

自動車材料のアルミ化による CO₂ 削減効果
(Advantages of Substituting Aluminum for Heavier Materials
in Automotive Applications to Reduce CO₂ Emissions)

大久保正男*,尾上俊雄**

* 日本アルミニウム協会、東京都中央区銀座 4-2-15

** 日本アルミニウム協会 LCA 調査委員会委員、(神鋼リサーチ株式会社、東京都江東区東陽 4-10-4)

キーワード：自動車、CO₂ 削減、アルミニウム、軽量化

要 旨

日本アルミニウム協会は、自動車材料としてスチールからアルミニウムへの置換え量を現状(1998 年度：105kg/台)より、2010 年度(150kg/台)、2025 年度(250kg/台)と拡大させる ことによる日本国内の CO₂ 削減効果の第一次試算を行い、京都議定書での日本の温室効果ガス排出削減目標達成への寄与を評価した。この試算は、自動車のライフサイクルにおける CO₂ 排出量の 9 割以上を占める「使用(走行)段階」と「素材製造段階」について行い、現状より 2010 年度に約 330 万トンの CO₂/年(基準年 1990 年度総排出量の 0.3%)および 2025 年度に約 960 万トンの CO₂/年(同 0.9%)の削減効果を得た。

はじめに

日本国内での自家用自動車の CO₂ 排出量は 1998 年度に 137.8 百万トンの年であり、全体の 12.4%を占めた。COP3 会議で定められた 2010 年までに 6%を目標とする温室効果ガス排出削減を達成するために官民挙げてとりくんでいる。

本研究では、自動車材料のアルミ化による軽量化によるライフサイクルの環境負荷 (主として CO₂)

の削減効果を試算した。

試算方法

1. LCA : 乗用車の国内 CO₂ 削減効果

1-1. 主な前提条件

試算にあたっての、前提条件を表 1.に一覧表にした。

表 1.前提条件の一覧

項目	内容
対象物	日本国内で製造され、走行している自家用乗用車の同一のスチール部材およびアルミニウム部材
時期	現在(1998 年)を基準とし、2010 年度(地球温暖化対策の第一約束期間の中央年)および 2025 年度(長期)の変化
素材製造：生産台数	750 万台一定(1998 年度実績 805 万台から一部海外生産にシフト)
素材製造：部品の重量	現行のスチール部材をアルミニウム部材に変更した場合の重量は現状の肉厚変化(ex.ボンネット板厚 Al=1mm、Fe=0.7mm)などを考慮し、Al/Fe 重量比を板材 0.5、押出材 0.6、鍛鍛材 0.8 と想定 ¹⁾
素材の製造：部品/素材重量比	全ての歩留は 0.5 と仮定した。
素材の製造：スクラップの扱い	Al : 90%の評価で原料に返す。Fe : 90%
走行：乗用車保有台数	4,000 万台一定(環境省の 2010 年度 6,108 万台との予想があるが、効果の過大評価を避け、1998 年度実績 4,989 万台よりも低目)
走行：燃費向上効果	市販ガソリン車の車両総重量(x : kg)と 10・15 モード燃費(y : km/l)の関係(y=32.924 e ^{-0.0006x})よりその年に走行している生産年度毎の車両分布の重みを考慮し算出 (特定の車両にて、重量変化による燃費の変化確認テスト実施し、関係式より求めたものとの差は 1 割以内であることを確認した。)
走行：ガソリンの CO ₂ 排出係数	精製・配送を含めた 2.57kg-CO ₂ /L

1-2 試算手順と方法

(1)走行分：1998 年度を基準に 2010 年度の効果を以下のようにして試算した。

①車両総重量 1,543kg(平均)の乗用車において、スチール/アルミ部品の重量対応(図 1)より、アルミニウムの使用量が 45kg 増加すると、スチールの使用量が 78.6kg 減少するので、軽量化効果は 33.6kg となる。

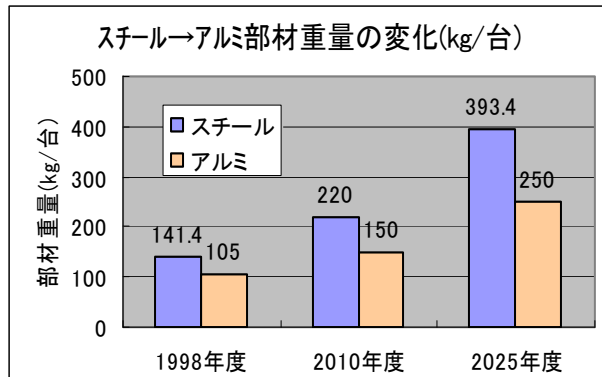


図 1.アルミ化による重量の変化

②33.6kg/台の軽量化による燃費向上効果は、車両総重量と 10・15 モード燃費のグラフ(図 2：燃費のカタログ値をプロット)より 13.0-13.3=0.3km/L となる。

