

(解説)

自動車用アルミ鍛造サスペンション事業～日・米・中 3極体制の確立～

Globalization of Aluminum Forging Automotive Suspension Business -Establishment of Production Bases in Japan, USA and China-



中村 元*¹
Hajime NAKAMURA



西畑昌亮*¹
Masaaki NISHIBATA



中野雅司*¹
Masashi NAKANO

In recent years, the weight reduction of automobiles is being promoted worldwide, and automobile manufacturers are globalizing their manufacturing bases. Therefore, there is a strong desire to enable the procurement of parts of equal quality in different parts of the world. To this end, we have worked on localizing, with "a consistent production system," "the optimization of design technology and design proposal," and "a high-strength alloy unique to Kobe Steel." As a consequence, a trilateral global system has been established that enables the proposal and manufacturing of suspension parts with the same quality, not only in Japan, but also in North America and China.

まえがき = 温暖化を始めとする地球環境問題を背景として、自動車分野においては世界的に燃費規制が強化されてきている。また、安全性の面から衝突性能の向上も求められている。これに対して自動車メーカーは、ハイブリッド方式などの新しい駆動システムによる燃費の改善に向けた技術開発を進めている。さらに、安全装備の追加などによって重くなる傾向にあった車体の軽量化にも取り組んでおり、従来は鋼や鋳鉄で製造されていた部品に対して軽量材料への置換も推進している。

いっぽう、日本の自動車メーカー各社は生産拠点を海外に移転しており、素材の同一品質での現地調達を求めている。

このような背景に基づき本稿では、日本・北米・中国を対象とした当社のアルミ鍛造サスペンション事業におけるグローバル展開について紹介する。

1. グローバル展開の取り組み

図1¹⁾にサスペンション部材の一例を示す。サスペンションは人体における脚にあたり、自動車本体とタイヤとをつなぐ重要保安部品である。高強度・高信頼性が求められ、運動性能や乗り心地にも大きく影響を与える部品である。また乗り心地に関しては、ボデーやフレームなどの“バネ上”と呼ばれる部位の重量、およびタイヤやサスペンションアームを始めとする“バネ下”との重量バランスが重要である。軽量化だけを考えると、自動車の大部分を占めるボデー部の軽量化が最も効果大きい。しかしながら、ボデー部のみを軽量化しても上記の理由から乗り心地が悪化するため、製品性能を維持するためにもバネ下であるサスペンション部も併せて軽量

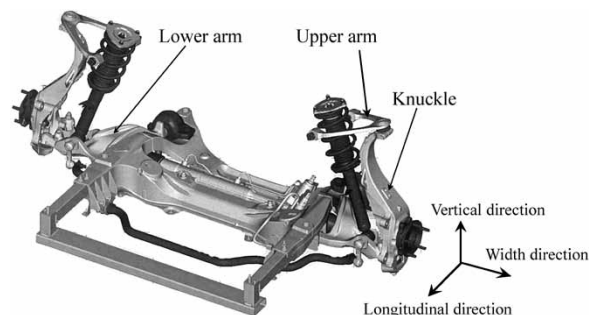


図1 サスペンション部材の例 (ダブル・ウィッシュボーン方式フロントサスペンション)¹⁾

Fig.1 Example of suspension members (front suspension structure of double wishbone type)¹⁾

化することが自動車の軽量化では重要である。そのような背景から、当社ではアルミ鍛造品の高い軽量化効果に着目し、アルミ鍛造サスペンション部材の開発に取り組み、1980年代末に製造を開始した。

いっぽう、国内での自動車販売台数の頭打ちにより、日本の自動車メーカー各社が生産拠点を海外に移転している。また、複数の国・地域で生産販売するグローバルプラットフォーム車へのアルミ鍛造品の採用が加速してきたことに伴って、アルミ鍛造サスペンション部品の海外での現地調達も望まれるようになった。

これに対して当社は、全世界で求められるアルミ鍛造品の需要に応えるべく、さらなる拡販のための技術開発とともに、北米・中国での生産も開始し、同一品質のサスペンション部品を世界で供給できる体制を構築した。当社における技術開発と海外進出の歴史を図2に示す。歴史的に示すと、これまでの事業展開は次の3期に分類できる。

