

先進的塑性加工と自動車部品サプライヤー・システムの変化

西 山 賢 一

はじめに

本稿では、「塑性加工」という社会科学ではあまり取り上げられないテーマを取り上げ、「塑性加工」の最先端で生じていることが、自動車部品サプライヤー・システムにどのような影響を与えつつあるのかを検討するものである。

リーマンショック以降の実体経済の劇的な落ち込みの中で、トヨタ自動車（以下、トヨタと表記）もその影響をまともに受け、2年前に連結で2兆円を超える営業利益をたたき出していた企業が、2009年3月期の連結営業損益では4500億円の赤字に陥ってしまった。しかしながら、トヨタの2010年3月期決算では、1475億円の営業利益へと黒字転換に成功させている。このようなV字回復を成し遂げた一つの要因は、トヨタの原価低減の取り組みにあったことは間違いないであろう。これまでのトヨタの原価低減の取り組みで、もっとも成功したのは、「塑性加工」の革新である。トヨタの「塑性加工」の革新によってどのようなことが問題となってくるのか、本稿で、順次検討していくことになる。

まず、「塑性加工」とは、「物質に力を加えて塑性変形させ、各種形状に加工する方法」（知恵蔵2009）のことである。

「塑性加工」の典型は、バネを無理やり伸ばして元に戻らないような状態にすることであるが、そうなるのは「塑性変形」が起こったから、ということである。「塑性加工」というのは、要するに戻る力＝「弾性」の限界を超え、「塑性変

形」を起こすような加工をすることであり、強い力をかけて物体を変形させ、欲する形（＝求める形）を得ることをいうのである。

我々の「身の回り」には、様々な形状の金属やプラスチックの製品であふれかえっており、それらは「塑性変形」の利用による「塑性加工」で作られたものがほとんどである。我々の身の回りで「塑性変形」によって作られたものには、自動車のボンネット、ドア、ランプ、クランクシャフト、トランスミッション用の歯車など、多数存在する。

「塑性加工」なしには自動車産業は成立しえないのである。この点は近年の電気・電子産業も同じである。身近なケータイや iPod など使われている部品の非常に多くが「塑性加工」によって作られたものである。両産業は、「塑性加工」による大量生産によって、成り立ってきた産業といってよいであろう。

金属を加工する際に、「塑性変形」が生じる代表的な方法としては、「鍛造」と「プレス加工」がある。

「鍛造」とは、金属を叩いて圧力を加える事で、強度を高めると共に目的の形状に成形する「塑性加工」の方法のひとつである。圧力を加える方法として、金属の素材を「金型」などで圧力を加えることも多い。

「プレス加工」は、「鍛造」と同様に、金型の間に素材を挟み、強い圧力をかけて、素材を成形する方法である。プレス加工には、強い圧力を加えることのできるプレス機械が使われる。ごく小さな部品で、数トンから数十トンの圧力、

大きな部品になると、数千トンの圧力を加えられる機械もある。

これらの加工法では、「金型」が、きわめて重要となっている。「金型」は、「鍛造」にも「射出成形」にも「プレス」にも使われるものである。製品や部品を見たとき、美しいと感じるのは、「金型」がきちんと設計され、その表面が美しく磨かれているからである。製品をピカピカにするために、金型の表面は、鏡のように仕上げられる。また、プレスして作られる製品や部品は、品質が極めて高いだけでなく、生産性も非常に高い。このような「金型」を製作するために、熟練労働者の手によって、きわめて長い時間と費用がかけられる。近年は、測定器と機械の性能・レベルが上がったことで、長年の熟練や勘と経験を生かせる余地が逆に広がっているのである。「金型」を制することができた熟練労働者によって、サプライヤーは競争力のある部品を何百万個も作ってしまう力を獲得したのである。

ここには、「塑性加工」を利用した道具機の革命的な使い方が存在している。その道具機の革命的な使い方の背後には、きわめて精密化・高度化された金型の存在があるのである。精密化・高度化された金型で、他社と部品づくり・製品づくりを競っているのである。

このような「塑性加工」の技術には今のところ限界はない。また、素材にも限界は見えていない。金属は、混ぜる元素量が少し変わるだけで、その性質をまったく違うものに変えてしま

う。また、金属はそもそも非常に柔らかく、あたかも生（なま）もののように温度変化を受け、性質を変化させる世界であることは、常識ではあまりわからないものである。現在、材料と加工技術の最先端に神が宿っているのであり、工学だけでなく、社会科学の分野でもそれらを研究する重要性が高まっているのである。「塑性加工」を追うことは、ITに劣らず、この世界の最先端を明らかにすることと同義なのである。

本稿では、まず、トヨタのコスト削減戦略の現状を概観し、次に、コストの低減を実現する上での生産のフロンティアを検証する。さらに、トヨタ自身の塑性加工への取り組みを検討する。最後に、これらの動きが、部品サプライヤー・システムに、どのような変化を与えつつあるかを考察する。

自動車部品サプライヤー・システム変化の理論的内容については、このテーマ及びものづくりについて、世界的な理論水準を創り上げられた藤本隆宏氏の一連の研究を前提としている。この点については、本稿の最後で簡単にではあるが触れることにする。

1. トヨタのコスト削減戦略の現状

トヨタが10年前に実施を始めた「CCC21（コンストラクション・オブ・コスト・コンペティブネス 21⁽¹⁾）」は、2000年からの6年間で、約1兆円のコスト削減ができたといわれている。2005年からはCCC21に代わって、「VI（バ

(1) もちろんこれ以前も以降もカイゼンは継続的に行われているわけだが、CCC21は、組織的・総合的に取り組まれた点で、カイゼンを圧倒するものである。「CCC21は、内製品も含む総原価の低減活動であり、特に購入部品については購入総額の90%以上を占める約170品目について、調達コストを大幅に削減しようとする計画です。この活動のキーワードは、トヨタの「技術部門」、「生産技術／生産部門」、「調達部門」、「サプライヤー」が四位一体となって活動を推進する、サイマルテニアス・エンジニアリング（SE）です。具体的には、部品メーカーや素材メーカーとトヨタが、製品の設計段階から連携し、部品の共通化や製造方法の抜本的な見直しを図るもので、「設計・技術」「生産」「調達」「固定費」の4つのフェーズから改革が進められています。」トヨタ自動車『アニュアルリポート 2002』

