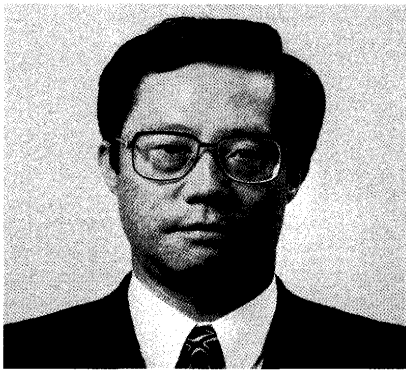


# 自動車における構造用鋼の将来

小島 久義\*

Hisayoshi KOJIMA

Prospects of Structural Steels for Automobile



日産自動車(株)  
取締役富士工場長  
小島 久義

昭和16年1月19日生  
昭和39年9月 東京大学工学部冶金学科卒  
昭和39年4月 日産自動車(株)入社  
昭和61年1月 第2技術部次長  
昭和62年1月 横浜工場第2工務部長  
平成元年6月 第2技術部長  
平成5年7月 取締役富士工場長

## 1 はじめに

このたびはからずも名誉ある浅田賞を受賞いたし、誠に身に余る光栄と存じております。

本稿では「自動車における構造用鋼の将来」と大上段に振りかざした題名になっておりますが、これまで自動車の発展を支えてきた構造用鋼の一端を紹介するとともに、最近、革新的な話題および開発課題の乏しい構造用鋼の今後につき私ども社内のメンバーで論議している技術課題、構造用鋼に期待することなどをご紹介します。なお私は自動車の生産技術屋として、鋼材メーカーにユーザーの勝手な要求を押しつけて来た者であり、以下の内容も専門の方々からはいろいろ異論も有ろうかと思いますが、構造用鋼は従来通り今後も自動車の主要材料のひとつであることは疑いもなく、以下の内容が今後の構造用鋼の開発のヒントになればたいへん光栄に存じる次第であります。

## 2 自動車産業の歴史と構造用鋼の発展

自動車が誕生してから1世紀以上が経過したが、大きく

は図1に示すように、次の4つの時代に分けることができる。

すなわち第一は、40年以前の欧米から技術、中古の設備を導入し生産を開始した自動車産業のれい明期、第二は、60年代における新しい生産設備の導入や設計技術の進歩それに日本のモータリゼーションによる開花時期、第三は、70年代の自動車公害が叫ばれる中、社会との調和を目指し安全、無公害技術など未知の技術に挑戦した時期、そして第四は、80年から90年代初の日本の経済発展に伴う多様化、

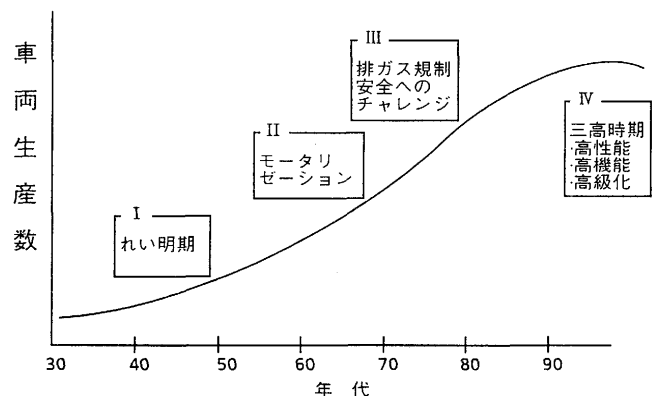


図1 自動車産業の歴史

平成5年10月本会講演大会における浅田賞受賞記念特別講演 平成5年11月29日受付 平成6年1月14日受理 (Received on Nov. 29, 1993; Accepted on Jan. 14, 1994)

\*日産自動車(株)取締役富士工場長 (Member of the Board of Director, Nissan Motor Co., Ltd., Yoshiwaratakara-cho Fuji 417)

Key words: structural steels; high strength and toughness martensitic steels; future trends of structural steels; automobile parts; forgings.