*¹ アルミ・銅事業部門 大安工場 サスペンション部

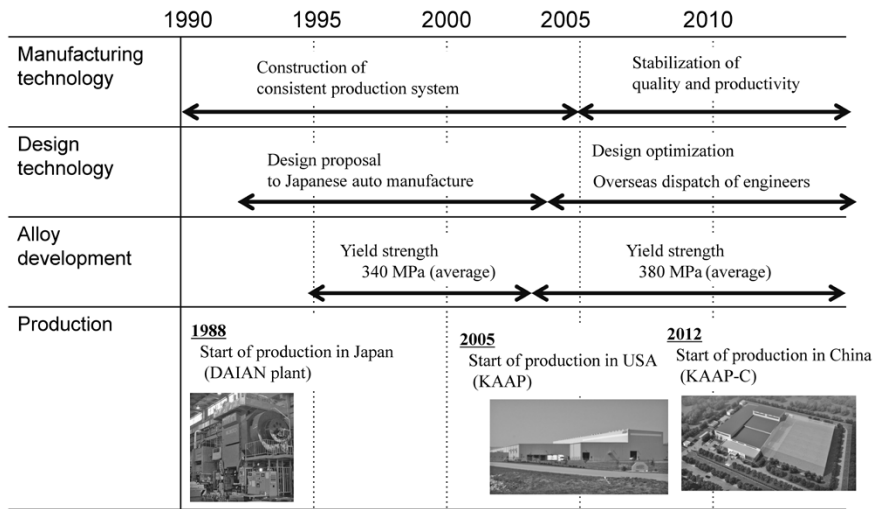


図2 技術開発と海外進出の歴史

Fig. 2 History of technology development and overseas expansion

I 期：一貫生産工程の確立と設計提案（1988年～）

アルミ鍛造サスペンション部品の安定生産体制の構築と軽量化形状提案による拡販体制の構築。

II 期：海外展開に向けた技術開発と北米工場の建設（2005年～）

海外での受注拡大のため、さらなる軽量化設計技術・高強度合金の開発と、海外拠点でも日本と同一品質を生産するべく品質安定生産技術の構築。

III 期：中国工場設立によるグローバル生産体制構築（2012年～）

北米工場で得られた海外工場設立の知見を活かした、安定生産による中国地域の拡販とグローバル生産車種への拡販を展開。

次章からは、海外展開において課題となった「現地従業員による安定生産体制の構築」と、「現地顧客への迅速な軽量化設計提案」について、生産技術、設計技術、および材料技術の観点からそれぞれ解説する。

2. 生産技術

当社では、アルミ鍛造ラインに隣接して鍛造用素材であるビレットの铸造ラインを配置しており、鍛造素材から鍛造完成品までのアルミ足回り鍛造品の一貫生産体制（図3²⁾）を確立している。この一貫生産体制の確立により、鍛造バリの完全リサイクルによる低コスト化、素材輸送短縮によるリードタイム短縮、さらに品質・生産などの一元管理が実現し、高効率な生産を可能としている。

海外においては、日本国内のように鍛造技術の熟練者を確保するのは困難であり、育成にも時間を要する。このため、現地の経験の浅い作業員でも安定した生産が可能な体制が必須であり、海外拠点設立においては生産をさらに安定化させる必要があった。

当社の鍛造工程では、ロボットによるワークの搬送と離型剤の散布を行っており、プログラムの変更によってあらゆる形状の製品に対応できる汎用性の高いラインにしている。国内では、熟練した鍛造技術者がロボット動作のプログラム変更や微調整を行っているが、熟練度の

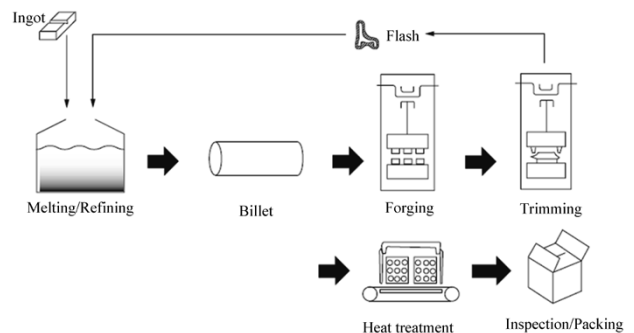


図3 一貫生産体制²⁾

Fig. 3 Consistent production system²⁾

高くはない海外ではこの微調整が困難である。これに対して、材料搬送の安定化技術や離型剤のスプレー量均質化手法を開発したことによって調整作業が不要となり、経験の浅い作業員でも安定して操業できるようになった。