③1998 年度に走行している車の初度登録年によりアルミの使用量(車両総重量)が異なり、図 2 に対応した燃費となる。車の初度登録年の構成比(自動車工業会のホームページに記載した 1999 年 3 月末データ)にて加重平均することにより、1998 年度に走行している車の平均燃費は、12.91km/L=199.1g-CO₂/km となる。
→生涯(寿命 10 年)の平均走行距離 10 万 km では、19909kg-CO₂/台(1991kg-CO₂/年・台)の排出量と

なる。ここでガソリンの CO₂ 排出係数は、精製・配送を含めた 2.57kg-CO₂/L を用いた。

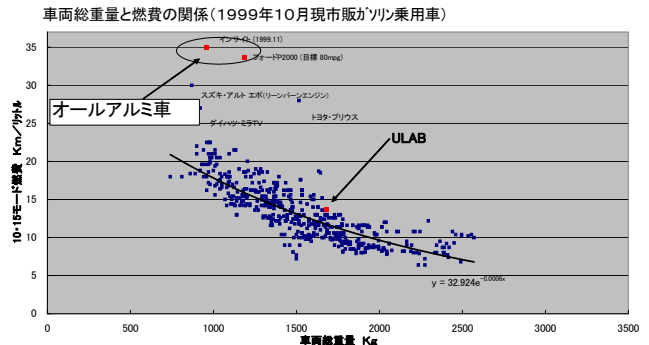


図 2.車両総重量と燃費の関係

④2010 年度に走行している車の初度登録年の構成比(③と同一データを使用)とその燃費データ図 2 より、2010 年度に走行している車の平均燃費は、13.18km/L=195.0g-CO₂/km となる。
→生涯(寿命 10 年)の平均走行距離 10 万 km では、19504kg-CO₂/台(1950kg-CO₂/年・台)の排出量となる。

即ち、2010 年度は 1998 年度より

1990.9-1950.4=40.5kg-CO₂/年・台削減される。

⑤国内での乗用車の保有台数は 4,000 万台であり、162 万トン-CO₂/年の削減効果となる。

(2)素材の製造段階における効果(スチール→アルミ化)：

① アルミニウム

<マテリアルフロー (図 3) >

自動車の部品加工・組立時の歩留り (部材/素材比) を 0.5 と仮定したため、1kg の自動車用部材に対して 2kg の素材 (圧延材/押出材) を必要とする

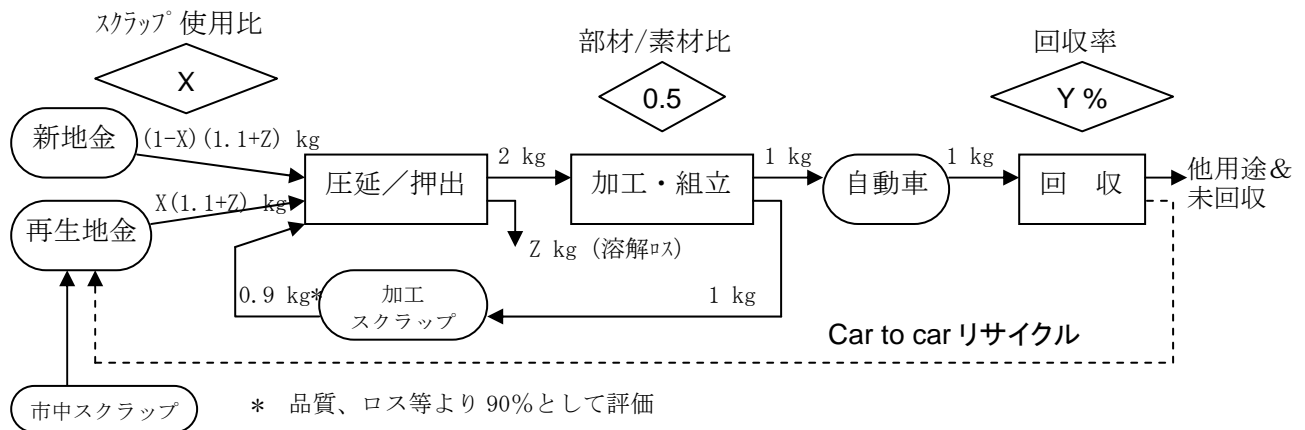


図 3.アルミニウムのマテリアルフロー

が、加工・組立段階で発生するスクラップは加工スクラップとして圧延工場に戻され（品質、ロス等を考慮し 90%と仮定）、実質的に投入される原料は溶解ロス分 Z kg を含めた (1.1+Z) kg である。原料は新地金および再生地金とし、再生地金の使用比率をスクラップ使用比率とした。なお、圧延工場内で発生する回転スクラップは循環使用される。

