

特集：環境

15

## マツダのライフ・サイクル・アセスメント Mazda Life Cycle Assessment

新田 茂樹\*<sup>1</sup> 森口 義久\*<sup>2</sup>  
Shigeki Nitta Yoshihisa Moriguchi

### 要約

マツダは、技術開発の長期ビジョン「サステナブル“Zoom-Zoom”宣言」にて、マツダ車を購入して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。

燃費向上、排出ガス浄化、車両軽量化など個々の環境性能の向上への取り組みを総合的に捉え、自動車のライフサイクル全体で環境負荷を評価するLife Cycle Assessment（以下、LCAという）の重要性が高まっている。

マツダは、RX-8ハイドロジェンREのLCAを、水素を燃料としたロータリエンジン車としては世界で初めて実施・公表した。また、新型プレマシーでは、これまで一般的に行われていた燃費向上デバイスを搭載した特定のグレードのLCAを全グレードで実施し、販売台数加重平均で評価した。その結果、CO<sub>2</sub>の排出量が、比較対象モデルに比べて、RX-8ハイドロジェンREで57%低減、新型プレマシーで6%低減することが示された。

### Summary

With the long-term vision of “Sustainable Zoom-Zoom” in Technology Development, Mazda announced it’s offer of driving pleasure and great ecological safety to all Mazda vehicle purchasers.

Importance of the Life Cycle Assessment (LCA) is increasing, which assesses environmental loads of a vehicle during its lifecycle, in view of comprehensive eco-performance such as fuel efficiency, cleaner exhaust, and vehicle weight saving.

Mazda is the world-first maker that implemented the LCA on a hydrogen fuel rotary engine vehicle, the RX-8 Hydrogen RE. Also, the LCA which had been applied only to the specific grade models equipped with fuel efficiency devices was carried out on all grades for the new Premacy (assessed based on the weighted average of each model’s sales volume). As a result, CO<sub>2</sub> emission was reduced from the previous models by 57% on the RX-8 Hydrogen RE and 6% on the new Premacy.

### 1. はじめに

マツダは、サステナブル“Zoom-Zoom”宣言のもと、さまざまな領域においてCO<sub>2</sub>削減など環境保護活動を行っている。その中で、自動車を製造する過程、お客さまの使用段階、使用後の廃棄まで、あらゆる側面から環境負荷を定量化し、自動車のライフサイクル全体で環境負荷低減を目指している。

そのための手法としてLCAに着目し、その実施や評価

に必要なデータベースを構築し、マツダ独自の算出方法によるLCAを2009年に確立した。それを適用し、水素を燃料としたロータリエンジン車としては世界で初めて、RX-8ハイドロジェンREのLCAを実施・公表した。更に、新型プレマシーについて、「マツダ車を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」との考え方にに基づき、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を実施したので紹介する。

\*1, 2 技術企画部  
Technology Planning Dept.

## 2. LCAの概要

### 2.1 LCA

LCAは、Fig.1に示すように商品が環境に与える負荷(CO<sub>2</sub>排出等)を、ライフサイクル全体(材料製造~廃棄)で定量的に評価する手法である。ISO(国際標準化機構)において、2000年代初頭に国際規格化(ISO14040番台)された。新商品などの環境負荷低減のため広く活用されてきている。

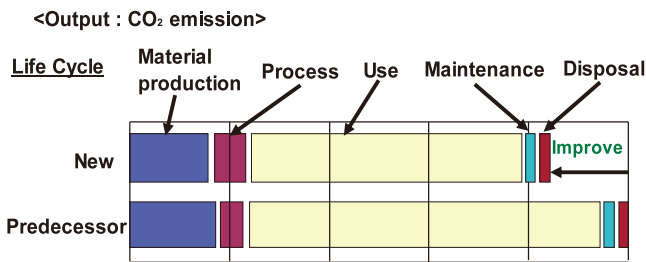


Fig.1 Concept of LCA

### 2.2 LCA手法の枠組み

国際標準規格(ISO14040)におけるLCAの枠組みは、以下の①~④である(Fig.2)。

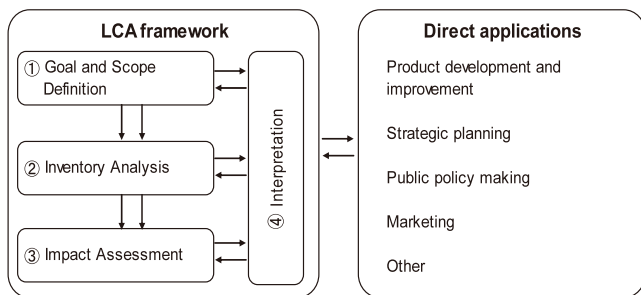


Fig.2 LCA Framework and Applications<sup>(1)</sup>

#### ① 目的および調査範囲の設定

LCA調査の目的(調査を実施する理由、報告対象者、結果の用途)と調査範囲(システムの機能、機能単位、システム境界、データ要件、前提条件、配分手順など)を明確に設定する。