リユーイノベーション)」が開始され、部品点数の削減などで、CCC21と同じ効果を上げるのに必要な時間を「1年以上短縮する」⁽²⁾とされ、コスト削減の取組みを加速しようとしたのである。同記事によれば、CCC21では、6年間で1兆円のコスト削減ということだが、トヨタ自身が公表しているグラフを見ると、年間約2000億円のコストダウンを実現してきたことがわかる。

図1のグラフ以降の原価改善額をトヨタの「決算報告」から抜き出すと、2006年1300億円、2007年1000億円、2008年1200億円、2009

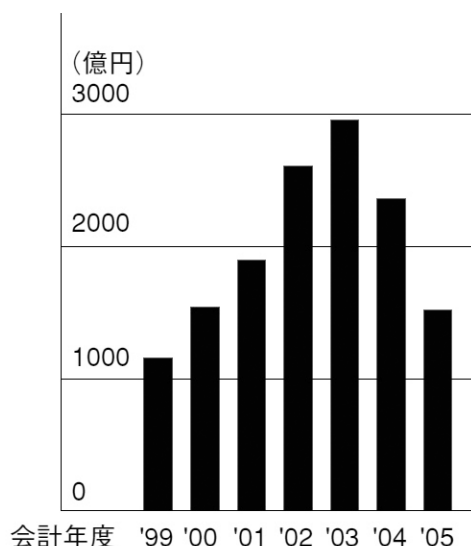


図1 原価改善額の推移

(出所)⁽³⁾

年半期400億円、ということになる。

トヨタの公式発表では、2007年3月時点で、1000億円の減価改善額ということだが、2007年5月に、当時の鈴木専務は、「毎年三千億円程度の原価改善をやる実力はある」⁽⁴⁾と述べたことが報道されている。そもそも6年間で1兆円のコスト削減とされている時期でも、報道では、CCC21の3年間で、1兆円のコスト削減を達成したという内容が散見される⁽⁵⁾。また、2008年5月に「トヨタは前期に三千億円程度の原価低減を実施」⁽⁶⁾と報道されたが、公式発表の数値とは乖離していることも考慮しておく必要がある。トヨタの実力を示すのはこれにとどまらない。報道によれば、「自動車各社は全面改良の際に大幅な原価低減を進めるのが一般的だが、今回トヨタは十五年ぶりに販売中の全車種で本格的な原価低減を行う」(同上)と、全面改良時の新車のコスト削減ばかりか「販売中の全車種」にまで原価低減を広げるということを宣言したのである。

また、トヨタの本年の『有価証券報告書』では、「仕入れ先と一体となった原価改善活動に引き続き精力的に取り組んだ」ことが明記されており、「原価改善の努力」の中味について、「継続的に実施されているVE (Value Engineering)・VA (Value Analysis) 活動、部品の種類の絞込みにつながる部品共通化、ならびに車両生産コストの低減を目的としたその他の製造活

(2) 『日本経済新聞』、2007年1月17日付。

(3) トヨタ自動車『トヨタの概況 2006』、15ページ。

(4) 『日本経済新聞』、2007年5月10日付。

(5) 「最近の大きな功績は部品調達費を二〇〇〇年から三年で一兆円削減したコスト低減策『CCC21』」『日刊自動車新聞』、2005年3月19日付。

「二〇〇〇年から三年間で部品調達費を一兆円削減したコスト低減策『CCC21』の旗振り役だ」『日本経済新聞』2005年6月28日付。

「社長就任前の大きな功績は二〇〇〇年から三年間で部品調達費を一兆円削減したコスト低減策『CCC21』」『日本経済新聞』、2005年9月5日付。

(6) 『日本経済新聞』、2008年5月31日付。

動に関連」によるものであることなどが報告されている⁽⁷⁾。この成果は、2010年3月期に、年間5200億円という史上空前の原価低減が実現できたことに現れている。

このような原価改善の源泉は、いわゆるすべて「カイゼン」に帰せられるわけではない。

もちろん、「カイゼン」はトヨタのDNAに深く刻み込まれており、とどまるところを知らない⁽⁸⁾。トヨタは、「カイゼン」を絶えず追求しており、これが原価低減に一定の成果をあげていることは間違いないが、このような「カイゼン」だけでは、毎年数千億円規模の原価低減は難しいであろう。毎年の大幅な原価低減は、このような「地道な改善」の積み重ねだけでは達成されるものではない。「地道な改善」とは別の、大きな革新がそこには存在しているのである。

その秘密は、次の記事の中に示されている。

「トヨタは主要部品会社に対し、従来より踏み込んだ原価低減に取り組むよう要請した。自動車各社は全面改良の際に大幅な原価低減を進めるのが一般的だが、今回トヨタは十五年ぶりに販売中の全車種で本格的な原価低減を行う。部品の設計見直しや鋼材などの使用量削減などで原価を下げる。」⁽⁹⁾

トヨタが取り組んできた、大幅な原価低減の原資は、CCC21以降、加速度的に取り組まれている「部品の設計見直しや鋼材などの使用量削減」だったのである。これについては、章を改めて、もう少し詳しく見ておこう。

(7) 「・原価改善の努力

当連結会計年度の営業費用は、継続的な原価改善の努力により、約5,200億円の減少となりました。原価改善の努力には、鉄鋼、貴金属、非鉄金属（アルミ等）、樹脂関連部品などの資材・部品の値下げの影響が含まれています。当連結会計年度は、原材料価格下落のメリットを取込み、仕入先と一体となった原価改善活動に引き続き精力的に取り組んだ結果、収益改善に貢献することができました。原価改善の努力は、継続的に実施されているVE（Value Engineering）・VA（Value Analysis）活動、部品の種類の絞込みにつながる部品共通化、ならびに車両生産コストの低減を目的としたその他の製造活動に関連しています。」トヨタ自動車『有価証券報告書』平成22年3月期36ページ。

(8) 「治具工具の置き場所や組み立て作業員の歩数チェックといった地道な改善にも手を休めない。」『日本経済新聞』、2007年8月4日付。

(9) 全文は次のとおり。

「自動車3社、原価低減今期6000億円超、鋼材高に対応——トヨタ、全車種対象。

トヨタ自動車、日産自動車など自動車各社は過去最大規模のコスト削減に取り組む。トヨタは全車種の設計を見直す緊急施策で今後半年で三百億円以上の原価を追加して減らす。日産は部品の種類や触媒用の貴金属の使用量半減などで今期約三百億円のコスト削減を上積みする。ホンダも含めた大手三社の削減額は今期、合計で六千億円超となる見込み。鋼材など原材料価格高騰による負担増を減らし、車両価格への転嫁を極力抑える。