また、技術教育専門のエンジニアを日本から派遣し、現地作業員への直接指導とともに現地に合わせた作業標準を作成している。さらに、各部署から選出されたメンバに対して、日本での研修の受講機会を定期的に設けることによって現地作業員自身の技能の向上も図っている。

3. 設計技術開発

足回りアルミ鍛造品の開発フロー例を図4²⁾に示す。当社では、形状設計から試作品の強度評価まで一貫した開発体制を確立し、効率的かつ短期間での開発を実現している。形状設計には、これまで得られている材料特性データや足回り部品の強度実験データなどを反映して高精度化を図り、日本国内の自動車メーカ向けに設計提案を行ってきた。

一方海外では、とくに欧州の自動車メーカはアルミ鍛造品を積極的に採用していることから、グローバル車種に対して設計提案を推進するためには、さらに軽量化形状を提案する必要があった。そこで、軽量化設計の取り組みとして、位相最適化による軽量化技術³⁾と塑性流動解析を組み合わせて鍛造形状の最適化を図り、製造性が

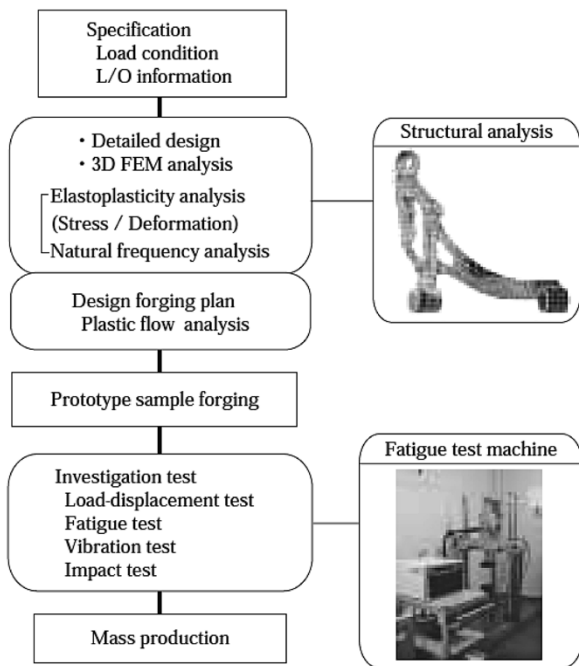


図4 アルミ鍛造品の開発フローチャート²⁾
 Fig. 4 Development flow for aluminum forging parts²⁾

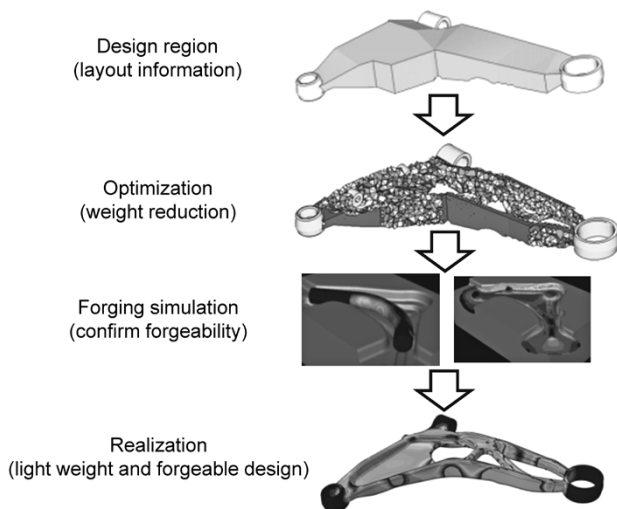


図5 最適形状の設計フローチャート
 Fig. 5 Design flow of shape optimization

良好かつ軽量のサスペンションアームの設計手法を確立した。本設計手法の開発により、従来の当社設計品より約20%の軽量化と10%の設計リードタイムの短縮が可能となった。図5に形状設計フローを示す。