#### ② インベントリ分析

製品ライフサイクルの個々の段階における原料・エネルギーのインプット、排出物をアウトプットとして定量化する。

#### ③ 影響評価

インベントリ分析の結果から、地球温暖化や酸性雨への影響を指数として算出し、環境影響として定量的・総合的に評価を実施する。

#### ④ 解釈

インベントリ分析や影響評価の結果にもとづき考察を行う。

マツダは、製造から廃棄までのライフサイクル全体での環境負荷低減を目指し、LCAを実施している。本論文では、先ずCO<sub>2</sub>など環境負荷項目の排出量を把握することが重要と考え、自動車のLCAで主流となっているインベントリ分析について以下に述べる。

## 3. マツダのLCA

### 3.1 実施目的と調査範囲

#### (1) 実施目的

クリーンエネルギー車の従来型ガソリン車に対する環境改善効果、新型車の従来型車に対する環境改善効果を確認する。

#### (2) 調査範囲

調査範囲をFig.3に示す。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、走行、メンテナンス、廃棄の5段階で設定した。

使用期間を10年間、生涯走行距離を10万kmと設定した。

調査項目は、自動車の重要環境側面を地球温暖化と大気汚染と捉えCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)、NMHC(非メタン炭化水素)、PM(粒子状物質)、SO<sub>x</sub>(硫黄酸化物)とした。

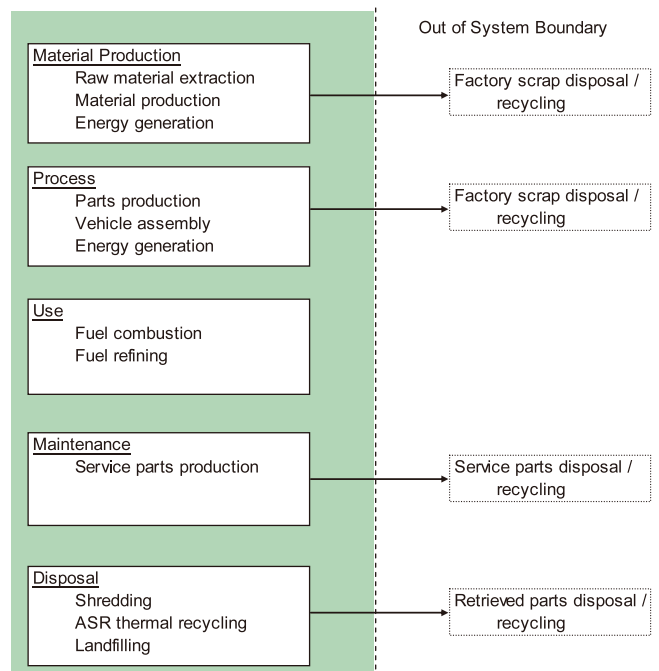


Fig.3 System Boundary

### 3.2 インベントリ分析方法

#### (1) 材料製造段階

ここでは自動車を構成する材料の製造段階の環境負荷を算出する。先ず、自動車を構成する材料と質量を調査する。それぞれの材料の環境負荷は、当該材料1kg製造あたりの環境負荷(材料原単位)に質量を掛け合わせて算出・集計する。その際、それぞれの材料の自動車製造時の歩留まりを考慮する。また集計は、カットオフルールを適用し、

各部品質量の95%をカバーする材料構成を調査・算入し、残り5%は算入した材料構成と同一と見なすことにする。

(2) 車両製造段階

車両を構成する各部品製造段階の環境負荷は、材料毎に部品に加工するときの「材料1kgあたり部品製造の環境負荷」(工程原単位)に質量を掛け合わせて算出・集計する。部品の車両への組立、塗装の環境負荷については、材料毎とは別に算出・集計する。

(3) 走行段階

まず、規定の走行モードで生涯走行距離を走行する場合の燃料消費量を算出する。燃料の環境負荷は製造時および燃焼時の合計とし、燃料消費量に掛け合わせて走行段階での環境負荷を算出する。

(4) 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する。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。

(5) 廃棄段階

廃棄段階は、シュレッダ処理、シュレッ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する。例えば、埋め立て処理の環境負荷は、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ている。