鋳鍛材のマテリアルフローについては、圧延/押出工程が鋳造工程となるだけで、基本的に同じである。

<インベントリ (表 2) >

使用した板材、押出材、原料となる新地金および再生地金のインベントリは、いずれも日本アルミニ

ウム協会 LCA 委員会において調査、取り纏めたものである。なお、鋳鍛材のインベントリについてはデータがなく、IAI (International Aluminium Institute) の鋳造材のインベントリ²⁾を用いた。

わが国では、アルミニウム新地金をはじめ、他の鉱物資源や燃料の多くは海外から輸入している。国内 CO₂ 排出量を算出するにあたっては、これらについて考慮する必要があるが、インベントリデータとしてこれらを海外発生分と区別しているものは少ない。そこで、本試算ではもっとも大きく影響すると考えられるアルミニウム新地金のエネルギーおよび CO₂ 排出のみを海外発生分として扱った。

表 2 各工程のインベントリ

段 階	地域	新地金 1kg	再生地金 1kg	加 工 (1 工程/kg-製品)		
				板材	押出材	鋳鍛材(原料込み)
エネルギー (MJ)	海外	153.7	0	0	0	
	国内	0	5.69	21.9	23.5	
CO _x (g)	海外	9,601	0	0	0	新地金/再生地金 13,081/1,352
	国内	0	308	1,507	1,707	
NO _x (g)	国内	18.3	0.45	2.83	3.17	
SO _x (g)	国内	0.058	0.142	6.92	8.09	

②スチール

<マテリアルフロー (図 4) >

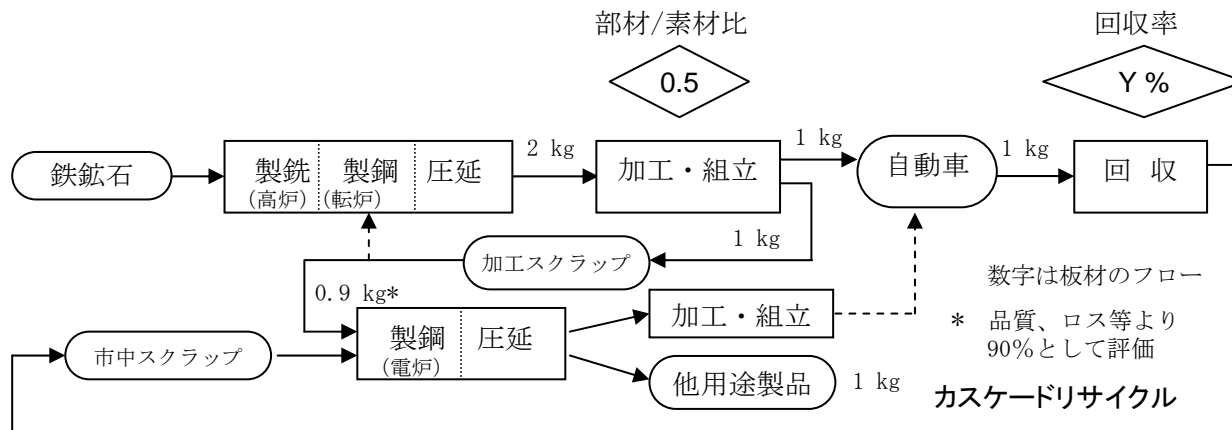


図 4.スチールのマテリアルフロー

鉄鋼のインベントリについてはいくつかのデータがあるが、ここでは、自動車の LCA を念頭に環境負荷について海外と国内に分けて算出している船崎ら³⁾のデータを用いた。このインベントリには、鉄鋼製造の上流工程のインベントリを含むが、燃料製造については国内消費分の燃料のみで、海外で消

費される燃料の製造分は含まれていない。

高炉法による鉄鋼製造のインベントリを表 3-5 に示す。これより、歩留り (94.2%) を考慮して次のように算出される。押出材代替材は表面処理を除いた。

表 3 高炉による鉄鋼製造の各工程のインベントリ

段 階	地域	製鉄 1kg	製鋼 1kg	加 工 (1 工程/kg 製品)		
				熱間圧延	冷間圧延	表面処理
エネルギー (MJ)	海外	2.04	0.05	0.06	0.06	0.05
	国内	22.80	0.50	2.87	3.10	2.28
CO ₂ (g)	海外	165	7	4	4	3
	国内	1,560	154	286	365	274
NO ₂ (g)	海外	2.67	0.08	0.02	0.03	0.02
	国内	0.37	0.04	0.07	0.08	0.06
SO ₂ (g)	海外	1.76	0.05	0.02	0.02	0.02
	国内	0.56	0.04	0.06	0.06	0.05