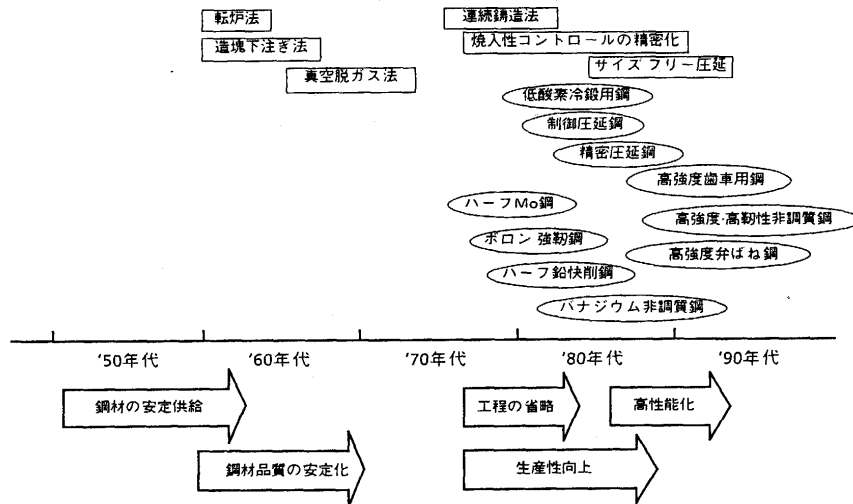


図2 鋼材のプロセス技術と新鋼材採用状況

個性化に対応するため高性能、高機能、高級化を追求した時期に分けることができる。

構造用鋼の歴史を振り返ってみても、自動車と同じように著しい技術進歩を果たしてきた。図2は主な技術進歩および開発された鋼材についてまとめたものであるが、60年代までは材料に起因する不具合も散発していたが、鋼材の安定供給がポイントであった。60年代の後半にはモータリゼーションに対応し、量的な拡大はもとより品質の格段の向上が見られた。さらに70年から80年代に入る頃には、品質また生産性と言う面でも、世界のトップレベルに達した。特に80年代以降は新鋼種が開発、実用化され自動車のコストダウン、高性能化等に対し技術的な貢献を果たし、その発展を支えてきた。

図3は鋼材の品質の向上を軸受鋼の酸素量の低減状況と製鋼技術の発達との関係で表したものであるが<sup>1)</sup>、特に80年代からの連铸の実用化以降、酸素量もシングルPPMに落ち着き軸受け性能も大きく伸び、日本の構造用鋼の品質が目ざましく高くなったことを示す一つの例と言えよう。

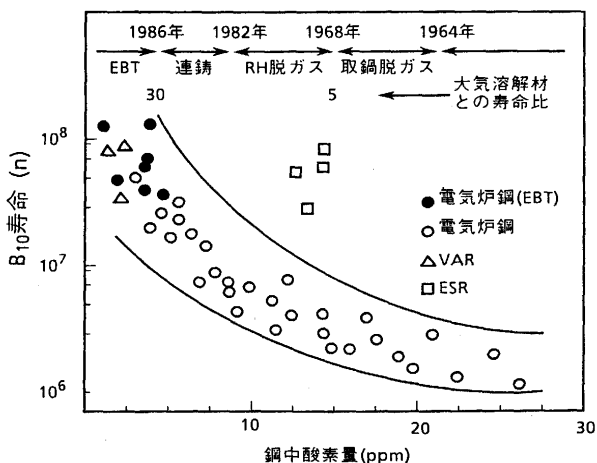


図3 軸受鋼の酸素量と転がり寿命の関係<sup>1)</sup>

ところで、90年初に欧米の主要鉄鋼メーカーの鋼材を調査した時のデータによれば、日米欧の代表的メーカーの鋼材品質で顕著な差が出ているのは表面キズ、端面形状など外観品質であり、また、材質面で見ると欧米ではメーカー間の格差が大きく、メーカー選定には充分留意する必要があると考えている。尚、全体的に見ると、高生産性に裏打ちされた価格と総合品質の高さから日本の鋼材の優秀さがうかがわれる。

### 3 自動車の発展を支えた材料技術

このように国内の構造用鋼は、海外の品質に追いつき追い越した後、80年代に入り新鋼種が活発に開発、実用化され自動車の発展を積極的に支えた代表的な材料の一つであると言える。

先行したのはコストダウンを目的としたハーフMo鋼、ボロン鋼、あるいはハーフPb鋼等の開発、実用化である。つづいて高性能、高機能等のニーズの高まりに対応し、高強度歯車用鋼、高強度弁ばね鋼等が商品力向上に寄与してきた。その最新版が高強度高靱性非調質鋼である。ここでは、鉄鋼メーカー各社と連携を築き上げる中で、当社が先駆的に、開発、実用化をしてきたボロン鋼、精密圧延鋼(以下、精圧材と略す)ならびに高強度高靱性非調質鋼についてその概要を述べてみたい。

