

2. 製品別の希少性資源の利用状況

2-1. 自動車

(1) 自動車の構成材料

鉄をはじめ自動車には様々な素材が使われている。表2-1は、(社)日本自動車工業会が数年毎に調査している日本で生産した自動車の原材料構成材料比の推移を示したものである。

主要な構成材である鉄(普通鋼+銑鉄+特殊鋼)は、1973年に81.1%を占めていたが1997年には70.8%にまで低下した。しかし、2001年には熱延薄板と亜鉛メッキ鋼板の増大によって73%と少し回復している。

表2-1 普通・小型乗用車における原材料構成比推移

(単位:%)

年		1973	1977	1980	1983	1986	1989	1992	1997	2001
鉄	炭素鋼鋼材	7.9	6.8	6.1	6.0	6.1	6.0	5.8	6.8	5.8
	合金鋼鋼材	5.6	4.6	3.8	3.6	3.4	3.5	3.7	3.3	4.3
	被削性改善鋼鋼材	0.0	0.7	1.0	1.0	1.4	1.9	2.1	2.1	2.3
	ステンレス鋼・耐熱鋼鋼材	0.4	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.4	1.5	1.7
	ばね鋼鋼材	2.2	2.0	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.4	1.6
	軸受鋼鋼材	0.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5
	その他の特殊鋼鋼材	1.4	0.2	0.5	0.4	0.7	0.6	0.4	1.2	0.5
	特殊鋼鋼材 計	17.5	16.1	14.7	14.3	15.0	15.1	15.3	16.9	16.7
	銑鉄	3.2	3.2	2.8	2.2	1.7	1.7	2.1	1.8	1.5
	棒鋼	1.2	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.5
	熱延薄板	6.9	7.1	6.9	7.6	7.1	6.3	8.5	8.6	11.9
	熱延中板	7.5	7.2	5.9	5.7	4.7	4.8	3.6	3.1	2.7
	熱延厚板	0.2	0.5	0.8	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
	冷延薄板	38.9	37.9	33.8	29.4	26.0	22.5	15.0	13.3	13.5
	高張力鋼板	0.0	0.5	1.4	4.1	7.3	6.4	3.9	3.8	2.7
	亜鉛メッキ鋼板	1.6	3.8	5.7	5.5	5.4	10.0	14.8	12.3	14.6
	その他表面処理鋼板	0.0	0.6	1.5	2.3	2.8	2.9	5.4	6.7	5.7
	鋼管	2.3	2.2	2.3	2.3	2.7	2.4	2.0	2.0	2.1
	その他の普通鋼鋼材	1.8	0.8	1.2	1.1	0.4	0.4	0.6	1.2	0.3
普通鋼鋼材 計	60.4	61.6	60.5	59.5	57.7	56.9	54.9	52.1	54.8	
鉄 合計	81.1	80.9	78.0	76.0	74.4	73.7	72.3	70.8	73.0	
非鉄金属	電気銅	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0	1.3	1.0	1.2	0.8
	鉛地金	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	亜鉛地金	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1
	アルミ地金	2.8	2.6	3.3	3.5	3.9	4.9	6.0	7.5	6.0
	その他の非鉄金属	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
非鉄金属 計	5.0	4.7	5.6	5.6	6.1	7.4	8.0	9.6	7.6	
非金属	合成樹脂	2.9	3.5	4.7	5.7	7.3	7.5	7.3	7.5	8.2
	その他	11.0	10.9	11.7	12.7	12.2	11.4	12.4	12.1	11.0
非金属 計	13.9	14.4	16.4	18.4	19.5	18.9	19.7	19.6	19.2	
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 増加傾向を示している素材

減少傾向を示している素材

出所)(社)日本自動車工業会

表2 - 1 に示すように同じ鉄の中でも、増加するものと減少するものがある。例えば普通鋼鋼材では、冷延鋼板が1973年の38.9%から2001年には13.5%と3分の1に急減しているのに対し、熱延薄板は6.9%から11.9%にほぼ2倍となり、亜鉛メッキ鋼板に至っては1.6%から14.6%に1桁も増大している。また、高張力鋼板（ハイテン）ものように軽量化材料の開発も行われている。特殊鋼鋼材でも炭素鋼鋼材や合金鋼鋼材は減少傾向を示しているが、被削性改善鋼鋼材やステンレス鋼・耐熱鋼鋼材は増加傾向を示している。このように、自動車を構成する鉄であっても添加元素量の工夫や製造工程の改善により、新たな素材が開発されてきている。

非鉄金属の中では、アルミが2.8%から6.2%に、合成樹脂が2.9%から8.2%に増加している。これは燃費向上のための軽量化技術としてアルミ化、樹脂化が進んだためである。

一方、近年の自動車については、エンジン制御コンピューター、エアコン制御機器、液晶やLEDなどの各種メーター表示部、CD・DVDなど各種オーディオ機器や液晶カーナビなどの情報機器、ETC対応機器、種々のモーターやアクチュエーター、センサーなどの制御装置など、さらにハイブリッドカーではエンジン・モーターの制御、ニッケル水素電池などとの連携制御機器など、一般の家電製品や情報機器が自動車に搭載されていると過言ではないほど、電装化が進展しており、今後もその傾向は変わらない。

次に、自動車の最も主要な構成材料である鉄材と希少性資源との関係について述べる。

(2) 鉄材と希少性資源

鋼板、鋼管

鋼板の主な用途は、ボデー材であり、フード、ドアなどの外パネル、フロア、ダッシュパネルなどの内パネルが、これらの補強材としてピラー、メンバなどが挙げられる。

鋼板類の特性としては、強度、剛性、溶接性、表面外観などが求められる。特にスタイル形成に決定的な要素となるプレス成形性、深絞り性の向上を重要であり、この性質向上を目的に材料の開発が行われてきた。

自動車用鋼板の種類には、熱延鋼板、冷延鋼板、表面処理鋼板がある。JISでは、表2 - 2 に示すG 3113、G3134、G3135、G3144、G3302、G3313、G3314などが自動車用鋼板の基本となっている。しかし、希少性資源の成分に関する規格はない。

表2 - 2 自動車用鋼板のJIS規格

規格番号	対象	希少性資源の成分に関する規格
G3113	自動車構造用熱間圧延鋼板および鋼帯 (SAPH)	ない
G3134	自動車用加工性熱間圧延高張力鋼板及び鋼帯	ない
G3135	自動車用加工性冷間圧延高張力鋼板及び鋼帯	ない
G3302	溶融亜鉛メッキ鋼板及び鋼帯	ない
G3313	電気亜鉛メッキ鋼板及び鋼帯	-
G3314	溶融アルミニウムメッキ鋼板及び鋼帯	ない

冷延鋼板では、IF鋼 (C、Nを全く含まない鋼) の製造過程で残留するC、Nを強力な炭窒

化物形成元素であるチタン(Ti)やニオブ(Nb)を添加され、現在ではモリブデン(Mo)も添加されている。

表 2 - 3 開発鋼例の化学成分

C	N	Mn	P	Al	Ti
0.0020	0.0020	0.10	0.010	0.03	0.05

出所) (社)自動車技術会編集;自動車技術シリーズ5「自動車の材料技術」1996年

一方、燃費改善のためにはパワートレインの改良とともに自動車重量の軽減が必須である。薄くするとともに同時に高強度を有する鋼板、いわゆる高張力鋼板(ハイテン)が開発されており、自動車の軽量化に大きく貢献している。ハイテンとは鉄にマンガン(Mn)やシリコンなどを加え、冷却条件を精密に制御して強度を高めたものであり、通常の鋼板の3倍以上も強い製品も開発されている。

車ではホワイトボディ(車のフレーム部、約600kg)などに使われ、現在の小型自動車1台に使う鋼材に占めるハイテンの割合は45%となっている(出所;組成と加工、「ハイテン特集」2005年)。メーカーの推計によると、2005年には自動車用鋼板の50%がハイテンになるとの見方(次表参照)もある。ハイテンにおける希少性資源の添加量をみると、凡そMn:1~1.5%、Cr:0.5%、Mo:0.1~0.2%、Ti:0.02~0.03%、Nb:0.02~0.03%となっている。

表 2 - 4 国内自動車産業の鋼板におけるハイテン材の需要見通し

	1999年	2002年	2005年
完成車生産台数(万台/年)	990	950	950
自動車用鋼板のハイテン比率	20	30	50

出所)神戸製鋼所推計

従って、ホワイトボディに添加されている希少性資源量は、表2-5のように推算された。

表 2 - 5 ホワイトボディ(600kg、ハイテン50%として)中の希少性資源量の推定

	ハイテン中の濃度(%)	重量(kg)	950万台の合計(トン)
マンガン	1~1.5%	3~4.5	28,500~42,750
クロム	0.5%	1.5	14,250
モリブデン	0.1~0.2%	0.3~0.6	2,850~5,700
チタン	0.02~0.03%	0.06~0.09	570~855
ニオブ	0.02~0.03%	0.06~0.09	570~855

また、寒冷地域における融雪塩による車体腐食に対応すべく防錆材料の開発が行われ、車体防錆用亜鉛メッキ鋼板のほかに、排気系統などに使用されるアルミメッキ鋼板や燃料タンクに使用されるターンシートなどが開発されてきた。

溶融めっき鋼板は、冷延鋼板にさらに亜鉛めっきを施す電気亜鉛めっき鋼板と、焼鈍工程と表面酸化物の還元処理を兼ねた連続溶融亜鉛めっき鋼板とがある。後者では溶融亜鉛めっき後に更に加熱し、母材のFeをめっき層中に拡散させた合金化溶融亜鉛めっきが自動車用と

してよく使用されている。希少性資源を含むメッキ材料としては、電気亜鉛めっき鋼板での亜鉛-ニッケル合金がある。

ステンレスにおいては、SUS430系(SUS430:Cr16.0~18.0%、SUS434:Cr16.0~18.0%、Mo0.75~1.25%)が使用され、現在はニオブ(Nb)を添加したSUS430J1L(Cr19%-Cr0.5%-Nb8(C+N)~0.8%)が使われている。また、排気ガス浄化対策の一つであるEGR(排ガス再循環、Exhaust Gas Recirculation)用の鋼管には、SUS410L系ステンレス(Cr11.0~13.5%)、SUS304系ステンレス(304:Cr18~20%-Ni8~10.5%)が一般に使用されている。今では、自動車用のステンレスとして、JISG4305に種々の希少性資源を添加した様々なものが使われている。

メタルガスケット分野では、SUS301L(Cr17%-Ni7%)が、また排気ガス浄化用触媒分野では、耐熱衝撃性、低熱容量、低圧力損失を特徴としたメタル担体も増加している。担体のハニカムコアには酸化皮膜の密着性の向上させるためのレアアースを添加したCr20%-Al5%-REM鋼が箔(厚さ約50μm)の形状で使用されている。ハニカムコアを収納する外筒にはSUS430LX鋼などが使用されている。

耐熱性に優れた鋼種として、チタンを添加したType409系(Cr11%-Ti0.2%)、SUS430LX(Cr17%-Nb0.4%)、モリブデンを添加したSUS444系(Cr19%-Mo2%-Nb8×(C+N)~0.80%)などが排気ガス温度に応じて選択されている。耐酸化性はCr量が多いほど良好であり、高温強度、高温疲労強度を高めるためにMo(0.75~7.0%)あるいはNb(10×C%~1.0%)が添加される。

表2-6 ステンレスの部位別環境温度と使用鋼種

部位	環境温度()	鋼種	重量(kg/台)
シリンダヘッドガスケット	100	SUS 301L	0.3
エキゾーストマニホールド	950~800	YUS 409D, YUS 180	4
フロントパイプ	800~600	YUS 409D, YUS 436S, YUS 180	2
フレキシブルパイプ		SUS 304, SUSXM15J1, SUS 302B	0.5
触媒コンバータ		YUS 205 M1	2
センターパイプ	600~300	YUS 409D, YUS 436S, YUS 432	3
マフラ	300~100	YUS 409D, YUS 436S, YUS 432, NSA1YUS 409D, NSA1YUS 432	6
テールパイプ		YUS 436S, YUS 432, NSA1YUS 409D	
YUS 409D:11Cr-0.2Ti, YUS 436S:17Cr-1.2Mo-0.2Ti, YUS 432:17Cr-0.5Mo-0.2Ti, SUS 301L:17Cr-7Ni, YUS 205 M1:20Cr-5Al-Ln, YUS 180:19Cr-0.4Nb-0.4Cu-0.4Ni, SUS XM5J1:18Cr-13Ni-4Si, SUS 302B:18Cr-9Ni NSA1YUS 409D, NSA1YUS 432 は溶融アルミニウムめっきステンレス鋼を示す。			

出所)(社)自動車技術会編集;自動車技術シリーズ5「自動車の材料技術」1996年

表2-7 ステンレスのJISと添加レアメタル

JIS	用途	種類と添加レアメタル
G4305	冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯	SUS201: Mn5.5~7.5%, Ni3.5~5.5%, Cr16~18% SUS202: Mn7.5~10.0%, Ni3.5~5.5%, Cr16~18% SUS302: Mn2.0以下, Ni8.0~10%, Cr17~19% SUS304: Mn2.0以下, Ni8.0~10.5%, Cr18~20% SUS316: Mn2.0以下, Ni10~14%, Cr16~18%, Mo2.0~3.0%

出所)(社)自動車技術会編集;自動車技術シリーズ5「自動車の材料技術」1996年

自動車用鋼管に使用されているものについて、表2 - 8に添加希少性資源の関係を示したが、基本的にはマンガン(Mn)が0.3~1%程度添加され、必要に応じてバナジウム(V)、ニオブ(Nb)、クロム(Cr)が微量添加されている。

自動車用では、駆動軸(プロペラシャフト、ドライブシャフト)、各種シャフト(ステアリングシャフトなど)、各種リンク、クロスメンバ、サイドメンバ、トーションバー、などに採用されている。ステンレス鋼管については、主にエキマニ以降の排気系統に使用される。特に乗用車のマフラと触媒以降の鋼管はステンレスになっている。

近年ではドアビーム用高強度鋼管やプロペラシャフト用高強度鋼管が開発され、排気系用ステンレス鋼管分野では、エキマニ、エキパイ以外の材料としてフレキシブルパイプがある。通常 SUS304 が使用されるが、塩害地域では 17Cr-13Ni-2.5Si-2.5Mo のようにモリブデン添加したものが開発されている。

