

アルミ軽量乗用車導入のビジネスモデルにおける CO2 と経済性の評価

(移動機能をサービシ素材はリサイクル)

山口雅教^{a)} 八木田浩史^{b)} 稲葉敦^{c)} 大谷 眞^{d)}

大久保正男^{e)} 小林浩^{f)} 綾田研三^{g)}

^{a)}産業技術総合研究所 ^{b)}日本工業大学 ^{c)}東京大学 ^{d)}住友軽金属工業(株)

^{e)}(社)日本アルミニウム協会 ^{f)}(財)金属系材料研究開発センター ^{g)}神鋼リサーチ(株)

key words : cost, CO2 emission, car, aluminum, simulation

概要

乗用車のアルミ化過程での経済的側面を検討するため、既存の CO2 排出量評価ツールにコスト計算部分を追加した。現状の基準車から数年毎に車両のアルミ化率を高め、製造された車両が 10 年 10 万 km 走行後、廃車時にアルミと鉄を高比率で回収再利用するケースについて、現状妥当と考えられる単価を与えることにより、CO2 排出量の変化と共に車両の製造・リサイクル時の素材価格と使用時の燃料価格の変化を調査した。その結果、アルミ化過程の CO2 排出量及びコストの年時変化パターンは類似しており、CO2 排出量削減とコスト低減を同時に実現するビジネスモデルの実現可能性があることを確認した。素材費の上昇はその約 4 倍の燃料費低減により吸収され、軽量化及びリサイクルの効果で、1 台当りのライフサイクルコストは基準車の 14% 低減可能であることが分かった。また内部コストに加えて、外部コストに関する検討も行った。

緒言

第 6 回エコバランス国際会議では、アルミ化乗用車の導入効果として軽量化による燃費改善と素材のリサイクル効果により CO2 排出量を大幅に削減できる可能性があることを報告した¹⁾。この削減効果を実現するには、アルミ産業・自動車産業・消費者の 3 者トータルでメリットのあるビジネスモデルが必要である。CO2 削減と経済性が両立するビジネスモデルとして、使い捨てカメラがレンズ付フィルムに変化したのと同様な取組みを乗用車で行った場合を想定して、その実現可能性を検討するため、システムコストが計算できるように評価ツールを拡張し、LCA/LCC を検討した。

モデルの特徴と内容

本モデルは乗用車の構成及び材料を比較的詳細に記述しており、下記の特徴がある。

材料はアルミ、スチール、プラスチック及びその他の部材に区分されている。

素材に関して、アルミは板材、押出材、鍛造材、鋳造材の 4 種類、スチールは板材 3 種類（熱延鋼板、冷延鋼板、亜鉛メッキ鋼板）、特殊鋼、普通鋼・棒鋼及び鋳鉄の 6 種類に区分されている。工程は原料、素材製造、加工組立、車製造、走行、廃棄、リサイクルに区分されている。