#### 3・1 ボロン鋼の実用化

ボロン鋼は歴史的には古くから開発され実用化されてきた材料であるが、国内では自動車の主要部に当社が初めて大幅に採用した。

技術的には、ボロン化合物の制御、ボロン量の確実な分析法やボロン量や各成分の遅れ破壊等の諸特性への影響などを地道に追求し、実用化を推し進めてきた。図4はボロン鋼が使われている部位、部品の例であり、他社に先駆け

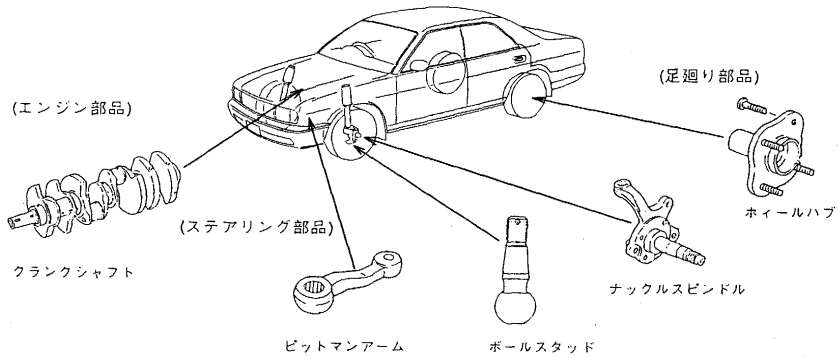


図4 ボロン鋼の実用化例

てこの鋼種を大量に採用した例として挙げた。

3・2 精圧材の実用化

80年代に入ると機械加工を省略し部品のコストを低減するために冷間鍛造や温間鍛造への工法変更が活発となり、当時一般的に使用されていた高価なピーリング材や引き抜き材が量的に増大し、熱間圧延のまま寸法精度の良い精圧材の開発が望まれていた。

精圧材の技術課題としては、鋼材メーカーの圧延技術の高度化と自動車メーカーにも部品化にあたっていくつかの課題があった。表1にその一例を示すが、鋼材寸法精度の悪化を鍛造工程でどう吸収するか？表面キズ、脱炭など表面性状の実部品への実害度は？などであった。

これらも鋼材メーカーの圧延技術の進歩に助けられ、部品試作、評価を繰り返す中で克服することができたと考えている。

この精圧材は当社が83年に初めて等速ジョイント部品に実用化し、鍛造粗形材コストを平均で10%削減することに成功した。その後、精圧材は業界に広く急速に普及していった。当社では現在、ピーリング材を使用していた全ての冷温鍛部品にこの精圧材を使用している。この精圧材への挑戦をキッカケに、日本の圧延技術の高度化が進み、その後の圧延に関する寸法制御等の技術進歩につながっているのではないかと考えている。

3・3 高強度高靱性非調質鋼の実用化

省エネ、コストダウン等から熱処理省略が進み、非調質鋼の採用も広がり、一般化してきている。当社でも熱鍛品では約80%が非調質化している。図5は、各種の非調質鋼

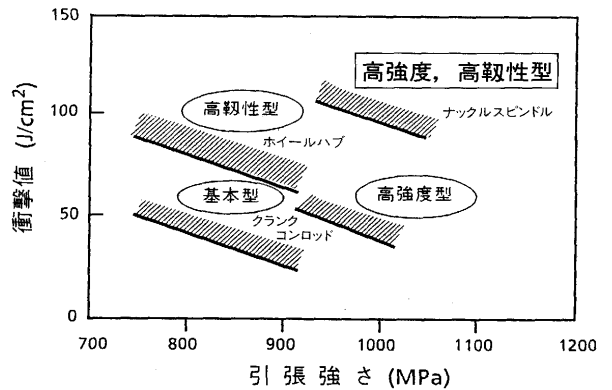


図5 非調質鋼の引張強さと衝撃値の関係

の引張強さと衝撃値の関係を示したものであるが、高強度型や高靱性型は開発されているが、引張強さと衝撃値ともハイレベルに満足するものは見あたらなかった。

すなわち、今回の高強度高靱性非調質鋼の開発により、合金鋼の調質でしか得られなかった特性を非調質化で達成したこととなり、非調質鋼のフルメニューが成立したわけである。