海外顧客に対しては従来、軽量化提案を日本から出張して対応していた。このため、形状設計自体は短期間でも、打ち合せ等を含めた開発リードタイムは国内案件より長くなる傾向にあった。そこで、海外顧客にも国内と同等の期間での提案を実施すべく、北米には設計エンジニアの駐在員を置き、現地でのタイムリーな設計提案・開発を遂行している。また、中国や欧州には営業窓口を設置し、日本で設計した軽量化形状を顧客へ提案している。

4. 合金開発

鍛造用合金としては、耐摩耗性合金の4000系、耐食合

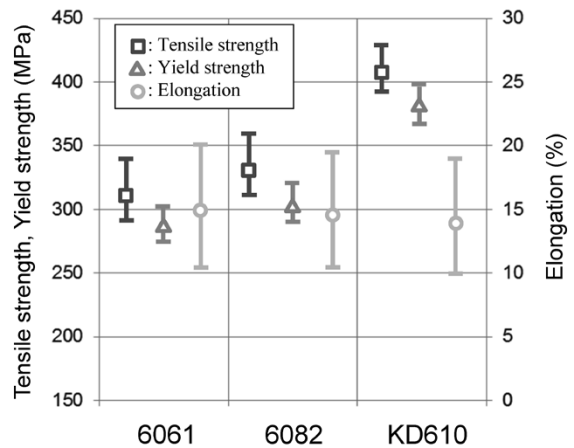


図6 各合金の機械的性質
 Fig. 6 Mechanical properties of aluminum alloys

金の6000系、および高強度合金の7000系など多くの合金系がある。自動車用足回り部品には、その使用環境から中強度で耐食性をもつ6000系 (Al-Mg-Si系) 合金が用いられている。その中でも日本国内では6061が一般的なサスペンション部材であるが、欧州や北米では6082の適用が一般的である。このため当社では、各国のニーズに応えるべく6061と6082の両方の生産に対応している。

世界への拡販に向けた取り組みとしてさらなる軽量化を推進すべく、当社のオリジナル高強度合金であるKD610を開発した。図6に上記各合金の機械的性質を示す。KD610は従来の6061材よりも平均耐力が30%以上高いことがわかる。

この高強度化は、材料成分の変更だけではなく鍛造棒製作から、鍛造および熱処理工程の全工程を見直したことにより実現している。取り組みの一例として、アルミニウムの熱間加工においては、微細な亜結晶粒を形成することで高強度化を見込めることが知られている⁴⁾。鍛造時の加工ひずみが原因で、後のT6処理工程において2次再結晶による結晶粒粗大化を引き起こすため、鍛造加工ひずみの蓄積を極力防止する必要がある。これら再結晶の挙動は一般に、次式で示されるZパラメータに影響される^{6), 7)}。

$$Z = \dot{\epsilon} \exp(Q/RT) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 A は材料定数、 $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度、 Q は活性化エネルギー、 R は気体定数、 T は絶対温度である。

そこで、加工ひずみや温度といった鍛造条件と鍛造組織の関係を調査し、Zパラメータと鍛造ひずみ量から、図7⁵⁾に示す相関関係が得られることを導き出した。この相関関係を塑性流動解析に適用し、鍛造方案の策定を行うことによって鍛造組織を考慮した鍛造方案設計が可能となり、高強度化の一翼を担っている。

図8に各合金の軽量化率を示す。KD610は、6061合金あるいは6082合金と比較して高い軽量化効果を有していることがわかる。当社は、日本・北米・中国の3拠点に同一の鍛造設備を導入しており、複数の地域で同一品質の部品が必要とされるグローバル生産車種に対しても高強度合金による軽量化提案が可能となっている。