4. インベントリ分析実施例

4.1 RX-8ハイドロジェンRE

(1) 対象製品

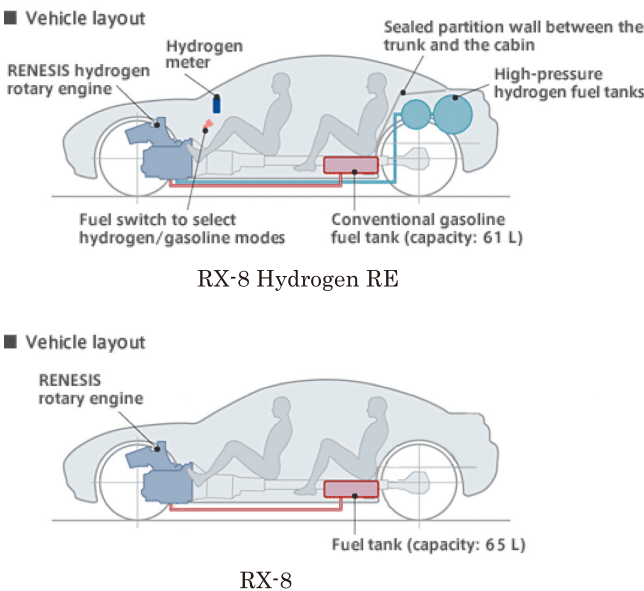


Fig.4 RX-8 Hydrogen RE & RX-8

水素自動車「RX-8ハイドロジェンRE」は、ベースのガソリン車「RX-8」(4ドア・4シータのスポーツカー)を比較対象とする。

RX-8ハイドロジェンREは、水素でもガソリンでも走行できるデュアルフューエルシステムを採用した水素ロータリエンジン車であり、主要諸元は、車両質量1,460kg、水素燃料での航続距離は、100kmである。調査対象車をFig.4に示す。デュアルフューエルシステムとは、運転席でのスイッチの切り替えにより、水素での走行/ガソリンでの走行を選択できるシステムである。

(2) 分析結果

① CO<sub>2</sub>排出量

RX-8ハイドロジェンREとRX-8のCO<sub>2</sub>排出量の比較をFig.5に示す。これは、RX-8のCO<sub>2</sub>排出量(質量)を1.0として相対値で示している。

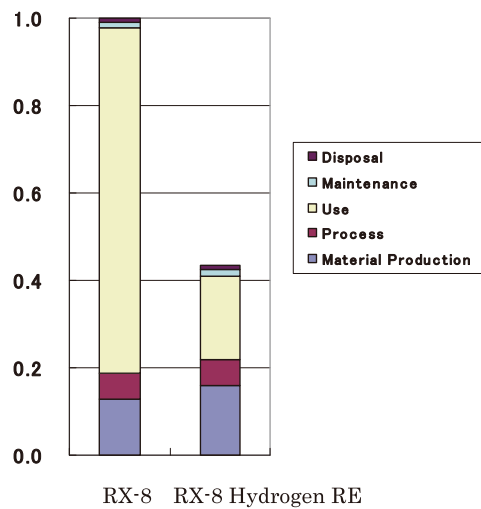


Fig.5 Comparison of CO<sub>2</sub> Emissions between RX-8 Hydrogen RE and RX-8

ライフサイクルトータルでRX-8ハイドロジェンREは、RX-8よりCO<sub>2</sub>排出量が57%削減される。RX-8ハイドロジェンREは、高圧タンクなどの水素自動車固有の部品を追加搭載しているため材料製造段階や車両製造段階のCO<sub>2</sub>排出量が増加する。一方、走行段階は、水素燃料燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量がゼロになるだけでなく、燃料製造を含めてもCO<sub>2</sub>排出量は、RX-8よりも75%削減される。

尚、水素燃料は、製造時の環境負荷が小さく、当社水素ステーションで使用している苛性ソーダ副生水素を前提とした。

② NO<sub>x</sub>, NMHC, PM, SO<sub>x</sub>排出量

NO<sub>x</sub>, NMHC, PM, SO<sub>x</sub>排出量(質量)の比較をFig.6に示す。これは、各項目、RX-8のSO<sub>x</sub>排出量を1.0とした場合の、その他の項目の相対値を示している。これを見ると、ライフサイクルトータルでの排出量でRX-8ハイドロジェンREがPM以外の項目でRX-8よりも低減している。

