーバーSUVに採用された革新的な新世代技術の従来技術に対する環境改善効果を、確認することである。

2.2 インベントリ分析手法

従来モデルチェンジ前後の車種で比較していたが、従来の方法では諸元の変更、新技術、仕様変更を一体で評価して

*1, 2 技術企画部
Technology Planning Dept.

いた。本稿では新世代技術と従来技術とを比較評価するため新しい手法を用いた。具体的には、CX-5 は新開発のコンパクトクロスオーバー SUV なので、既存クロスオーバー SUV である CX-7 をベースに CX-5 同等のモデル車（以下 CX-7（改））を仮定し、比較対象とすることとした。これは、諸元、仕様が同等の比較対象車種を設定する方法である。以下に、比較する従来型相当車 CX-7（改）の諸元、仕様の設定方法、およびライフサイクルの各段階の分析手法を述べる。なお、新しい手法については、第 3 者（LCA の学識経験者）のレビューを受け、妥当と認められた。

(1) 比較する従来型相当車 CX-7（改）の諸元、仕様の設定

乗用車には、SUV の他、セダン、ミニバン、スポーツカーなどのカテゴリがあるが、同一カテゴリとした上で同等の車両諸元、仕様を設定した。

[CX-7（改）の諸元、仕様]

- ・自動車の使用目的が CX-5 と同一のクロスオーバー SUV である。
- ・乗車定員、荷物の積載量が CX-5 と同等である。
- ・車両寸法（全長、全幅、全高）、エンジン排気量が CX-5 と同等である。
- ・車両質量は、車両投影面積から設定する。同一カテゴリ車（SUV）であれば、車両質量が車両投影面積に比例することがわかっており、自社 SUV、他社 SUV のデータから設定した。

(2) ライフサイクル各段階の分析手法

1) 製造段階（材料製造、車両製造）

日本自動車工業会のマテリアルプロセス手法⁽⁵⁾を採用した。製造段階での環境負荷は、各部品の構成材料ごと、質量に比例する。CX-7（改）は、エンジン、トランスミッションについては同等の既存ユニットを用い、その他のユニットについては、CX-7 の材料構成を用い、スケールダウンした。

2) 使用段階

モード燃費値より求められる生涯使用燃料の量から、燃料精製時、燃料燃焼時の環境負荷を算出する。燃費への影響要因には、ころがり抵抗、加速抵抗、空気抵抗などがあるが、日本のモード燃費は比較的低速で加減速が多いため、加速抵抗が大きいと考えられる。加速抵抗が支配的であれば、モード燃費と車両質量が反比例の関係があり、実データ⁽⁶⁾で示されている。本稿では、燃費への影響要因をなるべく合わせるため、従来 SUV 車の車両質量と燃費から求めた。

3) メンテナンス段階

自動車の使用期間および生涯走行距離に必要な交換部品を設定し、それらを製造することによる環境負荷を算出した。具体的には、タイヤやエンジンオイルなどを交換部品として設定した。

4) 廃棄段階

廃棄段階は、シュレツダ処理、シュレツダダストサーマルリサイクル、埋め立て処分での投入量より環境負荷を算出した。例えば、埋め立て処理では、管理型最終処分場での油圧ショベル軽油消費量より算出した。

2.3 環境負荷項目

自動車の重要環境側面を地球温暖化と大気汚染と捉えた。地球温暖化の主要排出項目は、CO₂であることが判明している⁽³⁾。酸性化の主要排出項目は、NO_x（窒素酸化物）、SO_x（硫黄酸化物）、光化学オゾン生成の主要排出項目は、NMHC（非メタン炭化水素）であることが判明している⁽⁴⁾。加えて、規制対象項目のPM（粒子状物質）とした。

2.4 機能単位とシステム境界

従来、生涯を 10 年間で 10 万 km 走行するとしてきたが、新世代技術を評価するにあたっては最新の統計⁽⁷⁾により、5 人乗りの SUV が、その全生涯 13 年間で 11 万 km を走行する際に提供する機能を本調査の機能単位とした。走行モードは新しい J/C08 モードとした。

自動車のライフサイクルを資源採掘から廃棄までとし、材料製造、車両製造、使用、メンテナンス、廃棄の 5 段階で設定した。

2.5 市場実態を反映した評価方法

マツダ車をご購入いただいたすべてのお客さまに「走る喜び」と「優れた環境・安全性能」を提供するという考えのもと、1 台当たりの環境負荷に、式（1）に示すように、各グレードの普及の実態を反映した。

$$LE_{average} = \sum_{i=1}^m LE_i \times \left(V_i / \sum_{i=1}^m V_i \right) \quad (1)$$