トヨタは主要部品会社に対し、従来より踏み込んだ原価低減に取り組むよう要請した。自動車各社は全面改良の際に大幅な原価低減を進めるのが一般的だが、今回トヨタは十五年ぶりに販売中の全車種で本格的な原価低減を行う。部品の設計見直しや鋼材などの使用量削減などで原価を下げる。今期のコスト低減額は三千三百億円以上に達する計算になる。

トヨタは前期に三千億円程度の原価低減を実施し、連結営業利益ベースで約千二百億円の増益効果があつた。しかし、今期は鋼材価格が三割以上上がるなどしたため、三千億円を超える原価低減効果がほぼ吹き飛ぶ計算だ。このため、追加施策で過去最大規模のコスト削減を実施し、減益幅の圧縮に努める。」『日本経済新聞』、2008年5月31日。

2. 生産技術の「フロンティア」とコスト削減

トヨタの「設計見直しや鋼材などの使用量削減」は、「塑性加工」の革新抜きには実現できるものではない。トヨタの取り組みを明らかにする前に、「塑性加工」全般の革新について、簡単に振り返っておこう。自動車生産技術の革新は、現代においては、生産技術全般の革新と同義であり、生産技術全般の「フロンティア」は、塑性加工技術の「フロンティア」に存在しているからである。まずこの点から見てみよう。

(1) 塑性加工技術の「フロンティア」

塑性加工技術の「フロンティア」は、近年、経済産業省による『素形材産業ビジョン』として、まず、我が国素形材産業の目指すべき方向性がまとめられ、その後、これを受けた形で、鋳造、鍛造、金型等の協会や工業会によって、それぞれの業界団体独自の個別ビジョンが策定・公開されている。また、これに先立って、2000年3月には、素形材センターが中心となって、「素形材技術戦略」が取りまとめられ、翌年、2001年3月には、「素形材技術ロードマップ」が策定・公開された。この「素形材技術ロードマップ」は、2007～2008年に改訂が行われ、重要技術を絞り込み、素形材技術戦略として取りまとめられている。これについては後で触れる。

まず、平成18年5月に刊行された『素形材産業ビジョン』では、素形材産業は、どのように取り上げられているのであろうか。『素形材産業ビジョン』によれば、素形材産業について、次の二つの面から説明されている。一つは、加工方法からの特徴づけであり、もう一つは、製

造業の中での位置づけである。まず、加工方法の説明を見ておこう。

「「素形材産業」は、「素材を加熱や加圧など何らかの方法で変形・加工する技術を用いて、目的とする形状や性能を有する製品を作り出す産業及びこれらの工法に必要な機械・装置を生産する産業並びに製品に熱処理などを施して特定の性能を付与する産業」と定義されている。また、具体的な業種としては、鋳鉄、鋳物、非鉄鋳物、ダイカスト、鍛造、金属プレス、粉末冶金、熱処理、金型、鋳造・鍛造機械等がこれに該当する。」⁽¹⁰⁾

ここでは、素形材産業の業種として、鋳鉄、鋳物、非鉄鋳物、ダイカスト、鍛造、金属プレス、粉末冶金、熱処理、金型、鋳造・鍛造機械があげられている。これらのうち、鋳物とダイカストは、素材を流し込み成形するという点で、鋳造に分類でき、鍛造・プレス・粉末冶金は、鍛造機械・プレス機械を用いて、素材に圧力をかけて成形する点で、同一加工法に分類できる。

素形材産業の製造業での位置づけは、次のとおりである。

「素形材産業の構造としては、「川上から金属素材（鋳鉄、鉄鋼、アルミ、合金等）を調達し、成形加工して、川下の機械組立産業（自動車、産業機械、電気通信機器等）に供給する」ということになろう。」

「素形材産業は、我が国が国際競争力を持つと言われている自動車や家電、産業機械などの産業の全てにわたって、そのものづくり基盤を支えている不可欠な存在である。」⁽¹¹⁾

(10) 素形材産業ビジョン策定委員会『素形材産業ビジョン』2006年6月、6ページ。

なお、環境変化を受けて、本ビジョンの追補版が発表されている。『素形材産業ビジョン追補版』2010年6月。

素形材産業は、製造業の中で、川上と川下をつなぐところに位置し、我が国の国際競争力の高さを象徴する産業であるが、川下の機械組立産業が、どんどん海外に進出し、また、海外投資によって、海外企業も力をつけてくる中で、国内の機械組立産業は、グローバル化の結果、日本経済全体の中での相対的地位を低下させてきている。しかしながら、現在日本に残っている、川上・川中・川下の産業および企業は、どれもきわめて国際競争力は高いものがある。

こうした素形材産業の「フロンティア」について、次の節で簡単に振り返っておこう。

(2) 塑性加工技術の革新 —素形材産業の「フロンティア」—

経済産業省が取りまとめた報告書から、素形材産業の「フロンティア」のうち、鍛造とプレスの革新的技術を順番に見ていこう⁽¹²⁾。(図2図3を参照)

「革新的次世代鍛造技術」の図中の「鍛造技術の将来像」では、①コスト競争力のある「高精度、軽量部品を鍛造で製造」、②高歩留まり低CO2排出の「環境に優しい鍛造ライン」、③短工程、低不良率、長金型寿命の「合理的な生産の実現」、④IT技術を活用した「生産準備期間の短縮」、があげられている。「将来成形品特性」としてあがっているのは、「・超薄肉中空軽量品、・精密歯車製品、・高信頼性航空機部品、・