RX-8ハイドロジェンREのNO<sub>x</sub>排出量は、RX-8より33%低減していることが確認された。同様に、RX-8ハイ

ドロジェンREのNMHC, SO<sub>x</sub>排出量は、それぞれRX-8より55%, 26%低減している。これらは、CO<sub>2</sub>排出量同様、水素自動車特有部品による排出量の増加があるものの、走行段階での排出量削減によりライフサイクルトータルでは削減される。一方、PMは、材料製造段階、車両製造段階での排出が大半を占め、水素固有部品の影響によりライフサイクルトータルでは、4%増加する。

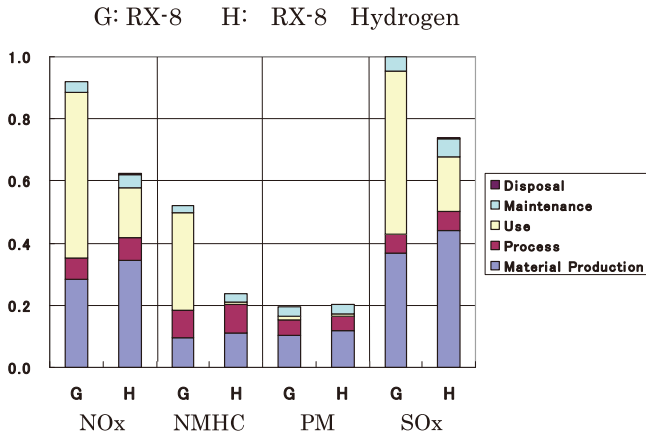


Fig.6 Comparison of NO<sub>x</sub>, NMHC, PM, and SO<sub>x</sub> Emissions between RX-8 Hydrogen RE and RX-8

③ 走行距離とCO<sub>2</sub>排出量

走行距離によるCO<sub>2</sub>排出量の推移を示したものが、Fig.7である。水素自動車特有部品により製造時にはCO<sub>2</sub>排出量が多いRX-8水素ドロジェンREは、水素燃料での走行により単位走行距離あたりのCO<sub>2</sub>排出量が少いため、約6,000kmを超えたところでRX-8とCO<sub>2</sub>排出量が同等となり、それ以降RX-8よりもCO<sub>2</sub>排出量は少なくなる。年間走行距離を1万kmとしたので、1年未満でCO<sub>2</sub>排出量削減の効果が現れることになる。

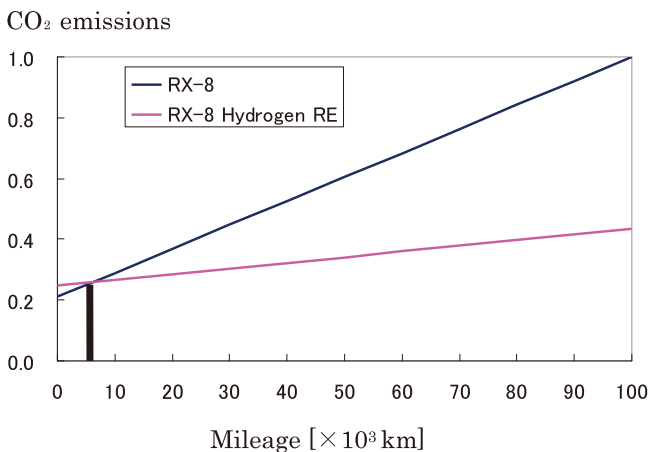


Fig.7 Comparison of CO<sub>2</sub> Emissions Among Variable Hydrogen Process

4.2 新型プレマシー

(1) 対象製品

Fig.8に示す「新型プレマシー」は、グローバルに販売されるミニバンで、アイドリングストップシステム「i-stop (アイストップ)」を装備した直噴ガソリンエンジンなどによって環境負荷を低減している。



Fig.8 New Premacy

(2) 分析結果

各グレードの普及の実態を反映するため、それぞれグレードの販売台数（新型は計画）の加重平均値を求めた。具体的には、グレード毎に実施したLCA結果に販売台数比率を乗じ、全グレードで合計した。この加重平均値が、プレマシー全体としての1台当たりの環境負荷である。このプレマシー全体として、1台当たりのそれぞれの環境負荷項目についての評価を以下に述べる。

① CO<sub>2</sub>排出量

Fig.9に、従来型および新型プレマシーのCO<sub>2</sub>排出量を比較して示す。従来型プレマシーのCO<sub>2</sub>排出量（質量）を1.0とした場合の相対値で示している。

