

**アルミニウムの活用による機械工業の
省エネに関する調査研究報告書**

平成11年3月

社団法人 日本アルミニウム連盟

3．自動車用材料のアルミニウム化による省エネルギー

3．1 自動車部品へのアルミニウム適用の動向

近年、自動車の軽量化は地球環境や資源の保護の立場からますます重要になっている。軽量化材料としてのアルミニウムはコストパフォーマンスが高いこと、リサイクル性に優れていることなどから、エンジンやホイールなどの鋳物として多用されてきた。アルミニウム使用量が劇的に増加したのは、1973年の第1次石油危機を契機とした省エネの要請であった。

自動車で二酸化炭素排出量を削減するためには、燃費を向上させることが重要であり、アルミニウムは鋼に比べ比重が約1/3であり、アルミニウムの自動車材料への適用は燃費向上に有効である。図3.1-1は日米欧の1995～2010年における燃費関連要件の変遷と今後の動向を示す¹⁾。日本では2000～2010年までの燃費改善案が出されている。欧州では2000年に3L/100kmカーの導入やCO₂量削減案が出されている。北米では高燃費車(PNGV)の開発が推進されている。

北米における自動車用アルミニウムの使用量は1999年には170万トン(96年比12%増)で、一台あたりの使用量は平均113kg(96年比9%増)である。特に、ゼネラルモーターズ社はアルミニウムの使用量が多く平均123kg/台である。また、新聞情報によると、アルカン社は全世界の自動車用アルミニウムの需要は1998年の450万トンから2005年には750万トンになると予想している。

これらの動きを受け、フードやフェンダーなどのパネル類やバンパ・リインフォース、ドアインパクトバー、サスペンションなどの構造部品にアルミニウム展伸材(板、押出、鍛造)が使用され始めている。さらには、オールアルミニウム車を想定したスペースフレームの車体構造が欧米で提案され、量産が一部行なわれるまでにアルミ化は進展している。

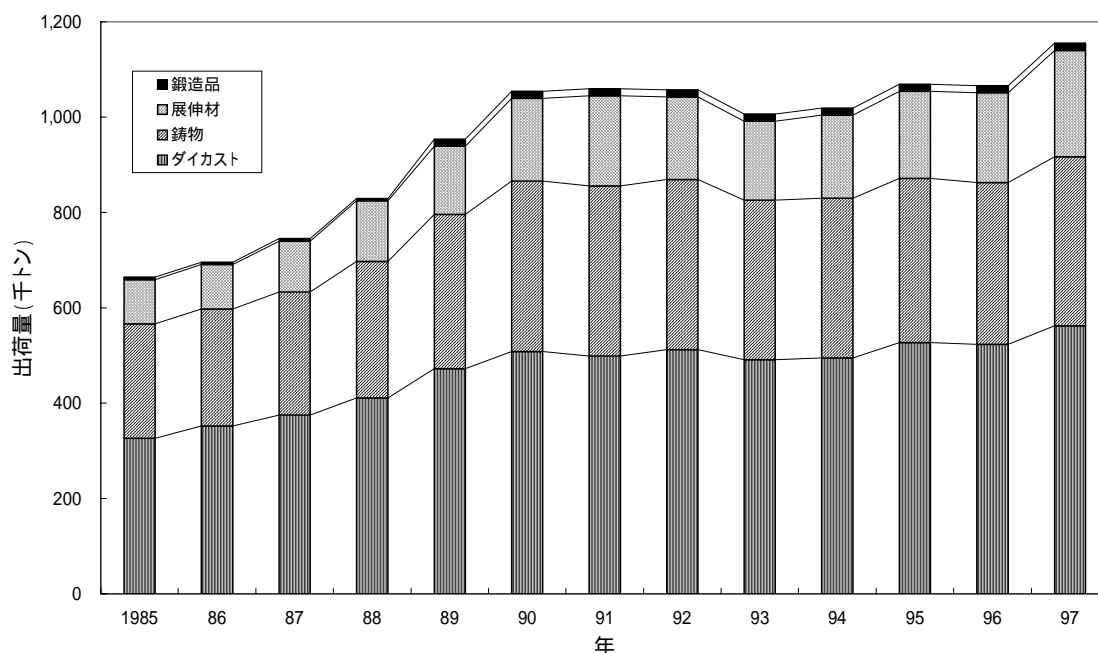
	決定案		
	2000	2005	2010
日本	<ガソリン乗用車> 対90年比8.5%改善 <ガソリン軽中量貨物車> 対93年比5%改善 <ハイブリッド乗用車、軽中量貨物車> 対95年比15%改善 ｸﾞﾘｰﾝｶｰ-車導入促進?	対95年比15%改善 目標 2010年 350万台 EV 20万台 HEV 180万台 CNG 100万台 LPG 22万台	対95年比20%改善
米国		第一世代PNGV導入? 目標: 80mpg 技術: ハイブリッドHEV	第二世代PNGV導入? 目標: 100mpg+排気ゼロ(乗用車) 50mpg(軽量トラック) 技術候補: 燃料電池、ガスタービン
欧州	良燃費車に対する税制優遇 3L/100km 導入 独、デンマーク良燃費車に対する税制優遇	対95年比25%改善 欧州自工会目標CO ₂ 量 155g/km EC委員会目標CO ₂ 量 120g/km	

図3.1-1 日米欧 1995～2010年燃費関連要件の変遷と今後の動き

3.1.1 自動車向けアルミニウム製品の需要推移

日本国内におけるアルミニウムの製品総需要量（1997年）は約420万トンであり、鉄の1/25である。これを形態別に分けると板材が131万トン、押出材が約124万トン、鋳物・ダイカストが約117万トン、鍛造品が約3万トンである。これらの需要量の中で自動車分野が占める割合は板材で7.4%、押出材で9.2%、鋳物で80%、鍛造品で59%であり、自動車分野におけるアルミニウム製品需要のほとんどがエンジンやホイールなどの鋳物である。図3.1-2は1985年から1997年間の自動車向けアルミニウム製品の需要量の推移を、形態別に示したものである。1990年までは増加傾向にあるが、1990年以降は約100万トンレベルとなっている。

図3.1-2 自動車向けアルミニウム製品の需要推移



3.1.2 自動車用材料のアルミニウム化の現状

最近の日本と米国におけるボディーパネルのアルミニウム化の現状を表3.1-1に示す²⁾。アルミニウム化部品は日米を問わず、まだ既存の製造設備で使えるフードなどの蓋物類に限られている。国内ではスポーティー車、高級車での採用が目立つが、米国では生産量の多い車のアルミニウム化が1997年から1999年にかけて計画されている。

フードなどの蓋物以外にアルミ化されたプレス部品はあまり多くないが、カバー類、ケース類での適用がある。中でも床下のヒートインシュレーターは欧米ではかなりアルミニウムが普及しており、国内でも増えつつある。また、最近欧州の量産車にオールアルミニウムのラジエータサポートが採用されている。

アルミニウム材料の中で押出品ほどアルミニウムの特徴が出せるものはない。押出成形では断面形状が自由に選べて、一体成形できるため、スポット溶接などの点接合部品に比べ剛

性が高く、鋼板の成形の場合に必要なプレス用金型が不要となり、加工費を含めてのコスト競争力を高めることができる。このため、バンパ補強、ドアインパクトビーム、サンルーフや電動シートのレール類及びサンルーフなどに用いるフレーム類などに押出形材が採用されている。

表3.1-1 日米におけるアルミニウムパネルの採用状況

自動車メーカー	日本				米国		
	フード	リム-バルルーフ	フェンダー	トランクリッド	自動車メーカー	現在	1997～2000
トヨタ	スープラ セリカ	RAV-4			フォード	Lincoln Tower Car (H) Crown Victory (H,D) Lincoln Mark (H) F-150 (H) Taurus/Sable (D) FN10 (H)	5～6のモデルでボディパネルのアルミニウム化計画
日産	フェアレディ Z スカイライン GTR J フェリー	インフィニティ Q45	スカイライン GTR	フェアレディ Z			
ホンダ		NSX CR-V	NSX	NSX			
マツダ	RX-7 ロードスター センティア コスモ ユーノス 800				GM	Aurora/Riviera (H) U-VAN (H)	6～7のモデルでボディパネルのアルミニウム化計画
三菱	ランサー ラリー	RVR					
スズキ	カブチーノ	カブチーノ	カブチーノ				

3.1.3 車体のアルミニウム化

最近、欧州を中心にアルミニウムの持つ特徴の一つである押出材を車体の主要構造部材に用いたアルミニウムスペースフレーム構造車体が合い次いで発表または発売され、アルミニウム車体構造の主流になりつつある。日、米、欧での車体のアルミニウム化はそれぞれの地域の社会的背景の違いにより若干異なった進展をしてきた³⁾。すなわち、北米では主にCAFE規制をクリアさせる一手段として、生産台数の多い車に外板パネルのアルミニウム化が進められている。欧州では軽量化による車両の運動性能の向上や競合他車との差別化、技術イメージの向上を主目的としている。一方、日本では主にスポーティーカーの軽量化や運動性能の向上を目的とし、車体外板部品を中心にアルミニウム化が推進されている。

表3.1-2は最近の主なアルミニウム車体の開発状況を示す³⁾。表3.1-3はアルミニウム車体の一つであるフォードP2000の使用材料を従来のトールス車との比較で示したもので、車体で53%、蓋物で58%の軽量化を達成している⁴⁾。車体のアルミニウム合金は5754と6111合金で、蓋物の外板は6111と6022合金、内板は6111、5754、5182合金を使用している。

表3.1-2 最近の主なアルミニウム車体の開発状況

	メーカー・車種	車体構造	生産台数(年)	アルミニウムメーカー
独	Audi A8	スペースフレーム	19,200	Alcoa
	Audi A1-2	スペースフレーム	コンセプトカー	
	BMW Just 4/2	スペースフレーム	コンセプトカー	Hydro Al
	Opel MAXX	スペースフレーム	コンセプトカー	Hydro Al
	VW Noah	スペースフレーム	コンセプトカー	
仏	Renault Spider	スペースフレーム	290-2,000	Hydro Al
伊	Pininfarina Argento Vivo	スペースフレーム	コンセプトカー	
英	Lotus Elise	スペースフレーム	400-800	Hydro Al
蘭	Nedcar ACCESS	スペースフレーム	コンセプトカー	Reynolds
米	Ford P 2000	モノコック	コンセプトカー	Alcan
	Chrysler Prowler	スペースフレーム	3,000	Alcoa
	GM EV 1	モノコック	-	Alcan
韓	大宇 DEV 5	スペースフレーム	コンセプトカー	

表3.1-3 Ford P 2000の使用材料

材料	P 2000		'97 Taurus GL	
	重量 kg	使用比率 %	重量 kg	使用比率 %
アルミニウム	333	37	129	8.6
鉄	223	24	980	64.9
マグネシウム	39	4.3	5	0.31
チタン	5	0.6	0	
プラスチック	123	13	173	11.4
カーボンファイバー	4	0.3	0	
ガラス	16	1.8	42	2.8

3.2 自動車用アルミニウムの技術動向と技術課題

3.2.1 成形性と溶接性

車体部品のアルミニウム化は軽量化が最も期待される手段であり、実際にアルミニウムが適用されている外板部品で、鋼を用いた場合に比べ、約50%の軽量化が実現されている。しかし、アルミニウム化は現行の鉄鋼材料で確立された自動車の製造ラインで使用できる部品から始まっている。したがって、既存の製造ラインに適合させるために、製造加工上の種々の開発がされている。その中で、大きな課題はプレス成形技術と接合技術である。

アルミニウム板は鋼板に比べ成形限界が低く、スプリングバックが大きいなど、プレス成形性が劣る。図3.2-1はアルミニウム板の成形特性値と成形上の問題点を鋼板との比較で示したものである⁵⁾。現在、プレス成形性向上のため、アルミニウム板のしわを防ぎながら極力金型に流れ込ませるプレス成形法が採用されている。対向液圧成形法（少量生産向け）やしわ押さえ（BHF）制御プレス法（生産性が期待）などによる成形性向上も検討されている。また、アルミニウム成形品のスプリングバックを抑制するためには、成形時に張りをきかせることが効果的であることが確認されている。

アルミニウム板の接合においては、まず、最も利用頻度の高い抵抗スポット溶接の開発からスタートした。材料の表面酸化皮膜の除去、電極の改善、電源の開発などによりスポット溶接性が改善されたが、まだ鋼板並のスポット溶接性には至っていない。また、溶接歪の防止対策技術の確立も重要である。したがって、欧米では機械的接合（セルフピアシングリベットなど）、接着及びそれらの併用の開発の主力が注がれている。

特性値比較		
1.全伸び(El)	25~30%	S P C比60~70%
2.ランクフォード値(r値)	0.6~0.8	S P C比1/2
3.穴広げ率	40~50%	S P C比50~60%
4.密着曲げ	0.5~1.0R(内R)以上必要	S P C比密着曲げ可
5.ヤング率(E)	70G P a	S P C比1/3
6.硬度(Hv)	70	S P C比60%

特性値比較		
1.深絞りができない		S P Cの60~70%
2.しわ、面ひずみが出やすい		ボディしわ対策必要
3.伸びフランジ量制限		S P Cの50~60%
4.微小R曲げ不可		フラットヘムの規制
5.スプリングバック大		S P Cの2~3倍
6.材料にきずが付きやすとかじりやすい		

図3.2-1 自動車パネル用アルミニウム合金板の成形特性値と成形上の問題点

3.2.2 新材料⁶⁾

新合金の開発に関しては、2000年に量産予定のAudi AL2には6016合金板の非熱処理化が検討されている以外に目立った動きはないが、アルミニウム・プラスチックの複合材の自動車部品への適用が積極的に検討されている。Western Star Trucks社では、ポリプロピレンのハニカムコアをアルミニウム薄板でサンドイッチした複合材をトラックのキャブに採用することにより、50%の軽量化と25%の製造コストダウンが図られたと報告している。また、Hoogovens社からは、サンドイッチパネル(0.2mm 5182合金/0.8mm ポリプロピレン/0.2mm 5182合金)の採用により30%以上の軽量化が可能となったと報告している。