表2 - 8 鋼管の JIS 規格と添加レアメタル

JIS	用途	種類と添加レアメタル	適用範囲
G3445	機械構造用炭素鋼鋼管 (STKM)	11種、12種：Mn0.6%以下 13種：Mn0.3~0.9% 14種、15種：Mn0.3~1.0% 16種、17種：Mn0.4~1.0% 18種、19種：Mn1.50%以下 20種：Mn1.6%以下	機械、自動車、自転車、家具、器具、その他の機械部品
G3472	自動車構造用電気抵抗溶接炭素鋼鋼管 (STAM)	G種：Mn0.6%以下、0.3~0.9%	自動車構造用一般部品
		H種：Mn0.3~0.9%、0.3~1.0%	自動車構造用のうち特に降伏強度を重視した部品
G3441	機械構造用合金鋼鋼管	必要に応じて Nb または V を 0.15% まで添加可能	
		SCr クロム鋼：Mn0.6~0.85%、Cr0.9~1.2% SCM クロムモリブデン鋼：Mn0.6~0.85%、Cr0.9~1.2%、Mo0.15~0.3%	機械、自動車その他の機械部品

特殊鋼

添加元素によって種々の鋼材が製造されている特殊鋼について述べる。

特殊鋼はエンジン、駆動系、懸架などの自動車の基幹部品の材料として使われており、最大の需要先は自動車産業であり、特殊鋼の開発は自動車を対象として行われてきた。

JIS 規格によると特殊鋼は、工具鋼、構造用鋼、特殊用途鋼を分類される。表2 - 9に特殊鋼の分類を示したが、構造用鋼、特殊用途鋼でも、種々の元素が添加され、用途にあった素材が使われる。構造用合金鋼では、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)が添加される場合が多く、バナジウム(V)やホウ素(B)も添加されるものもある。特殊用途鋼では、高マンガン鋼のようにマンガン(Mn)が添加されるものもある。

表 2 - 9 特殊鋼の分類

構造用鋼	機械構造用炭素鋼	高級炭素鋼（普通鋼に比べて不純物が少ない）の一種で、炭素鋼であるが特殊鋼に分類されている。
	構造用合金鋼	炭素鋼に合金元素を添加した鋼。Cr 鋼、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr 鋼、Ni-Cr-Mo 鋼など多くの種類があり、希少性資源が合金元素として添加される。製造過程で焼入れ、焼戻し、浸炭焼入れ、窒化处理などが行われ、表面硬化処理方法によって強靱鋼、肌焼鋼、窒化鋼に分けられる。
	強靱鋼	合金元素を添加して焼入れ・焼戻し処理を行って靱性を強化したもの。
	肌焼鋼	合金元素を添加した低炭素鋼の表面から炭素を浸透させて表面に高炭素層を形成し、焼入れで表面を硬化させたもので、高い疲労強度や耐衝撃性を要する機械構造用部品に用いられる。
	窒化鋼	合金元素を添加した鋼表面に窒素を浸透させたもので、耐摩耗性や耐食性が必要な箇所に用いられる。
特殊用途鋼	ばね鋼	文字通り、ばねの材料であり、弾性値が高く、高い疲労強度が特徴である。自動車では板ばね、コイルばねなどに使われている。
	軸受鋼	ベアリング鋼。文字通り、軸を受けるための材料であり、耐摩耗性、高い疲労強度が求められる。ベアリング用として、玉軸受け、ころ軸受けの玉やころ、内輪・外輪に使われている。
	ステンレス鋼	約 12%以上のクロムを含む。耐食性があり、自動車以外でも種々の場面で使われている。クロム系とニッケル系がある。クロム系の代表として SUS430(18%Cr)が、ニッケル系の代表として SUS304(18%Cr-8%Ni)がある。SUS304 は、ステンレス鋼の価格基準となっている。
	耐熱鋼	高温高圧下でも強度、耐食性を保持する合金。
	快削鋼	被削性を有する。添加元素により鉛快削鋼、硫黄快削鋼、リン快削鋼などがある。代表的な鉛快削鋼については、鉛フリー快削鋼も開発されている。
	ピアノ線材	高品質の高炭素鋼線材でありながら特殊鋼に分類されている。銅などの不純物量が少なく、強靱で引張り強度が高い。
	高抗張力鋼	特殊鋼に分類される高張力鋼。高張力鋼（ハイテン）は、高い引張り強度を有していることから、自動車では軽量化材料として注目されている。なお、特殊鋼のように特別な元素を添加せずとも、圧延条件や熱処理条件の工夫による製品も開発されている。
	高マンガン鋼	10～20%のマンガン(Mn)を含む炭素鋼で、1,000 から水に焼入れして、強靱性、耐衝撃性を持たせる。非磁性鋼であることから、電機部品などにも利用されている。
工具鋼	材料を切断・切削するための切削工具と材料成形金型の材料となる鋼用である。炭素工具鋼、合金工具鋼、高速度工具鋼などがあるが、自動車の構成材料にはならないので本調査では触れていない。	

表 2 - 1 0 ばね鋼の用途と化学成分 (希少性資源)

記号	鋼材名	主用途	Mn	Cr	Mo	V	B
SUP3	高炭素鋼	重ね板ばね	0.30-0.60	-	-	-	-
SUP6	シリコンマンガ ン鋼	重ね板ばね、コ イルばね、トー ションバー	0.70-1.00	-	-	-	-
SUP7			0.70-1.00	-	-	-	-
SUP9	マンガンクロ ム鋼	ションバー	0.65-0.95	0.65-0.95	-	-	-
SUP9A			0.70-1.00	0.70-1.00	-	-	-
SUP10	クロムバナジ ウム鋼	コイルばね、ト ーションバー	0.65-0.95	0.80-1.10	-	0.15-0.25	-
SUP11A	マンガンクロ ムボロン鋼	大形の重ね板ば ね、コイルばね、 ーションバー	0.70-1.00	0.70-1.00	-	-	0.0005 以上
SUP12	シリコンクロ ム鋼	コイルばね	0.60-0.90	0.60-0.90	-	-	-
SUP13	クロムモリブ デン鋼	大形の重ね板ば ね、コイルばね	0.70-1.00	0.70-0.90	0.25-0.35	-	-

出所) JISハンドブック

表 2 - 1 1 軸受鋼の用途と化学成分 (希少性資源)

記号	Mn	Cr	Mo	
SUJ1	0.50 以下	0.90-1.20	-	Ni:0.25%以下 Cu:0.25%以下
SUJ2	0.50 以下	1.30-1.60	-	
SUJ3	0.90-1.15	0.90-1.20	-	
SUJ4	0.50 以下	1.30-1.60	0.10-0.25	
SUJ5	0.90-1.15	0.90-1.20	0.10-0.25	

出所) JISハンドブック

表 2 - 1 2 構造用鋼 (特殊鋼)

鋼	使用箇所	希少性資源
高強度歯車用鋼	トランスミッション、デファレンシャルに は、Cr 鋼、Cr-Mo 鋼の浸炭歯車が使用。	浸炭層の靱性を改善のために Mo や Ni 添加
高強度高靱性非調 質鋼	多くの自動車部品。コンロッド、足回り、	炭素鋼に 0.1%のバナジウム(V) を添加。Mn、Cr
高強度高周波焼入 れシャフト用鋼	等速ジョイントやトランスミッションのシャ フト用	B
高強度ばね鋼	自動車の懸架コイルばね。JIS ばね鋼の SUP7。	高強度ばね鋼の成分(mass%) C 0.40 Si 2.50 Mn 0.75 Ni 2.00 Cr 0.85 Mo 0.40 V 0.20
非調質鋼		V

また、表 2 - 1 3 には、特殊鋼の自動車部門 (自動車の構成材料を直接的に示すものではない) の需要量を示した。表 2 - 1 3 によると、機械構造用炭素鋼と構造用合金鋼の割合が

高いが、軸受鋼、耐熱鋼、高抗張力鋼の割合が上昇してきている。全体では2000年に498万トンの需要量となっている。

表2 - 13 自動車部門における特殊鋼の需要 (単位: 上段、万トン、下段割合%)

鋼種	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
工具鋼	9 1.6	8 1.6	7 1.6	9 1.7	9 1.9	9 1.8	10 2.0	8 1.9	8 1.8	9 1.7
機械構造用炭素鋼	201 37.8	184 37.2	172 37.7	189 36.8	178 37.1	192 38.2	187 37.7	151 36.6	163 36.6	181 36.3
構造用合金鋼	125 23.6	119 24.0	109 23.7	126 24.5	112 23.2	118 23.4	113 22.7	93 22.6	99 22.2	111 22.3
ばね鋼	31 5.8	28 5.7	25 5.5	29 5.6	26 5.3	26 5.1	26 5.2	22 5.3	23 5.2	24 4.8
軸受鋼	18 3.5	16 3.3	16 3.6	19 3.7	21 4.3	20 3.9	21 4.2	17 4.2	19 4.3	23 4.6
ステンレス鋼	28 5.3	26 5.2	22 4.8	25 5.0	25 5.1	25 5.0	27 5.4	23 5.5	23 5.2	28 5.6
耐熱鋼	8 1.4	8 1.6	9 2.0	11 2.1	10 2.2	11 2.2	12 2.4	12 2.9	13 2.9	13 2.7
快削鋼	78 14.7	73 14.9	68 15.0	74 14.4	66 13.8	66 13.2	65 13.1	53 12.7	56 12.5	64 12.9
ピアノ線材	8 1.6	9 1.7	8 1.7	8 1.6	8 1.7	9 1.7	8 1.7	8 2.0	9 2.0	9 1.8
高抗張力鋼	22 4.1	21 4.2	18 4.0	20 4.0	24 5.0	25 5.0	25 5.1	24 5.9	31 6.9	34 6.8
その他	3 0.6	3 0.6	2 0.5	2 0.4	2 0.4	2 0.5	2 0.4	2 0.4	2 0.4	2 0.4
合計	532 100.0	494 100.0	457 100.0	513 100.0	480 100.0	503 100.0	495 100.0	414 100.0	444 100.0	498 100.0

出所) (社)特殊鋼倶楽部、自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査、平成13年度

表2 - 14 自動車における特殊用途鋼と希少性資源

用途	部品名	希少性資源
耐熱材料	エンジンバルブ (吸気バルブ)	マルテンサイト系耐熱鋼 SUH3(0.4%C-2%Si-11%Cr-1%Mo) SUH11(0.5C-1.5Si-8.5Cr)
	エンジンバルブ (排気バルブ)	オーステナイト系耐熱鋼 SUH35(0.5C-9Mn-4Ni-21Cr-0.4N) SUH36(SUH35+0.06S)
	ターボチャージャー付き エンジン用 排気バルブ	インコネル751のようなNi基合金も (0.05C-15Cr-2.5Ti-1Al-1Nb-7Fe-bal.Ni)
	ターボチャージャー (ハウジング)	高Si系球状黒鉛鑄鉄(3.5C-4Si-0.5Mo) フェライト系鑄鋼
	ターボチャージャー (ホイール)	インコネル713CのようなNi基耐熱合金 (0.05C-12Cr-4.5Mo-0.6Ti-5.9Al-2Nb-0.1Zr-0.01B-bal.Ni) 窒化ケイ素(セラミックス)、TiAl系金属間化合物なども開発されてきている。

	エキゾーストマニホールド	従来:球状黒鉛鋳鉄,ニレジスト鋳鉄(2.8C-2.2Si-20Ni-2Cr) 現在:ステンレス鋼製パイプ、薄肉鋳造ステンレス鋳鋼 SUS430modify(0.03C-18Cr-微量 Nb)
耐食・耐摩 耗性材料	電磁式燃料噴射弁(インジェクタ)	フェライト系電磁ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼、オーステナイト系ステンレス鋼、 ハウジングは 13Cr フェライト系電磁ステンレス鋼
	アンチロックブレーキシステム	センサリング:焼結品(鉄粉やフェライト系ステンレス鋼粉)、フェライト系ステンレス鋼。 車輪速センサー(電磁ピックアップ式):フェライト系電磁ステンレス鋼および SmCo などの磁石 アクチュエータ用電磁バルブ:低炭素鋼、純鉄、ケイ素鋼

鋳鉄

次に、自動車での使用割合が少ないが、重要な部品に用いられている鋳鉄（出発原料は銑鉄）について述べる。

鉄鋳物(鋳鉄と鋳鋼)は、炭素の量で鋳鉄と鋳鋼に分けられる。材質から炭素が約 2.0% 以下のものを鋳鋼、それ以上を鋳鉄と呼んでいるように、出発原料が異なる。鋳鉄は銑鉄を溶かしたものであり、鋳鋼は鋼を溶かしたものである。

鋳造に適した鋳鉄の特徴は、被削性がよいこと、黒鉛存在によって振動を吸収すること、摩擦係数が低く耐摩耗性が良好なこと、熱伝導性が高いことと、逆に引張り強度や靱性が低いこと、亀裂が生じやすいことが挙げられる。表 に示したように、希少性資源としてセリウム(Ce)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)、バナジウム(V)やボロン(B)が添加されることがある。