自動車の 8 部品の材料、重量を設定できる。

アルミの場合の材料フローを図 1 に示す。

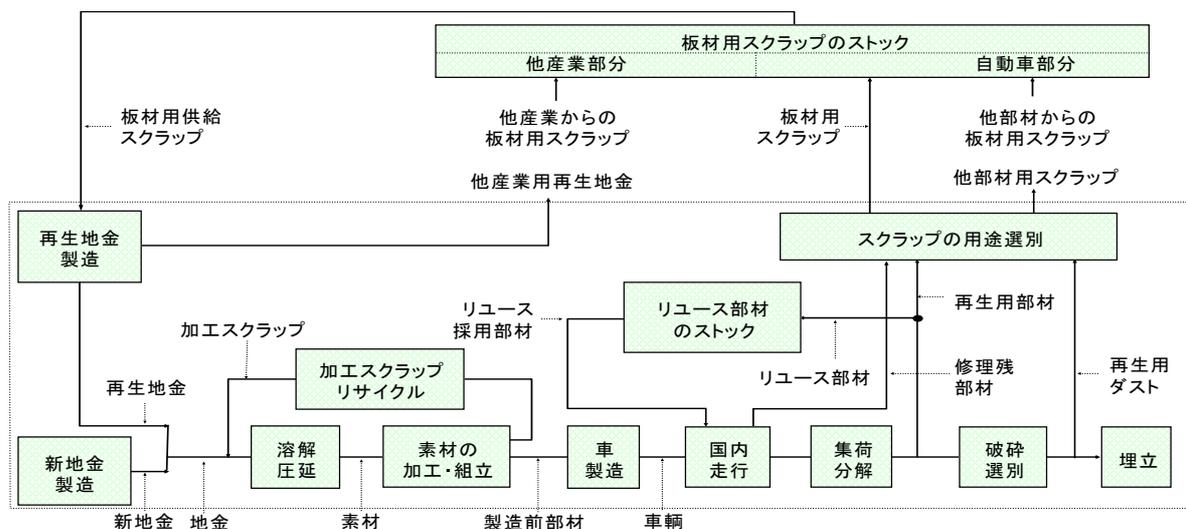


図1 乗用車アルミ化のシステムコスト評価時のアルミニウムの材料フロー(板材の場合)

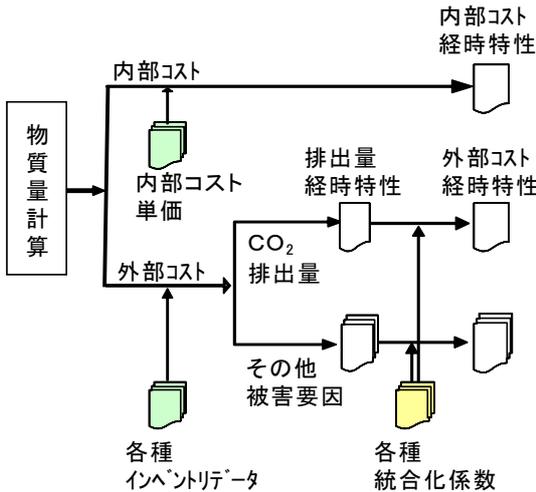


図 2 コスト計算部を追加した計算全体の構成

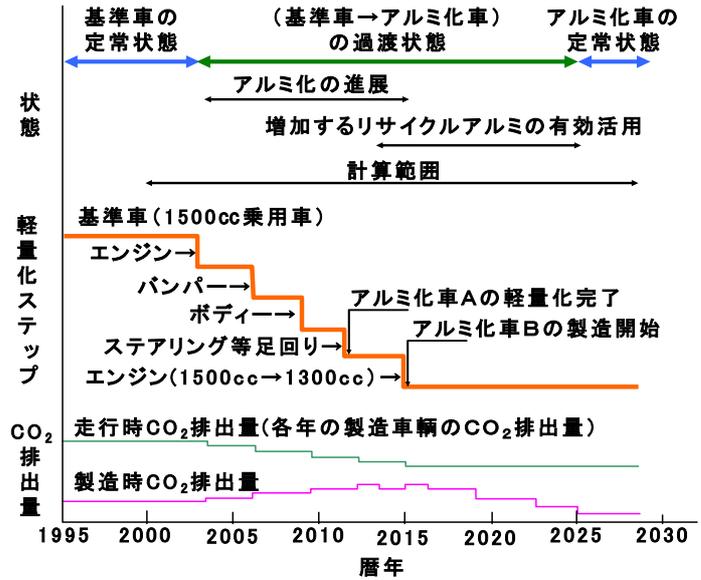


図 3 基準車からアルミ化車への移行シナリオ

表1 シナリオで想定した主要な状態及び定数

項目	基準車	アルミ化車	
		A	B
車両重量	1037 kg	845 kg	825 kg
アルミ化率	0.06	0.45	0.44
排気量	1500 cc	1300 cc	
走行距離、寿命	100,000 km、10年		
走行車両台数	3000万台一定		
スクラップ配合率	板材	同一部材へのリサイクルで決まる値(注1)	
	押出材		
	鋳造材	0.95	
走行時CO ₂ 排出量計算	実測値基準	カタログ値基準	
車両のアルミ化期間	12年(3年間隔5ステップ)		

注1) 熱交換器のアルミ部材は全て鋳造材へリサイクル

スチール及びプラスチックのフローもアルミとほぼ同じであるが、プラスチックでは廃棄物を焼却する工程を組み込んでいる。本報告ではこのようなフロー図に基づく物質算及びCO₂排出量計算部分に内部及び外部コスト計算部分(原油及びアルミの枯渇、CO₂排出被害)を追加した。外部コストの計算には日本版被害算定型影響評価手法(LIME)を使用した。全体の計算の構成を図2に示す。図において、計算の拡張部分は、内部コスト計算のための内部コスト単価とその経時特性計算部分、及び外部コスト計算のためのLIMEの統合化係数部分とその経時特性計算部分である。