3.2.3 新技術

自動車の軽量化を促進させるための新技術として注目を浴びているものに、ハイドロフォーミング、テーラードブランク、レーザー溶接などがある。ハイドロフォーミング技術は、素材鋼管に軸力と内水圧をかけて、一体成形により中空閉じ断面構造部品を製造する技術で、従来の板プレス部品を組み合わせて中空閉じ断面を形成していた部品に適用できる。本技術により軽量化、強度アップ、経済的構造が得られる。鋼部品では本技術はVARI-FORM社で実用化されており、クライスラーのミニバン用IPビーム、エンジンクレードルなどに量産化されている⁶⁾。アルミニウム部品ではまだ実用化されておらず、試作段階である。

テーラードブランクは2枚以上の鋼板をレーザー溶接またはマッシュルーム溶接により結合して一体成形に供する技術で、難成形部品にのみ軟鋼板を当てたり、部品強度の必要な部位にのみ高強度あるいは厚い鋼板を配し、板厚の異なるものを適用して重量を削減できるのがポイントである。金型費削減にも効果がある。レーザー溶接は従来の溶接よりビードを小さくできる技術であり、テーラードブランクを作製するにはなくてはならない、ビードを適正化するためには材料突き合わせ部の形状も影響が大きく、レーザーによる端面カットなどが有望である。テーラードブランク、レーザー溶接ともに鋼板では確立されており、早晚アルミニウムにも適用されていくことが推察され、研究開発が進められている。Audi AL2にはテーラードアルミニウム板、レーザー溶接やハイドロフォーミングの採用が検討されている⁶⁾。

3.2.4 新構造

最近、欧州を中心に軽量化を目的とし、アルミニウムスペースフレーム構造車体が実用化され、アルミニウム車体構造の主流になりつつある。スペースフレーム化による利点は、部品点数の削減、スポット溶接の大幅削減、衝突時の強度増加、車体重量の軽減、コストダウンなどが挙げられている³⁾。スペースフレーム構造の技術課題としては、薄肉押し出し技術、押し出し材の曲げ加工技術、押し出し材の寸法精度の向上、押し出し材の機械的性質の安定化などが挙げられている。

アルミニウムの適用による軽量化が安全性に影響を及ぼさないかどうかの懸念があるが、鉄製の量産車とそれより200kg軽量化したアルミニウム製モノコック車のコンピューターシミュレーションと実車衝突試験から軽量化により安全性が損なわれないことが検証された⁶⁾。

3.2.5 製造コストなど

技術上の課題以外に自動車部品のアルミニウム化を阻害している大きな問題はコストである。コスト低減の観点として、アルミニウムは耐食性に優れるので、インナー材は塗装・めっきが省略できる： 鋼板と同等の厚さでよい場合がある： プレス品の集積部品をアルミニウム鋳鍛品やアルミニウム押し出し材に置換する： が考えられている。将来的には、薄板連鋳法や薄肉大型ダイカスト法及びリサイクル材の活用がコスト低減策として検討されて

いる。

3.3 自動車のアルミニウム化に関する LCA 文献調査

3.3.1 検索方法

1) 対象データベース

JICST

2) 検索期間

1991 年以降

3) 検索キーワード

前方に「ライフサイクル」を含む語（例、ライフサイクルアセスメントなど）

前方に「エコ balan」を含む語（例、エコバランスなど）

L C A

L C I

自動車（車全体を含む）

～ を OR で結び、それに を AND で掛けた。

4) 結果

日本語文献 149 件、海外文献 297 件の出力を得た。

上記の抄録を検討した結果、関連すると思われる本文 24 件を取寄せた（内、海外文献 13 件）。この内、関連する文献 10 件をまとめた。

3.3.2 文献内容の紹介

表 3.3-1 に文献のまとめをのせる。また、以下に各文献の概要を示す。

1) 文献 No.1：表題：フード生産におけるスチール、アルミニウム、SMC の LCA

A Balestrini, A Levizzari (フィアット研究所、Italy)

イタリア製小型車用フードを検討した。データベースは生産現場のデータと Boustead Model を使用した。アルミニウム・コイル生産データは Boustead Model から得た。5218 合金を使用。

(1) 生産段階および利用段階でのエネルギー評価

スチール：2560MJ (75%リサイクル)

アルミニウム：2382MJ (50%リサイクル)

SMC：1979MJ (0%リサイクル)

(2) 環境影響評価

- ・アルミニウム製フード生産段階では、水中の COD を除き、ほとんど全ての汚染物質の排出量がスチール製フードや SMC (Sheet Molding Compound) フードより高い。
- ・アルミニウム製フードはスチール製フードと比較すると、リサイクル率 100%で地球温暖化の面 (CO₂相当排出量) で競争力を有する。リサイクル率 0%でも酸性雨の面 (SO_x相当排出量) では有利であり、リサイクル率 100%では富栄養化面 (NO_x相当排出量) でスチールとほとんど変わらない。

- ・ エンジンフードを 1kg 軽量化すると、CO₂ 排出量が 15.3kg 削減される。

(3) 結論

- ・ SMC が好結果。ただし、リサイクル面で問題あり。
- ・ アルミニウムフードは 1 次アルミニウム生産行程におけるエネルギー消費量が高いために不利。
- ・ 利用段階も含め、アルミニウムのリサイクル率は非常に低く、スチールに比べて競争力が低い。
- ・ 省エネルギー面ではアルミニウムのリサイクルが 50%でもスチールに勝る。
- ・ 地球温暖化と酸性雨の面で、スチールに勝るためにはアルミニウムリサイクル率を 100%にする必要がある。

2) 文献 No.2 : アルミニウムおよび鋳鉄製自動車用エンジンブロックのライフサイクルアセスメント

B D Benedetti, V Badino, V Badino, G L Baldo (Turin 大、Italy)

アルミニウム (18.2kg) および鋳鉄製エンジンブロック (42.3kg) のライフサイクルアセスメントを実施した。アルミニウムの特性は、固有密度が低い、熱伝達および電導性が高い、リサイクルが可能などである。

結果は以下のとおり。

- (1) エネルギーの観点からアルミニウムが望ましい。
- (2) ただし、50%のリサイクル材の使用が必要。

3) 文献 No.3 : ライフサイクルアセスメントで有利な立場を示すプラスチック

J R Dieffenbach (IBIS Assoc. Inc., Mass)

屋根、フェンダー、クォーターパネル (Quarter panel) へ、スチール、アルミニウム、SMC、PPE/nylon、Polyurea/glass、プラスチックにスチールを裏打ち (Quarter panel のみ) 等の各材料を用いた時のライフサイクルコストの比較。

- (1) 結果はプラスチックパネルが有利。特に、生産量が小～中程度の時に優位である。
- (2) メタルから作る時、屋根は 10%のロス、Quarter panel は 70%、フェンダーは 48%のロス発生がある。
- (3) 製造コストはスチール、プラスチック、アルミニウムの順に高くなる。
- (4) しかし、ライフサイクルコストは、
 - ・ 屋根ではアルミニウムが優勢。プラスチックは廃棄の面で不利。
 - ・ フェンダーではプラスチック、
 - ・ Quarter panel ではスチールでアルミニウムがそれより少し高い。

4) 文献 No.4 : アルミニウム集約型自動車のライフサイクル省エネルギーポテンシャル

F Strodolsky, A Vyas, R Guenca, L Gaines (Argonne National Lab.)

アルミニウムの使用比率の高い乗用車とトラックのライフサイクル省エネルギー性を検討した。

概要は下記のようにまとめられる。

- ・ 19-31%の重量削減がアルミニウムを広く使用する事によって、乗用車や軽トラックに適用できる。これによる燃料の経済性の改善は 12.5-20%である。
- ・ もし、アルミニウムの製造、アSEMBリー技術が進歩し、アルミニウム車の per-kg の値を重量削減で 2.95 ドル/kg を超えなければ、法規制の強化は不要である。
- ・ もし、AIV が 2005 年大量生産できれば、国家の石油エネルギーは 2.2% (400PJ) 節減できる。2010 年では 4.1% (790PJ)、2020 年では 4.6% (1080PJ)。
- ・ 車を作るための初期エネルギーは車の消費エネルギーに比べると小さい。
- ・ ライフタイムエネルギーの 8-12%が初期に車を作るためのエネルギーに相当する。数値はリサイクル率により、8-12 の間になる。
- ・ リサイクルは車のライフサイクルエネルギーを劇的には減少させない。
- ・ 他の材料に比べて、展伸アルミニウムを同じ展伸アルミニウムへ戻すのが最もエネルギーを節約する。
- ・ スチールの使用が減るので、石炭の使用量が減少する。
- ・ AIV が作られ、スクラップになる前は、非化石燃料やオイル、天然ガスの使用量が増加する。スクラップが発生すると、展伸アルミニウムが市場へ入ってきて、天然ガスの使用は高いまま留まるが、非化石燃料やオイルの使用量は減少する。

5) 文献 No.5 : プロセス関連モデルを用いた LCA 手法の検討

吉岡理文、石谷 久、松橋隆治 (東大 工)

LCA において、各種の生産プロセスは互いに複雑に関連している。システム内部にて消費・排出される物質を個別の生産物にどのように配分するかという問題が発生している。インベントリ分析でも大きな問題点である。そこで、プロセス関連モデルで、線形計画法を解いて得られる最適基底逆行列を利用する。これにより、常にシステム全体として、資源消費、環境負荷が低減される方向へ移行する。

(自動車の例)

(1) アルミニウム化の影響

エンジン 50%軽量、ボディ 40%軽量化する。

- ・ アルミニウム製造エネルギーが増加するために、製造時のエネルギーが 26%増加。
- ・ 車両の軽量化により、走行時のエネルギーが 74%に減少。

(2) システム全体での評価

スクラップから建設用鋼材と、再生アルミニウム材が再利用されるとして、CO₂の配分

を自動車、建設用鋼材、再生アルミニウムで配分した。

- ・ BI 配分と重量配分により、従来車、アルミニウム車の CO₂ 排出量には差ができた。
- ・ 重量配分方では需給バランスが明確に配分されず、システム全体の最適化に貢献しない。
- ・ アルミニウム化によるメリットが BI 配分ではでていない。
(すなわち、システムの CO₂ 排出量制約に対するシャドウプライス分だけ炭素税を課した場合に、従来車からアルミニウム車への代替が発生する。重量配分ではそれが現れない。)

6) 文献 No.6 : 自動車備品におけるライフサイクルの最適化

H A Frazee, U Neumann (BMW AG) ; R Marstrandre, T J Brobak (Hydro Aluminium)

スチール、アルミニウム、マグネシウムなど材質の異なる 5 種類のドアについて、製造からリサイクルに至るまでの環境負荷 (LCA) および経済性を考察した。

- ・ 部品重量を 50%削減すると、ライフサイクルで 40%の省エネルギーになる。
- ・ 軽金属で 50%の重量削減をすると、製造工程で 20%のエネルギー増加。使用段階が 80%なので、ここで決まる。
- ・ 50%の物資の削減はグリーンハウスガスを 45%削減する。(特に、CO₂)

結論は下記のようにまとめられる。

- ・ 重量削減が最も基本的なエコロジカルファクターである。
- ・ エコロジカルな相違はわずかしかない。
- ・ Al 表面をもった Mg コンポジットが最も理想的である。
- ・ 特定の応用にはアルミニウムのコンポーネントがよい。現状ではアルミニウムシートが経済的にも、エコロジー的にも妥協できる。

7) 文献 No.7 : 自動車設計における環境上より良い材料の選定のために

C R Fussler (Dow Europe SA)

1115Kg のドイツ車を例にスチール、アルミニウム、ポリウレタンの比較を実施した。

ポリウレタンが軽量で有利 (主体をプラスチックにおいた文献)。

材料使用割合、部品のエネルギーバランス、フェンダーの材料による省エネルギー、重量軽量化とガソリン削減、大気放出物、2000 年までの材料使用%予想、3 種類の材料で作られたフェンダーの製造エネルギー、材料毎のフェンダーの LCI (エネルギー)。

アルミニウムは軽量化に寄与するが、製造のために要するエネルギーが大きい。プラスチックのコンセプトカーの例で計算している。

8) 文献 No.8 : 表題 : 材料への環境的ライフサイクル解析の適用

SB Young S B, W H Vanderburg (Tront Univ)

製品の LCA は本質的に材料の LCA。スチール、アルミニウム、ポリエチレンについての比較を実施した。

材料製造時の GER (Gross Energy Requirement)、GPW (Global Warming Potential)、SWB (廃棄物) これらは、全ての項目で、1 次アルミニウムが圧倒的に多い。

各材料につき行程毎の LCA (相対比較)。結果は、スチールは使用段階が多い。アルミニウムは製造段階、HDPE は廃棄段階が多くなっている。

アルミニウムに関する値。

(1) 1 次アルミニウムの生産

- ・ mining
- ・ Bayer Refining(20%)
- ・ primary smelting (1 次溶解)
- ・ metal finishing(10%)

括弧内の%は GER に寄与する割合。

GER は主に、Hall-Herout Electrolysis による。

- ・ 2 次アルミニウムとでは、環境への影響が大きく異なるので注意が必要。
- ・ 1 次アルミニウムの生産で 70%のエネルギー使用とグリーンハウスガス放出がある。
これらは使用中の軽量化にて相殺される。
- ・ Bayer プロセスで発生する赤泥は SWB の 50%の寄与。
- ・ 30%の 2 次アルミニウムを使用すれば、3 種のファクターを大きく低減できる。
- ・ 1 kg のスチール = 0.45kg Al = 0.75kg HDPE

9) 文献 No.9 : フォルクスワーゲン社ゴルフ環境バランスシート

G W Schweimer (Volkswagen AG); M Schuckert (Stuttgart Univ)