図 2 - 1 鉄鋳物の材質による分類

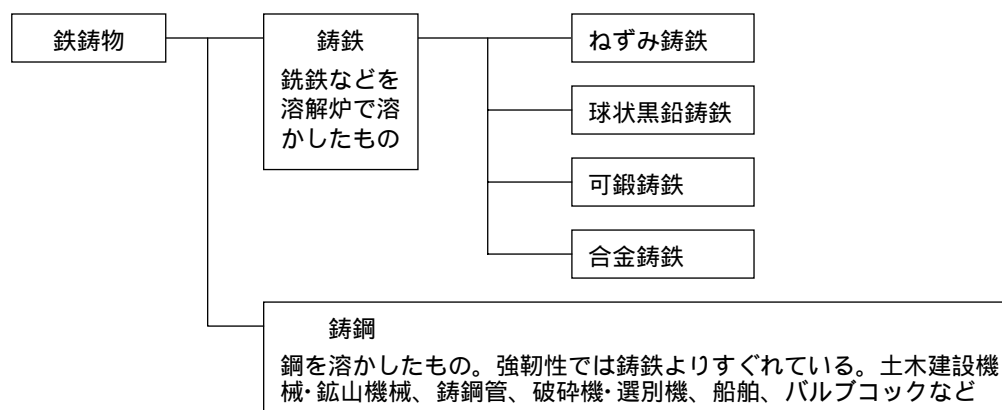


表 2 - 1 5 鉄鋳物の分類

種類	特徴
ねずみ鋳鉄	最も一般的な鋳鉄。凝固時に黒鉛が片状に晶出したもので、破面がねずみ色。鋳造性に優れるいる反面、黒鉛によって亀裂が生じやすい。JIS では引張強度によって FC100 から 350 までの 6 種類が規定されているが、 <u>希少性資源の濃度範囲に関する規定はない。</u>
球状黒鉛鋳鉄	鋳鉄溶湯にマグネシウムあるいはセリウム(Ce)などを添加して、ねずみ鋳鉄に見られた片状黒鉛を球状化させたもの。鋳鉄の特性と鋼の特性である鋳造性、切削性が良好で、強度・剛性が鋼に近い特性を有する。製造時には使用する原材料を特に吟味しなければならず、球状化を阻害する硫黄の含有量を低く抑えることが必要。JIS では FCD370 から 800 まで 7 種類が分類されているが、 <u>希少性資源の濃度範囲に関する規定はない。</u>
可鍛鋳鉄	破面の白い白鋳鉄を熱処理。自動車部品に使用される例は少ない。JIS では白心可鍛鋳鉄と黒心可鍛鋳鉄、パーライト可鍛鋳鉄の 3 種類があるが、 <u>希少性資源の濃度範囲に関する規定はない。</u>
合金鋳鉄	ねずみ鋳鉄に Cr, Mo, Cu, Ni, V などを添加し、耐摩耗性や耐熱強度を向上。カムシャフトやバルブガイドはエンジンの高出力、高回転化によって、より耐摩耗性やスカuffing性の要求が高まった結果、合金元素を添加するようになった。
オーステナイト鋳鉄	片状黒鉛系も球状黒鉛系も希少性資源については、次の範囲の化学成分が規定されている。Mn:0.5~7.0, Ni:12~36, Cr:~5.5 片状の用途：ポンプ、バルブ、炉部品などエキマニ 球状の用途：ポンプ、コンプレッサー、エキマニ、タービンハウジング、バルブ等
鋳鋼	自動車用としては少ないが、鋳造性や被削性などの改良により、エンジン用材料のみならず、シャシ用材としても軽量化に貢献する材料となる。

乗用車に使用されている主な鋳鉄製部品の適用例と材質について、表 2 - 1 6 に示す。

エンジンは、エンジン本体、燃料系、吸排気系、動弁系、潤滑・冷却系などから成り立つ。以下に代表的なエンジンを構成する鋳鉄・鋳鋼部品について述べる。

シリンダブロック

シリンダブロックは燃焼圧力に耐えられ、シリンダ内をピストンリングがしゅう動しながら往復運動しても、燃焼室の気密性を維持しなければならない。さらに燃焼ガスの圧力を、ピストンを介してクランク系に伝え、ピストンの往復運動を回転運動に変える際に、クランクを支える役割を果たしている。また、内部にはシリンダ冷却のための冷却水通路、各部潤滑のためのオイル通路をもっている。外回りは各種補機、駆動系部品を取り付ける構造から成り立っており、複雑形状である。

このためシリンダブロックとしては強度、剛性のほかに、耐摩耗性、耐食性、冷却能、耐熱性、気密性、減衰能、面精度などの特性が要求されるとともに、最近エンジンの高性能化に伴って振動・騒音が増加してしまいうため、より優れた剛性が必要とされることに加えて、エンジンの燃費向上にシリンダブロックの軽量化が欠かせない。そのために、国産のガソリン乗用車ではアルミ化進んでいる。

ディーゼルエンジン用にはねずみ鋳鉄に 0.2~0.4%程度の Cr を添加して耐摩耗性を

向上させたものや、Cu、Mo、Niなどの元素を添加して耐磨耗性を向上させたものが使われている。

ライナー材としてねずみ鋳鉄にリン、Cr、Bを添加したものもある。

シリンダヘッド

シリンダヘッドは燃焼室と吸排気ポート及び内部に冷却用のジャケットやオイル通路を有し、上面には各種の動弁系部品を支持する構造となっている。耐熱性や剛性、耐食性、熱伝導性などが要求されているが、シリンダブロック同様にアルミ化が進んでいる分野でもある。

ガソリンエンジンに比べて、ディーゼルエンジンでは、繰り返しの爆発圧力をより強く受けるために、吸排気弁間の熱疲労強度が問題となっており、鋳鉄製シリンダヘッドでは、耐熱性向上のために0.1~0.5%のCrや0.2~0.5%のMoなどを添加したのものやCuやNiを添加したものが使用されている。

表2 - 16 自動車（乗用車）に使用されている主な鋳鉄製部品の適用例と材質

コンポーネント	部品	材質
エンジン	シリンダブロック	FC250、FC300 合金鋳鉄
	シリンダヘッド	FC250 合金鋳鉄
	クランクシャフト	FCD700、FCD800 (軟窒化、フィレットロール加工)
	カムシャフト	FC250(チル硬化、軟窒化) 合金鋳鉄(チル硬化、火炎焼入れ、高周波焼入れ、リン酸塩被膜) FCD700(高周波焼入れ、軟窒素化)
	エキゾーストマニホールド	FC200、FC250 FCD400 高ケイ素球状黒鉛鋳鉄 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄
	バルブロッカアーム	FC250、FC300(チル硬化) FCD600、FCD700(高周波焼入れ)
	ターボチャージャーハウジング	高ケイ素球状黒鉛鋳鉄 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄
シャシー	ステアリングナックル	FCD400~700
	ブレーキローター	FC150~250
	ブレーキキャリバ	FCD450~700
	サスペンションアーム	FCD400

出所)(社)自動車技術会編集；自動車技術シリーズ5「自動車の材料技術」1996年9月発行

クランクシャフト

高い剛性、疲労強度、耐焼付性、被削性が求められるクランクシャフトで鋳鉄を用いる場合は、熱処理をするか、Cu、Mn、Snなどの元素を添加する。最近では鋳鉄に代わっ

て鋼製品も使用されている。

カムシャフト

ギヤ、タイミングチェーン、タイミングベルトなどの駆動方式によりロッカーアームやプッシュロッド、バルブリフタを介して吸排気弁を上下させるカムを有する。鋳鉄としてはねずみ鋳鉄に約0.5%Crや0.1~0.3%のMoを添加したものがある。

バルブロッカーアーム

カムシャフトの回転運動をバルブの上下運動に切り替えるもの。

エキゾーストマニホールド

排気ガスを集めるもので耐熱性はもちろんのこと、鋳造性、熱・振動による疲労強度が求められる。3.4~4%のSiを添加した高ケイ素球状黒鉛鋳鉄が使用されているが、軽量化等の関係から、さらに0.3~1%のMoを添加したものも使用されてきている。

ターボチャージャーハウジング

鋳造品で、十分な耐久性が求められ、耐酸化性、熱疲労強度、などから、高ケイ素球状黒鉛鋳鉄や球状黒鉛系のオーステナイト鋳鉄が一般的である。

以上をもとに、表2-17の2001年の材料構成比をもとに鉄、ステンレス中の希少性資源量を推算した。その結果、マンガンは約2.6kg、ニッケルは3.3kg、クロムは5.7kg、モリブデンは0.3kg、チタンは0.2kg、ニオブが0.01kgとなった。

表2-17 普通自動車(車重1,500kg)における主要な希少性資源量の推定

金属	構成比 (%)	元素構成比 (%)						重量 (kg)					
		Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	Nb	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	Nb
炭素鋼鋼材	5.8	0.4						0.348	0	0	0	0	0
合金鋼鋼材	4.3	0.4	2	0.7				0.258	1.29	0.4515	0	0	0
被削性改善鋼鋼材	2.3	0.7						0.242	0	0	0	0	0
ステンレス鋼・耐熱鋼鋼	1.7	0.5	8	19	0.8			0.128	2.04	4.845	0.204	0	0
ばね鋼鋼材	1.6	0.7		0.7	0.2			0.168	0	0.168	0.048	0	0
軸受鋼鋼材	0.5			1	0.1			0	0	0.075	0.008	0	0
その他の特殊鋼鋼材	0.5							0	0	0	0	0	0
鉄鉄	1.5							0	0	0	0	0	0
棒鋼	0.5							0	0	0	0	0	0
熱延薄板	11.9	0.2				0.1		0.357	0	0	0	0.089	0
熱延中板	2.7	0.2				0.1		0.081	0	0	0	0.02	0
熱延厚板	0.3	0.2				0.1		0.009	0	0	0	0.002	0
冷延薄板	13.5	0.2				0.1		0.405	0	0	0	0.101	0
高張力鋼板	2.7	1.2		0.5	0.2	0	0	0.486	0	0.2025	0.061	0.01	0.01
亜鉛メッキ鋼板	14.6							0	0	0	0	0	0
その他表面処理鋼板	5.7							0	0	0	0	0	0
鋼管	2.1	0.3						0.095	0	0	0	0	0
その他の普通鋼鋼材	0.3							0	0	0	0	0	0
鉄 合計	73							0	0	0	0	0	0
電気銅	0.8							0	0	0	0	0	0
鉛地金	0.5							0	0	0	0	0	0
亜鉛地金	0.1							0	0	0	0	0	0
アルミ地金	6							0	0	0	0	0	0
その他の非鉄金属	0.2							0	0	0	0	0	0
合計								2.576	3.33	5.742	0.32	0.223	0.01

表 2 - 1 8 に、自動車のエンジンを、表 2 - 1 9 ~ 表 2 - 2 1 に足回りを実際に分解して、構成材料の種類と重量を調査した結果（出所：(社)特殊鋼倶楽部、自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査、平成 13 年度）を示した。自動車は 2001 年製 4 ドアハードトップの 2,500cc のガソリン車（6 気筒 24 バルブ）である。

表 2 - 1 8 エンジンの部品別・材料別の重量（単位：kg/台）

	シリンダ	ピストン・ コンラッ ド・クラン クシャフト	バルブシ ステム	燃料部	吸気・ 排気系	エンジン			合計
						冷却シ ステム	潤滑系	電装	
特殊鋼	2.3073	31.7208	5.6630	0.5484	3.1249	1.5673	0.5315		45.2
機械構造用炭素鋼	0.3489	1.9678	0.9257	0.5484	0.1697	0.3641	0.5120		4.8
構造用合金鋼		1.6748	1.8466			0.6820			4.2
Cr 鋼		0.2726	0.4946			0.6820			1.4
Cr-Mo 鋼		1.4022	1.3520						2.8
ばね鋼		0.1074	0.7848				0.0195		0.9
軸受鋼									
ステンレス鋼					2.9552	0.5212			3.5
Cr 系					2.9552	0.5212			3.5
耐熱鋼	0.0950		1.1268						1.2
快削鋼		27.9708							28.0
高抗張力鋼									
高マンガン鋼	1.8634		0.9791						2.8
普通鋼	0.1859	0.1956	0.7901	0.3790	1.6773	0.4916	2.9602		6.7
棒鋼		0.1956			0.0236	0.0064	0.5320		0.8
線材									
熱延・冷延鋼板	0.1859		0.7901	0.1951	1.6537	0.4852	0.3893		3.7
表面処理鋼板				0.1839			2.0389		2.2
鑄鉄	57.2309	3.4077	7.0070		2.4307		0.3087		70.4
ねずみ鑄鉄	57.2309	3.4077	7.0070				0.3087		68.0
球状黒鉛鑄鉄					2.4307				2.4
鉄系焼結合金			0.9439				0.3276		1.3
非鉄金属	22.2151		2.2930	2.1236	8.5799	2.8247	6.9987		47.3
アルミ・アルミ合金	22.2151	2.2848	2.2930	2.1236	8.5799	2.8247	6.9987		47.3
銅・銅合金									
非金属	0.1525	2.2848	0.1384	0.7349	0.3281	0.0012	0.0024	4.7406	6.1
プラ・ゴム以外	0.1525		0.1384	0.7349	0.3281	0.0012	0.0024	4.7406	6.1
合計	82.0917	37.6089	16.8354	3.7859	16.1409	4.8848	11.1291	4.7406	177.2

出所：(社)特殊鋼倶楽部、自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査、平成 13 年度

表2 - 19 フロント・サスペンションの部品別・材料別の重量(単位: kg/台)

	フロント・ショック アブソーバ	サスペンション アーム	フロントアクスル・ ハブ&ドラム	合計
特殊鋼	8.5916	13.3484	13.8776	35.8
機械構造用炭素鋼	3.4164	2.9310	4.2016	10.5
構造用合金鋼	0.1298	1.4714	0.4400	2.0
Cr 鋼	0.1298		0.4400	0.6
Cr-Mo 鋼		1.4714		1.5
ばね鋼	5.0454			5.0
軸受鋼			1.5506	1.6
ステンレス鋼				
Cr 系				
耐熱鋼				
快削鋼				
高抗張力鋼		1.5444		1.5
高マンガン鋼		7.4016	7.6854	15.1
普通鋼	1.9314	0.7288	0.9058	3.6
棒鋼				
線材		0.0056		0.0
熱延・冷延鋼板	1.7854	0.7232	0.8128	3.3
表面処理鋼板	0.1460		0.0930	0.2
鋳鉄			11.4978	11.5
ねずみ鋳鉄			11.4978	11.5
球状黒鉛鋳鉄				
鉄系焼結合金			0.2450	0.2
非鉄金属				
アルミ・アルミ合金				
銅・銅合金				
非金属	1.1174	0.0294		1.1
ブラ・ゴム以外	1.1174	0.0294		1.1
合計	11.6404	14.1066	26.5262	52.3

出所: (社)特殊鋼倶楽部、自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査、平成 13 年度

表 2 - 2 0 リア・サスペンションの部品別・材料別の重量 (kg/台)

	リア・ショック アブソーバ	リア・サスペンショ ンアーム	リアアクスル・ハブ &ドラム	合計
特殊鋼	7.6192	8.6904	5.8852	22.2
機械構造用炭素鋼	3.3052	4.6180	3.6862	11.6
構造用合金鋼	0.2316	0.2792	0.4430	1.0
Cr 鋼	0.2316		0.4430	0.7
Cr-Mo 鋼		0.2792		0.3
ばね鋼	4.0824			4.1
軸受鋼		0.6204	1.7560	2.4
ステンレス鋼				
Cr 系				
耐熱鋼				
快削鋼				
高抗張力鋼		3.1728		3.2
高マンガン鋼				
普通鋼	2.0080		0.2504	2.3
棒鋼				
線材				
熱延・冷延鋼板	1.8620		0.1376	2.0
表面処理鋼板	0.1460		0.1128	0.3
鋳鉄			19.5266	19.5
ねずみ鋳鉄			9.7752	9.8
球状黒鉛鋳鉄			9.7514	9.8
鉄系焼結合金				
非鉄金属				
アルミ・アルミ合金				
銅・銅合金				
非金属	1.2218			1.2
ブラ・ゴム以外	1.2218			1.2
合計	10.8490	8.6904	25.6622	45.2