図6は91年に初めて本鋼を実用化したセドリックの足廻り部品であるナックルスピンドルを示したものである。車重やタイヤからの衝撃入力など負荷の大きい部品であり、

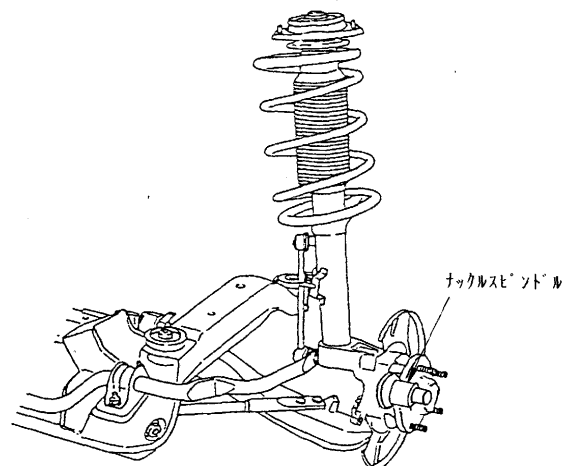


図6 高強度高靱性非調質鋼の実用化例

表1 精圧材の技術課題

	鋼材仕様	部品化の問題点
寸法公差	①径寸法	切断重量バラツキ
	②偏径差	切断面形状不良
	③曲がり	切断不良
表面性状	①表面キズ	鍛造歩留低下
	②表面脱炭	部品品質
	③表面粗度	切断面形状不良

従来は合金鋼の調質品が使われていた。表2に代表的な化学成分を、また図7に光学顕微鏡組織を示す。材料としては低炭素ボロン鋼に属するもので、鍛造焼入れを利用し鍛造後の調質を省略したものであり、低炭素マルテンサイト主体の組織を有し、高強度と高靱性を両立させている。材料的には各成分の最適化と炭素を中心とする極幅狭管理の徹底がポイントである。図8に炭素量と部品表面硬さの関係を示す。980MPa級の高強度を得るためには0.04%程度の炭素量が必要であり、さらにその量が敏感に影響するため、前述のとおり炭素量のかかなり絞った幅狭管理を必要とする。図9は、ボロンの効果を確認したものである。鍛造品は各部の加工度の不均一さに起因し、結晶粒のパラツキが発生し焼き入れ性の不均一が生じ易いが、ボロン添加により結晶粒度に影響されず安定した硬さが得られることがわかる。この点ではボロンは部品のつくり易さを手助けする元素と言える。図10は焼き入れ条件の検討をした例であり、攪拌流速と焼入水温により安定した硬さが得られる条件を示している。安定した攪拌と水温の管理がポイントと言える。

以上のように、材料、部品製造ともに高度なコントロール技術に支えられ成立した技術とすることができる。尚、

表2 高強度高靱性非調質鋼の代表的な化学成分 (wt%)

材料名	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Pb
MCB405HL1	0.05	0.25	1.50	0.015	0.025	1.00	0.0020	0.07