自動車の LCA について記述。自動車の理解を深めるのに好都合。

ゴルフの製造、使用、リサイクルの各段階における環境バランスシート

総エネルギー使用量

- ・ 約 10%は自動車の製造
- ・ ガソリン供給に 10%
- ・ 15 万 Km 走行に残 80%

自動車を完成させるエネルギーよりも、材料生産のためのエネルギー需要の方が多い。

表 3.3-1 自動車の LCA に関する文献まとめ

No	文献名	著者	出典	評価対象	システム境界	評価項目	評価機能	データベース	結果
1	オート生産における鋼、アルミニウム、SMC の LCA	Augusto Balestrini	第2回エコパラス会議 527-533 1996	スチール、アルミ、SMC	生産利用(生産には、リサイクル率を考慮)	エネルギー消費量、F ₂ 、HC、CO ₂ 、SO _x 、NO _x	オート	Boustead Model	生産段階および利用段階でのエネルギー評価 スチール: 2,560MJ (75%リサイクル) アルミ: 2,382MJ (50%リサイクル) SMC: 1,979MJ (0%リサイクル)
2	アルミニウムおよび鋳鉄製自動車用エンジンブロックのライフサイクルアセスメント	B D Benedetti	第2回エコパラス会議 290-295 1996	アルミ、鋳鉄	原料製造から製品製造(2次アルミ使用)走行	エネルギー消費量、CO ₂ 、NO _x 、SO _x 、HC、ダスト	エンジンブロック	Boustead Model	アルミが有利(ただし、50%のリサイクル材を使用)
3	ライフサイクルアセスメントで有利な立場を示すプラスチック	Dieffbach J R	Plast World V.50 No.11 50-53 1992	スチール、アルミ、SMC、他プラスチック	ライフサイクル	ライフサイクルコスト	屋根、フェンダー、クローオーター、パネル	記載なし	全体として、プラスチックが有利。 アルミは屋根材がよい結果。
4	アルミニウム集約型自動車のライフサイクル省エネルギーポテンシャル	Strodolsky F	US DOE Report 1995 ANL-ES-CP 87358	アルミ	材料製造	エネルギー消費量	車	記載あり	米国でのアルミ使用の効果
5	アルミニウム関連エネルギーを用いた LCA 手法の検討	吉岡理文	エネルギー資源学会研究発表会講演論文集 V15th 49-54 '96	アルミ	素材製造、製造走行、廃車、解体処理	エネルギー消費量、CO ₂	54年式マークII	産業関連表他	配分法によりアルミの使用メリットがでる。(エンジン 50%、ボディ 40%軽量化)

No	文献名	著者	出典	評価対象	シフト境界	評価項目	評価機能	データベース	結果
6	自動車備品におけるライプシクルの最適化	Fraze H A 他 (BMW)	SAE Tech Pap Ser 1995	ステーション アムミ マグネシウム等	ドア-製造 走行 ライプシクル	エネルギー消費量 グリーンハウジング効果 ライプシクルコスト	ドア-	記載あり	アムミがよい。 (材料製造が評価されて いない)
7	自動車設計における環境上より良い材料の選定のために	Fussler C R	Mater Des V12 No3 123-128 1991	ステーション アムミ ポリリカド	原料から製品製造、 サイクル	エネルギー消費量 CO ₂ , NO _x SO _x , HC	フェンダー-	記述あり	プラスチックが有利
8	材料への環境的ライプシクル解析の適用	Young S B	JOM No 4 1994	ステーション アムミ ポリリカド	材料 製造 走行 廃棄	エネルギー消費量 CO ₂ , NO _x CH ₄ , CF ₄ C ₂ F ₆	材料毎	記載あり	各材料の比較データ
9	フォルクスワーゲン社環境報告書	Schweimer G W	月間環境報告書 - V2 No 7 42-61 1997	クルマのLCA	材料 製造 走行	エネルギー消費量 大気排出量 水中への排出量	車全体	実測と文献	総エネルギー使用 (15万 Km 走行) ・車製造に約 10% ・ガソリン供給に 10% ・走行に 80%

3.4 自動車用材料の製造時及び自動車走行時のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量の計算

現行のスチール車と比較して、自動車材料に使用するアルミニウム量が増加した場合の、素材製造時と自動車走行時の環境負荷を現行のスチール車と比較するため、4種類のモデル車を想定し、下記条件のもとにLCA的計算を行なった。

計算したモデル車は、

- (1) スチール現行車(アルミニウム使用量130kg、車両全重量1,505kg)
- (2) スチール超軽量車(アルミニウム使用量130kg、車両全重量1,405kg)
- (3) アルミニウム多用車(アルミニウム使用量190kg、車両全重量1,325kg)
- (4) オールアルミニウム車(アルミニウム使用量320kg、車両全重量910kg)

の4種類であり、表3.4-1に記す各モデル車の諸元は社団法人軽金属協会自動車委員会より提供されたものである。表中には主な軽量化のアイテムも記してある。

今回、環境負荷はエネルギー消費量と二酸化炭素(CO₂)排出量で評価した。また、今回の環境負荷の計算は素材製造時と自動車走行時を取り扱っており、自動車部品の製造・加工及び自動車の組み立て時の環境負荷に関しては、環境負荷に関する原単位が十分整備されていないので、計算に入れていない。また、素材においても、その他として表示されているものは考慮していない。樹脂に関しては自動車用として最も多く使用されているポリプロピレンの原単位を用いた。使用した原単位の出典については巻末の付表1、付表2の脚注を参照されたい。

車両製造時の素材歩留は100%として計算した。また、アルミニウムに関してはリサイクル率を0、25、50、100の4水準を想定した。ただし、アルミニウムのリサイクルに要する環境負荷は考慮しなかった。

自動車走行時の燃費に関しては、10.15モードと実走行モードについて計算した。図3.4-1、図3.4-2はそれぞれ10.15モードと実走行モードの場合の燃費を車両全重量との関係で示したものである。実走行モードの場合、平均車速40km/hと100km/hの燃費はほぼ同じとした。

燃費を10.15モードとした場合の4種類のモデル車両の素材製造時と走行時(1~10万km)のエネルギー消費量とCO₂排出量を、アルミニウムのリサイクル率が0、25、50、100%の場合について計算した。また、燃費を平均車速が10、20、40、70、100km/hの実走行モードとした場合の4種類のモデル車両の素材製造時と走行時(1~10万km)のエネルギー消費量とCO₂排出量を、アルミニウムのリサイクル率が0、100%の場合について計算した。計算結果は参考資料として巻末の付表1~4に掲載した。

表3.4-1 モデル車の諸元

モデル区分	スチール現行車	スチール超軽量車(ULSAは参考)	アルミニウム多用車	オールアルミニウム車(ワートP2000参考)
■車両				
■車体区分				
ボディ構造	中級セダン モノコック	中級セダン モノコック	中級セダン モノコック	中級セダン モノコック
ボディ材質	スチール	スチール	スチール(ボディシェル) アルミニウム(ロジャヤハネ)	アルミニウム
■重量				
車両全重量(kg)	1,505	1,405	1,325	910
ボディ重量(kg)*蓋モノ含む	395	295	330	185
ボディ以外の重量(kg)	1,110	1,110	995	725
	重量(kg)	重量(kg)	重量(kg)	重量(kg)
	重量比率(%)	重量比率(%)	重量比率(%)	重量比率(%)
車両軽量化重量	—	100	180	595
ボディ軽量化重量	—	100	65	210
ボディ以外の軽量化重量	—	0	115	385
■使用材料内訳				
	重量(kg)	重量(kg)	重量(kg)	重量(kg)
	重量比率(%)	重量比率(%)	重量比率(%)	重量比率(%)
スチール	990	890	750	220
アルミニウム	130	130	190	320
樹脂	170	170	160	120
マグネシウム	5	5	15	40
その他	210	210	210	210
合計	1,505	1,405	1,325	910
■燃費				
燃費(km/l) *10.15モード	12.7	13.7	14.5	19.3
主な軽量化アイテム	ハイデンの多用 テールラードブラック	アルミニウムクローシャヤハネル アルミニウム足回り部品	アルミニウムクローシャヤハネル アルミニウム足回り部品	アルミニウムボディ アルミニウムクローシャヤハネル アルミニウムサスペンションメンバー アルミニウム足回り部品 マグネシウムインパンフレーム マグネシウムシートフレーム

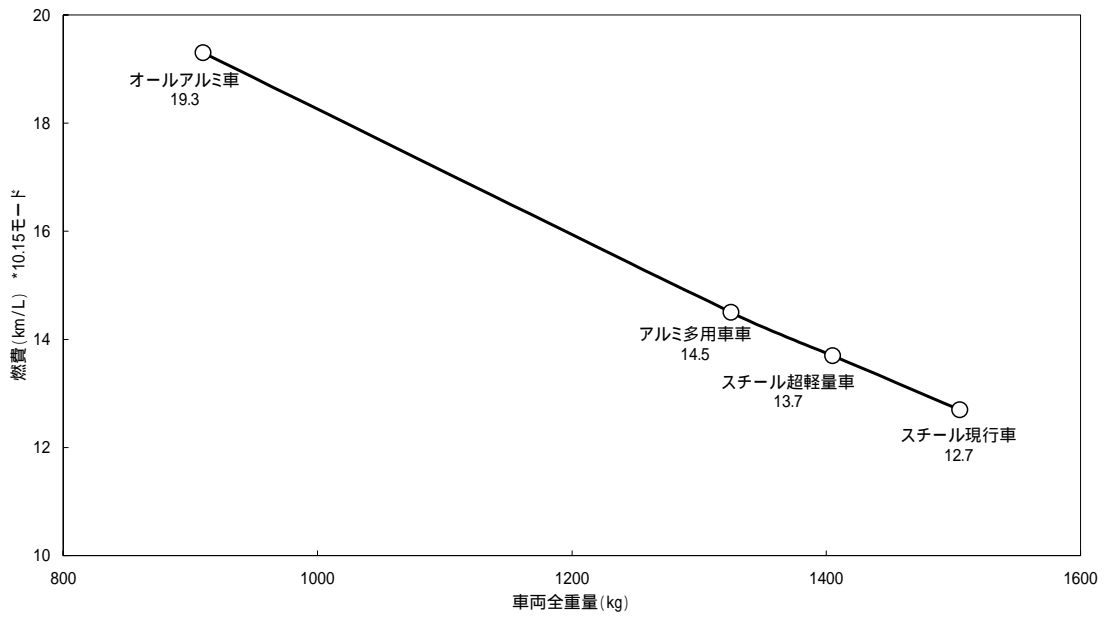


図3.4-1 10.15モードの燃費と車両全重量の関係

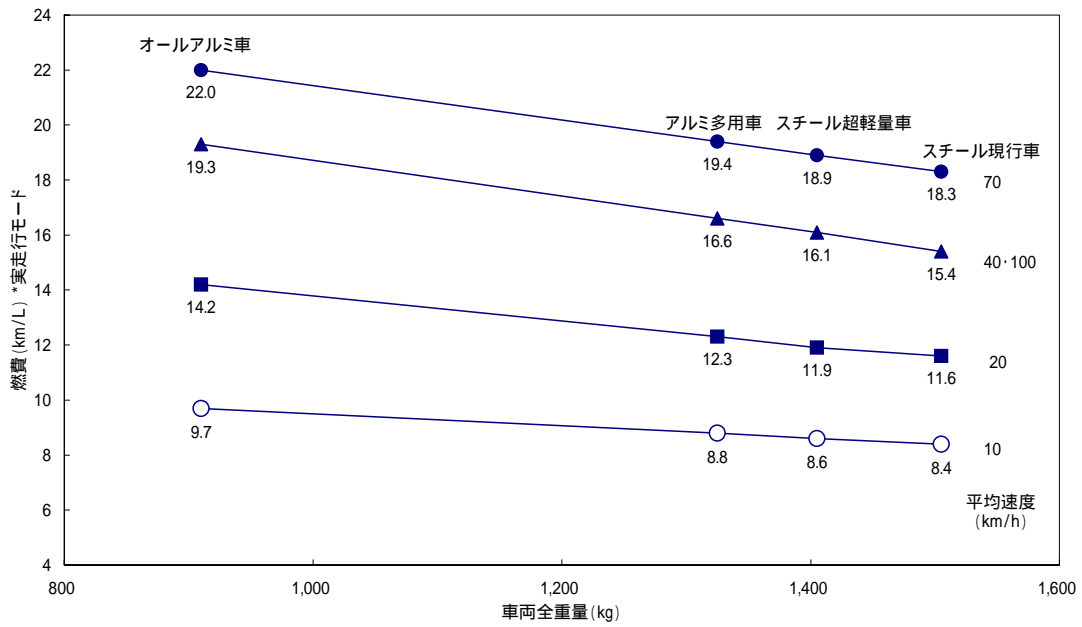


図3.4-2 実走行モード燃費と車両全重量の関係

3.4.1 自動車用材料の製造時及び自動車走行時のエネルギー消費量

1) 10.15モード

図3.4-3、図3.4-4はそれぞれアルミニウムのリサイクル率が0%（全アルミニウム素材は新地金から製造）と100%（全アルミニウム素材は再生地金から製造）の場合の自動車用材料製造時及び自動車走行時（燃費10.15モード）の累積エネルギー消費量を示したものである。

アルミニウムリサイクル率が0%の場合、スチール現行車と比べ、アルミニウム多用車は約2.2万km走行後、オールアルミニウム車は約2.5万km走行後、累積エネルギー消費量が少なくなる。スチール超軽量車と比べると、アルミニウム多用車は約7.2万km走行後、オールアルミニウム車は約3.5万km走行後、累積エネルギー消費量が少なくなる。また、オールアルミニウム車とアルミニウム多用車を比較すると、約2.6万km走行後、累積エネルギー消費量はオールアルミニウム車の方が少なくなる。

アルミニウムリサイクル率が100%の場合、スチール現行車と比べ、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車とも素材製造時からエネルギー消費量が少ない。スチール超軽量車と比べると、アルミニウム多用車は約1.4万km走行後、累積エネルギー消費量が少なくなる。オールアルミニウム車は走行直後に累積エネルギー消費量が少なくなる。また、オールアルミニウム車はアルミニウム多用車と比べ、素材製造時からエネルギー消費量は少ない。