出所：(社)特殊鋼倶楽部、自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査、平成 13 年度

表 2 - 2 1 サスペンション周辺部品の部品別・材料別の重量 (kg/台)

	フロント・ディスク ブレーキ	リア・ディスク ブレーキ	リア・パーキング・ ブレーキ	合計
特殊鋼	1.4782	0.8026	2.7804	5.1
機械構造用炭素鋼	1.2326	0.6846	2.1934	4.1
構造用合金鋼	0.1740	0.0892	0.2144	0.5
Cr 鋼				
Cr-Mo 鋼	0.1740	0.0892	0.2144	0.5
ばね鋼			0.3726	0.4
軸受鋼				
ステンレス鋼	0.0716	0.0288		0.1
Cr 系	0.0716	0.0288		0.1
耐熱鋼				
快削鋼				
高抗張力鋼				
高マンガン鋼				
普通鋼	1.6144	0.9348	2.7508	5.3
棒鋼				
線材			0.1254	0.1
熱延・冷延鋼板	1.6144	0.9348	2.6046	5.2
表面処理鋼板			0.0208	0.0
鋳鉄	8.8920	4.8138		13.7
ねずみ鋳鉄				
球状黒鉛鋳鉄	8.8920	4.8138		13.7
鉄系焼結合金				
非鉄金属	0.0140	0.0140	0.1086	0.1
アルミ・アルミ合金			0.1086	0.1
銅・銅合金	0.0140	0.0140		0.0
非金属	0.0244	0.0182	0.1530	0.2
ブラ・ゴム以外	0.0244	0.0182	0.1530	0.2
合計	12.0230	6.5834	5.7928	24.4

出所：(社)特殊鋼倶楽部、自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査、平成 13 年度

さらに、表2 - 23 ~ 表2 - 39に示すように各部品の材料分析値に材料重量を掛けて添加元素別の重量を算出した。その合計を表2 - 22に示す。希少性資源の添加元素としては、マンガン、ニッケル、クロム、モリブデンである。

表2 - 22 普通自動車のエンジン、足回り部材への希少性資源の量（単位：g/台）

	Mn	Ni	Cr	Mo
シリンダ	24.29	9.32	20.59	0.49
ピストン・コンロッド・クランクシャフト	330.79	27.79	71.40	4.70
バルブシステム	37.34	4.96	147.14	11.27
燃料部	2.16	0.38	0.22	0.05
吸気・排気系	7.13	14.60	341.07	3.89
エンジン冷却システム	12.80	35.05	89.06	0.81
エンジン潤滑系	3.68	13.62	0.65	1.66
エンジン電装	1.34	0.16	0.21	0.03
フロント・ショックアブソーバ	50.31	3.19	7.60	1.74
フロント・サスペンション	153.81	6.56	32.28	4.89
フロントアクスル・ハブ&ドラム	158.23	3.89	52.40	3.28
バルブシステム	42.98	2.62	7.68	1.47
リア・サスペンションアーム	29.85	0.28	11.60	2.40
リアアクスル・ハブ&ドラム	41.62	2.96	38.37	1.62
フロント・ディスクブレーキ	8.42	5.44	15.76	0.73
リア・ディスクブレーキ	4.57	2.20	6.73	0.35
リア・パーキングブレーキ	17.57	0.28	3.57	0.70
合計	926.90	133.28	846.32	40.09

この算出方法では、コンタミとして混入したものも含まれているが、JIS規格であっても添加元素が加えられている可能性が高いことから、各添加元素の合計値は少なくとも含まれている量とみることができよう。

エンジン、足回り部材だけで、マンガン Mn が約 930g、ニッケル Ni が約 130g、クロム Cr が 850g、モリブデン Mo が 40g と推算された。

表2 - 23 シリンダの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	シリンダヘッドカバーNo.1	アルミ合金	0.8768	1	0.8768	JIS												
2	シリンダヘッドカバーNo.2	アルミ合金	0.9309	1	0.9309	JIS												
3	シリンダヘッドカバーガスケット	樹脂	0.0553	2	0.1106													
4	シリンダヘッドカバー固定ボルト	炭素鋼	0.0110	12	0.1320		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.95	0.00	0.05	0.01		
5	キャップ	樹脂	0.0419	1	0.0419													
6	シリンダヘッド	アルミ合金	18.8890	1	18.8890	JIS												
7	シリンダヘッド固定ボルト	マンガン鋼	0.0779	14	1.0906		1.11	0.01	0.16	0.02	0.27	0.009	12.11	0.11	1.74	0.22		
8	ワッシャ	炭素鋼	0.0064	14	0.0896		0.79	0.01	0.17	0.01	0.58	0.003	0.71	0.01	0.15	0.01		
9	シリンダガスケット	耐熱鋼	0.0950	1	0.0950		1.09	9.60	18.27	0.17	0.11	0.110	1.04	9.12	17.36	0.16		
10	シリンダブロック	ねずみ鋳鉄	53.6000	1	53.6000	JIS												
11	シリンダブロックメインキャップ	ねずみ鋳鉄	0.5187	7	3.6309	JIS												
12	メインキャップボルト	マンガン鋼	0.0552	14	0.7728		1.11	0.01	0.16	0.01	0.26	0.010	8.58	0.08	1.24	0.08		
13	エンジンハンガー	熱延鋼板	0.1859	1	0.1859	JIS												
14	ボルト	炭素鋼	0.0203	1	0.0203		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.15	0.00	0.01	0.00		
15	シリンダブロックカバー	アルミ合金	0.1700	1	0.1700	JIS												
16	ボルト	炭素鋼	0.0057	6	0.0342		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.25	0.00	0.01	0.00		
17	エンジンマウティングインシュレーター	アルミ合金	0.6742	2	1.3484	JIS												
18	エンジン固定ボルト	炭素鋼	0.0182	4	0.0728		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.52	0.00	0.03	0.01		
	合計				82.0917								24.29	9.32	20.59	0.49		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 24 ピストン・コンロッド・クランクシャフトの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)			
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo
1	ピストンファーリング	ばね鋼	0.0097	6	0.0582		0.64	0.01	0.80	0.01	0.55	0.009	0.37	0.01	0.47	0.01
2	ピストンセカンドリング	ねずみ鋳鉄	0.0097	6	0.0582	JIS										
3	ピストンサードリング	ばね鋼	0.0082	6	0.0492		0.52	0.00	0.39	0.01	0.81	0.004	0.26	0.00	0.19	0.00
4	ピストン	アルミ合金	0.3808	6	2.2848	JIS		1.00						22.85		
5	ピストンピン	Cr-Mo鋼	0.1318	6	0.7908		0.90	0.01	1.24	0.02	0.27	0.010	7.12	0.08	9.81	0.16
6	コンロッド	快削鋼	0.3472	6	2.0832		0.88	0.05	0.16	0.02	0.54	0.058	18.33	1.04	3.33	0.42
7	ボルト	Cr-Mo鋼	0.0338	12	0.4056		0.82	0.06	1.01	0.16	0.40	0.006	3.33	0.24	4.10	0.65
8	コンロッドベアリング	炭素鋼	0.0191	6	0.1146		0.47	0.13	0.04	0.01	0.14	0.008	0.54	0.15	0.05	0.01
9	コンロッドキャップ	快削鋼	0.2046	6	1.2276		0.88	0.05	0.16	0.02	0.54	0.058	10.80	0.61	1.96	0.25
10	クランクシャフトプーリーセンターボルト	Cr鋼	0.2726	1	0.2726		0.85	0.01	1.05	0.01	0.40	0.009	2.32	0.03	2.86	0.03
11	フライホールボルト	Cr-Mo鋼	0.0220	8	0.1760		0.82	0.01	1.08	0.21	0.41	0.006	1.44	0.02	1.90	0.37
12	プレートNo.1	炭素鋼	0.1033	1	0.1033		0.89	0.01	0.04	0.01	0.63	0.004	0.92	0.01	0.04	0.01
13	フライホール	炭素鋼	0.7506	1	0.7506		0.64	0.02	0.05	0.01	0.16	0.005	4.80	0.15	0.38	0.08
14	プレートNo.2	炭素鋼	0.1930	1	0.1930		0.82	0.02	0.05	0.01	0.16	0.007	1.58	0.04	0.10	0.02
15	クランクシャフト	快削鋼	24.6600	1	24.6600		1.10	0.01	0.18	0.01	0.50	0.047	271.26	2.47	44.39	2.47
16	クランクシャフトベアリング	普通鋼	0.0489	4	0.1956		0.36	0.01	0.03	0.01	0.05	0.006	0.70	0.02	0.06	0.02
17	フライホイールリング	炭素鋼	0.8063	1	0.8063		0.84	0.01	0.18	0.02	0.47	0.012	6.77	0.08	1.45	0.16
18	クランクシャフトプーリー	ねずみ鋳鉄	3.3495	1	3.3495	JIS										
19	プーリーボルト	Cr-Mo鋼	0.0149	2	0.0298		0.82	0.01	1.08	0.21	0.41	0.006	0.24	0.00	0.32	0.06
	合計				37.6089								330.79	27.79	71.40	4.70

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成 13 年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査 (平成 14 年 3 月) より算出

表2 - 25 バルブシステムの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	カムシャフト	ねずみ鋳鉄	3.5035	2	7.0070	JIS												
2	カムシャフトベアリングNo.1	アルミ合金	0.0701	1	0.0701	JIS												
3	No.1固定ボルト	Mn鋼	0.0182	2	0.0364		1.15	0.01	0.15	0.01	0.25	0.011	0.42	0.00	0.05	0.00		
4	カムシャフトベアリングNo.3	アルミ合金	0.5636	1	0.5636	JIS												
5	No.3固定ボルト長	Mn鋼	0.0243	2	0.0486		1.15	0.01	0.15	0.01	0.25	0.011	0.56	0.00	0.07	0.00		
6	No.3固定ボルト短	Mn鋼	0.0051	1	0.0051		1.15	0.01	0.15	0.01	0.25	0.011	0.06	0.00	0.01	0.00		
7	オイルコントロールバルブ	炭素鋼	0.0608	1	0.0608		0.88	0.00	0.13	0.01	0.45	0.004	0.54	0.00	0.08	0.01		
8	カムシャフトベアリングNo.2	アルミ合金	0.0457	12	0.5484	JIS												
9	No.2固定ボルト	Mn鋼	0.0180	24	0.4320		1.15	0.01	0.15	0.01	0.25	0.011	4.97	0.04	0.65	0.04		
10	オイルシール	ゴム類	0.0110	2	0.0220													
11	トレーンボルト	Cr-Mo鋼	0.0320	1	0.0320		0.85	0.09	1.11	0.16	0.34	0.012	0.27	0.03	0.36	0.05		
12	タイミングプーリー	炭素鋼	0.4352	1	0.4352		0.14	0.03	0.03	0.01	0.79	0.003	0.61	0.13	0.13	0.04		
13	タイミングベルトトレーンボルト	Mn鋼	0.0720	1	0.0720		1.18	0.01	0.18	0.01	0.27	0.003	0.85	0.01	0.13	0.01		
14	カムシャフトタイミングプーリー大	焼結合金鋼	0.6311	1	0.6311		0.10	0.05	0.03	0.01	1.88	0.001	0.63	0.32	0.19	0.06		
15	カムシャフトタイミングプーリー小	焼結合金鋼	0.3128	1	0.3128		0.10	0.05	0.03	0.01	1.88	0.001	0.31	0.16	0.09	0.03		
16	カムシャフトタイミングプーリー中	Mn鋼	0.3850	1	0.3850		1.08	0.01	0.04	0.01	0.09	0.003	4.16	0.04	0.15	0.04		
17	カムシャフトタイミングプーリー固定ボルト	炭素鋼	0.0078	5	0.0390		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.28	0.00	0.02	0.00		
18	タイミングベルト	ゴム類	0.1164	1	0.1164													
19	タイミングベルトカバー	冷延鋼板	0.4996	1	0.4996	JIS												
20	ボルト	炭素鋼	0.0058	5	0.0290		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.21	0.00	0.01	0.00		
21	ドライブsprocket	炭素鋼	0.3113	1	0.3113		0.27	0.01	0.05	0.02	0.42	0.003	0.84	0.03	0.16	0.06		
22	タイミングアイドル	Cr鋼	0.4245	1	0.4245		0.40	0.07	1.36	0.04	0.97	0.004	1.70	0.30	5.77	0.17		
23	タイミングアイドルステー	Cr鋼	0.0701	1	0.0701		0.77	0.01	1.08	0.01	0.42	0.016	0.54	0.01	0.76	0.01		
24	テンショナアジャスタ	アルミ合金	1.1109	1	1.1109	JIS												
25	テンショナアジャスタカバー	熱延鋼板	0.2905	1	0.2905	JIS												
26	タペット	Cr-Mo鋼	0.0438	24	1.0512		0.73	0.01	1.02	0.20	0.72	0.006	7.67	0.11	10.72	2.10		
27	スプリングテーナロック	炭素鋼	0.0021	24	0.0504		0.50	0.00	0.03	0.01	0.62	0.004	0.25	0.00	0.02	0.01		
28	スプリングテーナ	Cr-Mo鋼	0.0112	24	0.2688		0.71	0.08	0.92	0.16	0.27	0.008	1.91	0.22	2.47	0.43		
29	スプリング	ばね鋼	0.0327	24	0.7848		0.70	0.01	0.69	0.01	0.64	0.004	5.49	0.08	5.42	0.08		
30	バルブ排気側	耐熱鋼	0.0439	12	0.5268		0.45	0.31	10.64	0.72	0.41	0.011	2.37	1.63	56.05	3.79		
31	バルブ吸気側	耐熱鋼	0.0500	12	0.6000		0.45	0.31	10.64	0.72	0.41	0.011	2.70	1.86	63.84	4.32		
	合計				16.8354								37.34	4.96	147.14	11.27		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表 2 - 2 6 燃料部の部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	スロットルボデー	アルミ合金	1.5542	1	1.5542	JIS												
2	スロットルポジションセンサー	樹脂	0.0325	1	0.0325													
3	アイドルスピードコントロールバルブ	樹脂	0.0980	1	0.0980													
4	スロットル取付ステー	メッキ鋼板	0.1839	1	0.1839	JIS	厚さ t=2.91											
5	フューエルデリバリーバルブ	アルミ合金	0.5694	1	0.5694	JIS												
6	ボルト	炭素鋼	0.0140	3	0.0420		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.30	0.00	0.02	0.00		
7	インジェクター	樹脂	0.0438	6	0.2628													
8	バキュームコントローラー	樹脂	0.3416	1	0.3416													
9	スロットルボデーブラケット	冷延鋼板	0.1951	1	0.1951	JIS	厚さ t=1.50											
10	固定ボルト短	炭素鋼	0.0367	1	0.0367		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.26	0.00	0.01	0.00		
11	固定ボルト長	炭素鋼	0.0434	1	0.0434		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.31	0.00	0.02	0.00		
12	フューエルパイプNo.1	炭素鋼	0.3406	1	0.3406		0.30	0.09	0.04	0.01	0.04	0.007	1.02	0.31	0.14	0.03		
13	フューエルパイプNo.2	炭素鋼	0.0857	1	0.0857		0.30	0.09	0.04	0.01	0.04	0.007	0.26	0.08	0.03	0.01		
	合計				3.7859								2.16	0.38	0.22	0.05		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成 13 年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査 (平成 14 年 3 月) より算出