図7 高強度高靱性非調質鋼適用部品の光学顕微鏡組織

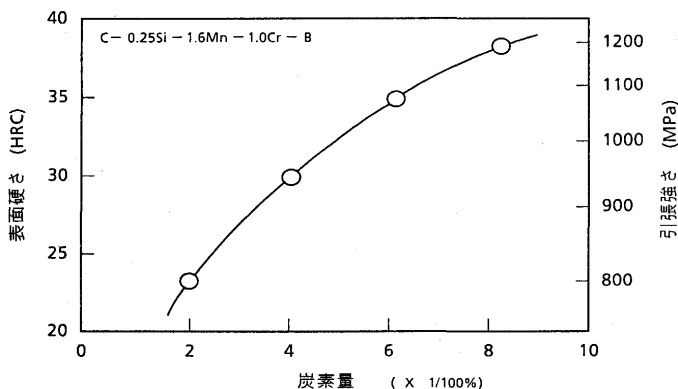


図8 炭素量と表面硬さの関係<sup>2)</sup>

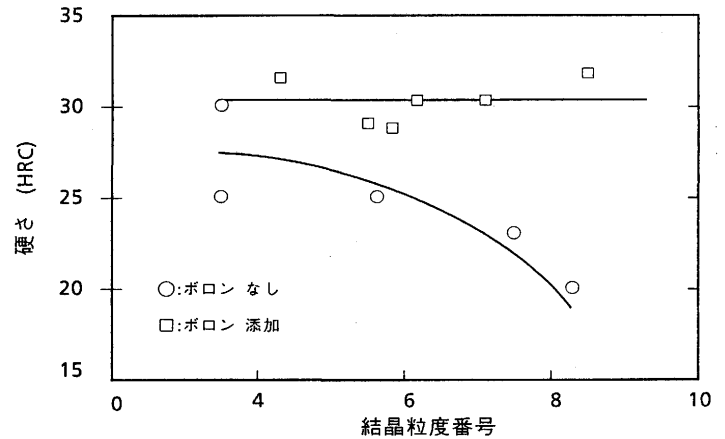


図9 硬さにおよぼすボロン添加の効果<sup>2)</sup>

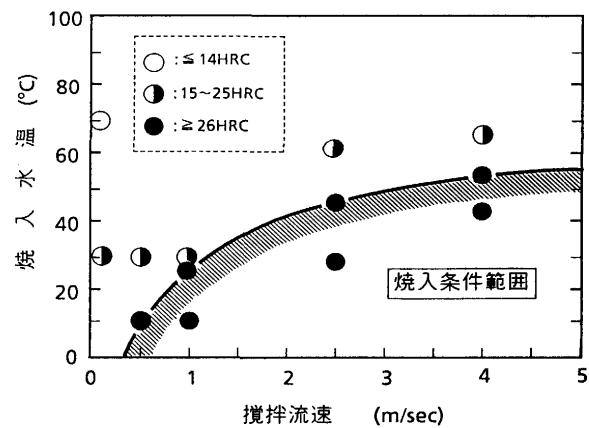


図10 鍛造焼入条件と硬さの関係

本開発鋼による効果としては、熱処理省略による省エネ、リードタイム短縮ばかりでなく、低炭素化による波及効果として溶接性、耐焼き割れ性が大幅に改善され品質、生産性の向上に寄与することができた。したがって、高度な技術基盤の支えがあれば、本鋼種の用途も大きく広がる可能性がある。91年のセドリックでの実用化以来、マーチ、ローレル、アベニールらの同系部品に拡大し、現在では約500トン/月の採用に至っている。

以上が自動車の急成長、成熟化を支えてきた材料技術として、取り組んできた代表的な構造用鋼である。

## 4 21世紀の車づくりと構造用鋼の将来

### 4.1 車づくりの変化

バブル経済が華やかなここ10年の日本の市場では、我々は快適性や、利便性あるいは高級装備などの種々の機能をお客様の多様化、個性化に対応するためと称して提供してきた。特に、マイコンが導入されてからは、色々な電子制御部品が付加され、過去10年間で2.5倍になっている。図11は種々の高級化装備とお客様の使用頻度を調べたものである。一部の技術、装備、例えば使われないサイドミラーウ

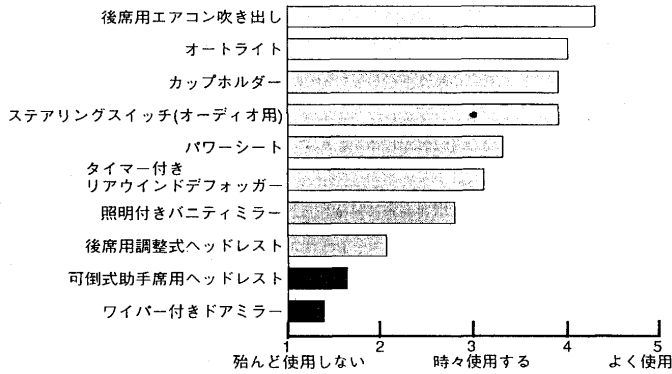


図11 高級化装備の使用頻度(国内向け上級大型車)

イパー等は、必ずしもお客様のニーズに合致せず、ひとりよがりの新技術と言わざるを得ない面もある。

一方、車の重量で見ても、高級化装備の充実とともに安全、排気対策などの装備でより重くなってきている。その他、車自体も大型化し、重くなりそのため大排気量エンジンや高性能エンジンを開発し、さらに車が重くなるということを繰り返してきた。図12は航空機、電車および小型乗用車の乗員一人当たりの重量変化を示したものである。このまま推移すれば、車は軽量化のトレンドから外れ最も重い交通手段になってしまうと考えられる。

今まさに自動車メーカーは新しい車づくりへ流れを変えなければと考え、取り組んでいる。つまり、バブル以降の経済、環境問題等を背景としたお客様の価値観の変化に対応する必要があるということである。言い換えると、車づくりの真の課題は、お客様の夢と新しい技術の創造を両立する解を見つけることと考えている。そのためには、夢を明確な目標に置き換え、それを達成するための機能の本質を解明していくことが基本である。豊かな発想と高い技術力による本質追求により、可能な限り少ない部品で簡単で作り易い構造が実現できるものと考えている。その結果、より信頼性の高い、環境に優しい、そして安価な車を提供でき、お客様にも受け入れられるものと信じている。分かりやすい表現で言えば、シンプルな車づくりであると言える。