上記結果を表3.4-2にまとめた。縦軸に記した各モデル車が横軸に記した各モデル車より累積エネルギー消費量の少ない走行距離を示している。

表3.4-2 モデル車両が他のモデル車両より累積エネルギー消費量の少ない走行距離（万km）（10.15モード）

リサイクル率 (%)	モデル車両	他のモデル車両			
		スチール現行車	スチール超軽量車	アルミニウム多用車	オールアルミニウム車
0	スチール現行車	-	-	< 2.2	< 2.5
	スチール超軽量車	> 0	-	< 7.2	< 3.5
	アルミニウム多用車	> 2.2	> 7.2	-	< 2.6
	オールアルミニウム車	> 2.5	> 3.5	> 2.6	-
100	スチール現行車	-	-	-	-
	スチール超軽量車	> 0	-	< 1.4	< 0
	アルミニウム多用車	> 0	> 1.4	-	-
	オールアルミニウム車	> 0	> 0	> 0	-

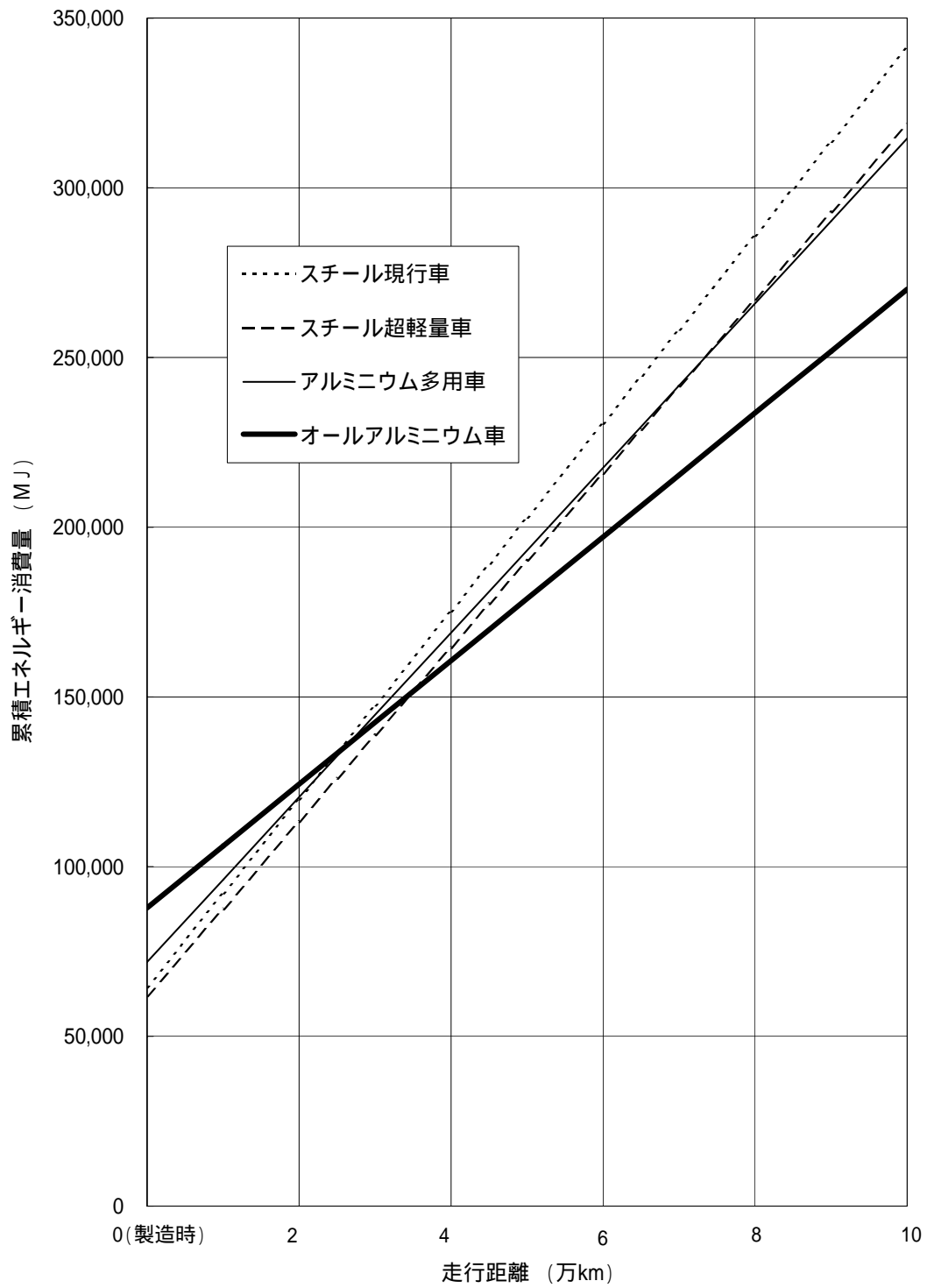


図3.4-3 累積エネルギー消費量と走行距離の関係
(10.15モード、アルミニウムリサイクル率0%)

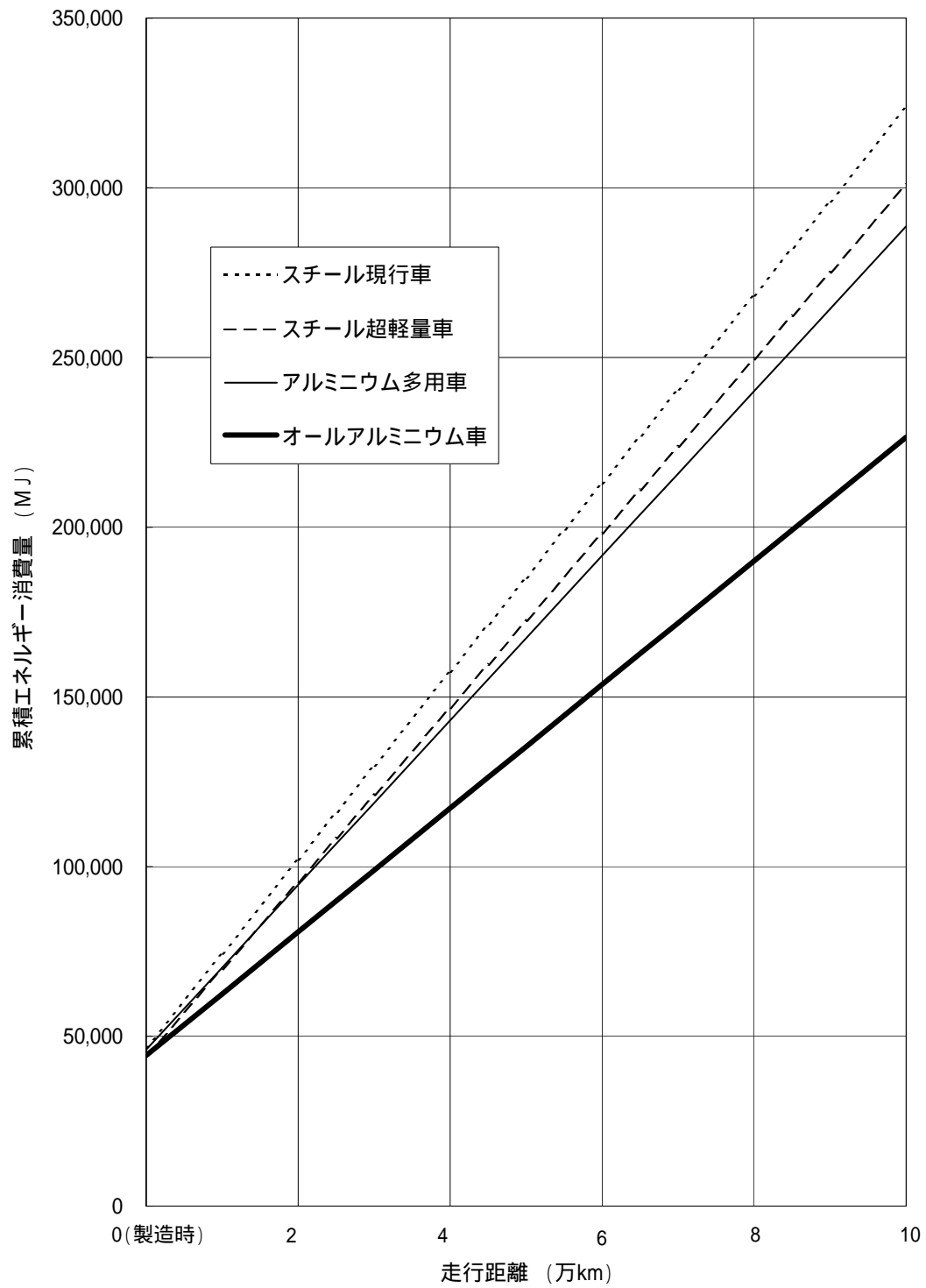


図3.4-4 累積エネルギー消費量と走行距離の関係
(10.15モード、アルミニウムリサイクル率100%)

2) 実走行モード

自動車用材料製造時及び自動車走行時（燃費実走行モード）とした場合の累積エネルギー消費量を市街地走行を想定した平均車速20km/hの場合を代表例として、図3.4-5、図3.4-6に示した。図3.4-5はアルミニウムのリサイクル率が0%の場合、図3.4-6はアルミニウムのリサイクル率が100%の場合を図示している。

アルミニウムリサイクル率が0%の場合、スチール現行車と比べ、アルミニウム多用車は約1.8万km走行後、オールアルミニウム車は約2.1万km走行後、累積エネルギー消費量が少なくなる。スチール超軽量車と比べると、アルミニウム多用車は約5.8万km走行後、オールアルミニウム車は約5.0万km走行後、累積エネルギー消費量が少なくなる。また、オールアルミニウム車とアルミニウム多用車を比較すると、約2.2万km走行後、累積エネルギー消費量はオールアルミニウム車の方が少なくなる。

アルミニウムリサイクル率が100%の場合、スチール現行車と比べ、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車とも素材製造時からエネルギー消費量が少ない。スチール超軽量車と比べると、アルミニウム多用車は約1.1万km走行後、累積エネルギー消費量が少なくなる。オールアルミニウム車は走行直後に累積エネルギー消費量が少なくなる。また、オールアルミニウム車は素材製造時からアルミニウム多用車よりエネルギー消費量は少ない。

上記結果を表3.4-3にまとめた。縦軸に記した各モデル車が横軸に記した各モデル車より累積エネルギー消費量の少ない走行距離を示している。

表3.4-3 モデル車両が他のモデル車両より累積エネルギー消費量の少ない走行距離（万km）（実走行モード、20km/h）

リサイクル率 (%)	モデル車両	他のモデル車両			
		スチール現行車	スチール超軽量車	アルミニウム多用車	オールアルミニウム車
0	スチール現行車	-	-	< 4.4	< 4.2
	スチール超軽量車	> 0	-	< 10.6	< 5.4
	アルミニウム多用車	> 4.4	> 10.6	-	< 4.2
	オールアルミニウム車	> 4.2	> 5.4	> 4.2	-
100	スチール現行車	-	-	-	-
	スチール超軽量車	> 0	-	< 2.1	< 0
	アルミニウム多用車	> 0	> 2.1	-	-
	オールアルミニウム車	> 0	> 0	> 0	-

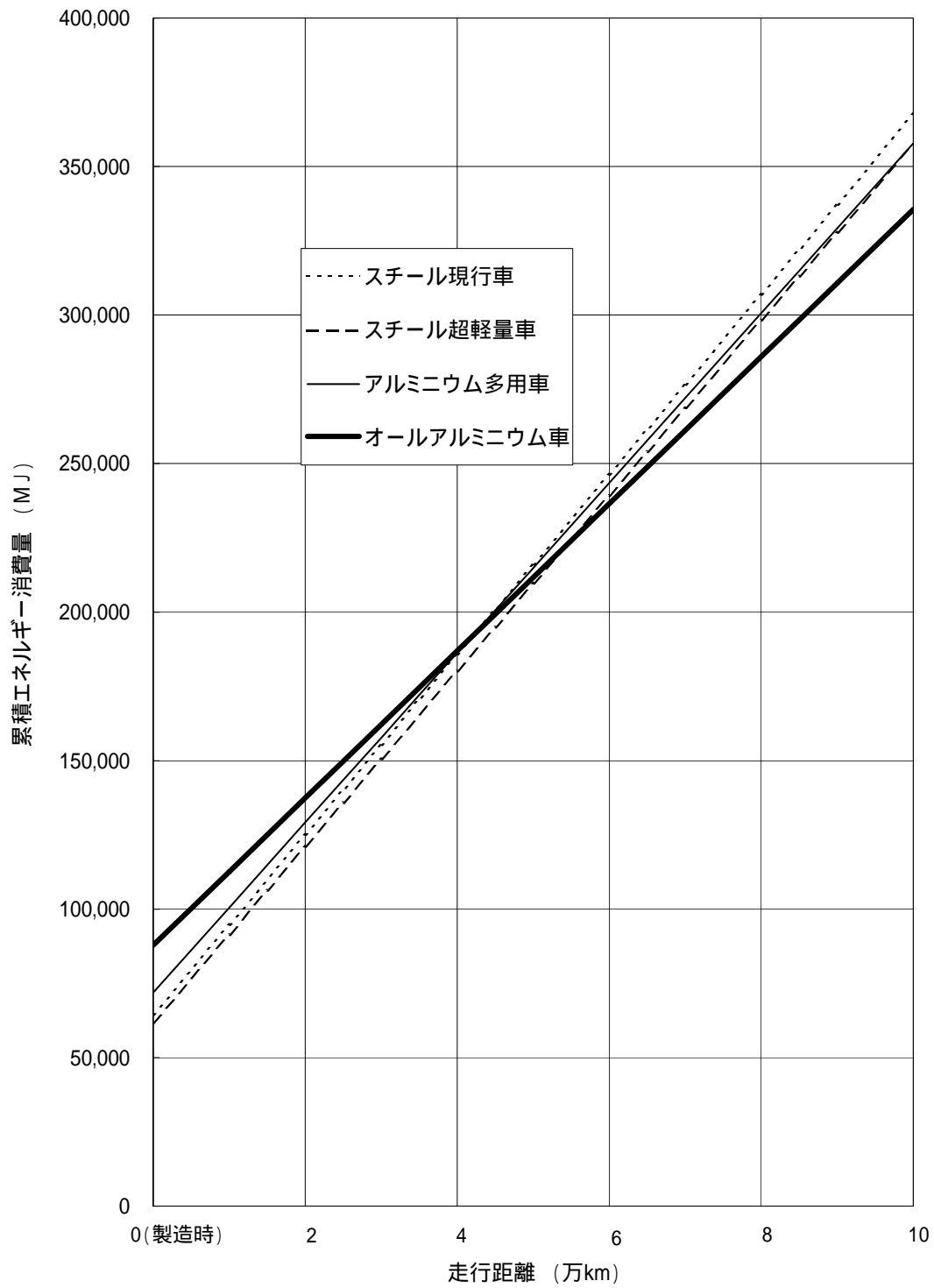


図3.4-5 累積エネルギー消費量と走行距離の関係
 (実走行モード, 20km/h、アルミニウムリサイクル率0%)