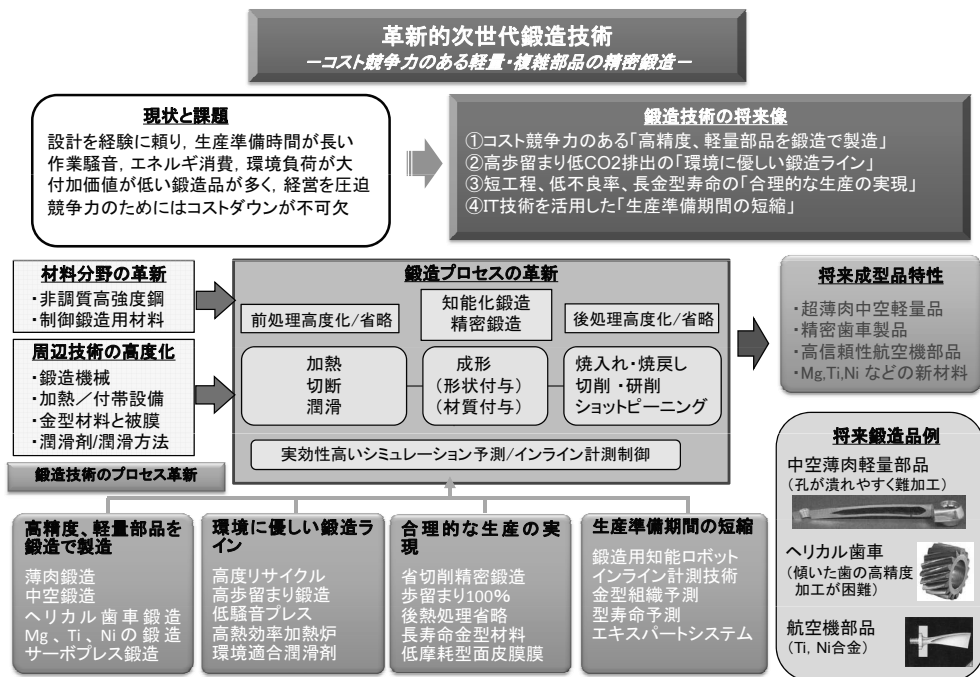


図2 革新的次世代鍛造技術

(11) 同上書、7ページ。

(12) 経済産業省「平成20年度中小企業実態・対策調査 次世代素形材産業における重点技術開発課題及び高度化の方向性に係る見直しに関する調査報告書「素形材技術戦略2008」及び「特定ものづくり基盤技術高度化指針(改訂版)」, 2009年3月, 9～10ページ。

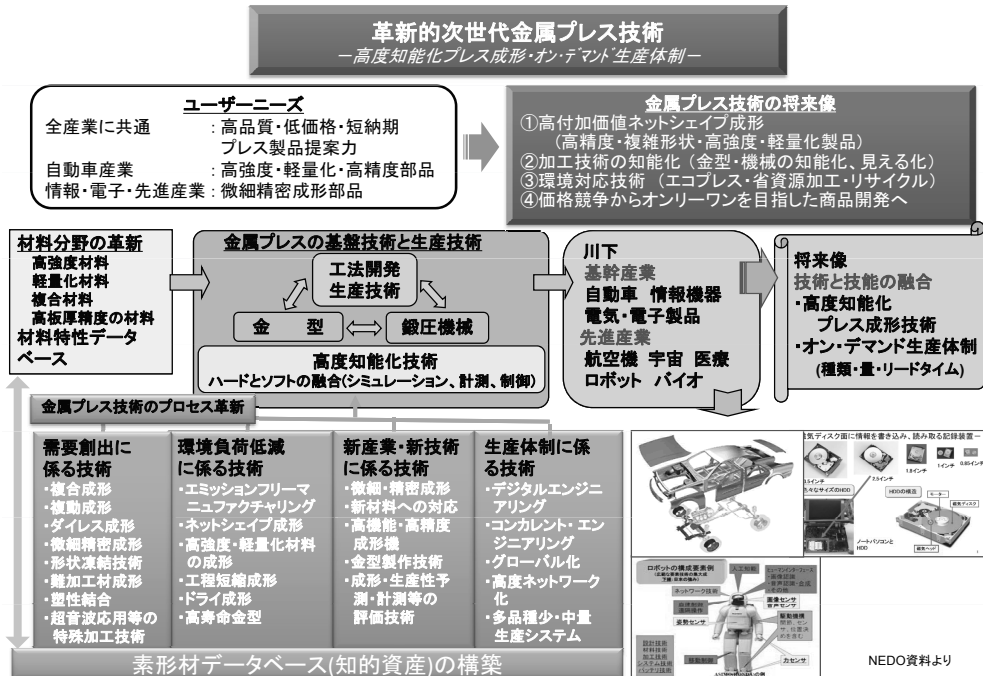


図3 革新的次世代金属プレス技術

Mg, Ti, Ni などの新材料」である。

「革新的次世代金属プレス技術」の図中の「金属プレス技術の将来像」を見ると、①高付加価値ネットシェイプ成形（高精度・複雑形状・高強度・軽量化製品）、②加工技術の知能化（金型・機械の知能化、見える化）、③環境対応技術（エコプレス・省資源加工・リサイクル）、④価格競争からオンリーワンを目指した商品開発へ、があげられている。「将来像」として、「技術と技能の融合」で、「・高度知能化プレス成形技術・オン・デマンド生産体制（種類・量・リードタイム）」を目指している。

以上より、鍛造、プレス、に共通している思想を抜き出すと、「試作レス、高歩留まり、超軽量・複雑薄肉形状」「前処理高度化／省略」「後処理高度化／省略」「ネットシェイプ成形、高強度・軽量化材料の成形、工程短縮成形」ということになる。言い換えれば、試作を行わず、前

工程・後工程を短縮・省略しながら、軽量・複雑な形状に成形するのに、高歩留まりで、非常に寸法精度の高い完成品を作り出す、ということである。これらは、目標として設定されているものではあるが、「塑性加工」技術の優れた企業では、これらのいくつかをすでに実現しており、将来像として設定されていることが現実に深く進行しているという事態が存在しているのである。現代日本の「塑性加工」の最先端技術は、優れたサプライヤーによって、こうした一見すると相反する要求に応え、きわめて高い品質の製品を短時間で作り出す水準を獲得しつつあるのである。

(3) 塑性加工技術の革新とコスト削減

これまで見てきた、塑性加工技術の革新による、コスト削減効果は、劇的である。同一材料を薄肉化することは、それだけで、材料費の大幅な節約になるし、試作レス、高歩留まり、工

程の短縮化・省略が、コスト削減に貢献する割合はきわめて高い。

試作は、コンピュータの実効性高いシミュレーション予測によって、以前ほど必要がなくなっている。また、工程の進化によって、これまで、削ったり、磨いたりしていた後工程も必要なくなりつつある。歯車のような部品で、後工程が必要なくなったことを具体的に考えてみよう。これまで、歯車のギザギザの部分は、切削工程を経ることで得られてきたものであるが、鍛造やプレスの結果だけで、これまでよりも、寸法精度が高く、強度も上がっているのに、短時間で、成形できてしまうのである。

こうした事例は、『Automotive Technology』の2006年 Summer 号から開始された、連載講座「軽く安くする材料・加工技術」にも代表的なものが紹介されている。タイトルだけ、いくつか拾って紹介すると、以下のとおりである。