システムコスト評価

想定したシナリオ及び定数

表2 素材加工及び燃料コスト

単位(¥/kg)

部材(→)	アルミ				スチール						
	板材	押出材	鍛造材	鋳造材	熱延鋼板	冷延高張力鋼板	亜鉛メッキ鋼板	普通鋼棒鋼	特殊鋼	鋳鉄	
工程↓											
製造	新地金、転炉鋼	200			30	30	30	30	30	20	
	再生地金、電炉鋼	0									
	素材製造(溶解・圧延)	200	200	300	80	40	50	60	40	50	10
	素材の加工組立	0	0			0		0	0	0	
車製造	0										
走行コスト	燃料	カタログ値基準 (6.111 * 重量 - 208.15) / 10 * 100 (¥/1万km)									
	燃料	実測値基準 (2.967 * 重量 + 3052) / 10 * 100 (¥/1万km)									
廃棄・リサイクル	40				15						

計算で想定した軽量化のシナリオを図3に示す。基準車からアルミ化車Aへの軽量化は2003年を起点として3年ごとに4ステップで進展し、2012年で完成する。その後、更にエンジン部分を1500ccから1300ccへ仕様変更することにより軽量化を行い、2015年でアルミ化車Bが完成する。基準車とアルミ化車の基本的な仕様を表1に示す。製造台数は国内使用を想定し300万台一定とした。アルミ化率は6%から44%に増加し、最終の軽量化率は20.5%である。アルミ及びスチールのリサイクル可能部材は、理想的な条件として、同一部材にリサイクル(熱交換器の部材を除く)されると仮定した。アルミ材のスクラップ配合率は、基準車については現状値、アルミ化車については(同一部材へのリサイクル量/使用量)で決まる値を使用した。

次にシステム内部コストを計算する際の各部材の単価及び燃料価格を表2に示す。ここでは素材面でのシステムコストの変化を検討することを主目的としたため、アルミ及びブスチールについて標準的と考えられる素材製造・加工及びリサイクルの単価を設定し、車両製造及び廃棄コストは考慮していない。乗用車のアルミは同一部材にリサイクルされるとしたため、再生地金の製造コストは0(¥/kg)とし、その後の工程である素材製造及び加工の単価を設定している。リサイクルの単価はアルミ、スチール夫々40(¥/kg)、15(¥/kg)とした。燃費は10・15モードでの値であり、基準車からアルミ化車Aまでの軽量化に関しては車両重量を変化させた場合の実測値に基づく式を用いて設定し、アルミ化車Bではエンジン仕様が変わるためアルミ化車Aからアルミ化車Bへの軽量化に関してはカタログ値基準の式を用いて設定した。ガソリン単価は100(¥/L)とし、表2中では1万km走行時(1年分)の燃料コストを示している。

シナリオに基づく計算結果

図1及び上記条件から計算されるシステムコストは、アルミ移行における社会全体として必要なコストを示すと考えられる。図4はその年次変化を示す。同様に図5は同一条件でのCO₂排出量の年次変化を示している。図に示されるように、システムコストとCO₂排出量の推移パターンは類似しており、このことから、素材の製造・リサイクル及び燃料消費の観点では、アルミ使用乗用車は軽量化及びリサイクルの効果により、CO₂排出量の削減及びシステ