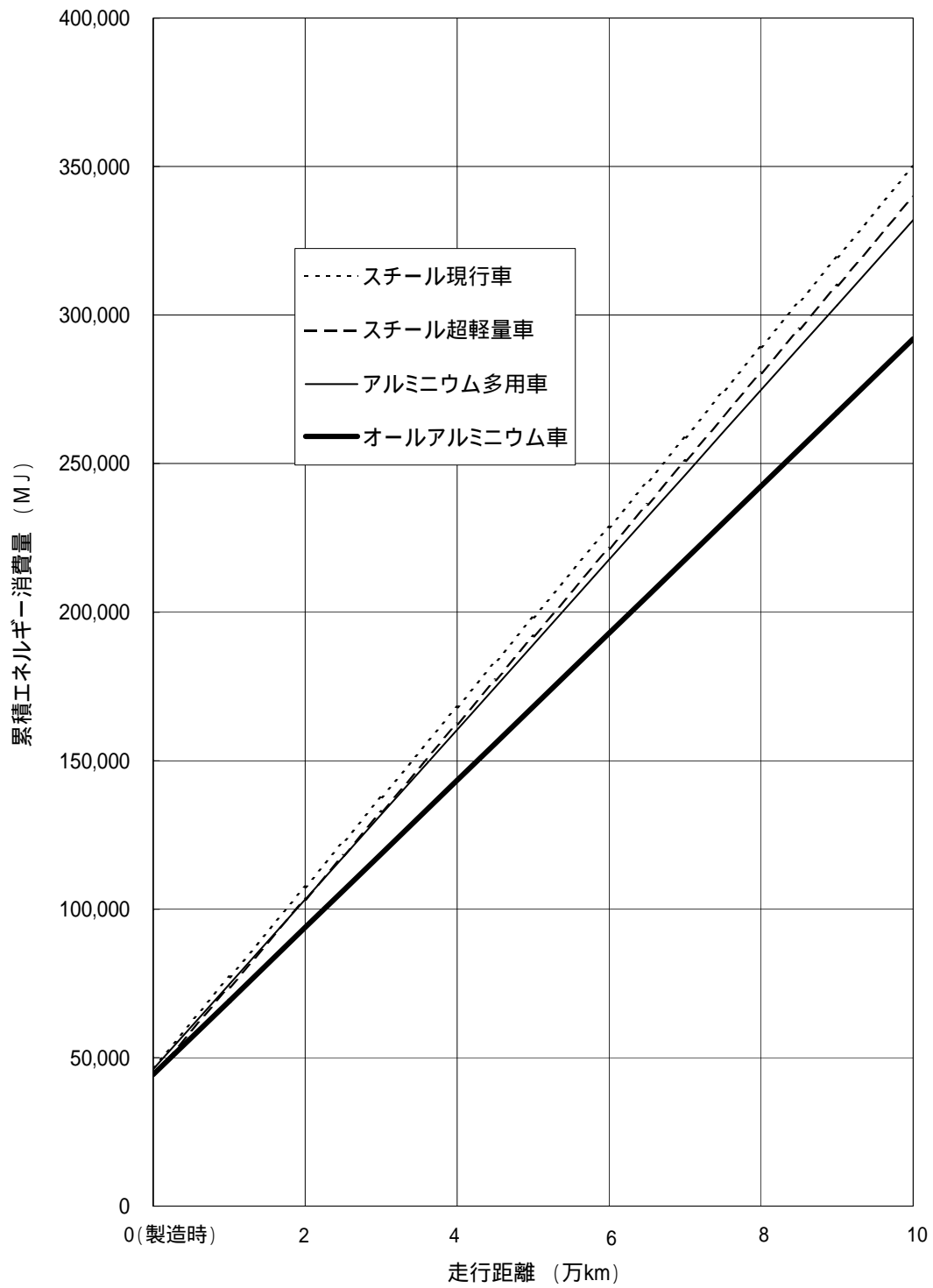


図3.4-6 累積エネルギー消費量と走行距離の関係
 (実走行モード, 20km/h、アルミニウムリサイクル率100%)

3.4.2 自動車用材料の製造時及び自動車走行時のCO₂排出量の計算

1) 10.15モード

図3.4-7、図3.4-8は自動車用材料製造時及び自動車走行時（燃費10.15モード）の累積CO₂排出量をアルミニウムのリサイクル率が0%と100%の場合に関して示したものである。

アルミニウムのリサイクル率が0%の場合、図3.4-7からスチール現行車と比べ、アルミニウム多用車は約1.4万km走行後、オールアルミニウム車は約1.6万km走行後、累積CO₂排出量が少なくなる。スチール超軽量車比べると、アルミニウム多用車は約5.6万km走行後、オールアルミニウム車は約2.5万km走行後、累積CO₂排出量が少なくなる。また、オールアルミニウム車とアルミニウム多用車を比較すると、約1.7万km走行後、累積CO₂排出量はオールアルミニウム車の方が少なくなる。

アルミニウムのリサイクル率が100%の場合、図3.4-8からスチール現行車と比べ、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車とも素材製造時からCO₂排出量が少ない。スチール超軽量車と比べても、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車とも素材製造時からCO₂排出量が少ない。また、オールアルミニウム車は素材製造時からアルミニウム多用車よりCO₂排出量は少ない。

上記結果を表3.4-4にまとめた。縦軸に記した各モデル車が横軸に記した各モデル車より累積CO₂排出量の少ない走行距離を示している。

表3.4-4 モデル車両が他のモデル車両よりCO₂排出量の少ない走行距離(万km)(10.15モード)

リサイクル率 (%)	モデル車両	他のモデル車両			
		スチール 現行車	スチール 超軽量車	アルミニウム 多用車	オールアルミ ニウム車
0	スチール現行車		-	< 1.4	< 1.6
	スチール超軽量車	> 0		< 5.6	< 2.5
	アルミニウム多用車	> 1.4	> 5.6		< 1.7
	オールアルミニウム車	> 1.6	> 2.5	> 1.7	
100	スチール現行車		-	-	-
	スチール超軽量車	> 0		-	-
	アルミニウム多用車	> 0	> 0		-
	オールアルミニウム車	> 0	> 0	> 0	

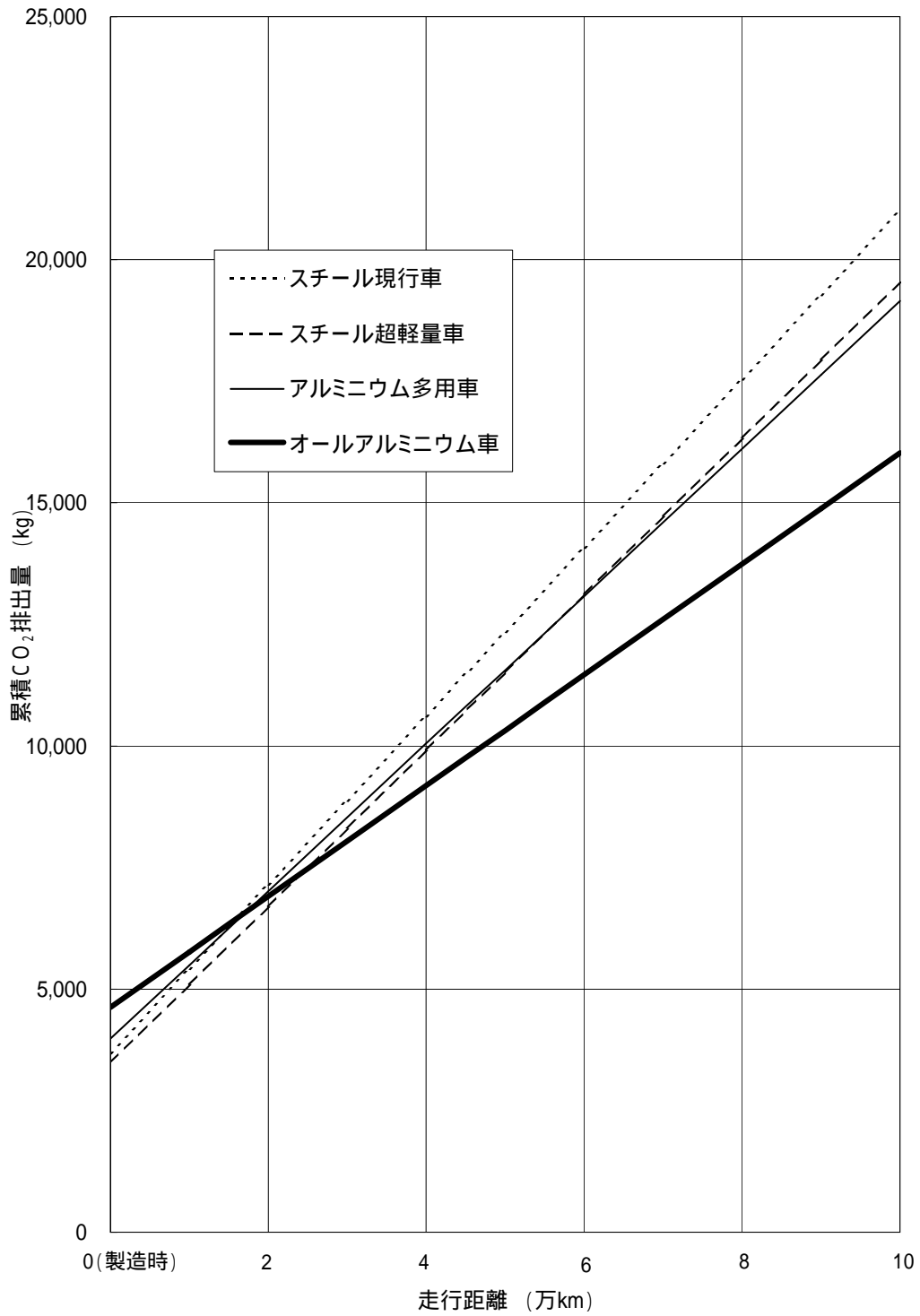


図3.4-7 累積CO₂排出量と走行距離の関係
(10.15モード、アルミニウムリサイクル率0%)

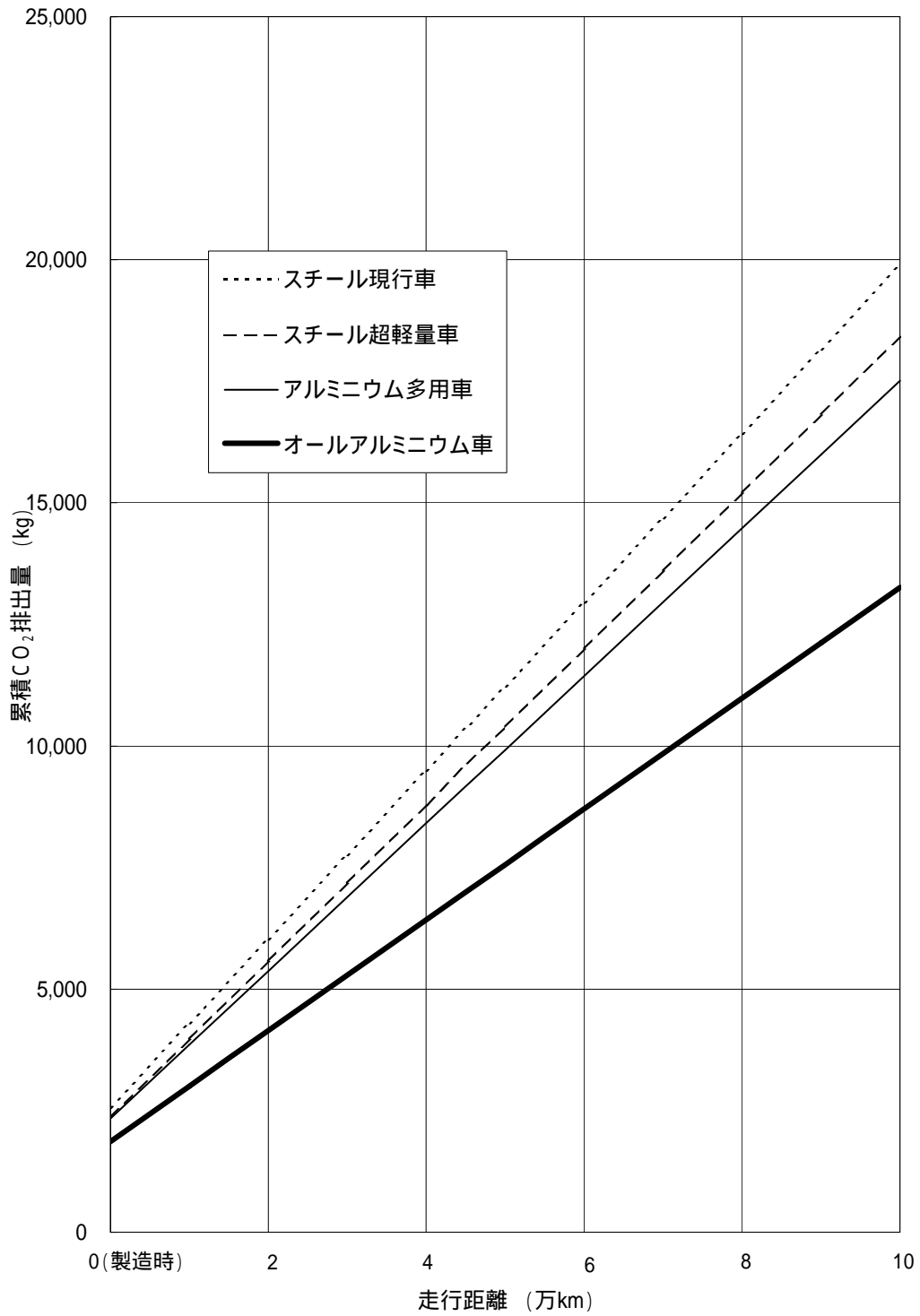


図3.4-8 累積CO₂排出量と走行距離の関係
(10.15モード、アルミニウムリサイクル率100%)