- 第1回「射出成形金型内で部品の組み立て・成膜」
- 第3回「高張力鋼板の成形性を向上させるプレス技術」
- 第4回「複雑形状の部品を冷間鍛造で成形」
- 第5回「ファインブランキングで複数の工程を一つに」
- 第6回「本当はプレスでも造れるマグネシウム部品」
- 第9回「変速機用歯車を切削せずに造る」

どの回も、素晴らしい金型の技術で、成形工程の圧倒的な短縮を実現したり、難加工材の成形にチャレンジしたりして成果を収めている。成形工程の革新は、他にも、前節で見た「革新

の次世代技術」にたくさん取り上げられている。そこには、孔（あな）が潰れやすく難加工である、中空薄肉軽量部品の鍛造や Ti, Ni 合金などを利用する航空機部品の鍛造、超軽量・複雑薄肉形状の鍛造などを試作せずに（＝試作レス）、歩留まり高く生産することが課題としてあげられている⁽¹³⁾。

塑性加工の革新の実例については、日本金属プレス工業協会が2006年11月にまとめた『金属プレス産業ビジョン』でも紹介されている。この『ビジョン』の中では、日本の先進的な塑性加工をさらに伸ばし、新たな需要を創出するための方向性として、表1のようなまとめをされている。

この表で課題としてあげられていることも、いくつかの先進的な企業ではすでに実現されている。これらのことは、塑性加工の革新によって、後工程なしに、きわめて品質の高い部品が、圧倒的な時間短縮によって、造ることができることを意味している。

切削・研磨といった機械加工によって製作されていた部品を精密プレス加工によって置き換えていくことは、簡単なものから複雑なものまで、数多くの企業で日々追求されている。さらに、新規アイテムのプレス化が検討されたり、現状において複数からなる部品をプレスによって一体化（＝一部品化）したり、工程そのものを短縮したり、といった例は枚挙にいとまがない。

こうした塑性加工による部品生産の変更によるコスト削減効果は、数十%を超えるものも普通であり、報道されている部品生産では、製造コスト10分の1も達成されている⁽¹⁴⁾。

塑性加工技術の革新は、トヨタでも取り組ま

(13) 社団法人日本機械工業連合会、みずほ情報総研株式会社『平成18年度素形材産業技術の体系化及びロードマップ策定に関する調査報告書』、2007年3月。

(14) 「プレス成型、製造費10分の1」『日経産業新聞』、2010年1月19日付。

表1 需要創出に係わる技術の方向性、要求される機能と技術課題

方向性	要求される機能	対応する技術課題
高精度・高機能の高付加価値の製品	複合成形 複動成形 逐次成形 液圧成形 微細・精密成形 形状凍結技術 難加工材成形	他工法（切削、結合、モールド等）との複合成形、板鍛造、プレス複合成形 精密せん断、圧縮絞り、背圧成形、多軸成形 多段成形、インクリメンタルフォーミング、回転成形、揺動鍛造 チューブハイドロフォーミング、対向液圧成形 超高精度プレス、金型製作 スプリングバック対応 高度温度制御、局部加熱
他分野からの転換	高精度・複雑形状成形 高強度製品	複合成形、複動成形、微細精密成形 等 厚板成形、難加工材
多品種中・少量生産	金型の低減 低コスト金型 金型交換時間の削減	逐次成形、対向液圧成形、インクリメンタルフォーミング 等 金型構造の標準化、分割金型構造 等
安定生産	金型の加圧力、速度、位置制御 プレス・金型精度 金型寿命の向上	デジタル制御プレス（成形性の向上） 高精度・高剛性プレス 最適工程設計、成形シミュレーション、金型材質、金型コーティング 等

(出所)⁽¹⁵⁾

れている。このことについて、章を改めて、振り返っておこう。

3. 自動車会社の「フロンティア」とコスト削減戦略

トヨタは、塑性加工技術の革新をどのように生かそうとしているのであろうか。そこにトヨタの「フロンティア」は存在している。その「フロンティア」は、トヨタが力を入れて取り組んでいる3つの試みを見ることで、明らかになるであろう⁽¹⁶⁾。

(1) トヨタグローバル展開実現のための課題

トヨタの狙いは、激変する世界の市場動向と環境変化に対応し、グローバルでの同一品質、

高い生産性を確保すること、世界中どこでも誰でも簡単に扱えて、品質も確保しやすいライン・設備を供給していくこと、に置かれている。このような狙いが明確であっても、実際に、グローバルでの同一品質や高い生産性はどのように達成されるのか、世界中どこでも誰でも簡単に扱えて、品質も確保しやすいライン・設備はどのように供給されるのか、はたいへん難しい問題であろう。トヨタでは、こうした問題を解決するために、新しいシンプル・スリムなライン作り・設備作り・型作りが追求されているのである。

シンプル・スリムな工程・設備・型の実現のために、トヨタでは、「製品設計を変える」、「設備を変える」、「工法を変える」、というような生産技術革新がどん欲に取り組まれるのである。

(15) 日本金属プレス工業協会『金属プレス産業ビジョン』2006年11月、26ページ。

なお、最先端の加工技術については、金属プレス加工技術研究会の内容を取りまとめた、一連の冊子も参照。第80回のテーマは、「微細精密プレス加工の最前線」である。

(16) 本章の以下の事例・具体例は、トヨタ自動車技術者によって行われた報告のテキスト、『塑性加工シンポジウム』（268 & 272）によっている。

トヨタにおいては、「製品設計を変える」とは、設計の見直しによって、より「造り易い製品へ」変えることが考慮されており、「設備を変える」とは、設備を「シンプル・スリム化」ということであり、「工法を変える」とは、文字どおり、造り方の改革を行って、成果を上げることである。

これらのことをトヨタは、社内およびグループ会社と協力しながら行っており、それがコスト削減に大いに貢献しているのである。

トヨタはこれらを実際にはどのように取り組んでいるのだろうか。その事例をトヨタの金型管理と新しい部品作りで見てみよう。

(2) トヨタの金型づくりと塑性加工の革新

金型技術について、トヨタは、社内では、次のような塑性加工の革新を行っている。

トヨタが狙っているのは、①金型リードタイムの画期的短縮②海外でも安定生産できる金型③海外でも造れる金型、である。

①について、トヨタは、金型の削り方を変え、加工時間の画期的短縮を実現し、結果として金型リードタイムの劇的な短縮を実現したのである。その方法は、従来の削り方であった、時間のかかる放電加工をやめ、新しい切削方法を採用したことである。「新同時4軸加工」と名付けられた加工法の採用で、加工法の種類を従来の8種類から3種類へ、工具種類を30種類から4種類へ、面加工リードタイムを2分の1へ、と金型リードタイムの画期的短縮を実現したことが報告されている。(図5参照)