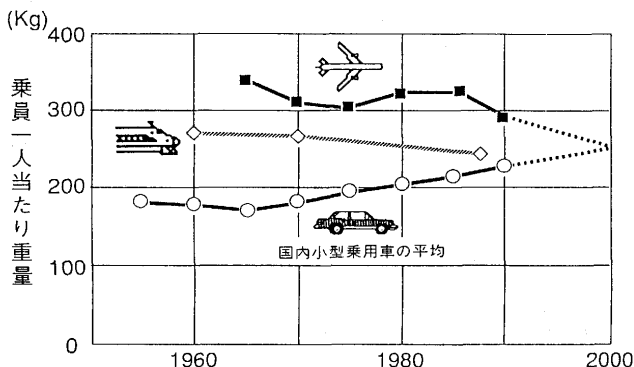


図12 各種交通機関の乗員1人当たりの重量変化

#### 4・2 構造用鋼の変化

以上のような流れ、すなわちシンプルさを求めていくことは材料面にもあてはまるものと考えられる。これまで種々の材料開発によりコストダウン、高性能対応として車の発展を支えてきたということはこれまで述べてきたとおりである。しかし、構造用鋼の場合も同様であるが、それぞれの個別のケースで材料改良を重ねてきたところがあり、旧来から存在する材料を含めるとその種類がかなり膨らんできている。

現在は部品または部品群毎に、より安い材料への統合を基本に種類削減を推進しているところであるが、さらに部品の本質機能を追求し、より最適な材料へと取り組んでいく必要がある。図13は今述べた動きの概念図である。これまで増えすぎた材料種類を、まずはより安い材料に統合し、さらに材料への要求特性をリファインし、より安く、より最適な材料への置き換えに挑戦していきたい。このことは先ほど述べたシンプルな車づくりと共通なものと言える。

それでは、今述べたような車づくりの変化の中で、構造用鋼ではどのような変化が出てきているか最近の実例について述べてみたい。

シンプルな車づくりを具現化するために今までに取り組んできた、あるいは今後取り組むべき自動車開発における重点課題の一部を下記に示す。

- 1)合理的なパッケージングレイアウト技術
- 2)パワートレインの小型化
- 3)シャシーの軽量化技術
- 4)フラット配線化した新タイプの自動車用ハーネス(FFC)による軽量化と生産性の向上

この中で2)および3)項が構造用鋼にとっても重要な課題と言える。

「パワートレインの小型化」に関しては、軽量かつ低エミッションで燃費の良いパワートレインの開発が必要である。図14は来年から発売されるニューモデルに順次搭載される新型V6エンジンである。可変機構などの複雑なメカニズムを使わなくても、詳細な構造設計による運動部分の軽量化を達成し高い基本性能を実現した。その結果、小型化とともに従来型比で20%以上の軽量化と同時に10%以上の燃費向上を達成することができた。図15は新旧エンジンの主運動部の比較である。ピストンの薄肉化、スカートの短縮や高強度コンロッドにより20%の軽量化を達成し、フリクション、冷却損失の低減により燃費を約10%改善した。

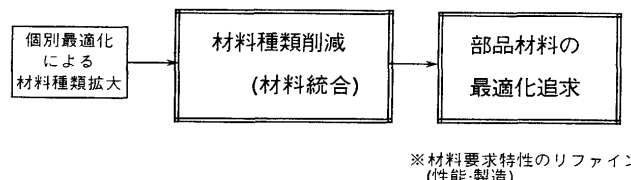


図13 構造用鋼の動向(概念図)