2) 実走行モード

自動車用材料製造時及び自動車走行時(燃費実走行モード)とした場合の累積CO₂排出量を市街地走行を想定した平均車速20km/hの場合を代表例として、**図3.4-9**、**図3.4-10**に示した。図3.4-9、図3.4-10はそれぞれアルミニウムのリサイクル率が0%、100%の場合を図示しアルミニウムリサイクル率が0%の場合、スチール現行車と比べ、アルミニウム多用車は約1.1万km走行後、オールアルミニウム車は約1.3万km走行後、累積CO₂排出量が少なくなる。スチール超軽量車と比べると、アルミニウム多用車は約4.5万km走行後、オールアルミニウム車は約2.1万km走行後、累積CO₂排出量が少なくなる。また、オールアルミニウム車とアルミニウム多用車を比較すると、約1.5万km走行後、累積CO₂排出量はオールアルミニウム車の方が少なくなる。

アルミニウムリサイクル率が100%の場合、スチール現行車と比べ、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車とも素材製造時からCO₂排出量が少ない。スチール超軽量車と比べても、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車とも素材製造時からCO₂排出量が少ない。また、オールアルミニウム車は素材製造時からアルミニウム多用車よりCO₂排出量は少ない。

上記結果を表3.4-5にまとめた。縦軸に記した各モデル車が横軸に記した各モデル車より累積CO₂排出量の少ない走行距離を示している。

表3.4-5 モデル車両が他のモデル車両よりCO₂排出量の少ない走行距離(万km)(実走行モード、20km/h)

リサイクル率 (%)	モデル車両	他のモデル車両			
		スチール 現行車	スチール 超軽量車	アルミニウム 多用車	オールアルミ ニウム車
0	スチール現行車	-	-	< 2.7	< 2.7
	スチール超軽量車	> 0	-	< 8.2	< 3.8
	アルミニウム多用車	> 2.7	> 8.2	-	< 2.7
	オールアルミニウム車	> 2.7	> 3.8	> 2.7	-
100	スチール現行車	-	-	-	-
	スチール超軽量車	> 0	-	-	-
	アルミニウム多用車	> 0	> 0	-	-
	オールアルミニウム車	> 0	> 0	> 0	-

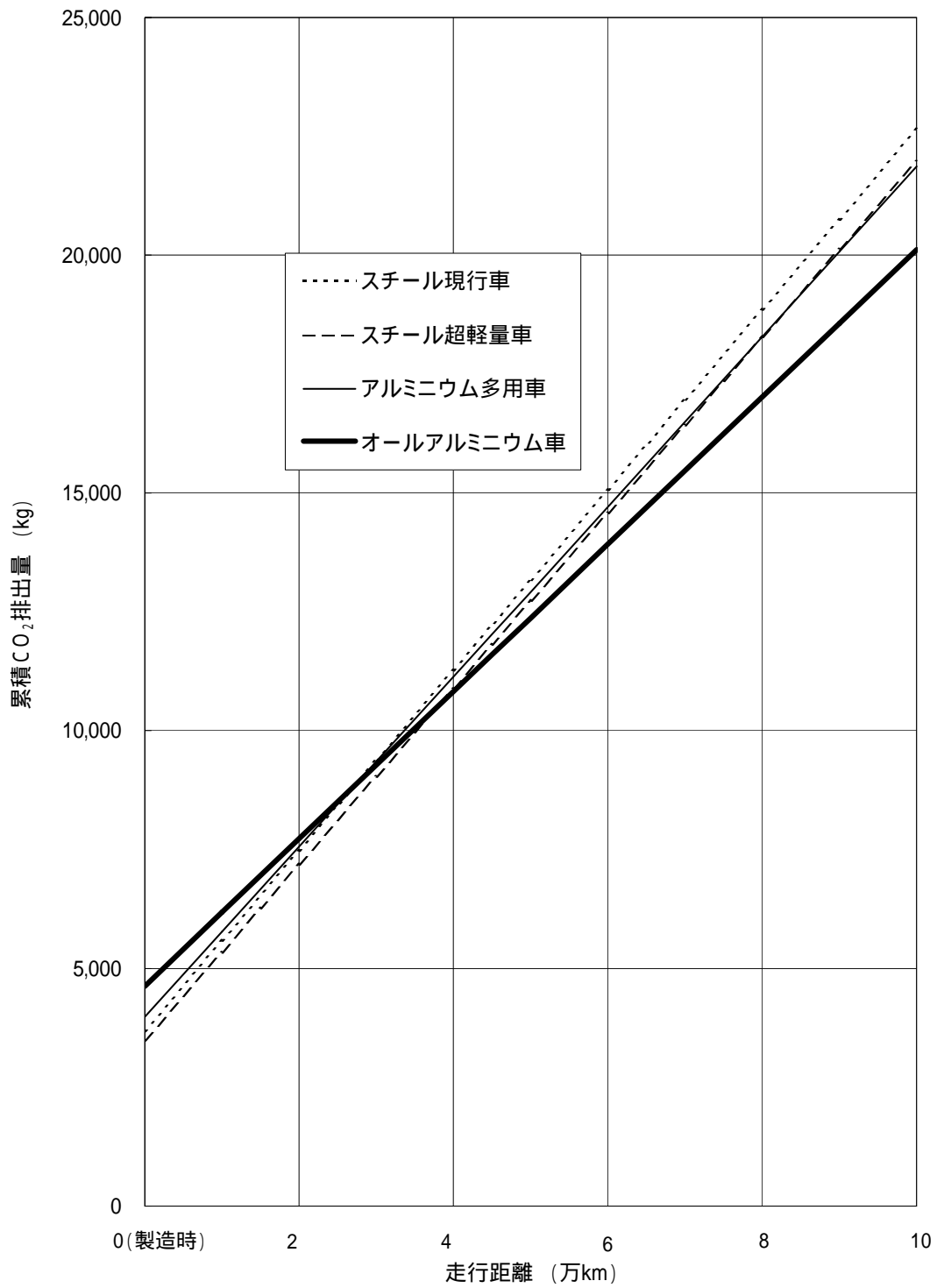


図3.4-9 累積CO₂排出量と走行距離の関係
 (実走行モード, 20km/h、アルミニウムリサイクル率0%)

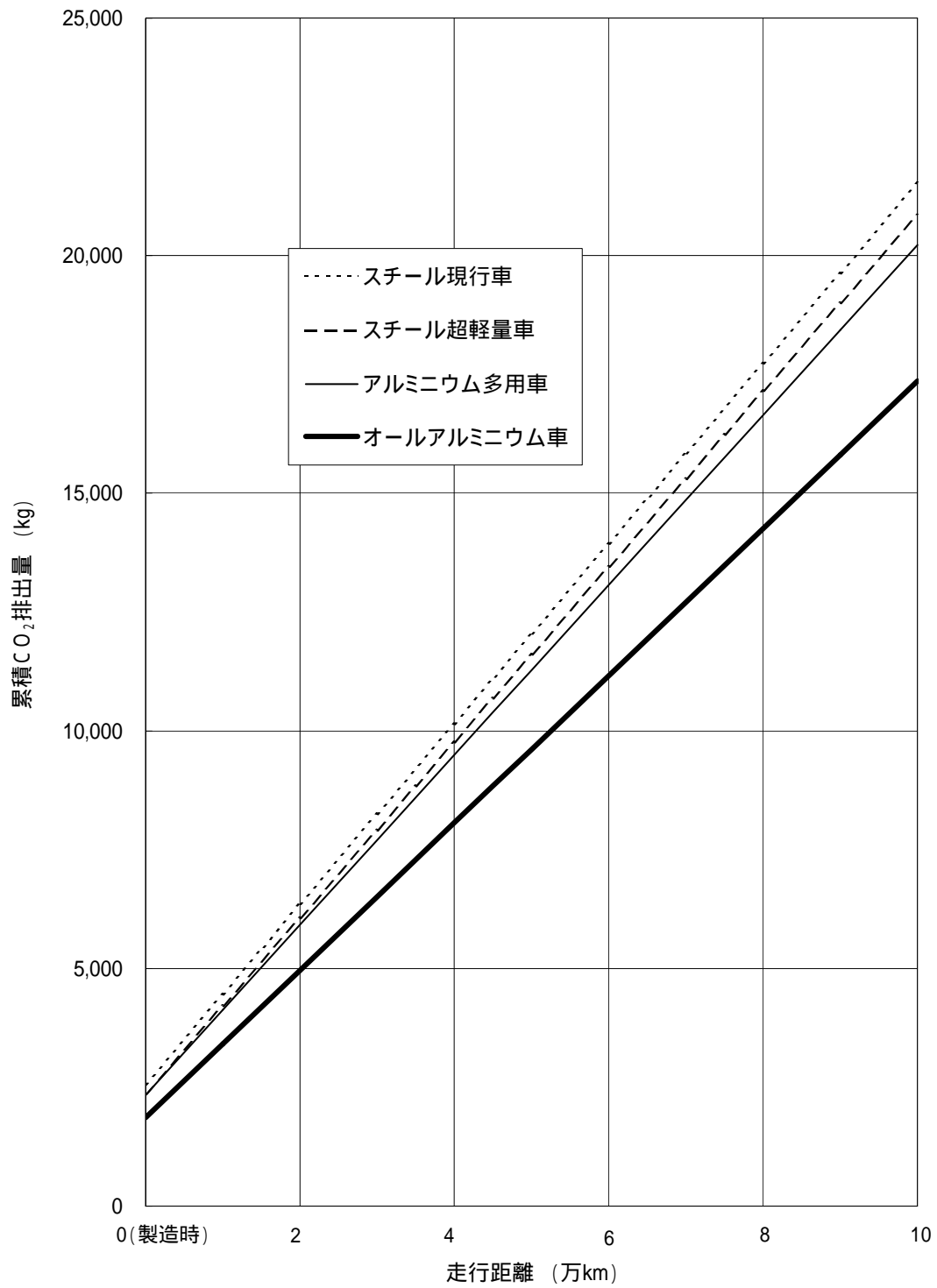


図3.4-10 累積CO₂排出量と走行距離の関係
 (実走行モード, 20km/h、アルミニウムリサイクル率100%)

3.4.3 自動車走行時のガソリン使用量の計算

表3.4-6は10.15モード、実走行モード（車速：20km/h）の燃費を用いて、4種類のモデル車のガソリン使用量（料金：100円/Lで換算）を計算した結果を示す。10万kmの走行で、10.15モードの燃費の場合、ガソリン使用量（料金）はスチール現行車で7,874L（787千円）、スチール超軽量車で7,299L（723千円）、アルミニウム多用車で6,897L（690千円）、オールアルミニウム車で5,181L（518千円）となる。実走行モード（車速：20km/h）の燃費の場合、ガソリン使用量（料金）はスチール現行車で8,621L（862千円）、スチール超軽量車で8,403L（840千円）、アルミニウム多用車で7,576L（758千円）、オールアルミニウム車で5,556L（556千円）となる。

表3.4-6 走行時のガソリン使用量と料金

10.15モード

走行距離	スチール現行車		スチール超軽量車		アルミニウム多用車		オールアルミニウム車	
	12.7km/L		13.7km/L		14.5km/L		19.3km/L	
	(L)	(千円)	(L)	(千円)	(L)	(千円)	(L)	(千円)
1万km	787	79	730	73	690	69	518	52
2万km	1,575	157	1,460	146	1,379	138	1,036	104
3万km	2,362	236	2,190	219	2,069	207	1,554	155
5万km	3,937	394	3,650	365	3,448	345	2,591	259
10万km	7,874	787	7,299	730	6,897	690	5,181	518

実走行モード

走行距離	スチール現行車		スチール超軽量車		アルミニウム多用車		オールアルミニウム車	
	11.6km/L		11.9km/L		12.3km/L		14.2km/L	
	(L)	(千円)	(L)	(千円)	(L)	(千円)	(L)	(千円)
1万km	862	86	806	81	813	81	704	70
2万km	1,724	172	1,613	161	1,626	163	1,408	141
3万km	2,586	259	2,419	242	2,439	244	2,113	211
5万km	4,310	431	4,032	403	4,065	407	3,521	352
10万km	8,621	862	8,065	807	8,130	813	7,042	704

ガソリン100円/L

3.5 まとめ

(1) LCA的計算によると、アルミニウムリサイクル率0%においても、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車は現行スチール車より、約2.5万km以上の走行(10.15モード以下同じ)でエネルギー消費量が、約1.5万km以上の走行でCO₂排出量が減少する。スチール超軽量車と比べても約7万km(アルミニウム多用車)、約3.5万km(オールアルミニウム車)以上の走行でエネルギー消費量が、約5.5万km(アルミニウム多用車)、約2.5万km(オールアルミニウム車)以上の走行でCO₂排出量が減少する。