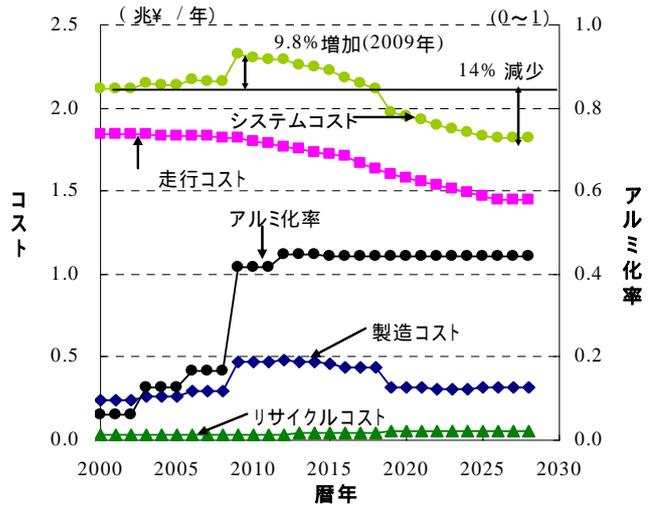


図4 製造、走行及びリサイクルのシステムコスト

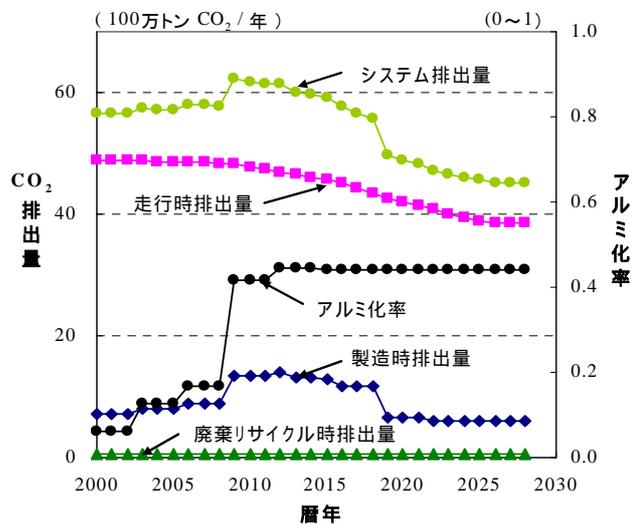


図5 製造、走行及び廃棄リサイクルのCO₂排出量

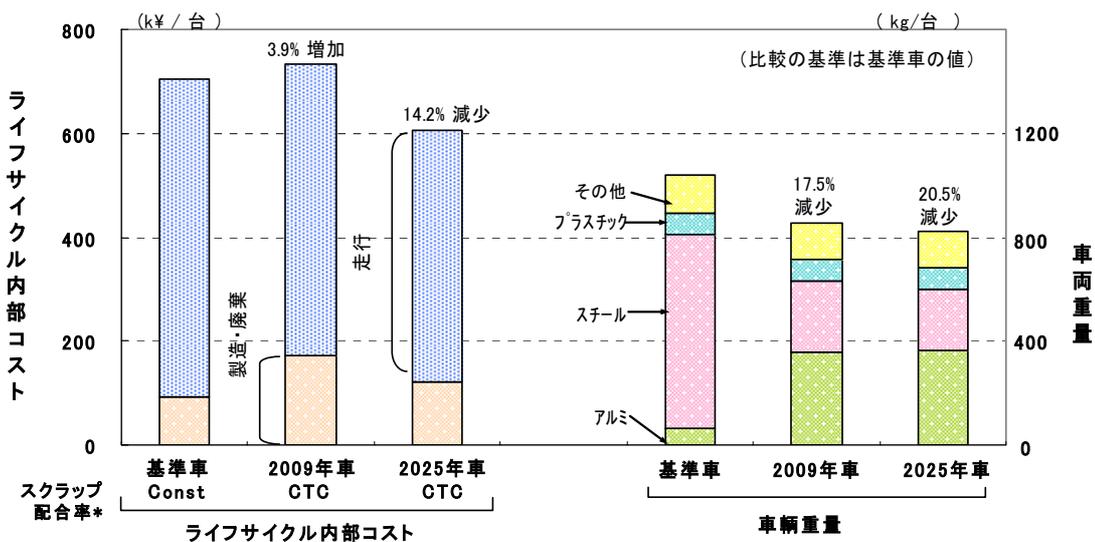


図6 車両重量及び製造・リサイクル・走行時のライフサイクル内部コスト
[スクラップ配合率* ; Const→初期値保持, CTC→同一部材へのリサイクルで決まる値]

ムコストの低減を同時に実現できる可能性があることが分かる。

図4よりアルミ化車の最終状態では、システムコストは、基準車に対し約14%低減すること及びアルミ化車への移行過程において、一時的に9.8%増加することが分かる。アルミ化車のシステムコスト低減の理由は、リサイクル効果により素材費の上昇が抑制されるとともに軽量化効果により走行費が抑制されたためである。即ち素材費の上昇はその約4倍の燃料費低減の効果により吸収されている。