こうしたことが実現できたのは、高性能な工作機械の登場によって、時間のかかる放電加工をすることなしに、精密な加工ができるようになったからである。

②について、トヨタは、従来、型保全で苦勞してきたものを、型保全をやりやすくするために、コンパクトな専用部分と剛性アップした汎用部分に分け、金型保全のシンプル・スリム化と金型調整レスを同時に実現したのである。調

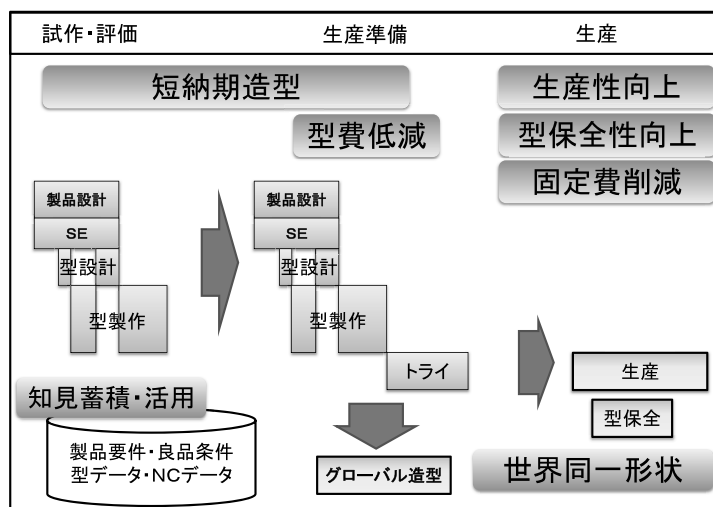


図4 車づくりにおける金型の役割

(出所)⁽¹⁷⁾

(17) 同上書 (272), 3 ページ。

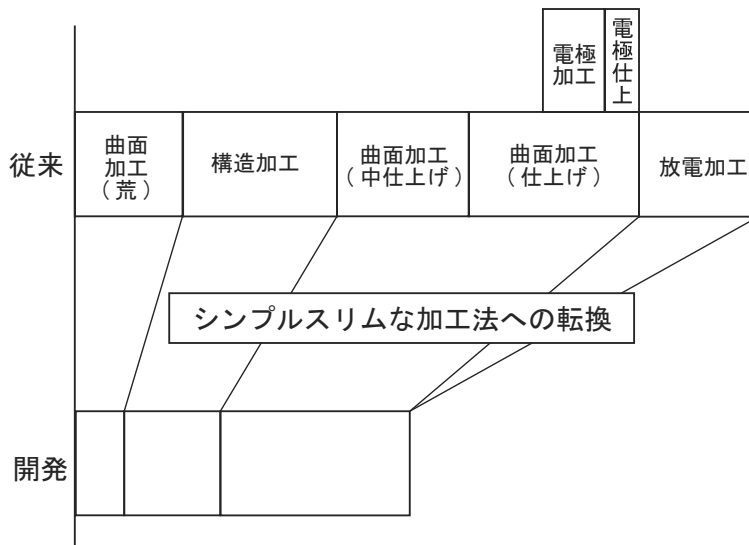


図5 高能率加工の効果イメージ

（出所）⁽¹⁸⁾

整いらずの金型は、金型を調整するための専門職員を必要としない、グローバルな生産体制の構築を意味するものである。

③について、トヨタは、一番型をいかに早くコピーし、海外拠点に投入するか、ということで、これまでは熟練の研磨が必要だったところを研磨レスにチャレンジし、それを達成するのである。そして、一番型の原器を3次元測定機でデータ化し、磨きのいらぬ高品位加工によって作り上げてしまうのである。これは高性能な金型が1つあれば、残りの金型を従来のやり方で作る必要がないことを意味する。

ここで見られるトヨタ自体の金型技術水準は、日本の最先端の塑性加工で用いられる金型技術と比べると、それほど高いとは言えないが、どれも工作機械のレベルが上がったことで実現できるようになったものである。レベルの上昇した工作機械による加工によって、グローバル生産がやりやすくなったのである。

（3） トヨタの「一個流し生産」と部品調達の革新

トヨタが取り組む、もう一つの大きな設備・型・工程のシンプル・スリム化の例について、見ておこう。

それは、足回り部品の1つである、ハイマウントナックルの生産の革新に見ることができる。

ハイマウントナックルは、車輪を支持する部品として、強度は「中」程度でよいが、「衝突時の曲げ変形能が重要」「省スペース」という要件により、これまで「鉄鍛造」によって造られてきた。それをアルミ鍛造に変えようというのである。アルミ鍛造に変える際に、設備・型・工程のシンプル・スリム化が徹底的に見直されるのである。

まず、プレス機の機構と機能を見直すことで、プレス機のダウンサイジングを実現している。プレス機を従来のメカプレスから、油圧プレス

⁽¹⁸⁾ 同上書（272）、4ページ。

に変えた結果、「低温で“ゆっくり”打てるアルミの特性を活かした油圧化」,「更にシリンダとクラウンを一体化構造」にできたことで、プレス機のサイズは二分の一以下の大きさにすることができたのである。プレス機のダウンサイジングを実現できたことによって、建屋のサイズも大幅に縮小することができている。こうした工作機械のダウンサイジングにより、コスト削減には二重の恩恵がもたらされたのである。

また、金型サイズも、従来は汎用性を考慮し、重量16トンを超える、かなり大きなものが見られていたが、鍛造とバリ抜きを別プレスに分離することで、重量の90%減を達成することができている。

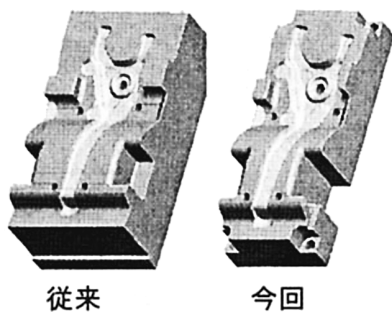


図6 金型サイズの比較
(出所)⁽¹⁹⁾

金型サイズも、上図のように見直され、金型に使用される金属の大幅な節約に貢献しているのである。

さらに、円筒形の回転炉の採用により、熱処理構造の小型化を実現したことによっても、建屋のサイズの縮小とともに、熱収支の比較でも、設備のシンプル・スリム化に貢献するような成果を上げている。容積比では、従来の方法から新しい方法に変えたことで、85%減を達成して