表2 - 27 吸気・排気系の部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)			
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo
1	ヒートインシュレータ	Alメッキ鋼板	1.4244	1	1.4244		厚さ=0.67									
2	エキゾーストマニホールド排気側	球状黒鉛鋳鉄	2.4307	1	2.4307	JIS										
3	エキゾーストマニホールドパイプ部	ステンレス鋼	2.8402	1	2.8402		0.17	0.24	11.30	0.13	0.05	0.010	4.83	6.82	320.94	3.69
4	エキゾーストマニホールドヘッド側	熱延鋼板	0.4378	2	0.8756	JIS	厚さ=3.14									
5	ガスケット	ステンレス鋼	0.0575	2	0.1150		0.94	6.77	17.44	0.16	0.05	0.010	1.08	7.79	20.06	0.18
6	インテークマニホールド	アルミ合金	2.7029	1	2.7029	JIS										
7	ガスケット	冷延鋼板	0.0217	1	0.0217	JIS										
8	インテークエアサージタンク	アルミ合金	2.9352	1	2.9352	JIS										
9	インテークエアコネクタ	アルミ合金	1.5174	1	1.5174	JIS										
10	ガスケット	冷延鋼板	0.0100	1	0.0100	JIS										
11	ナット	普通鋼	0.0059	4	0.0236	JIS										
12	インテークフランジ	樹脂	0.3281	1	0.3281											
13	ボルト	炭素鋼	0.0115	3	0.0345		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.25	0.00	0.01	0.00
14	インテークマニホールド	熱延鋼板	0.5614	1	0.5614	JIS	厚さ=2.30									
15	取付ボルト	炭素鋼	0.0247	4	0.0988		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.71	0.00	0.04	0.01
16	マニホールドステー	熱延鋼板	0.1850	1	0.1850	JIS	厚さ=4.45									
17	取付ボルト	炭素鋼	0.0182	2	0.0364		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.26	0.00	0.01	0.00
	合計				16.1409								7.13	14.60	341.07	3.89

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 28 エンジン冷却システムの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)				
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo	
1	クーリングファンラッチ	アルミ合金	1.0134	1	1.0134	JIS											
2	クーリングファンブリー	普通鋼	0.4829	1	0.4829		0.20	0.01	0.02	0.01	0.05	0.004	0.97	0.05	0.10	0.05	
3	ウォーターポンプハウジング	アルミ合金	1.5393	1	1.5393	JIS											
4	取付ボルト	炭素鋼	0.0069	4	0.0276		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.20	0.00	0.01	0.00	
5	ガスケット	冷延鋼板	0.0023	1	0.0023	JIS											
6	ウォーターバイパスパイプ	ステンレス鋼	0.0414	1	0.0414		0.84	8.74	18.91	0.16	0.05	0.008	0.35	3.62	7.83	0.07	
7	Oリング	ゴム類	0.0006	2	0.0012												
8	ボルト	普通鋼	0.0032	2	0.0064		0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.007	0.01	0.00	0.00	0.00	
9	ウォーターアウトレット	ステンレス鋼	0.0959	1	0.0959		0.84	7.05	15.46	0.10	0.06	0.002	0.81	6.76	14.83	0.10	
10	ウォーターインレットパイプ	ステンレス鋼	0.3400	1	0.3400		0.84	7.05	15.46	0.10	0.06	0.002	2.86	23.97	52.56	0.34	
11	ウォーターアウトレットラジエター側	アルミ合金	0.2720	1	0.2720	JIS											
12	クーリングファンラッチステー	炭素鋼	0.3365	1	0.3365		0.45	0.01	0.04	0.01	0.25	0.017	1.51	0.03	0.13	0.03	
13	ウォーターポンプシャフト	Cr鋼	0.6820	1	0.6820		0.87	0.09	1.22	0.03	0.27	0.013	5.93	0.61	8.32	0.20	
14	ウォーターポンプローター	ステンレス鋼	0.0439	1	0.0439		0.39	0.00	12.02	0.03	0.06	0.010	0.17	0.00	5.28	0.01	
	合計				4.8848								12.80	35.05	89.06	0.81	

81 出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 2 9 エンジン潤滑系の部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)					材料 (g/台)				
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo
1	オイルパン	メッキ鋼板	1.6620	1	1.6620	JIS	厚さ=1.18									
2	オイルパンケース	アルミ合金	4.8870	1	4.8870	JIS										
3	オイルパンケース取付ボルト長	普通鋼	0.0381	6	0.2286		0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.007	0.27	0.02	0.05	0.02
4	オイルパンケース取付ボルト短	普通鋼	0.0193	14	0.2702		0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.007	0.32	0.03	0.05	0.03
5	オイルフィルター	メッキ鋼板	0.3769	1	0.3769	JIS										
6	ボルト	炭素鋼	0.0182	3	0.0546		0.72	0.00	0.04	0.01	0.45	0.014	0.39	0.00	0.02	0.01
7	オイルフィルターブラケット	アルミ合金	0.4946	1	0.4946	JIS										
8	Oリング	ゴム類	0.0024	1	0.0024											
9	ブラケット	冷延鋼板	0.3893	1	0.3893	JIS	厚さ=0.81									
10	レベルゲージ	ばね鋼	0.0195	1	0.0195	JIS	0.70						0.14			
11	レベルゲージガイド	炭素鋼	0.1354	1	0.1354	JIS										
12	オイルポンプハウジング	アルミ合金	1.6171	1	1.6171	JIS										
13	固定ボルト	普通鋼	0.0068	4	0.0272		0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.007	0.03	0.00	0.01	0.00
14	ロータ外側	焼結合金鋼	0.1460	1	0.1460		0.08	4.14	0.03	0.48	0.78	0.005	0.12	6.04	0.04	0.70
15	ロータ内側	焼結合金鋼	0.1816	1	0.1816		0.08	4.14	0.03	0.48	0.78	0.005	0.15	7.52	0.05	0.87
16	バランスウェイト	ねずみ鋳鉄	0.3087	1	0.3087	JIS										
17	オイルストレーナー	炭素鋼	0.3220	1	0.3220		0.70	0.00	0.13	0.01	0.42	0.015	2.25	0.00	0.42	0.03
18	ボルト	普通鋼	0.0030	2	0.0060		0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.007	0.01	0.00	0.00	0.00
	合計				11.1291								3.68	13.62	0.65	1.66

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 3 0 エンジン電装の部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)					材料 (g/台)				
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo
1	ワイヤーハーネス	樹脂	3.4500	1	3.4500											
2	イグニッションコイルレジスティブコード	樹脂	0.3426	3	1.0278											
3	プラグ	その他	0.0438	6	0.2628		0.51	0.06	0.08	0.01	0.09	0.008	1.34	0.16	0.21	0.03
	合計				4.7406								1.34	0.16	0.21	0.03

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 3 1 フロント・ショックアブソーバの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)						
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo			
1	ストラットキャップ	樹脂	0.0125	2	0.0250														
2	ストラットナット	炭素鋼	0.0128	2	0.0256		0.40	0.00	0.06	0.01	0.09	0.005	0.10	0.00	0.02	0.00			
3	インシュレータナット	炭素鋼	0.0068	6	0.0408		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.18	0.00	0.02	0.00			
4	ストラットインシュレータ	熱延鋼板	0.6175	2	1.2350	JIS	厚さ=2.46												
5	インシュレータボルト	炭素鋼	0.0155	6	0.0930	JIS													
6	ストラットカバー	樹脂	0.2099	2	0.4198														
7	ストラットダンパ	樹脂	0.1064	2	0.2128														
8	コイルスプリング	ばね鋼	2.5227	2	5.0454		0.84	0.06	0.10	0.03	0.06	0.022	42.38	3.03	5.05	1.51			
9	ピストンカバー	メッキ鋼板	0.0730	2	0.1460	JIS	厚さ=2.46												
10	ピストンバー	炭素鋼	0.3274	2	0.6548		0.70	0.01	0.14	0.01	0.35	0.014	4.58	0.07	0.92	0.07			
11	ショックアブソーバ	炭素鋼	1.1931	2	2.3862	JIS	厚さ=5.07												
12	スプリングローパット	熱延鋼板	0.2752	2	0.5504		0.21	0.01	0.03	0.01	0.04	0.008	1.16	0.06	0.17	0.06			
13	ブッシュ	炭素鋼	0.0879	2	0.1758		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	0.79	0.02	0.09	0.07			
14	ストラットボルト	Cr鋼	0.0649	2	0.1298		0.72	0.01	1.02	0.02	0.40	0.005	0.93	0.01	1.32	0.03			
15	ストラットナット	炭素鋼	0.0201	2	0.0402		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.18	0.00	0.02	0.00			
16	ショック注入樹脂	油脂	0.2299	2	0.4598														
	合計				11.6404								50.31	3.19	7.60	1.74			

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成 13 年度自動車技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査 (平成 14 年 3 月) より算出

表2 - 3 2 フロント・サスペンションの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)			
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo
1	サスペンションアッパーアーム	高抗張力鋼	0.7722	2	1.5444		1.22	0.22	0.04	0.01	0.08	0.003	18.84	3.40	0.62	0.15
2	アッパーアームブッシュ	炭素鋼	0.0915	4	0.3660		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	1.65	0.04	0.18	0.15
3	ボールジョイントアダプタ	炭素鋼	0.0795	2	0.1590		0.60	0.01	0.07	0.01	0.27	0.019	0.95	0.02	0.11	0.02
4	ボールジョイント	Cr-Mo鋼	0.0863	2	0.1726		0.82	0.01	1.09	0.18	0.40	0.017	1.42	0.02	1.88	0.31
5	ボールジョイントカバー	樹脂	0.0147	2	0.0294											
6	アッパーアームナット	炭素鋼	0.0150	2	0.0300		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.14	0.00	0.02	0.00
7	アッパーアーム割ピン	軟鋼線材	0.0014	2	0.0028	JIS										
8	サスペンションロワーアームNo.1	Mn鋼	1.9181	2	3.8362		0.80	0.04	0.10	0.01	0.28	0.015	30.69	1.53	3.84	0.38
9	ロワーアームブッシュ	炭素鋼	0.2019	2	0.4038		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	1.82	0.04	0.20	0.16
10	ロワーアームボルト	Cr-Mo鋼	0.0939	4	0.3756		1.03	0.01	1.19	0.24	0.40	0.006	3.87	0.04	4.47	0.90
11	サスペンションロワーアームNo.2	Mn鋼	1.7827	2	3.5654		1.82	0.01	0.24	0.01	0.36	0.053	64.89	0.36	8.56	0.36
12	ロワーアームブッシュ	炭素鋼	0.1774	2	0.3548		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	1.60	0.04	0.18	0.14
13	ナックルアーム	炭素鋼	0.6326	2	1.2652		0.81	0.07	0.14	0.04	0.29	0.015	10.25	0.89	1.77	0.51
14	ナックルアームボールジョイント	Cr-Mo鋼	0.2239	2	0.4478		0.82	0.01	1.09	0.18	0.40	0.017	3.67	0.04	4.88	0.81
15	ナックルアームボルト	Cr-Mo鋼	0.0480	4	0.1920		0.78	0.01	1.05	0.20	0.41	0.008	1.50	0.02	2.02	0.38
16	ナット	炭素鋼	0.0135	2	0.0270		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.12	0.00	0.02	0.00
17	割ピン	軟鋼線材	0.0014	2	0.0028	JIS										
18	サスペンションブラケット	熱延鋼板	0.3616	2	0.7232		1.20	0.01	0.03	0.01	0.10	0.005	8.68	0.07	0.22	0.07
19	ボルト	炭素鋼	0.0118	2	0.0236	JIS										
20	スタビライザーリンク	炭素鋼	0.1296	2	0.2592		0.47	0.01	0.08	0.01	0.17	0.014	1.22	0.03	0.21	0.03
21	ボールジョイント長	Cr-Mo鋼	0.0996	2	0.1992		0.82	0.01	1.09	0.18	0.40	0.017	1.63	0.02	2.17	0.36
22	ナット	炭素鋼	0.0123	2	0.0246		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.11	0.00	0.01	0.00
23	ボールジョイント短	Cr-Mo鋼	0.0421	2	0.0842		0.82	0.01	1.09	0.18	0.40	0.017	0.69	0.01	0.92	0.15
24	ナット	炭素鋼	0.0089	2	0.0178		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.08	0.00	0.01	0.00
	合計				14.1066								153.81	6.56	32.28	4.89

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 3 3 フロントアクスル・ハブ&ドラムの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)					材料 (g/台)						
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	ホイールハブキャップ	メッキ鋼板	0.0465	2	0.0930	JIS												
2	ホイールハブナット	炭素鋼	0.1133	2	0.2266		0.83	0.06	0.14	0.03	0.48	0.017	1.88	0.14	0.32	0.07		
3	ナックル	Mn鋼	3.8427	2	7.6854		1.50	0.01	0.22	0.02	0.25	0.045	115.28	0.77	16.91	1.54		
4	ABSロータ	焼結合金鋼	0.1225	2	0.2450		0.09	0.00	0.04	0.01	1.51	0.008	0.22	0.00	0.10	0.02		
5	ハブベアリング	軸受鋼	0.7753	2	1.5506		0.47	0.05	1.47	0.02	0.97	0.003	7.29	0.78	22.79	0.31		
6	スナップリング	炭素鋼	0.0208	2	0.0416	JIS												
7	オイルシールアウター	冷延鋼板	0.0236	2	0.0472	JIS												
8	ブレーキディスクカバー	普通鋼	0.3828	2	0.7656	JIS												
9	ボルト	炭素鋼	0.0047	8	0.0376	JIS												
10	ホイールハブ	炭素鋼	1.9479	2	3.8958		0.78	0.05	0.19	0.03	0.29	0.015	30.39	1.95	7.40	1.17		
11	ハブボルト	Cr鋼	0.0440	10	0.4400		0.72	0.06	1.11	0.04	0.20	0.009	3.17	0.26	4.88	0.18		
12	ブレーキディスク	ねずみ鉄	5.7489	2	11.4978	JIS												
	合計				26.5262								158.23	3.89	52.40	3.28		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成 13 年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査 (平成 14 年 3 月) より算出