ここで、

- $LE_{average}$: 車種 1 台当たりのライフサイクル環境負荷、
- LE_i : グレード i のライフサイクル環境負荷、
- V_i : グレード i の販売台数、
- i : 全グレード数 m のうち、 i 番目であることを示す

3. 結果と考察

3.1 評価対象

(1) CX-5

CX-5 (Fig.1) は、グローバルに販売されるコンパクトクロスオーバー SUV で、当社の革新的な新世代技術である「SKYACTIV 技術」をガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、トランスミッション、ボデー、シャシーに採用し、画期的な燃費向上・軽量化を達成している。



Fig.1 CX-5

(2) CX-7 (改)

1) 従来型相当車 (CX-7 (改)) の車両質量

縦軸に車両質量、横軸に車両投影面積をとり、現在販売中の従来型SUVについて自銘柄および他銘柄をプロットし、投影面積に対する車両質量の散布図をFig.2 に示す。決定係数 R^2 は、0.969 であり高い相関を示す。CX-5 の投影面積からCX-7 (改) の車両質量を設定した。車両質量は、ボデーやシャシー剛性の要件から単純に諸元に比例するものではないがFig.2 を見るとその影響が小さいことがわかる。

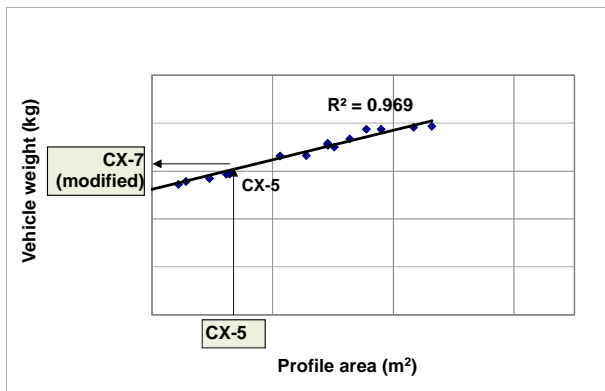


Fig.2 Profile Area vs Vehicle Weight of Conventional SUV

2) 従来型相当車 (CX-7 (改)) の燃費の設定

縦軸に燃費の逆数、横軸に車両質量をとり、現在販売中の従来型SUVについて自銘柄および他銘柄をプロットし、車両質量に対する燃費の逆数の散布図をFig.3 に示す。決定係数 R^2 は、0.758 であり比較的高い相関を示す。CX-7 (改) の車両質量から燃費の逆数を求め、燃費値を設定した。

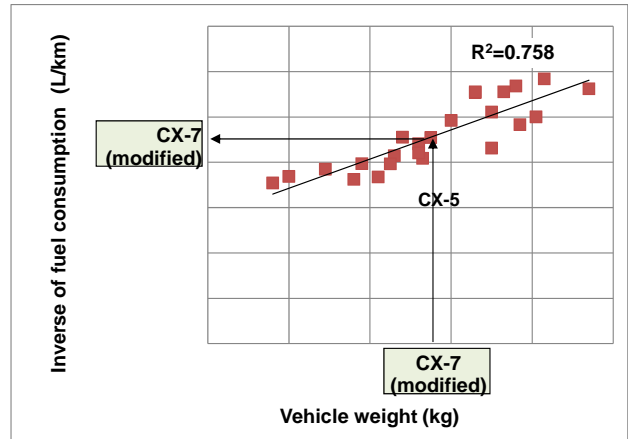


Fig.3 Vehicle Weight vs Inverse of Fuel Consumption

3.2 環境負荷のインベントリ分析結果

CO₂排出量

CO₂排出量 (質量) について、CX-5 とCX-7 (改) を比較して示したのが、Fig.4 である。CX-5 のCO₂排出量は、CX-7 (改) に比べ、ライフサイクルトータルで 28%の削減が確認された。これは、主として大幅な燃費性能の向上が寄与しており、エンジンの熱効率向上、トランスミッションのフルレンジロックアップの実現、走行抵抗の低減に加え、i-stop (アイ・ストップ) の採用等によるものである。また、車両の軽量化やボデーシールのプレス工程での歩留まり向上による投入材料削減も貢献している。