おり、熱収支では、1個あたりかかるエネルギーを、1.9kwから0.9kwへと50%以上の減を達成している⁽²⁰⁾。

こうしてトヨタは、わずか1個の生産方法を見直すことによって、従来の生産方法から、トヨタ流シンプル・スリム化がはかられ、スペースの60%削減、設備投資の50%削減、在庫の97%削減、生産リードタイムの85%削減を達成することができたのである。(図7参照)

在庫の97%削減とは、ほとんど在庫を持たなくてすむ、文字通りの「1個流し生産」ということを意味している。「1個流し生産」は、従来、工程順に1個ずつ加工、組付けをし、次工程に1個ずつ流していくことを意味しており、トヨタ生産システムではきわめて重要な意味を持っていた。しかしながら、従来のこのやり方は、在庫には直接関与するものではなかった。今回のトヨタの新しい部品生産方法は、必要なユニットの間近で、必要な部品を生産することで、ほとんど在庫を0に近づけることができたのである。

(4) トヨタによる塑性加工の革新のための人材確保

DODAに掲載された、トヨタのエンジニア募集によれば、募集されている「仕事内容」は、「品質向上」「コスト削減」を同時に実現させる、従来の発想を覆す生産技術革新に挑んでいます」というもので、「最高品質、最高性能、コスト削減」を実現するための生産技術革新活動を遂行することのできる人材を広く募集しようとしているのである(図8参照)。

普通は、「品質向上」と「コスト削減」とを「同時に実現」することはできないが、「従来の発想を覆す」ことができれば、品質と性能が向上し、

(19) 同上書(268), 21ページ。

(20) 以上の記述は、同上書(268), 参照。

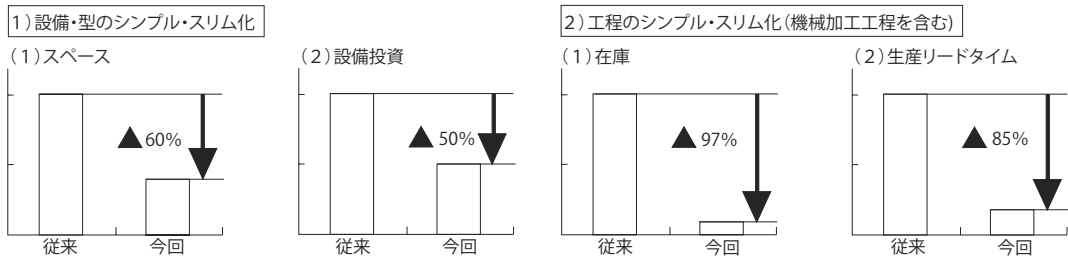


図7 シンプル・スリム化効果

(出所)⁽²¹⁾

DODA

転職のプロに相談できる、転職サイトDODA（デューダ）

ホーム 求人を探す 転職支援 スカウトを待つ 転職成功ガイド マイページ

転職・求人DODA（デューダ）トップ > 求人・求人情報の検索

[掲載・更新:09/08(月)] 求人コード 3000124854

トヨタ自動車株式会社

生産技術（生産技術開発・生産準備、トヨタ生産方式に基づく製造技術の実践・海外支援）

応募要項

求めるフィールド

検索中リストに保存

トヨタが世界のスタンダードと呼ばれるために

世界のメジャープレイヤーのひとつとして確固たる地位を築いたトヨタ自動車は21世紀、どこを目指して舵を切ろうとしているのか。

答えは明快です。

トヨタは、「Innovation into the Future～豊かな社会創りに情熱をかけて」をテーマに、「モノづくり」「技術革新」を基盤とした豊かな社会の実現を目指しています。

さまざまな技術領域を融合させることで、社会に高い価値を提供する「クルマづくり」ができると考え、**同業・異業種を問わず、多彩な技術的バックグラウンドをもつエンジニアの参加を期待しています。**

モノづくりとは、ただ単にクルマをつくるだけではありません。
1台のクルマを通して「社会をつくる」「環境をつくる」「生活をつくる」
それがトヨタの仕事です。

募集要項

募集対象 ○ 同業・異業種を問わず、多彩な技術的バックグラウンドを持つエンジニアを募集します。

仕事内容 「品質向上」「コスト低減」を同時に実現させる、従来の発想を覆す生産技術革新に挑んでいます。

図8 トヨタのエンジニア募集内容

(出所)⁽²²⁾

コスト削減という結果はついてくる、という点は、塑性加工の革新で見てきたとおりである。

本章(3)までに見てきたように、細かいカイゼンの積み重ねの上に、技術的な大きな方向として、**鋳造→鍛造化、鉄鍛造→アルミ鍛造化、鉄鍛造→鉄プレス化、鉄プレス→真空ダイカスト**

鉄プレス化、などの塑性加工の革新を追求することによって、大幅なコスト削減を実現しようとしているのである。塑性加工の革新を達成することで、トヨタは、品質面、コスト面とも、多大な恩恵を受けられるからである。

(21) 同上書（268），24 ページ。

(22) DODA サイト（<http://doda.jp/>）より、2008 年 10 月 5 日に取得。

4. トヨタのコスト削減戦略と部品サプライヤー・システムへの影響

本章では、トヨタが取り組んだ、コスト削減戦略の、自動車部品を中心に製造するサプライヤーへの影響について考えてみよう。

(1) 原価改善活動とサプライヤー

トヨタは、1. 章の脚注(1)に見られるように、すでにCCC21の開始から、「三位一体」ならぬ「四位一体」での取り組みが行われ、「四位一体改革」で、原価低減を組織的にバックアップする体制を整えている。これによれば、サプライヤー各社にとっては、これまでのような「調達部門」からの単純な値下げ要求ではなく、「生

産技術部門」、「技術部門」との連携において、技術的な裏付けのある値下げの実現に向けて、トヨタ側の体制が強化されたことを意味するものである。

先に見た、部品会社のような圧倒的な塑性加工の革新の真髄は、鑄造や切削を鍛造化やプレス化することで、加工工程、材料ロスを大幅に削減し、生産性を飛躍的にあげることなどが簡単に達成できるというものであった。実際、我々は、1個削る(作る)のに数十秒以上かかっていた部品を鍛造化やプレス化することで、1個が1秒未満ででき、しかも品質が向上している事例を多数調査してきている⁽²⁴⁾。