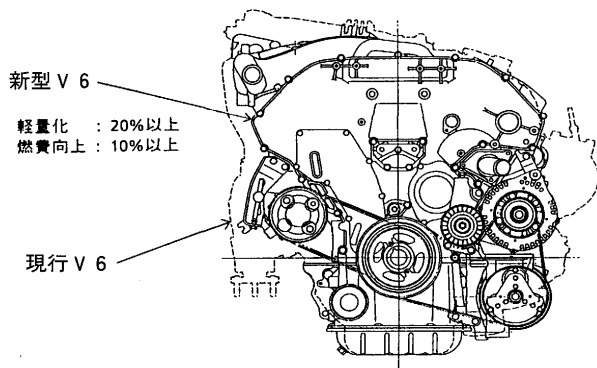


図14 新旧V6エンジンの比較

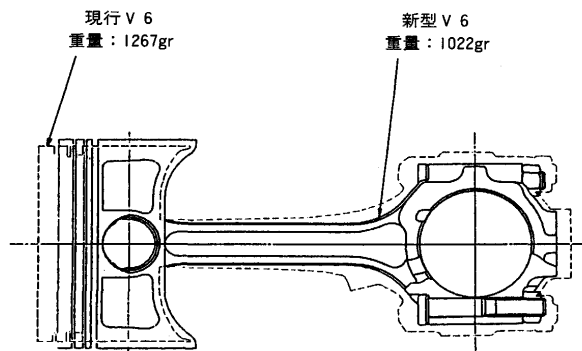


図15 新旧V6エンジンの主運動部の比較

その中で、コンロッドの高強度化、すなわち細径軽量化に材料技術が大きく貢献しているのである。材料は前述した高強度高靱性非調質鋼と同系の低炭素ボロン鋼でありコンロッド用にマッチングさせ部品機能と製造性の両面を満足させる材料仕様となっている。すなわち、疲労強度および座屈強度の向上は硬さを上げ、ショットピーニング工法を追加することにより達成しているが、硬さの上昇に伴う被削性の低下については、低炭素化および複合快削鋼化により防止している。

軽量化という観点でコストパフォーマンスを比較すると、図16から分かるように構造用鋼の高強度化による手段が得策であることが分かる。材料的に見ると構造用鋼はアルミ鋳物と同様コストパフォーマンスは高く、実用化しやすいと言える。さらに、構造用鋼は小型化という観点では、剛性の高さから軽合金に比べ優位性を保っており設計上有利である。

次に「シャシーの軽量化技術」に関しては、パッケージング効率を上げ広い室内、トランクスペースを確保すると同時に、ハンドリングや乗り心地を犠牲にせず軽量化するシャシーの開発が必要である。図17は新開発のFF車専用のリアサスペンションである。FF車のタイヤの動きを詳細に解析し、現行サスペンションと比べ軽量かつ簡単な構造でしかもフリクションが少なく、音振、乗り心地、操縦安定