表2 - 3 4 バルブシステムの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	ストラットキャップ	樹脂	0.0125	2	0.0250													
2	ストラットナット	炭素鋼	0.0128	2	0.0256		0.40	0.00	0.06	0.01	0.09	0.005	0.10	0.00	0.02	0.00		
3	インシュレータナット	炭素鋼	0.0068	6	0.0408		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.18	0.00	0.02	0.00		
4	ストラットインシュレータ	熱延鋼板	0.6419	2	1.2838	JIS	厚さ=2.46											
5	インシュレータボルト	炭素鋼	0.0148	6	0.0888	JIS												
6	ストラットカバー	樹脂	0.2580	2	0.5160													
7	ストラットダンパ	樹脂	0.1105	2	0.2210													
8	コイルスプリング	ばね鋼	2.0412	2	4.0824		0.84	0.06	0.10	0.03	0.06	0.022	34.29	2.45	4.08	1.22		
9	ピストンカバー	メッキ鋼板	0.0730	2	0.1460	JIS	厚さ=2.42											
10	ピストンバー	炭素鋼	0.3274	2	0.6548		0.70	0.01	0.14	0.01	0.35	0.014	4.58	0.07	0.92	0.07		
11	ショックアブソーバ	炭素鋼	1.1433	2	2.2866	JIS	厚さ=5.07											
12	スプリングローパット	熱延鋼板	0.2891	2	0.5782		0.21	0.01	0.03	0.01	0.04	0.008	1.21	0.06	0.17	0.06		
13	ブッシュ	炭素鋼	0.0879	2	0.1758		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	0.79	0.02	0.09	0.07		
14	ストラットボルト	Cr鋼	0.1158	2	0.2316		0.72	0.01	1.02	0.02	0.40	0.005	1.67	0.02	2.36	0.05		
15	ストラットナット	炭素鋼	0.0164	2	0.0328		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.15	0.00	0.02	0.00		
16	ショック注入樹脂	油脂	0.2299	2	0.4598													
	合計				10.8490								42.98	2.62	7.68	1.47		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成 13 年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査 (平成 14 年 3 月) より算出

表2 - 35 リア・サスペンションアームの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)			
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo
1	アッパーアーム	高抗張力鋼	1.5864	2	3.1728	JIS	厚さ=3.14									
2	ブッシュ	炭素鋼	0.0915	4	0.3660		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	1.65	0.04	0.18	0.15
3	ボールジョイント	軸受鋼	0.2239	2	0.4478		0.82	0.01	1.09	0.18	0.40	0.017	3.67	0.04	4.88	0.81
4	ナット	炭素鋼	0.0257	2	0.0514		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.23	0.01	0.03	0.01
5	ロワーアームNo.1	炭素鋼	0.4288	2	0.8576		0.49	0.01	0.04	0.01	0.12	0.003	4.20	0.09	0.34	0.09
6	ブッシュ	炭素鋼	0.0879	2	0.1758		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	0.79	0.02	0.09	0.07
7	ボールジョイント	軸受鋼	0.0863	2	0.1726		0.82	0.01	1.09	0.18	0.40	0.017	1.42	0.02	1.88	0.31
8	ナット	炭素鋼	0.0148	2	0.0296		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.13	0.00	0.02	0.00
9	ロワーアームNo.2	炭素鋼	0.7941	2	1.5882		0.82	0.00	0.04	0.01	0.15	0.003	13.02	0.00	0.64	0.16
10	ブッシュ	炭素鋼	0.0879	2	0.1758		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	0.79	0.02	0.09	0.07
11	ボルト	Cr-Mo鋼	0.0738	2	0.1476		1.03	0.01	1.19	0.24	0.40	0.006	1.52	0.01	1.76	0.35
12	ナット	炭素鋼	0.0159	2	0.0318		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.14	0.00	0.02	0.00
13	ロワーアームNo.3	炭素鋼	0.5680	2	1.1360	JIS	厚さ=3.57									
14	ブッシュ	炭素鋼	0.0879	2	0.1758		0.45	0.01	0.05	0.04	0.25	0.014	0.79	0.02	0.09	0.07
15	ボルト	Cr-Mo鋼	0.0658	2	0.1316		1.03	0.01	1.19	0.24	0.40	0.006	1.36	0.01	1.57	0.32
16	ナット	炭素鋼	0.0150	2	0.0300		0.45	0.01	0.06	0.01	0.26	0.011	0.14	0.00	0.02	0.00
	合計				8.6904								29.85	0.28	11.60	2.40

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 36 リアアクスル・ハブ&ドラムの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	ホイールハブキャップ	メッキ鋼板	0.0564	2	0.1128	JIS												
2	オイルシールインナー	冷延鋼板	0.0365	2	0.0730	JIS												
3	スナップリング	炭素鋼	0.0251	2	0.0502	JIS												
4	ハブベアリング	軸受鋼	0.8780	2	1.7560		0.47	0.05	1.47	0.02	0.97	0.003	8.25	0.88	25.81	0.35		
5	ナックル	球状黒鉛鋳鉄	4.8757	2	9.7514	JIS												
6	オイルシールアウター	冷延鋼板	0.0323	2	0.0646	JIS												
7	ホイールハブ	炭素鋼	1.8180	2	3.6360		0.83	0.05	0.21	0.03	0.29	0.015	30.18	1.82	7.64	1.09		
8	ハブボルト	Cr鋼	0.0443	10	0.4430		0.72	0.06	1.11	0.04	0.20	0.009	3.19	0.27	4.92	0.18		
9	ブレーキディスク	ねずみ鋳鉄	4.8876	2	9.7752	JIS												
	合計				25.6622								41.62	2.96	38.37	1.62		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 37 フロント・ディスクブレーキの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	キャリバーサポート	球状黒鉛鑄鉄	1.4701	2	2.9402	JIS												
2	ボルト	Cr-Mo鋼	0.0435	4	0.1740		0.81	0.01	0.97	0.22	0.41	0.005	1.41	0.02	1.69	0.38		
3	スナップリング	炭素鋼	0.0035	2	0.0070	JIS												
4	ピストンブーツ	樹脂	0.0065	2	0.0130													
5	ピストン	炭素鋼	0.4557	2	0.9114		0.46	0.01	0.07	0.02	0.26	0.009	4.19	0.09	0.64	0.18		
6	ピストンシール	樹脂	0.0024	2	0.0048													
7	キャリバー	球状黒鉛鑄鉄	2.9759	2	5.9518	JIS												
8	ピンブーツ	樹脂	0.0016	4	0.0064													
9	ブッシュ	樹脂	0.0001	2	0.0002													
10	スライドピン上側	炭素鋼	0.0610	2	0.1220		0.77	0.01	0.15	0.01	0.46	0.012	0.94	0.01	0.18	0.01		
11	ボルト	炭素鋼	0.0016	4	0.0064	JIS												
12	スライドピン下側	炭素鋼	0.0597	2	0.1194		0.77	0.01	0.15	0.01	0.46	0.012	0.92	0.01	0.18	0.01		
13	シムアウター	ステンレス鋼	0.0179	4	0.0716		1.02	7.40	18.22	0.19	0.11	0.004	0.73	5.30	13.05	0.14		
14	シムインナー	炭素鋼	0.0166	4	0.0664		0.35	0.01	0.04	0.01	0.09	0.009	0.23	0.01	0.03	0.01		
15	ブレーキパット	熱延鋼板	0.3972	4	1.5888	JIS	厚さ=6.07											
16	クリップ	普通鋼	0.0032	8	0.0256	JIS												
17	ブリーダ	銅合金	0.0070	2	0.0140	-												
	合計				12.0230								8.42	5.44	15.76	0.73		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 38 リア・ディスクブレーキの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)						材料 (g/台)					
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	キャリバーサポート	球状黒鉛鋳鉄	0.9451	2	1.8902	JIS												
2	ボルト	Cr-Mo鋼	0.0223	4	0.0892		0.81	0.01	0.97	0.22	0.41	0.005	0.72	0.01	0.87	0.20		
3	スナップリング	炭素鋼	0.0018	2	0.0036	JIS												
4	ピストンブーツ	樹脂	0.0047	2	0.0094													
5	ピストン	炭素鋼	0.1745	2	0.3490		0.46	0.01	0.07	0.02	0.26	0.009	1.61	0.03	0.24	0.07		
6	ピストンシール	樹脂	0.0015	2	0.0030													
7	キャリバー	球状黒鉛鋳鉄	1.4618	2	2.9236	JIS												
8	ピンブーツ	樹脂	0.0014	4	0.0056													
9	ブッシュ	樹脂	0.0001	2	0.0002													
10	スライドピン上側	炭素鋼	0.0596	2	0.1192		0.77	0.01	0.15	0.01	0.46	0.012	0.92	0.01	0.18	0.01		
11	ボルト	炭素鋼	0.0160	4	0.0640	JIS												
12	スライドピン下側	炭素鋼	0.0608	2	0.1216		0.77	0.01	0.15	0.01	0.46	0.012	0.94	0.01	0.18	0.01		
13	シムアウター	ステンレス鋼	0.0072	4	0.0288		1.02	7.40	18.22	0.19	0.11	0.004	0.29	2.13	5.25	0.05		
14	シムインナー	炭素鋼	0.0068	4	0.0272		0.35	0.01	0.04	0.01	0.09	0.009	0.10	0.00	0.01	0.00		
15	ブレーキパット	熱延鋼板	0.2303	4	0.9212	JIS	厚さ=6.07											
16	クリップ	普通鋼	0.0017	8	0.0136	JIS												
17	ブリーダ	銅合金	0.0070	2	0.0140	-												
	合計				6.5834								4.57	2.20	6.73	0.35		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

表2 - 39 リア・パーキングブレーキの部品別・材料別の重量

部品 番号	部品名称	材料	重量 (kg/個)	個数	重量 (kg/台)	分析以外の 材料判断	材料 (%)					材料 (g/台)						
							Mn	Ni	Cr	Mo	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo		
1	パーキングプレート	冷延鋼板	1.2033	2	2.4066	JIS												
2	取付ボルト	Cr-Mo鋼	0.0268	8	0.2144		0.83	0.01	1.09	0.21	0.42	0.006	1.78	0.02	2.34	0.45		
3	取付ナット	炭素鋼	0.0077	8	0.0616		0.76	0.00	0.19	0.01	0.44	0.004	0.47	0.00	0.12	0.01		
4	シューホールドダウンピン	炭素鋼	0.0032	4	0.0128	JIS												
5	シューホールドダウンカップ	メッキ鋼板	0.0026	8	0.0208	JIS												
6	シューホールドダウンスプリング	ばね鋼	0.0035	4	0.0140	JIS	0.70						0.10					
7	ブレーキシュー小	炭素鋼	0.3600	2	0.7200		0.55	0.01	0.02	0.01	0.10	0.005	3.96	0.07	0.14	0.07		
8	ブレーキシュー大	炭素鋼	0.3720	2	0.7440		0.55	0.01	0.02	0.01	0.10	0.005	4.09	0.07	0.15	0.07		
9	ストラットスプリング	ばね鋼	0.0035	2	0.0070	JIS	0.70						0.05					
10	オペレーティングストラット	炭素鋼	0.0985	2	0.1970		0.81	0.01	0.04	0.01	0.15	0.004	1.60	0.02	0.08	0.02		
11	リターンズプリング	ばね鋼	0.0067	4	0.0268	JIS	0.70						0.19					
12	オートアジャスタスプリング	ばね鋼	0.0076	2	0.0152	JIS	0.70						0.11					
13	スラックアジャスタ	炭素鋼	0.0610	2	0.1220		0.81	0.00	0.13	0.01	0.32	0.013	0.99	0.00	0.16	0.01		
14	オペレーティングバー	炭素鋼	0.1580	2	0.3160		0.83	0.01	0.13	0.01	0.45	0.020	2.62	0.03	0.41	0.03		
15	ブレーキワイヤ取付板前側	アルミ合金	0.0257	2	0.0514	JIS												
16	取付ボルト	炭素鋼	0.0050	4	0.0200	JIS												
17	ブレーキワイヤ取付板後ろ側	アルミ合金	0.0286	2	0.0572	JIS												
18	ワイヤクランプNo.1	冷延鋼板	0.0466	2	0.0932	JIS												
19	ワイヤクランプNo.2	冷延鋼板	0.0524	2	0.1048	JIS												
20	ブレーキワイヤ	線材	0.0627	2	0.1254	JIS												
21	ブレーキワイヤカバー	ばね鋼	0.1449	2	0.2898		0.56	0.02	0.06	0.01	0.61	0.008	1.62	0.06	0.17	0.03		
22	ブレーキワイヤ被覆	樹脂	0.0765	2	0.1530													
23	ワイヤ調節スプリング	ばね鋼	0.0099	2	0.0198	JIS												
	合計				5.7928								17.57	0.28	3.57	0.70		

出所) (社)特殊鋼倶楽部 平成13年度自動車技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査(平成14年3月)より算出

(3) アルミ材と希少性金属

自動車の軽量化のためにアルミニウム合金板材が国内ではじめて適用されたのは 1985 年であった。その後、数車種に採用されたが、本格的に注目されだしたのは、地球環境問題による燃費削減対策として、自動車の軽量化が必須課題となったところからである。

アルミ合金板材

日本で使われている自動車パネル用アルミニウム合金板材の種類を表 2 - 4 0 に示した。当初から 1990 年頃までは 5000 系合金が、その後は 5022 や 5023 系合金(Al-Mg 系)が使用されていたが、最近では 6000 系(Al-Mg-Si 系)に変わってきている。この中で希少性資源としては Mn が 0.02 ~ 0.8% 程度添加され、5052 系では Cr が 0.15 ~ 0.35 添加されている。

元来、鉄とアルミの溶接は不可能であり、接しておくだけで腐食していく。しかし、現在ではエンジンフードや、フェンダー、サンルーフなどボルトオンで取り付けられるクロージャーパーネルからアルミ化が進んでおり、ドアにも使われている。