環境負荷 = (製鉄 + 製鋼) / 0.942 +

(熱間圧延 + 冷間圧延 + 表面処理) (3)

この結果、鋼材 1kg 当りの CO₂ 排出量(g-CO₂)は、

	板材	押出材代替材
全体 (海外発生分を含む)	2,939	2,662
国内発生分のみ	2,745	2,471

加工スクラップの評価に用いる電炉普通鋼のインベントリについても船崎ら²⁾のデータを用いた。この場合は、便宜上、すべて CO₂ 排出量は国内排出として扱った。CO₂ 排出量は 639 g-CO₂/kg-steel である。

注) 製鉄 (高炉) の数値には上流工程を含む普通炭素鋼の鋳片に対する粗鋼 (合金を含む) 歩留り : 94.2%

<鋳鍛材のインベントリ>

鋳鍛材のインベントリデータは入手できなかったため、CO₂ 排出量を全体 (海外発生分を含む) で 2,200 g-CO₂/kg-steel、国内排出量を 2,000 g-CO₂/kg-steel と仮定した。

結 果

スチールからアルミ化による CO₂ 削減効果を、使用 (走行) 段階では軽量化による燃費向上効果を計

上し、素材製造段階では、スチール素材の製造段階における CO₂ インベントリと同一部品に相当するアルミニウム素材の製造段階における CO₂ インベントリの差を計上した。

1. 国内 CO₂ 排出量 : (表 4)

海外で CO₂ を排出する新地金の製錬工程分を除くと、スクラップ原料の使用比率が変化しても、国内の素材製造段階での CO₂ 排出量はほぼ一定である。

表 4 からすると、スクラップ比率を 50% とした場合、現状より 2010 年度に 328 万 t-CO₂/年 (基準年 1990 年度総排出量の 0.3%) および 2025 年度に 961 万 t-CO₂/年 (同 0.9%) の削減効果を得た。

2. 全 CO₂ 排出量 : (表 5)

海外で行っている製錬工程の環境負荷が大きく、これを含めると素材製造段階での削減分は悪化し、リサイクルを推進する効果が見えてくる。しかし、燃費向上による削減分も大きいので、スクラップを原料としての使用比率を約 10% (2010 年では 8%、2025 年度では 14%) 以上にするとアルミが有利となる。

ただし、スチールでのスクラップ原料使用比率やその他の前提条件の見直し次第では結果は変化する。

表 4. 国内 CO₂ 排出量の削減効果 (単位 : 万 t-CO₂/年)

国内 CO ₂ 排出 スクラップ比率	素材製造段階での削減分			燃費向上による削減分	(素材製造 + 使用段階) 計		
	0%	50%	100%		0%	50%	100%
1998 年	基準	基準	基準	基準	基準	基準	基準
2010 年	168	166	164	162	330	328	326
2025 年	523	518	513	443	966	961	956

表 5. 全 CO₂ 排出量の削減効果 (単位：万 t-CO₂/年)

全 CO ₂ 排出 スクラップ比率	素材製造段階での削減分			燃費向上に よる削減分	(素材製造+使用段階) 計		
	0%	50%	100%		0%	50%	100%
1998 年	基準	基準	基準	基準	基準	基準	基準
2010 年	△199	△7	186	167	△32	160	353
2025 年	△626	△25	576	456	△170	431	1,032

あとがき

2002 年度からは JRCM が軽圧メーカー、日本アルミニウム協会などと共に「自動車のアルミ化に向けての固有技術の開発」および材料資源およびエネルギー資源の保全に向けての「自動車用アルミニウムについて展伸材から展伸材へのリサイクルのビジネスモデル構築に向けての調査研究」を行うが、後者については 3 年間で自動車の LCA 調査を行うことになっており、今後関係者のご協力を得て、自動車の LCA 評価モデルを構築したい。

- 1) 日本アルミニウム協会：「アルミニウム産業の技術戦略の策定に関する調査研究報告書」、(2000)
- 2) International Aluminium Institute：”Life Cycle Inventory of the World Aluminium Industry with regard to Energy Consumption and Emissions of Greenhouse Gases”、Part 1-Automotive(2000)
- 3) 船橋 敦、種田克典：自動車研究、Vol.23(2001),P102