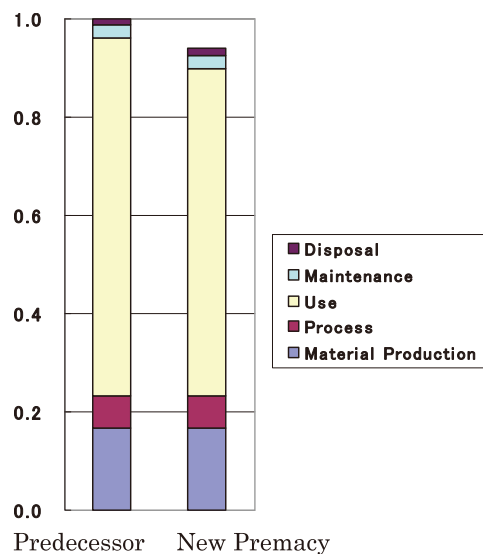


Fig.9 Comparison of CO<sub>2</sub> Emissions between Predecessor and New Premacy

新型プレマシーのCO<sub>2</sub>排出量は、従来型から6%の低減が確認された。これは、主として燃費性能の改善が寄与しており、エンジンの燃焼改善・制御見直し、トランスミッションのギヤ比最適化、空力性能の向上に加え、i-stopの採用によるものである。

## ② NO<sub>x</sub>, NMHC, PM, SO<sub>x</sub>排出量

CO<sub>2</sub>以外の項目の排出量（質量）を従来型と新型プレマシーを比較して示したのがFig.10である。それぞれの項目で、従来型プレマシーのSO<sub>x</sub>排出量を1.0とした場合の相対値を示している。これを見ると、PM以外の項目で排出量が低減している。新型プレマシーのNO<sub>x</sub>排出量は、従来型の2%低減していることが確認された。同様に、新型プレマシーのNMHCおよびSO<sub>x</sub>排出量は、それぞれ従来型の3%および2%低減している。

これは、主にエンジンからの排出ガス浄化性能の向上と、燃費改善によるものである。一方、PMは、安全向上対策などによる車両質量の増加に伴い、1%増加している。

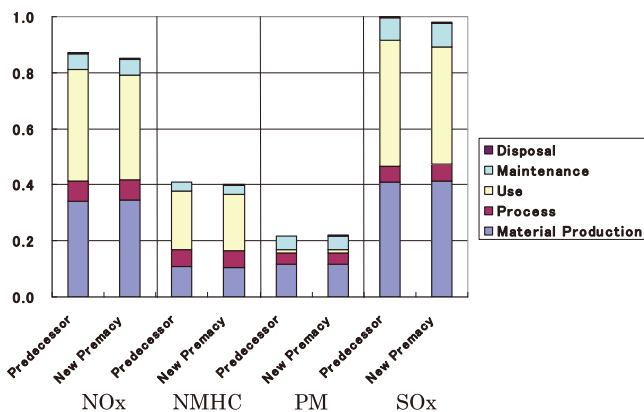


Fig.10 Comparison of NO<sub>x</sub>, NMHC, PM, and SO<sub>x</sub> Emissions between Predecessor and New Premacy

## 5. 結論

RX-8ハイドロジェンREについて、水素を燃料としたロータリエンジン車としては世界で初めてLCAを実施し、また新型プレマシーを、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した。

その結果、RX-8ハイドロジェンREおよび新型プレマシーで、ライフサイクル中のCO<sub>2</sub>などの排出量は、従来型に比較して以下の通り低減していることを確認できた。

RX-8ハイドロジェンREは、製造時の環境負荷が小さい苛性ソーダ副生水素を燃料にすることにより、RX-8に比較して、CO<sub>2</sub>排出量は57%低減、NO<sub>x</sub>排出量は55%低減、NMHC排出量は55%低減、SO<sub>x</sub>排出量は26%低減が確認できた。

新型プレマシーは、主として燃費向上したことにより、従来型に比較して、CO<sub>2</sub>排出量は6%低減、NO<sub>x</sub>排出量は2%低減、NMHC排出量は3%低減、SO<sub>x</sub>排出量は3%低減が確認できた。

一方、PMについては、RX-8ハイドロジェンREおよび新型プレマシーは、それぞれ4%および1%増加していた。PMの低減には、車両の軽量化や製造段階の環境負荷の低減などを進める必要がある。

## 6. おわりに

以上述べたように、RX-8ハイドロジェンREおよび新型プレマシーは、ライフサイクル中の環境負荷を低減できたことを確認できた。

今後とも、代替燃料、新技術や新製造工程など、ライフサイクル全体での環境負荷を考慮し、低減するための車造りが重要になると考える。そのため、LCA原単位データの拡充が課題であり、社内外の関係者と連携して取り組んでいく所存である。

## 参考文献

- (1) International Organization for Standard (2006) ISO14040

■ 著 者 ■



新田茂樹



森口義久