(2) アルミニウムリサイクル率が増すとこの値はさらに減少し、アルミニウムリサイクル率100%となると、アルミニウム多用車、オールアルミニウム車はスチール車現行より素材製造時よりエネルギー消費量、CO₂排出量は素材製造時から、減少する。実走行モードで市街地走行を想定した場合、アルミニウム化による軽量化効果が、エネルギー消費量、CO₂排出量ともに顕著となる。

(3) 今回のLCA的計算は現在実用化されている車を参考に、4種類のモデル車両を想定しており、エネルギー消費量やCO₂排出量は必ずしもアルミニウムによる軽量化効果のみにより決まっているとは限らない。米国の研究⁷⁾ではアルミニウム100kgの使用により、車体全重量は100kg軽くなると報告されている。この100kgの軽量化による燃費向上は10.15モードの場合(図3.4-1参照)、1km/L(1,500kg 1,400kgの軽量化の場合、約0.0057L/kmのガソリン節約)となる。今後、アルミニウムの使用による軽量化効果のみを正確に評価することが必要である。

(4) また、今回の計算ではスチール、アルミニウム、樹脂、マグネシウムのほかに自動車用材料として使用されている銅、鉛、ゴム、ガラスなどを考慮しなかった。ガラス、ゴムはスチール、樹脂、アルミニウムに次いで多く用いられているので、エネルギー消費量やCO₂排出量を正確には評価できない。今後はこれらについても考慮していく必要がある。ただし、これらの材料がどのモデル車においても同じ質量だけ使用されているとすると、今回検討した各モデル車のエネルギー消費量、CO₂排出量が、他のモデル車のそれより低くなる走行距離に変化はない。

(5) 日本の自動車向けアルミニウム製品の需要量は増加の傾向にあり、1997年は約115万トンであった。世界的にも環境問題から燃費向上の要求に対応するため、車体の軽量化に有効なアルミニウムの需要は今後とも増加すると予測されている。特に、アルミニウム押出材を多用したスペースフレーム構造車の増加が注目される。

3 . 6 参考文献

- 1) 千葉晃司：21世紀の自動車に期待されるアルミ材料，1(平成11年2月)[(社)軽金属協会自動車委員会]
- 2) 日野光雄：神戸製鋼所技報，47(1997)，No.2， 2
- 3) 中川成幸：アルミニウム，5(1998)， 113
- 4) 日野光雄：アルミニウム，5(1998)， 179
- 5) 吉田英雄、池田洋、渋谷和久、西村嘉彦：住友軽金属技報，38(1997)， 53
- 6) 川瀬寛、古谷勝：アルミニウム，6(1999)， 25
- 7) F. Stodolsky et al. : “Lightweight materials in the light-duty passenger vehicle market : Their market penetration potential and potential impacts”, Argonne Labs, Proceedings of the second world car conference, Riverside, CA., March 1995.

付表1-1 モデル車両の製造時走行時のエネルギー消費量（10.15モード）

1	スチール現行車				スチール超軽量車				
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量 (kg)								
4	スチール	990				890			
5	アルミニウム	130				130			
6	樹脂	170				170			
7	マグネシウム	5				5			
8	その他	210				210			
9	合計	1505				1405			
10									
11	燃費								
12	燃費 (km/L) *10.15モード	12.7				13.7			
13									
14	消費エネルギー原単位 (MJ/kg)								
15	スチール	26.17				26.17			
16	アルミニウム (リサイクル0%)	176.40				176.40			
17	(リサイクル25%)	142.37				142.37			
18	(リサイクル50%)	108.34				108.34			
19	(リサイクル100%)	40.28				40.28			
20	樹脂	80.0				80.0			
21	マグネシウム	402.0				402.0			
22	その他								
23									
24	ガソリン消費エネルギー原単位 (MJ/L)	35.16				35.16			
25									
26	アルミニウムリサイクル率 (%)	0	25	50	100	0	25	50	100
27									
28	素材製造時のエネルギー消費量 (MJ)	64450	60026	55603	46755	61833	57409	52986	44138
29									
30	走行時のエネルギー消費量 (MJ)								
31	1万km走行あたり	27685				25664			
32									
33	製造 + 走行時のエネルギー消費量 (MJ)								
34	1万km走行後	92135	87711	83288	74440	87498	83074	78650	69802
35	2万km走行後	119820	115396	110973	102125	113162	108738	104314	95466
36	3万km走行後	147505	143082	138658	129810	138826	134402	129978	121130
37	4万km走行後	175190	170767	166343	157495	164490	160066	155642	146795
38	5万km走行後	202875	198452	194028	185180	190154	185731	181307	172459
39	6万km走行後	230561	226137	221713	212865	215819	211395	206971	198123
40	7万km走行後	258246	253822	249398	240550	241483	237059	232635	223787
41	8万km走行後	285931	281507	277083	268235	267147	262723	258299	249452
42	9万km走行後	313616	309192	304768	295920	292811	288388	283964	275116
43	10万km走行後	341301	336877	332453	323605	318476	314052	309628	300780

(注1) 原単位のデータの出典：アルミニウムは(社)日本アルミニウム連盟の圧延材(コイルと板の平均値)のデータから投入原料のリサイクル率に応じて算出した。スチールは金属材料技術研究所の「Environmental load of 4000 social stocks」の普通鋼冷延広幅鋼帯を用いた。樹脂はポリプロピレンのデータをSAEFLより、マグネシウムは文献値(軽金属協会自動車委員会編地球環境を考慮した自動車のアルミ化技術の動向、(1996)、p.50)より引用した。ガソリンに関しては「材料の環境負荷と使用性能の総合評価」調査研究報告書より引用した。

(注2) 計算方法の例：(28行目)素材製造時のエネルギー消費量(アルミニウムリサイクル率50%の場合)：(4行目)スチールの重量×(15行目)スチールの消費エネルギー原単位+(5行目)アルミニウムの重量×(18行目)アルミニウム(リサイクル率50%)の消費エネルギー原単位+(6行目)樹脂の重量×(20行目)樹脂の消費エネルギー原単位+(7行目)マグネシウムの重量×(21行目)マグネシウムの消費エネルギー原単位

付表1-2 モデル車両の製造時走行時のエネルギー消費量（10.15モード）

1	アルミニウム多用車				オールアルミニウム車				
	2	使用材料内訳							
3	使用材料別重量 (kg)								
4	スチール	750				220			
5	アルミニウム	190				320			
6	樹脂	160				120			
7	マグネシウム	15				40			
8	その他	210				210			
9	合計	1325				910			
10									
11	燃費								
12	燃費 (km/L) *10.15モード	14.5				19.3			
13									
14	消費エネルギー原単位 (MJ/kg)								
15	スチール	26.17				26.17			
16	アルミニウム (リサイクル0%)	176.40				176.40			
17	(リサイクル25%)	142.37				142.37			
18	(リサイクル50%)	108.34				108.34			
19	(リサイクル100%)	40.28				40.28			
20	樹脂	80.0				80.0			
21	マグネシウム	402.0				402.0			
22	その他								
23									
24	ガソリン消費エネルギー原単位 (MJ/L)	35.16				35.16			
25									
26	アルミニウムリサイクル率 (%)	0	25	50	100	0	25	50	100
27									
28	素材製造時のエネルギー消費量 (MJ)	71974	65508	59042	46111	87885	76996	66106	44327
29									
30	走行時のエネルギー消費量 (MJ)								
31	1万km走行あたり	24248				18218			
32									
33	製造 + 走行時のエネルギー消費量 (MJ)								
34	1万km走行後	96222	89756	83290	70359	106103	95213	84324	62545
35	2万km走行後	120470	114004	107539	94607	124321	113431	102541	80762
36	3万km走行後	144718	138253	131787	118856	142538	131649	120759	98980
37	4万km走行後	168967	162501	156035	143104	160756	149866	138977	117197
38	5万km走行後	193215	186749	180283	167352	178973	168084	157194	135415
39	6万km走行後	217463	210997	204532	191600	197191	186301	175412	153633
40	7万km走行後	241711	235246	228780	215849	215409	204519	193630	171850
41	8万km走行後	265960	259494	253028	240097	233626	222737	211847	190068
42	9万km走行後	290208	283742	277277	264345	251844	240954	230065	208286
43	10万km走行後	314456	307991	301525	288593	270062	259172	248282	226503

付表2-1 モデル車両の素材製造時と走行時のCO₂排出量（10.15モード）

1	スチール現行車				スチール超軽量車				
	2	使用材料内訳							
3	使用材料別重量 (kg)								
4	スチール	990				890			
5	アルミニウム	130				130			
6	樹脂	170				170			
7	マグネシウム	5				5			
8	その他	210				210			
9	合計	1505				1405			
10									
11	燃費								
12	燃費 (km/L) * 10.15モード	12.7				13.7			
13									
14	CO ₂ 排出原単位 (kg/kg)								
15	スチール	1.99				1.99			
16	アルミニウム (リサイクル0%)	10.13				10.13			
17	(リサイクル25%)	7.98				7.98			
18	(リサイクル50%)	5.82				5.82			
19	(リサイクル100%)	1.50				1.50			
20	樹脂	1.80				1.80			
21	マグネシウム	18.29				18.29			
22	その他								
23									
24	ガソリンCO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /L)	2.20				2.20			
25									
26	アルミニウムリサイクル率 (%)	0	25	50	100	0	25	50	100
27									
28	素材製造時のCO ₂ 排出量 (kg)	3684	3405	3124	2563	3485	3206	2925	2364
29									
30	走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
31	1万km走行あたり	1732				1606			
32									
33	製造 + 走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
34	1万km走行後	5417	5137	4856	4295	5091	4812	4531	3969
35	2万km走行後	7149	6870	6589	6027	6697	6418	6137	5575
36	3万km走行後	8881	8602	8321	7759	8303	8023	7743	7181
37	4万km走行後	10614	10334	10053	9492	9909	9629	9349	8787
38	5万km走行後	12346	12066	11786	11224	11515	11235	10954	10393
39	6万km走行後	14078	13799	13518	12956	13120	12841	12560	11999
40	7万km走行後	15810	15531	15250	14689	14726	14447	14166	13604
41	8万km走行後	17543	17263	16982	16421	16332	16053	15772	15210
42	9万km走行後	19275	18996	18715	18153	17938	17659	17378	16816
43	10万km走行後	21007	20728	20447	19885	19544	19264	18984	18422

(注1) 原単位のデータの出典：アルミニウムは(社)日本アルミニウム連盟の圧延材(コイルと板の平均値)のデータから投入原料のリサイクル率に応じて算出した。スチールは金属材料技術研究所の「Environmental load 4000 social stocks」の普通鋼冷延広幅鋼帯を用いた。樹脂はポリプロピレンのデータをSAEFLより、マグネシウムはShima Proより引用した。ガソリン「材料の環境負荷と使用性能の総合評価」調査研究報告書より引用した。

(注2) 計算方法の例：(28行目)素材製造時のCO₂排出量(アルミニウムリサイクル率50%の場合)：(4行目)スチールの重量×(15行目)スチールのCO₂排出原単位+(5行目)アルミニウムの重量×(18行目)アルミニウム(リサイクル率50%)のCO₂排出原単位+(6行目)樹脂の重量×(20行目)樹脂のCO₂排出原単位+(7行目)マグネシウムの重量×(21行目)マグネシウムのCO₂排出原単位

付表2-2 モデル車両の素材製造時と走行時のCO₂排出量（10.15モード）

1	アルミニウム多用車				オールアルミニウム車				
	使用材料内訳								
2	使用材料別重量 (kg)								
4	スチール	750				220			
5	アルミニウム	190				320			
6	樹脂	160				120			
7	マグネシウム	15				40			
8	その他	210				210			
9	合計	1325				910			
10									
11	燃費								
12	燃費 (km/L) * 10.15モード	14.5				19.3			
13									
14	CO ₂ 排出原単位 (kg/kg)								
15	スチール	1.99				1.99			
16	アルミニウム (リサイクル0%)	10.13				10.13			
17	(リサイクル25%)	7.98				7.98			
18	(リサイクル50%)	5.82				5.82			
19	(リサイクル100%)	1.50				1.50			
20	樹脂	1.80				1.80			
21	マグネシウム	18.29				18.29			
22	その他								
23									
24	ガソリンCO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /L)	2.20				2.20			
25									
26	アルミニウムリサイクル率 (%)	0	25	50	100	0	25	50	100
27									
28	素材製造時のCO ₂ 排出量 (kg)	3980	3571	3161	2340	4627	3939	3248	1865
29									
30	走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
31	1万km走行あたり	1517				1140			
32									
33	製造 + 走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
34	1万km走行後	5497	5088	4678	3857	5767	5079	4388	3005
35	2万km走行後	7014	6606	6195	5374	6907	6219	5528	4145
36	3万km走行後	8531	8123	7712	6892	8047	7359	6667	5285
37	4万km走行後	10049	9640	9230	8409	9187	8499	7807	6425
38	5万km走行後	11566	11157	10747	9926	10326	9638	8947	7565
39	6万km走行後	13083	12674	12264	11443	11466	10778	10087	8705
40	7万km走行後	14600	14192	13781	12961	12606	11918	11227	9845
41	8万km走行後	16117	15709	15299	14478	13746	13058	12367	10985
42	9万km走行後	17635	17226	16816	15995	14886	14198	13507	12124
43	10万km走行後	19152	18743	18333	17512	16026	15338	14647	13264