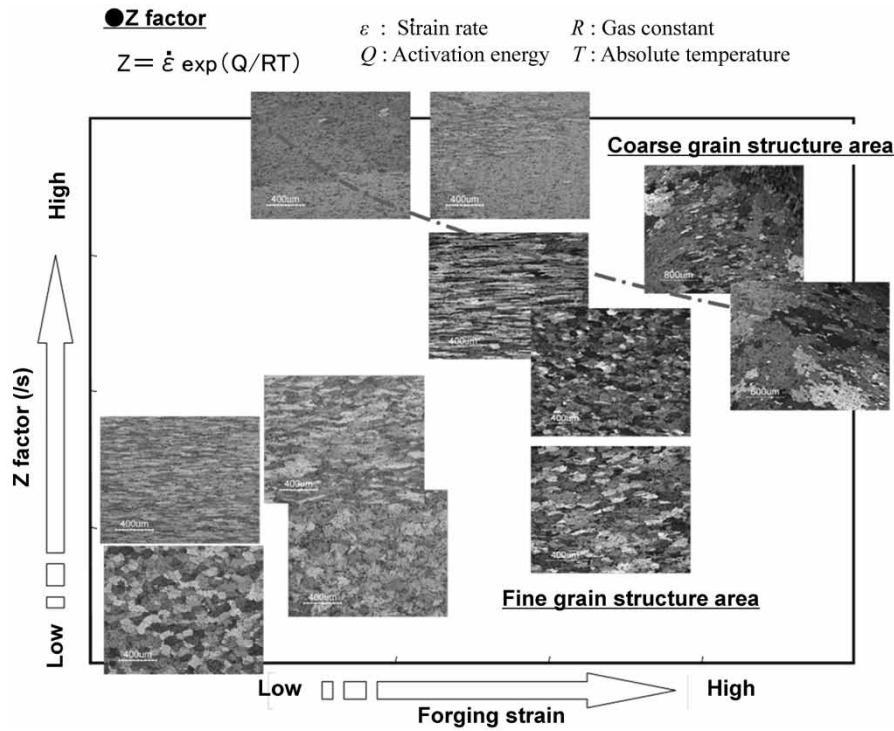


図7 Z係数，鍛造ひずみと鍛造組織の関係⁵⁾
 Fig. 7 Relationship between Z factor, forging strain and forging structure⁵⁾

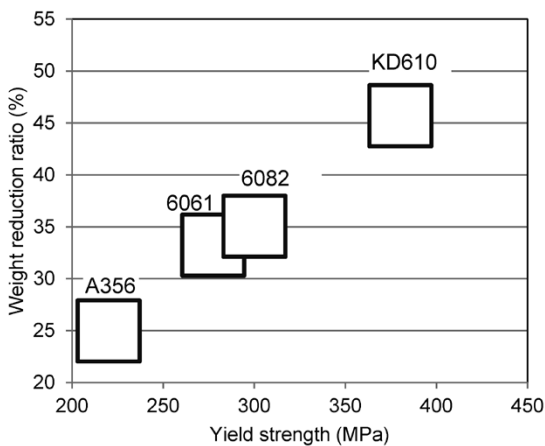


図8 アルミ鍛造品の軽量化効果（鋳鉄比）
 Fig. 8 Weight reduction ratio of aluminum forgings (ratio with cast iron)

むすび = 地球の環境問題が叫ばれる中，自動車の燃料消費量の削減は最も身近な課題であり，かつ地球環境改善に与える影響は大きいと考えられる。燃費向上を実現する一つの手段としてアルミ鍛造品の採用による軽量化が

あるが，コストや調達の問題から，従来の鋼を採用している車種は多い。このことから，アルミ鍛造品を安価にかつ世界のどこでも容易に入手することができるようにすれば，アルミ鍛造化の流れを加速させることが期待される。

アルミ鍛造品のコストを抑え，多くの自動車メーカーが利用しやすい環境を構築することによって，自動車の軽量化という観点から地球環境の改善に協力するべくアルミ鍛造品のさらなる軽量化と生産性向上に向けた技術開発に今後とも取り組んでいきたい。

参 考 文 献

- 1) 福田篤実ほか. R&D神戸製鋼技報, 2002, Vol.52, No.3, p.87.
- 2) 稲垣佳也ほか. R&D神戸製鋼技報, 2007, Vol.57, No.2, p.64.
- 3) 細井寛哲ほか. 一般社団法人日本機械学会大会 (2010), p.299-300.
- 4) 細田典史ほか. 軽金属学会第106回春季大会講演概要, 2004, p.97.
- 5) 阪本正悟. 塑性と加工, 2015, Vol.56, No.654, p.525.
- 6) 中村正久ほか. 軽金属, 1975, Vol.25, p.81-87.
- 7) 趙 丕植ほか. 軽金属, 2008, Vol.58, p.151-156.