表 2 - 4 0 自動車用パネル用アルミニウム合金板材の種類

合金番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
5022	<0.25	<0.40	0.20 ~ 0.50	<0.20	3.5 ~ 4.9	<0.10	<0.25	<0.10
5023	<0.25	<0.40	0.20 ~ 0.50	<0.20	5.0 ~ 6.2	<0.10	<0.25	<0.10
5052	<0.25	<0.40	<0.10	<0.10	2.2 ~ 2.8	0.15 ~ 0.35	<0.10	-
5182	<0.20	<0.35	<0.15	0.20 ~ 0.50	4.0 ~ 5.0	<0.10	<0.25	<0.10
6009	0.6 ~ 1.0	<0.50	0.15 ~ 0.5	0.2 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	<0.10	<0.25	<0.10
6111	0.7 ~ 1.1	<0.40	0.5 ~ 0.9	0.15 ~ 0.45	0.50 ~ 1.0	<0.10	<0.15	<0.10
6016	1.0 ~ 1.5	<0.50	<0.20	<0.20	0.25 ~ 0.6	<0.10	<0.20	<0.15
6022	0.8 ~ 1.5	0.05 ~ 0.2	0.01 ~ 0.11	0.02 ~ 0.10	0.45 ~ 0.7	<0.10	<0.25	<0.15
2036	<0.40	<0.50	2.2 ~ 3.0	0.10 ~ 0.40	0.3 ~ 0.6	<0.10	<0.25	<0.15
2008	0.5 ~ 3.8	<0.40	0.7 ~ 1.1	<0.30	0.25 ~ 0.5	<0.10	<0.25	<0.15

出所) (社)軽金属学会、「自動車軽量化のための生産技術」2003 年 8 月

構造用アルミニウム合金

一方、構造用アルミニウム合金板としては、表 2 - 4 1 に示すようなものが使われてきている。5052 系は中程度の強度をもつ代表的な合金で、耐食性、成形性、溶接性が高く、船舶や車両・建築材、飲料缶に使用されているものである。5454 系は 5052 より強度が高く、自動車用ホイールなどに使用されている。5154 系は船舶、車両用材、圧力容器に使用されている。5182 系は飲料缶にも使用されている。6061 系は耐食性が良好でボルト、リベット接合の構造用材として用いられている。Cr0.15 ~ 0.35%、Mn0.2 ~ 1.0%の範囲で添加されることが多い。

最近ではエンジンサブフレームもアルミ化が行われるようになってきている。そのほか、マフラーとボディ(燃料タンクなど)の間のプロテクト用などにアルミ合金が使用されている。

表 2 - 4 1 自動車構造部材用アルミニウム合金板材の種類

合金番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
5052	< 0.25	< 0.40	< 0.10	< 0.10	2.2~2.8	0.15~0.35	< 0.10	-
5454	< 0.25	< 0.40	< 0.10	0.50~1.0	2.4~2.0	0.15~0.20	< 0.25	< 0.20
5154	Si+Fe	< 0.45	< 0.10	< 0.10	3.1~3.9	0.15~0.35	< 0.20	< 0.20
5182	< 0.20	< 0.35	< 0.15	0.20~0.50	4.0~5.0	< 0.10	< 0.25	< 0.10
6061	0.40~0.8	< 0.7	0.15~0.40	< 0.15	0.8~1.2	0.04~0.35	< 0.25	< 0.15

出所) (社)軽金属学会、「自動車軽量化のための生産技術」2003年8月

アルミ鍛造品

アルミニウム鍛造品の自動車への適用例としては、足回り部品が多い。これは、ばね下重要の削減が自動車の軽量化に貢献するためであり、現在も足回りのアルミ化が進行中である。表 2 - 4 2 に主なアルミニウム鍛造品の適用例を示した。また、表 2 - 4 3 には主要なアルミ鍛造品の JIS 規格における希少性資源の成分比を示した。希少性資源としては、合金種によって異なるが Mn が 0.2~1.0%、Ni が 0.5~1.3%程度、また微量なものとして Cr が 0.04~0.35%、Ti が 0.02~0.1%添加されている。1100 系は、電算機用メモリなどに、2219 系は航空機用部品に、2618 系はピストン、ゴム成型金型など一般耐熱用途部品に、4032 系もピストンなどに 6151 系は自動車用ホイールなどに用いられている。

表 2 - 4 2 主なアルミニウム鍛造品の自動車への適用例

	部位	部品名
熱間鍛造品	エンジン	ピストンなど
	足回り	アーム、ホイール、ナックルなど
	その他	ステアリング・ハウジング、ABS ハウジング、エンジン・マウントなど
冷間鍛造品	エンジン	バルブ
	その他	コンプレッサ用ピストン

出所) (社)軽金属学会、「自動車軽量化のための生産技術」2003年8月

表 2 - 4 3 自動車構造部材用アルミニウム鍛造品の種類

合金番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Ti
1100	Si+Fe	< 1.0	0.05~0.20	< 0.05	-	-	-	-
2219	< 0.20	< 0.30	5.8~6.8	0.20~0.40	< 0.02	-	-	0.02~0.10
2618	0.10~0.25	0.9~1.3	1.9~2.7	-	1.3~1.8	-	0.9~1.2	0.04~0.10
4032	11.0~13.5	< 1.0	0.50~1.3	-	0.8~1.3	< 0.10	0.50~1.3	-
5083	< 0.40	< 0.40	< 0.10	0.40~1.0	4.0~4.9	0.05~0.25	-	< 0.15
6151	0.6~1.2	< 1.0	< 0.35	< 0.20	0.45~0.8	0.15~0.35	-	< 0.15
6061	0.40~0.8	< 0.7	0.15~0.40	< 0.15	0.8~1.2	0.04~0.35	-	< 0.15
7050	< 0.12	< 0.15	2.0~1.6	< 0.10	1.9~2.6	< 0.04	-	< 0.06
7075	< 0.40	< 0.35	1.2~2.0	< 0.30	2.1~2.9	0.18~0.28	-	< 0.20

出所) (社)軽金属学会、「自動車軽量化のための生産技術」2003年8月

アルミ鋳造品

自動車の軽量化においては、はじめに鋳鉄鋳物からアルミ合金鋳物に変換が進んだ。エンジンやミッション系部品、ホイールもアルミ合金鋳物に転換してきた。ダイカストを含むアルミ合金鋳物は、アルミ生産量の1/3を占めており、その用途の多くは自動車などの輸送機器である。

アルミ合金鋳物は JIS で成分値が規定されているが、希少性資源で成分範囲があるものとしては一部の種類である。

表 2 - 4 4 アルミ合金鋳物の希少性資源の成分規格と適用自動車部品

JIS 記号	希少性資源の成分規格	その他	適用自動車部品例
AC1B	Ti0.05 ~ 0.35%		一部がブレーキ関係 (現在は少ない)
AC3A	規定なし	Sr が微量に添加されることが多い	インテークマニホールド、カバー・ケース
AC4A	Mn0.3 ~ 0.6%	Sr、Sb が添加されることが多い	エンジン部品
AC5A	Ni1.7 ~ 2.3%		一部がブレーキ関係 (現在は少ない)
AC8A	Ni0.8 ~ 1.5%		ピストン、ミッション、ポンプ関係
AC8B	Ni0.1 ~ 1.0%		
AC9A	Ni0.5 ~ 1.5%		
AC9B	Ni0.5 ~ 1.5%		2 サイクルエンジンのピストン
AC4CH	規定なし		ホイール、足回り

出所) (社)軽金属学会、「自動車軽量化のための生産技術」2003年8月

アルミ合金ダイカストで JIS 規格として希少性資源の範囲が規定されているものは少ない。表 2 - 4 5 にアルミ合金ダイカストの用途を示す。

表 2 - 4 5 アルミ合金ダイカストの使用部品例

合金	希少性資源	用途	使用部品例
ADC1		薄肉、大型で複雑な形状の鋳物、建築部品など	自動車メインフレーム・フロントパネル、自動製パン器内釜、屋根瓦
ADC3		カバー、ケース、ヒンジ類、船舶用部品、かんがい用器具など	自動車ホイールキャップ、二輪車クランクケース、自動車ホイール、船外機プロペラ
ADC5		建築部品、装飾品、船舶用部品、家庭用品など	農機具アーム、船外機プロペラ、釣具レバー・スプール
ADC6	Mn0.4 ~ 0.6%	舷窓、ゴムタイヤの型、食器、装飾品など	二輪車ハンドレバー・ウインカーホルダー、船外機プロペラ・ケース、ウォーターポンプ、磁気ディスク装置
ADC8	Mn0.2 ~ 0.6%		
ADC10 ADC10Z ADC12 ADC12Z		ケース、カバー類をはじめ気密部品に至るまで広範囲の用途。特に自動車部品が多い。そ	自動車キャブレター、シリンダブロック、シリンダヘッドカバー、二輪車ショックアブソーバー・サイドカバー・クランクケース・ヘッドシリンダ、農機具ギヤケース・クランクケースカ

		<p>の他農業機械、船外機、 建築部品など</p>	<p>バー・ヘッドカバー・シリンダブロック、VTR フレーム、カメラ本体、電動工具カバーケース、 モータハウジング、ミシンアーム・ヘッド、釣 具ボディ・ドラム、ガス機器上下ケース・カバ ー、分配器、エスカレータクリート</p>
ADC14		<p>自動車部品、農機具部 品などで耐摩耗性が要 求される部品など</p>	<p>自動車自動変速機用オイルポンプボディ・シフ トフォーク・カーエアコンシリンダブロック、 二輪車インサート・ハウジングクラッチ</p>

出所) (社)軽金属学会、「自動車軽量化のための生産技術」2003年8月

(4) 自動車電装部品と希少性資源

近年の自動車については、エンジン制御コンピューター、エアコン制御機器、液晶や LED などの各種メーター表示部、CD・DVD など各種オーディオ機器や液晶カーナビなどの情報機器、ETC 対応機器、種々のモーターやアクチュエーター、センサーなどの制御装置など、さらにハイブリッドカーではエンジン・モーターの制御、ニッケル水素電池などとの連携制御機器など、一般の家電製品や情報機器が自動車に搭載されていっても過言ではないほど、電装化が進展しており、今後もその傾向は変わらない。

ここでは、主要な自動車電装品に使用されている希少性資源について整理した。10 種類の電装品（ハーネス、コネクタ、バスバー、接合材、モーター、制御用 CPU、インバーター、LED、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池）について、それぞれの構成要素と各要素の代表的な構成部材、及びそれらの部材に使用されている希少性資源の元素を表 2 - 4 6 に整理した。なお、このリストは、文献・資料などから収集し整理したもので、現物の自動車用電装品を分析した結果ではなく、また電装品メーカーからの情報によるものではない。

以下に各部品に使用されている希少性資源について概説する。

ハーネス

多数本の電線・ケーブルをひとつの配線ユニットとして結束したものの、電装品の中で最も基本的な部品である。主な構成要素は、電線（Cu 線または Al 線）とその被覆材であるが、被覆樹脂の難燃材としてアンチモン(Sb)が数パーセント添加されている。

コネクタ

ハーネスと各電装品の接続装置である。主にリン青銅系またはベリリウム(Be)銅系の銅合金が使用され、電気伝導性、耐磨耗性等を向上させるための表面処理(メッキ)が施されている。リン青銅は、銅とスズ及びリンの合金である。ベリリウム銅は、銅にベリリウム(Be)、ニッケル(Ni)、及びコバルト(Co)が合金元素として添加されている。表面処理は主に貴金属メッキ、ニッケルメッキなどが施されるが、ここではコネクタ一般に用いられるメッキを列挙した。

バスバー

各電装品に電源を供給するための部品で、主に銅合金と樹脂製絶縁材で構成されている。銅合金は、高電気伝導度（低インダクタンス）、高熱伝導率、高強度を両立させるため、微量の鉄とリン、または微量の鉄、スズ、ニッケル(Ni)、リンを添加した合金が使用される。

接合材

電装品に用いられるはんだは、スズ鉛合金が主体であったが、ELV 規制、RoHS 規制等の欧州規制により、レアメタルを含み、鉛を含まないハンダが開発されつつある。スズをベースに、金、銀、インジウム(In)、ビスマス(Bi)、亜鉛、イットリウム(Y)などを添加元素としているが、熔融温度、ハンダのぬれ性、コストなど、スズ鉛合金に相当する性能のはんだは、現在開発途上にある。

制御用 CPU (プリント基板)

自動車には多くの制御用 CPU が搭載されている。制御用 CPU は基本的に IC チップとコンデンサ、抵抗などから構成されている。IC チップのリードフレームには、鉄系 42 アロイ (鉄、ニッケル) または銅系 (銅、スズ、リン) 材料が使用されている。メッキはチップ毎に 1 種類であるが、表 2 - 4 6 には一般に用いられるメッキの種類を列挙した。ボンディングワイヤは金線が主に使用されていたが、より細線化・高強度化する目的で、金の合金 (アンチモン、亜鉛、シリコン、ゲルマニウム等) またアルミニウムとインジウムの合金も一部で使用されている。コンデンサは、アルミ電解コンデンサ (アルミニウム、シリコン) セラミックコンデンサ (チタン、バリウム、スズ、等) が多く使用されている。金属皮膜抵抗にはニッケル・クロム系、タンタル系の 2 種類がある。

モーター

自動車には大小さまざまなモーターが使用されている。モーターは、炭素鋼以外にステンレス鋼 (軸) 高炭素クロム鋼 (軸受) けい素鋼板 (鉄芯) などの特殊鋼、及び永久磁石で構成されている。ステンレス鋼、特殊鋼にはニッケル、クロム、マンガン、シリコンが合金元素として添加されている。永久磁石は、鑄造磁石 (鉄、クロム、コバルト) フェライト磁石 (鉄、ストロンチウム、フェライト) が主流であるが、ハイブリッド車の駆動及び発電用モーターに希土磁石 (鉄、ネオジム、ディスプロシウム) が採用されている。電動パワーステアリングやシートアジャスト駆動用等にも希土磁石を使用したモーターが使用され始めている。

インバーター

ハイブリッド車の駆動モーターを制御するインバーターは、負荷に応じて電圧と周波数を任意に変換するパワー半導体、コンデンサ、抵抗、及び全体を制御する CPU から構成される。パワー半導体の基板はシリコンウエハーが主流であるが、シリコンカーバイド、ガリウム窒素基板も一部で採用されている。パワー半導体は、モーター駆動用の大電流が流れるため、絶縁材 (窒化アルミニウム、他) 放熱板 (銅モリブデン合金、銅タングステン合金、など) 及びこれらを接合するろう材 (銀、銅とチタン、インジウム、すずなどの合金) の役割が重要である。制御用 CPU は基本的に 同じである。

LED (発光ダイオード)

一部高級車のテールランプに LED が採用され始めている。白熱灯は電気を熱に変換し熱の副産物の光を利用しているが、LED は電気を直接光に変換するためエネルギー効率が極めて高い。初期コストが高いため一般車への普及は今後の課題であるが、LED には、化合物半導体 (インジウムりん、ガリウムりん、ガリウムひ素など) が使用されている。