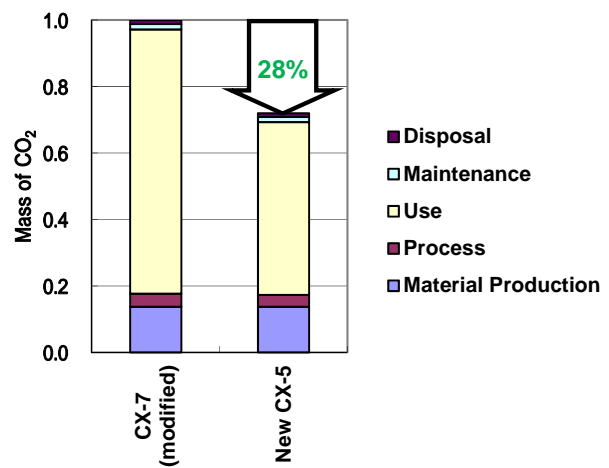


Fig. 4 Comparison of CO₂ Emissions Between Predecessor and New CX-5

NO_x, NMHC, PM, SO_x 排出量

酸性雨や大気汚染の要因になるCO₂以外の項目の排出量 (質量) について、CX-5 とCX-7 (改) を比較して示したのがFig.5 である。CX-7 (改) のSO_x排出量を 1.0 とした場合の相対値を示している。CX-5 のNMHC、およびSO_x排出量は、CX-7 (改) に比べ 32%、23%削減していることが確認された。NMHC, SO_x について、大幅に排出量が削減しているのは、燃費改善による生涯燃料使用量削減、

および、軽量化や歩留まり向上による投入材料削減によるものである。NOx, PMについては、ディーゼル車も含まれているが、CX-5は、CX-7(改)とほぼ同等である。

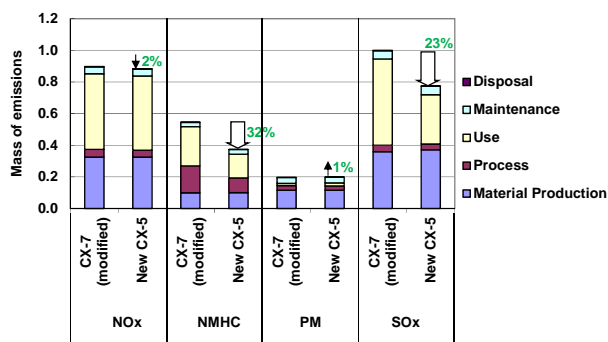


Fig.5 Comparison of NOx, NMHC, PM, and SOx Emissions between Predecessor and New CX-5

4. 結論

マツダでは、LCAに関する国際基準(ISO 14040 / 14044)のプロセスに則ってLCAを実施しており、「マツダCX-5(新型乗用車)」として第三者認証を取得した(Fig.6)。

本稿では、革新的な新世代技術を評価するLCA手法を確立し、CX-5について、特定の燃費向上デバイスを搭載したグレードだけでなく全グレードのLCA(販売台数の加重平均値)を評価した。CX-5は、大幅な燃費向上により従来型と比較して、CO₂排出量で28%削減、NMHC排出量で32%削減、SOx排出量で23%の削減、NOx排出量、PM排出量で同等であることが確認できた。



Fig.6 Certificate of ISO 14040 / 14044

5. おわりに

今後、マツダのビルディングブロック戦略に基づき、電気デバイスの段階的実用化に向け、減速エネルギー回生、ハイブリッドシステムなどのモータ駆動技術を導入していく。これらの新技術や新製造工程においても、ライフサイクル全体での環境負荷を低減するための車づくりが重要になると考える。引き続き、ライフサイクルを通じた環境負荷低減効果が定量的に見えるよう評価を続けていく。

参考文献

- (1) 新田茂樹, 森口義久: マツダのライフサイクルアセスメント, マツダ技報, 28号, pp.75-79 (2010)
- (2) Nitta, S., Moriguchi, Y.: New Methodology of Life Cycle Assessment for Clean Energy Vehicle and New Car Model, Proceeding of SAE International 2011 World Congress (April 2011)
- (3) Nitta, S., Moriguchi, Y.: New Life Cycle Assessment Process for Strategic Reduction of Environmental Burdens, Design for Innovative Value towards a Sustainable Society, 2012, 280-283, DOI: 10.1007/978-94-007-3010-6_54, SpringerLink
- (4) Nitta, S., Moriguchi, Y.: A General Method of Life Cycle Assessment, SAE Technical Paper 2012-01-0649, 2012, doi: 10.4271/2012-01-0649
- (5) Junichi Kasai et al, Activities Done by the LCA Committee, JAMA-LCI Data Collection and "LCI GUIDE", International conference of Eco Balance, 2004, S1-7-4
- (6) 安田武夫, 素材分野から見た車体軽量化と環境性能向上, JAMAGAZINE, 2010年11月号(2010)
- (7) 使用期間: 「2011年版日本の自動車工業」日本自動車工業会(2011年)
- (8) 走行距離: 「自動車産業関連統計第12集」日本自動車工業会(2010年)

著者



新田 茂樹



森口 義久