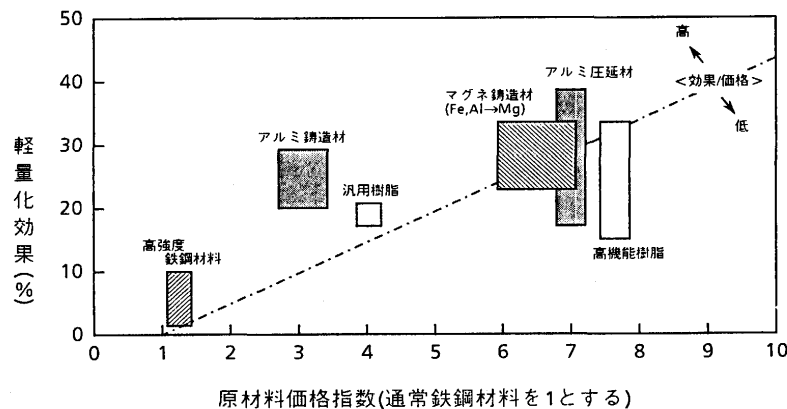


図16 原材料価格と軽量化効果<sup>3)</sup>

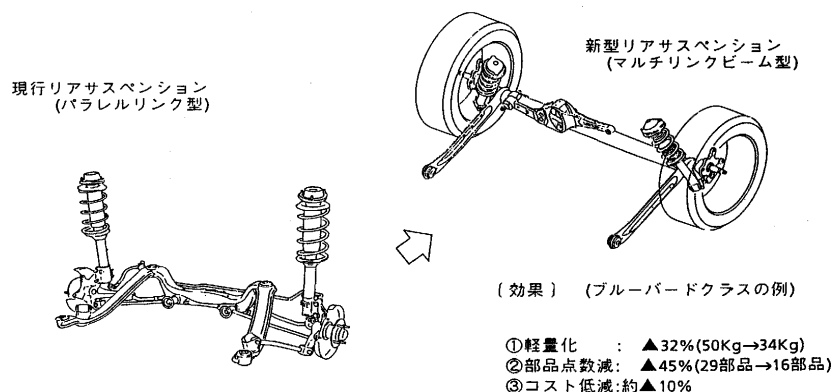


図17 新旧FF車用リヤサスペンションの比較

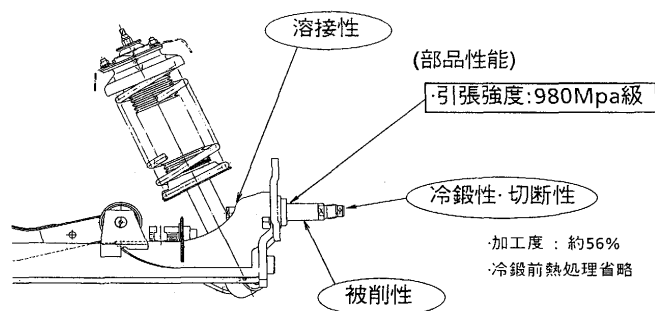


図18 新型リヤサスペンションにおける構造用鋼の貢献

性を高めたサスペンションである。具体的には、従来の平行リンクに対して平均で10%，ブルーバードクラスでは約32%の軽量化が図られており、構成部品点数でも29点から16点に削減された。このため軽量化と大幅な生産性向上が得られた。図18はこのユニットにおいて構造用鋼を使用している箇所を拡大したものであるが、この図に示すように負荷が高く高強度が要求され、さらに冷鍛性、溶接構造が必要とされる部位に、前述のナックルスピンドル、コンロッドと同様に低炭素ボロン鋼系の材料を使用することになっている。つまり、材料面ではその高強度性能と、部品づくりの容易さ(冷鍛性)、自由度(溶接性)とを両立させている点に注目したい。

今後は、益々、物のつくり易さを重視した材料の使い方が求められるものと考えられる。

以上、近々発売されるニューモデルに搭載される新技術に貢献する構造用鋼の姿を紹介したが、お客様に訴求できるコストパフォーマンスの高さ、つくり易さが重視されているところがポイントであろう。これらは「将来」の姿としても、より強く求められるものと確信している。また、ともに今回受賞させて頂いた高強度高靱性非調質鋼の派系である点も注目される。

#### 4.3 構造用鋼の将来

前節においては、代表例をもって構造用鋼の「将来」の姿の一端に触れたつもりであるが、その他の部品(群)についても将来を見つめ、それら材料の最適化を追求していくつもりである。最適化とはその部品(群)が求める材料特性をリファインしていくことであるが、部品(商品)の機能・性能とつくり易さ・製造性の両面から追求していきたい。将来を見据えるとなれば、現状でも課題となっている海外生産や、環境、リサイクル等を考慮することは言うまでも

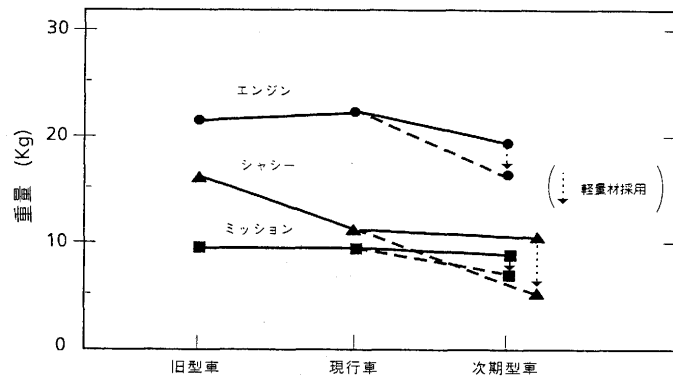


図19 主要ユニットにおける鋼材部品搭載量推移

ない。

このように自動車に使用される材料について、最適化を追求していくことにより構造用鋼についても、変化があると思われるが、いずれにしても、将来ともに自動車の基幹材料であることには間違いない。

図19は当社の高性能車の主要ユニットにおける構造用鋼の使用状況を表したものである。やはり、現状技術で見る限り、ユニット関連では構造用鋼が主役であると考えているが、次期型車ではエンジンやシャシーを中心に軽量化材料も検討されており、今後とも主役であるためにはコストパフォーマンス、つくり易さ、品質、TLCA (Total Life Cycle Analysis) 等から見てもその座にふさわしいものである必要がある。そのために常に高い目標と現実的な課題を持ち続けることが肝要と思われ、また、自動車メーカー、部品メーカー等と鋼材メーカー、その他多くの関連する人達との密接な連携が不可欠と考えている。

## 5 おわりに

私ども自動車メーカーは、社会環境問題等へ対応しつつ、お客様の夢をいかに安くかなえるかということが益々重要になってきている。以上の内容を鉄鋼材料のユーザーの思いの一つとして考えていただき、今後の開発課題を検討することにお役にたてれば幸いである。

### 文 献

- 1) 坪田一：特殊鋼，39 (1990)，p.2
- 2) 村上陽一，白木秀樹，岡田義夫，熊本 隆，上野 宏：自動車技術会学術講演会前刷集，912 (1991)，Vol.2，p.41
- 3) 石塚厚光，亀ヶ谷茂，池 政秀，谷口徹之，山崎龍雄：日産技報，29 (1991)，p.40