ニッケル水素電池

現在、ハイブリッド車駆動電源として、二次電池の中で比較的重量エネルギー密度 (Wh/kg) が高いニッケル水素電池が搭載されている。ニッケル水素電池の正極には水酸化ニッケル、負極には水素吸蔵合金としてミッシュメタル (ランタン、セリウムを主成分とした希土金属の混合物) が用いられている。負極で水素原子が水素イオンへ変換することにより電子が放出され、放電電流が生ずる。

リチウムイオン電池

ハイブリッド車駆動電源として、ニッケル水素電池より重量エネルギー密度が高いリチウムイオン電池が、一部の大型バスやトラックで実用化されている。リチウムイオン電池の正極は黒鉛であるが、負極にはリチウムとコバルト酸化物の化合物が多くの場合用いられる。リチウムの解離に伴う電子の放出が放電電流となる。

表 2 - 4 6 主要な自動車電装品中の希少性資源

電装品	主構成要素	主構成部材		構成元素	
ハーネス	銅線	無酸素銅	99.96Cu		
	被覆材	難燃化添加物		Sb	
	アルミ線	1070 線	99.70Al		
	被覆材	難燃化添加物		Sb	
コネクタ	コネクタ	りん青銅系	Cu-6Sn-0.2P 合金		
		ベリリウム銅系	Cu-1.7Be-Ni-Co 合金	Be, Ni, Co	
		表面処理	Au メッキ		
			Pt メッキ		Pt
			Pd メッキ		Pd
			Ag メッキ		
			Sn メッキ		
			Au-Co メッキ		Co
			Ni-P メッキ		Ni
			Ni-B メッキ		Ni, B
Ni メッキ		Ni			
バスバー		銅合金	Cu-0.1Fe-0.03P		
		銅合金	Cu-0.2Fe-0.07Sn-0.15Ni-0.06P	Ni	
接合材	はんだ	Sn-Pb 系	Sn-Pb 合金	Sn	
		Sn 系 (鉛フリー)	Sn-Ag-Cu 合金		
			Sn-Ag-Bi 合金		Bi
			Sn-In 合金		In
			Sn-Ag-In 合金		In
			Sn-Ag-In-Bi 合金		In, Bi
			Sn-Zn-In-Ag 合金		In
			Au-Sn 合金 (Sn:20~90%)		
			Sn-Y 合金		Y
			Sn-Ag 合金		
制御用 CPU	IC チップ	シリコンウェハー	Si		
		電極・配線			
		リードフレーム	Fe-42Ni 合金		Ni
			Cu-4Sn-0.4P		
		ボンディングワイヤ	Au		
			Au-1Sb		
			Au-5Zn		
			Au-3Si		
			Au-12Ge		Ge
			Al-In		In

	コンデンサ	電解コンデンサ	アルミ電解コンデンサ	
		セラミックコンデンサ	BaTiO3	Ba, Ti
			CaSnO3	
			CaTiO3	Ti
	タンタルコンデンサ		Ta	
抵抗	金属皮膜固定抵抗	Ni-Cr 系	Ni, Cr	
		Ta 系	Ta	
モーター	フレーム	炭素鋼		
	軸	ステンレス鋼	Fe-18Cr-8Ni	Cr, Ni
	軸受	高炭素クロム鋼	Fe-1C-0.35Mn-1.45Cr	Mn, Cr
	回転子鉄芯	けい素鋼板	Fe-4Si	
	永久磁石	鑄造磁石	Fe-Cr-Co	Cr, Co
		フェライト磁石	SrO・6Fe2O3	Sr
		希土磁石	Nd-Fe-B	Nd, B, Dy, Co, Cr
Sm-Co			Sm, Co, Zr	
インバーター	制御用 CPU			
	パワー半導体	シリコンウェハー	Si	
		開発基板	SiC ウェハー	
		開発基板	GaN ウェハー	Ga
		絶縁材	AlN	
		放熱板	40SiC-60Al	
			40Mo-60Cu	Mo
			89W-11Cu	W
			Al-Mg 合金	
		ろう材	AgCuTi (780)	Ti
			AgCuInTi (710)	In, Tl
	AgCuSn (515)			
	AgCuIn (580)		In	
コンデンサ	パワー電源用	PP フィルムコンデンサ 2~10		
		PP フィルムコンデンサ 3~20		
LED	LED	化合物半導体	Gap	Ga
		InP		In
		GaAs		Ga
NiMH 電池	負極材	水素吸蔵合金	Mm(La)	Mm(La)
	負極板	Ni めっき鋼板	炭素鋼	Ni
	正極材	水酸化 Ni	Ni(OH)2	Ni
		酸化 Co 粉		Co
	正極板	発泡 Ni		Ni
Li イオン電池	正極材	黒鉛		-
	負極材	コバルト系	LiCoO2	Li, Co
		マンガン系	LiMnO2	Li, Mn

2 - 2 . 情報機器・家電製品

(1) L C D

最近の IT 産業の発展において、パソコン、携帯電話、カーナビゲーション、薄型テレビなどディスプレイの役割がますます重要となっている。特にテレビやパソコンモニターのディスプレイでは、ブラウン管に比べ、消費電力が少なく、省スペース、軽量である液晶ディスプレイ LCD (Liquid Crystal Display) に完全にシフトした。IT 機器の代表的な製品である LCD について紹介する。

LCDは、液晶パネルとその他のバックライト等に分けられる。上下のガラス基板の外側には偏光板が内側にはスペーサを介して液晶が注入される。LCDは液晶中で偏光面が回転する性質と液晶分子が電界に沿って配向する性質を利用したものであり、上ガラスには色づけのためのカラーフィルターやブラックマトリックスのパターン、透明導電膜(ITO)、配向膜が形成され、下ガラスにはTFT(Thin Film Transistor)や透明導電膜、配向膜が形成されている。

液晶材料は、シクロヘキサン環系の化合物からなる混合物で、かつ末端基にCN基(ニトリルグループ)を持つことがある。

表 2 - 4 7 にLCDの各部品の重量比率と材料を、図 2 - 2 に液晶パネルの構造を示す。大型のLCDになると液晶パネルは重量の約半分を占める。無アルカリガラスは硬質ガラスに比べ Al_2O_3 や B_2O_3 を5~20%を含んでいる。このガラス製基板と偏光板で全体の99%を占め、残り1%は液晶材料、配向膜、ITO透明導電膜、ドライバICなどである。

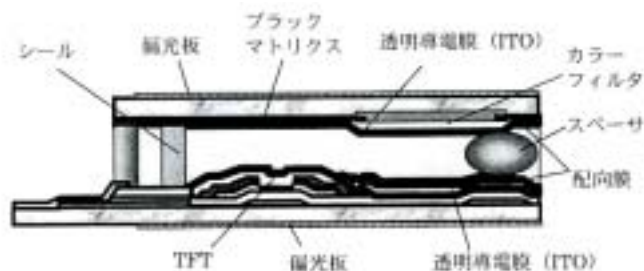
一方、液晶パネル以外ではバックライトシステムの重量も多く、その構成部品として希少性金属が含まれるものとして、イットリウム(Y)やユーロピウム(Eu)を含む冷陰極蛍光ランプ、シャーシに使われるSUSがある。冷陰極ランプは、放電により水銀を励起させて紫外線を発生させ、希土類を含む蛍光体に当たって可視光を発生する。LCDの寿命は普通ランプで決まるといわれているが、これは水銀が金属電極とアマルガムを形成して消費されるためである。

表 2 - 4 7 LCDモジュールの構成要素と材料組成

部品名	重量比率 (%)	主要材料組成
液晶パネル	48.5	
ガラス基板	42.0	無アルカリガラス (SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3)
偏光板	6.5	TAC, アクリル系粘着剤, PVA
液晶材料、配向膜、ITO透明導電膜、ドライバIC	< 0.5	
バックライト	41.0	
導光板	21.0	メタクリル樹脂 (PMMA)
プリズム・拡散・反射シート	8.5	PC, PMMA, PET
冷陰極蛍光ランプ	0.5	ガラス, Hg, 蛍光体 (Y, Eu)
シャーシ	7.5	PC, ABS, SUS
金属部品類 (支持体)	5.5	Al, SUS, 亜鉛メッキ鋼
部品搭載基板ほか	5.5	多層ガラス基板 (Au, Cu)

出所) 西田秀来; 月刊ディスプレイ, Vol. 8, No. 4, p. 36-46 (2002)

図 液晶パネルの構造 (TFT 液晶の例)



出所) 西田秀来; 月刊ディスプレイ, Vol. 8, No. 4, p. 36-46(2002)

JAITA の世界需要予測によると、液晶テレビは 2004 年の 798 万台から 2009 年に約 7 倍の 5,900 万台に拡大する。液晶ディスプレイの生産量の増加で液晶等の材料を大量に消費。特に希少性資源であるインジウムは、EU における鉛規制強化によってインジウムを含む低融合金からなる無鉛ハンダのニーズが高まり、価格の高騰が続いている。(図 2 - 3)

このような背景から、材料の枯渇化が懸念。よって液晶やインジウムの回収、再利用が望まれている。液晶パネルの大半を占めるガラスについても、資源保護の観点から再生使用することが望ましい。大量の廃液晶パネルを効率的に処理するとともに、液晶パネルに使用されている材料を回収することが可能な技術の確立が求められている。

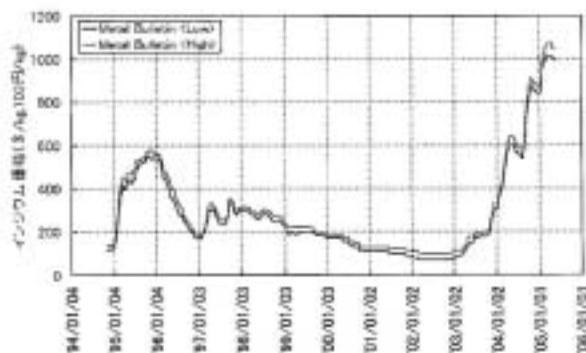


図 2 - 3 インジウム価格の推移

出所) 本間隆道、村谷利明; シャープ技報, No. 92, p. 17-22(2005/08/10)

(2) 電子部品

パソコンの心臓部 CPU には電氣的接触を確実にするために、マザーボードの一部のソケット等を接触するピン部分や、携帯電話のプッシュボタンと内部受側との接触部分に、さらにプリント基板でもガラスファイバーとエポキシ樹脂の基板上に構成した銅箔回路と他の部品との接触部分の電気抵抗を小さくするために金(Au)メッキが施されている。金メッキ部分では貴金属が表面に露出しており、回収は容易な構造となっている。CPU 内部にもシリコンウェハーや GaAs ウェハーを外部へ接続するための金のボンディングワイヤーが用いられているが、外部からの抽出だけでは不十分であり、破碎が必要である。出所) 高橋國彦; 資源・素材, Vol. 2000, No. S1/S2, p. 31-33(2000)

電子部品の代表であるコンデンサーに関して、例えば、パラジウム(Pd)や銀-パラジウム合

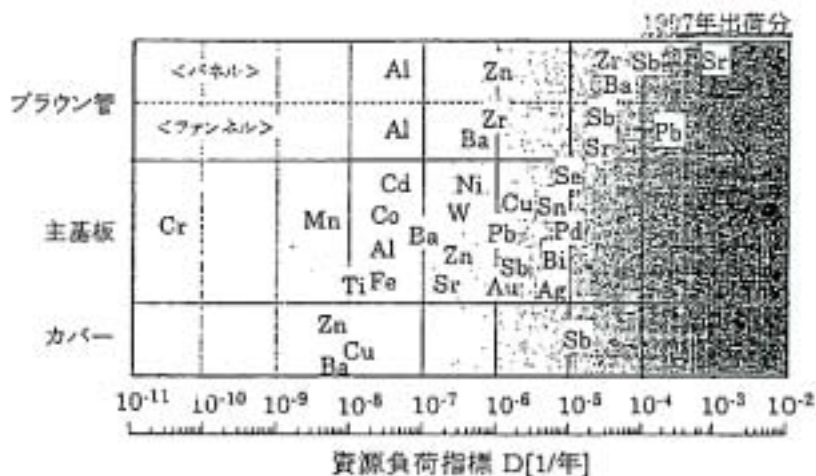
金は電気電子部品の導電材料として使われており、コンデンサーに用いられている Ag・Pd ペーストや精密電子機器などに用いられている Ag・Pd 接点などの需要は増加の一途を辿っている。コンデンサー1g 中には銀が 39.5mg、パラジウムが 15.2mg 含まれている報告がある(出所: 鎌田啓嗣ほか; 資源・素材学会北海道支部春季講演会講演要旨集 Vol. 2001, p. 38-39(2001))

携帯電話に 200 個ほど使用されている積層セラミックコンデンサーでは、内部電極としてパラジウム(Pd)の薄膜が 30~200 層と多層化されている。このパラジウムを回収するためには、微粉碎によりパラジウム層部を露出させ、湿式、乾式で抽出している。(出所)高橋國彦; 資源・素材, Vol. 2000, No. S1/S2, p. 31-33(2000))

(3) 家電製品

家電製品も電子材料から構成されていることから電子材料分野同様に、様々な金属元素が使用されている。亀屋ら(出所: 亀屋隆志ほか; 環境科学学会年会講演要旨集, Vol. 1999, p. 322(1999))は、テレビのブラウン管、主基板、カバーに含まれる金属類について溶出試験を行っているが、その結果からも、種々のレアメタルが使われていることがわかる。ブラウン管にはアンチモン(Sb)、ストロンチウム(Sr)、ジルコニウム(Zr)が、主基板にはコバルト(Co)、タングステン(W)、ニッケル(Ni)、金(Au)、銀(Ag)、ビスマス(Bi)、セレン(Se)、パラジウム(Pd)、チタン(Ti)が、カバーにはアンチモン(難燃助剤)、バリウム(Ba)が使われている。

図2 - 4 テレビ各部位中の金属類の資源負荷指標の例



テレビのプリント基板中のパラジウム量を、鉱床として最低必要な含有量と比較すると、図にあるように Pd は鉱床最低量の 20 倍程度もあり、採算的にリサイクル可能である。プリント基板のパラジウムは主に IC に含まれているため、IC を経済的に基板から取り出すための解体手法の開発が望まれる(出所: 亀屋隆志ほか; 環境科学学会年会講演要旨集, Vol. 1999, p. 322 (1999))。

図2 - 5 鋳床での含有量とテレビ主基板中での含有量との関係