一方、車両1台に関する製造、使用、廃棄のライフサイクルコストはユーザーの購入・維持費に直接影響を与えるため、アルミ化車への移行の可能性に大きな影響力を持つとコストと考えられる。図4の計算結果を用いて素材の製造・リサイクル及び走行時のライフサイクルコストを算出した結果を図6に、その際の素材に関する重量及びコストの内訳を表3に示す。図よりアルミ化車の最終状態では、ライフサイクルコストは20.5%の軽量化に対しシステムコストと同様に約14%減少し、アルミ化移行の過渡状態(2009年)では、17.5%の軽量化に対しライフサイクルコストは3.9%増加していることが分かる。後者の値はシステムコストの増加9.8%に比較し小さく、絶対値としても比較的小さい。このことから素材的にはアルミ化移行の障壁も比較的小さいと想定される。ライフサイクルコストの過渡時の増加がシステムコストより小さい理由は、システムコストでは各暦年の走行コストが過去に10年間に製造した車両の影響を受けて増加するためである。表3の基準車と2025年車のアルミ素材を比較すると、重量の約5倍の増加に対しコストは約10倍増加している。この理由は、ボディーのアルミ化に伴い、基準車で多く使用されている鋳造材に対し製造・加工単価の2.5倍高い板材の使用比率が増加するためである。

外部コストの影響の概略を把握するため、図1のシステムについてCO2排出量、及び走行時の燃料消費による原油の損耗及び軽量化によるアルミの損耗について外部コストを試算した。外部コスト試算にはLIMEの統合化係数を使用した。結果を図7に示す。上記3項目の合計した外部コストの内部コストに対する比率は6.5~7.1%であることが分かった。また外部コストの87%はCO2排出分のコストであった。

結論

以上の結果を纏めると以下のようである。

- 1) アルミ化過程でのCO2排出量とコストの年次推移パターンは類似していることから、高いリサイクル率を実現したアルミ軽量化車両では、CO2削減とコスト低減が両立するビジネスモデル実現の可能性があることが分かった。
- 2) アルミ化車の定常状態ではコストは14%低下する。
- 3) アルミ化車への移行過程でシステムコストは約9.8%増加するが、ライフサイクルコストは4%程度の増加で比較的小さい。
- 4) CO2排出、原油及びアルミの損耗を考慮した外部コストの大きさは内部コストの6.5~7%であった。

謝辞

本研究は、H14年からH16年までの、NEDOによる助成事業である、「アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発」のなかで行われた。

参考文献

- 1) 山口, 他 : Effect of Weight Reduction by Aluminium Utilization for Passenger Cars Calculated Using CO2 Emission Estimation Tool, 第6回エコバランス国際会議, 2004.10

表3 素材の重量及びコストの内訳

	項目	基準車	2009年車	2025年車
重量 (kg)	アルミ	61.6	356	364
	鉄	748	272	233
	車両	1037	856	825
素材コスト (千円)	アルミ	9.6	147	99.8
	鉄	82.5	25.7	21.9
	合計	92.1	173	122

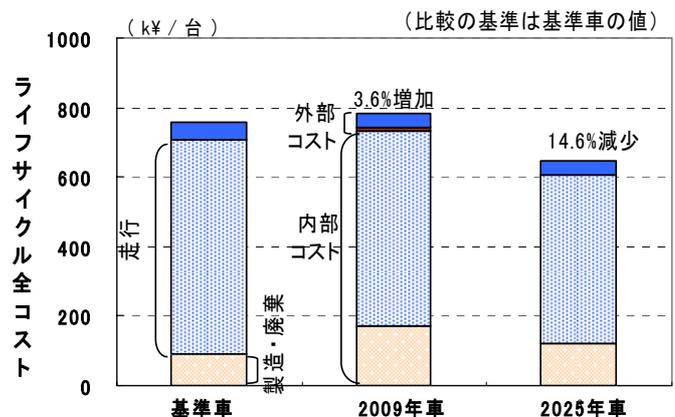


図7 製造・リサイクル・走行時のライフサイクル全コスト
[外部コスト: LIMEを使用 (CO2排出、原油損耗、Al損耗) について評価]