付表3-1 モデル車両の素材製造時と走行時のエネルギー消費量（実走行モード）

1	スチール現行車								
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量(kg)								
4	スチール	990							
5	アルミニウム	130							
6	樹脂	170							
7	マグネシウム	5							
8	その他	210							
9	合計	1505							
10									
11	消費エネルギー原単位(MJ/kg)								
12	スチール	26.17							
13	アルミニウム(リサイクル0%)	176.40							
14	(リサイクル100%)	40.28							
15	樹脂	80.0							
16	マグネシウム	402.0							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費(km/L)*実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	8.4		11.6		15.4		18.3	
21									
22	ガソリンエネルギー消費量原単位(MJ/L)	35.16							
23									
24	アルミニウムリサイクル率(%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時の消費エネルギー量(MJ)	64450	46755	64450	46755	64450	46755	64450	46755
27									
28	走行時の消費エネルギー量(MJ)								
29	1万km走行あたり	41857		30310		22831		19213	
30									
31	製造+走行時の消費エネルギー量(MJ)								
32	1万km走行後	106307	88612	94761	77065	87281	69586	83663	65968
33	2万km走行後	148165	130469	125071	107375	110113	92417	102877	85181
34	3万km走行後	190022	172326	155381	137686	132944	115248	122090	104394
35	4万km走行後	231879	214183	185692	167996	155775	138079	141303	123607
36	5万km走行後	273736	256040	216002	198306	178606	160911	160516	142820
37	6万km走行後	315593	297898	246312	228617	201437	183742	179729	162033
38	7万km走行後	357450	339755	276623	258927	224268	206573	198942	181247
39	8万km走行後	399307	381612	306933	289237	247100	229404	218155	200460
40	9万km走行後	441165	423469	337243	319548	269931	252235	237368	219673
41	10万km走行後	483022	465326	367554	349858	292762	275066	256581	238886

付表3-2 モデル車両の素材製造時と走行時のエネルギー消費量（実走行モード）

		スチール超軽量車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量(kg)								
4	スチール	890							
5	アルミニウム	130							
6	樹脂	170							
7	マグネシウム	5							
8	その他	210							
9	合計	1405							
10									
11	消費エネルギー原単位(MJ/kg)								
12	スチール	26.17							
13	アルミニウム(リサイクル0%)	176.40							
14	(リサイクル100%)	40.28							
15	樹脂	80.0							
16	マグネシウム	402.0							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費(km/L)*実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	8.8		11.9		16.1		18.9	
21									
22	ガソリンエネルギー消費量原単位(MJ/L)	35.16							
23									
24	アルミニウムリサイクル率(%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時の消費エネルギー量(MJ)	61833	44138	61833	44138	61833	44138	61833	44138
27									
28	走行時の消費エネルギー量(MJ)								
29	1万km走行あたり	39955		29546		21839		18603	
30									
31	製造+走行時の消費エネルギー量(MJ)								
32	1万km走行後	101788	84092	91380	73684	83672	65976	80436	62741
33	2万km走行後	141742	124047	120926	103230	105510	87815	99040	81344
34	3万km走行後	181697	164001	150472	132776	127349	109653	117643	99947
35	4万km走行後	221651	203956	180018	162323	149187	131492	136246	118550
36	5万km走行後	261606	243910	209564	191869	171026	153330	154849	137154
37	6万km走行後	301561	283865	239111	221415	192864	175169	173452	155757
38	7万km走行後	341515	323820	268657	250961	214703	197007	192056	174360
39	8万km走行後	381470	363774	298203	280507	236541	218846	210659	192963
40	9万km走行後	421424	403729	327749	310054	258380	240684	229262	211566
41	10万km走行後	461379	443683	357295	339600	280218	262523	247865	230169

付表3-3 モデル車両の素材製造時と走行時のエネルギー消費量（実走行モード）

		アルミニウム多用車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量(kg)								
4	スチール	750							
5	アルミニウム	190							
6	樹脂	160							
7	マグネシウム	15							
8	その他	210							
9	合計	1325							
10									
11	消費エネルギー原単位(MJ/kg)								
12	スチール	26.17							
13	アルミニウム(リサイクル0%)	176.40							
14	(リサイクル100%)	40.28							
15	樹脂	80.0							
16	マグネシウム	402.0							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費(km/L)*実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	8.8		12.3		16.6		19.4	
21									
22	ガソリンエネルギー消費量原単位(MJ/L)	35.16							
23									
24	アルミニウムリサイクル率(%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時の消費エネルギー量(MJ)	71974	46111	71974	46111	71974	46111	71974	46111
27									
28	走行時の消費エネルギー量(MJ)								
29	1万km走行あたり	39955		28585		21181		18124	
30									
31	製造 + 走行時の消費エネルギー量(MJ)								
32	1万km走行後	111928	86065	100559	74696	93154	67291	90097	64234
33	2万km走行後	151883	126020	129144	103281	114335	88472	108221	82358
34	3万km走行後	191837	165974	157730	131867	135516	109653	126345	100482
35	4万km走行後	231792	205929	186315	160452	156696	130834	144468	118606
36	5万km走行後	271746	245883	214900	189038	177877	152014	162592	136729
37	6万km走行後	311701	285838	243486	217623	199058	173195	180716	154853
38	7万km走行後	351655	325793	272071	246208	220239	194376	198839	172977
39	8万km走行後	391610	365747	300656	274794	241419	215556	216963	191100
40	9万km走行後	431564	405702	329242	303379	262600	236737	235087	209224
41	10万km走行後	471519	445656	357827	331964	283781	257918	253211	227348

付表3-4 モデル車両の素材製造時と走行時のエネルギー消費量（実走行モード）

		オールアルミニウム車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量(kg)								
4	スチール	220							
5	アルミニウム	320							
6	樹脂	120							
7	マグネシウム	40							
8	その他	210							
9	合計	910							
10									
11	消費エネルギー原単位(MJ/kg)								
12	スチール	26.17							
13	アルミニウム(リサイクル0%)	176.40							
14	(リサイクル100%)	40.28							
15	樹脂	80.0							
16	マグネシウム	402.0							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費(km/L)*実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	9.7		14.2		19.3		22.0	
21									
22	ガソリンエネルギー消費量原単位(MJ/L)	35.16							
23									
24	アルミニウムリサイクル率(%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時の消費エネルギー量(MJ)	87885	44327	87885	44327	87885	44327	87885	44327
27									
28	走行時の消費エネルギー量(MJ)								
29	1万km走行あたり	36247		24761		18218		15982	
30									
31	製造 + 走行時の消費エネルギー量(MJ)								
32	1万km走行後	124133	80574	112646	69088	106103	62545	103867	60309
33	2万km走行後	160380	116822	137407	93848	124321	80762	119849	76291
34	3万km走行後	196628	153069	162167	118609	142538	98980	135831	92272
35	4万km走行後	232875	189317	186928	143369	160756	117197	151813	108254
36	5万km走行後	269123	225564	211688	168130	178973	135415	167794	124236
37	6万km走行後	305370	261812	236449	192890	197191	153633	183776	140218
38	7万km走行後	341617	298059	261209	217651	215409	171850	199758	156200
39	8万km走行後	377865	334306	285970	242412	233626	190068	215740	172182
40	9万km走行後	414112	370554	310730	267172	251844	208286	231722	188163
41	10万km走行後	450360	406801	335491	291933	270062	226503	247704	204145

付表4-1 モデル車両の素材製造時と走行時のCO₂量（実走行モード）

		スチール現行車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量 (kg)								
4	スチール	990							
5	アルミニウム	130							
6	樹脂	170							
7	マグネシウム	5							
8	その他	210							
9	合計	1505							
10									
11	CO ₂ 排出原単位 (kg/kg)								
12	スチール	1.99							
13	アルミニウム (リサイクル0%)	10.13							
14	(リサイクル100%)	1.50							
15	樹脂	1.8							
16	マグネシウム	18.29							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費 (km/L) *実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	8.4		11.6		15.4		18.3	
21									
22	ガソリンCO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /L)	2.20							
23									
24	アルミニウムリサイクル率 (%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時のCO ₂ 排出量 (kg)	3684	2563	3684	2563	3684	2563	3684	2563
27									
28	走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
29	1万km走行あたり	2619		1897		1429		1202	
30									
31	製造 + 走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
32	1万km走行後	6303	5182	5581	4459	5113	3991	4887	3765
33	2万km走行後	8923	7801	7478	6356	6542	5420	6089	4967
34	3万km走行後	11542	10420	9374	8252	7970	6848	7291	6169
35	4万km走行後	14161	13039	11271	10149	9399	8277	8493	7371
36	5万km走行後	16780	15658	13167	12045	10827	9705	9695	8573
37	6万km走行後	19399	18277	15064	13942	12256	11134	10898	9776
38	7万km走行後	22018	20896	16960	15838	13684	12563	12100	10978
39	8万km走行後	24637	23515	18857	17735	15113	13991	13302	12180
40	9万km走行後	27256	26134	20753	19632	16542	15420	14504	13382
41	10万km走行後	29875	28753	22650	21528	17970	16848	15706	14584

付表4-2 モデル車両の素材製造時と走行時のCO₂量（実走行モード）

		スチール超軽量車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量 (kg)								
4	スチール	890							
5	アルミニウム	130							
6	樹脂	170							
7	マグネシウム	5							
8	その他	210							
9	合計	1405							
10									
11	CO ₂ 排出原単位 (kg/kg)								
12	スチール	1.99							
13	アルミニウム (リサイクル0%)	10.13							
14	(リサイクル100%)	1.50							
15	樹脂	1.8							
16	マグネシウム	18.29							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費 (km/L) *実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	8.6		11.9		16.1		18.9	
21									
22	ガソリンCO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /L)	2.20							
23									
24	アルミニウムリサイクル率 (%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時のCO ₂ 排出量 (kg)	3485	2364	3485	2364	3485	2364	3485	2364
27									
28	走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
29	1万km走行あたり	2558		1849		1366		1164	
30									
31	製造 + 走行時のCO ₂ 排出量 (kg)								
32	1万km走行後	6044	4922	5334	4212	4852	3730	4649	3528
33	2万km走行後	8602	7480	7183	6061	6218	5096	5813	4692
34	3万km走行後	11160	10038	9032	7910	7585	6463	6978	5856
35	4万km走行後	13718	12596	10880	9759	8951	7829	8142	7020
36	5万km走行後	16276	15154	12729	11607	10318	9196	9306	8184
37	6万km走行後	18834	17712	14578	13456	11684	10562	10470	9348
38	7万km走行後	21392	20271	16427	15305	13051	11929	11634	10512
39	8万km走行後	23951	22829	18275	17153	14417	13295	12798	11676
40	9万km走行後	26509	25387	20124	19002	15784	14662	13962	12840
41	10万km走行後	29067	27945	21973	20851	17150	16028	15126	14004

付表4-3 モデル車両の素材製造時と走行時のCO₂量（実走行モード）

		アルミニウム多用車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量(kg)								
4	スチール	750							
5	アルミニウム	190							
6	樹脂	160							
7	マグネシウム	15							
8	その他	210							
9	合計	1325							
10									
11	CO ₂ 排出原単位(kg/kg)								
12	スチール	1.99							
13	アルミニウム(リサイクル0%)	10.13							
14	(リサイクル100%)	1.50							
15	樹脂	1.8							
16	マグネシウム	18.29							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費(km/L)*実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	8.8		12.3		16.6		19.4	
21									
22	ガソリンCO ₂ 排出原単位(kg-CO ₂ /L)	2.20							
23									
24	アルミニウムリサイクル率(%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時のCO ₂ 排出量(kg)	3980	2340	3980	2340	3980	2340	3980	2340
27									
28	走行時のCO ₂ 排出量(kg)								
29	1万km走行あたり	2500		1789		1325		1134	
30									
31	製造+走行時のCO ₂ 排出量(kg)								
32	1万km走行後	6480	4840	5768	4128	5305	3665	5114	3474
33	2万km走行後	8980	7340	7557	5917	6630	4990	6248	4608
34	3万km走行後	11480	9840	9345	7706	7955	6316	7382	5742
35	4万km走行後	13980	12340	11134	9494	9281	7641	8516	6876
36	5万km走行後	16480	14840	12923	11283	10606	8966	9650	8010
37	6万km走行後	18980	17340	14711	13072	11931	10292	10784	9144
38	7万km走行後	21480	19840	16500	14860	13257	11617	11918	10278
39	8万km走行後	23980	22340	18288	16649	14582	12942	13052	11412
40	9万km走行後	26480	24840	20077	18437	15907	14268	14186	12546
41	10万km走行後	28980	27340	21866	20226	17233	15593	15320	13680

付表4-4 モデル車両の素材製造時と走行時のCO₂量（実走行モード）

		オールアルミニウム車							
1									
2	使用材料内訳								
3	使用材料別重量(kg)								
4	スチール	220							
5	アルミニウム	320							
6	樹脂	120							
7	マグネシウム	40							
8	その他	210							
9	合計	910							
10									
11	CO ₂ 排出原単位(kg/kg)								
12	スチール	1.99							
13	アルミニウム(リサイクル0%)	10.13							
14	(リサイクル100%)	1.50							
15	樹脂	1.8							
16	マグネシウム	18.29							
17	その他								
18									
19	燃費								
20	燃費(km/L)*実走行モード 10/20/40・100/70 km/h	9.7		14.2		19.3		22.0	
21									
22	ガソリンCO ₂ 排出原単位(kg-CO ₂ /L)	2.20							
23									
24	アルミニウムリサイクル率(%)	0	100	0	100	0	100	0	100
25									
26	素材製造時のCO ₂ 排出量(kg)	4627	1865	4627	1865	4627	1865	4627	1865
27									
28	走行時のCO ₂ 排出量(kg)								
29	1万km走行あたり	2268		1549		1140		1000	
30									
31	製造+走行時のCO ₂ 排出量(kg)								
32	1万km走行後	6895	4133	6176	3415	5767	3005	5627	2865
33	2万km走行後	9163	6401	7726	4964	6907	4145	6627	3865
34	3万km走行後	11431	8670	9275	6513	8047	5285	7627	4865
35	4万km走行後	13699	10938	10824	8063	9187	6425	8627	5865
36	5万km走行後	15967	13206	12373	9612	10326	7565	9627	6865
37	6万km走行後	18235	15474	13923	11161	11466	8705	10627	7865
38	7万km走行後	20503	17742	15472	12710	12606	9845	11627	8865
39	8万km走行後	22771	20010	17021	14260	13746	10985	12627	9865
40	9万km走行後	25039	22278	18571	15809	14886	12124	13627	10865
41	10万km走行後	27307	24546	20120	17358	16026	13264	14627	11865