2009年12月、トヨタの新たな原価低減戦略が明らかとなった。それは、RRCI(良品・廉価・

■原価低減プロジェクトの推移



■四位一体改革

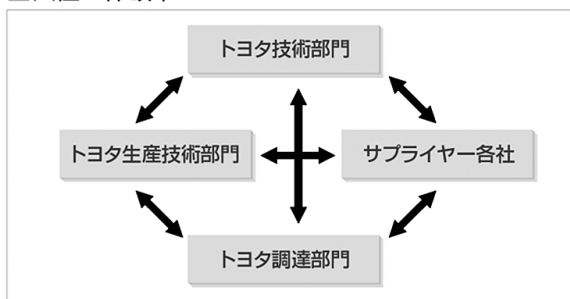


図9 原価低減の組織的バックアップ

(出所)⁽²³⁾

⁽²³⁾ トヨタ自動車『トヨタの概況 2006』2006年、15ページ。

⁽²⁴⁾ 電子部品に至っては、プレス機械によって、超精密部品が、1分間に、3000個の超高速スピードで成形加工することも可能である。このスピードで造っても、同じスピードで全数検査が自動的に行われているのを我々は目撃しており、この方法で成形される超精密部品の品質は保証されている。こうして造られた部品が、我々の使う携帯電話や携帯音楽プレーヤ、パソコンの部品として使用されるのである。成形の精度とスピードの点では、電子部品の方に、一日の長がある。

コスト・イノベーション)⁽²⁵⁾ と呼ばれるもので、部品価格の「中国並み価格」を部品会社に要請するものである⁽²⁶⁾。記事の中では、トヨタの調達方針が、「急激な価格引き下げについていけない下請け・孫請けメーカーは、廃業に追い込まれる可能性がある」と論評されている。

さらに、世界の激変を受けて、コスト削減・生産スリム化を加速させるために、新たに「専門組織」を立ち上げたことも報道されている。

「一〇年三月期の業績回復に向け、七兆円とされる固定費の一〇%削減を目指す。設備投資は〇九年三月期見通しのほぼ半減の七千億一八千億円まで減らす可能性もある。労務費も国内では賃金を二割減とする休業日を設定するほか、海外では「ワークシェアリングを考える」(木下副社長) など削減策を積み上げる。

コスト削減も加速する。部品会社と共同で既存車種の仕様を見直し、原価を低減する活動を現在の十五車種から全五十五車種に広げる。調達や技術部門など五十人で構成する原価低減の専門組織も立ち上げた。」⁽²⁷⁾

この記事によれば、新たな専門組織によって、

部品会社と共同で行うこれまでの原価削減活動が15車種にとどまっていたものを、55車種にまで広げるというのである。このように、原価低減活動の車種数が、4倍近くに拡大することは、コスト削減効果も相当な額を見込めることを意味している。

トヨタは、コスト削減・原価低減できるような新しい工法に関心を示し、新工法の実現にとりわけ力を入れている。なぜなら、新工法の持つ原価低減の革新力は、圧倒的だからである。トヨタは、コスト削減の取り組みを社内とグループ会社だけにとどめてはいない。

サプライヤーへのヒアリングによれば、トヨタは、一方で、トヨタ本社内で、県別に「新技術・新工法展示会」を頻繁に開き、新しい工法の発掘に余念がない。「新技術・新工法展示会」は、他のものづくり企業でも行われているが、トヨタが行う「展示会」は、回数・規模とも他のものづくり企業を圧倒している。トヨタが張るこのようなアンテナと製造方法の見直しの過程で、トヨタは、優れた技術を持つ企業を見だし、そうした企業には研究開発費を出して、塑性加工の革新をバックアップしてきたのである。

もう一つ、トヨタは、優れた技術を持つサブ

(25) 「トヨタ、部品価格の3割減額を要請 系列メーカーに」『朝日新聞』, 2009年12月22日。

「トヨタ自動車は21日、系列部品メーカーに対し、部品価格を3割以上、引き下げるよう要請した。トヨタが一気に3割もの価格引き下げを求めるのは10年ぶり。成長が著しい新興国向けに低価格車づくりに取り組んでいるが、部品が高すぎてライバルメーカーに後れをとっているため踏み切る。急激な価格引き下げについていけない下請け・孫請けメーカーは、廃業に追い込まれる可能性がある。

来年3月までに部品ごとに製造コストの削減目標を決め、2012年から13年にかけて発売する新車から価格を抑えていく計画。一部の部品は4割の引き下げを求める。」

(26) 「トヨタ自動車は十三日、取引先の主要部品メーカーに二〇一〇年度の調達方針を提示。具体的な生産計画伝達は見送ったが、原価低減を進め新興国市場で競争力を高めるため、中国の部品メーカーに対抗できる調達価格を目指す」と説明した。

トヨタは一連のリコール（無料の回収・修理）問題の教訓を踏まえ、コスト減と品質確保を同時に進める方針で、各メーカーにも協力を求めた。トヨタは昨年末から進めている「RRCI」（良品廉価，コストイノベーションの略）で、部品価格を平均三割引き下げる目標を掲げている。」『中日新聞』, 2010年4月14日付。

(27) 『日本経済新聞』, 2009年2月7日付。

ライヤーを資金面からも援助し、塑性加工の革新をバックアップしていることはあまり知られていない。トヨタは、コスト削減のために、サプライヤーの選択・選別を行っている。トヨタは、「EQ (Excellent Quality) 推進部」を持ち、「EQ 推進部」を中心に、これまで、部品製造方法の見直しを絶えず行ってきた。注目すべきは、トヨタが、「EQ 推進部」を中心に、コスト削減を劇的に進めることができるサプライヤーを選択・選別しようとしていることである。具体的には、「EQ 推進部」が、部品の工法転換のために、優れたサプライヤーに図面を渡し、新工法による生産のための開発費用を負担するのである。

「EQ 推進部」の業務について、垣間見ることができるサイトが存在する。それは、「EQ 推進部」の人材募集である。これによればEQ 推進部の募集内容は次のようなものであった。

「当社社員として採用後、トヨタ自動車EQ推進部の一員（コンサルタント）として、車両全体の原価企画をご担当いただきます。

【具体的には】品番と原価を照合して各部品ごとの原価を積み上げていき、車両全体の原価を算出します。

（トヨタの原価という最先端のノウハウを修得できます）

- 原価管理業務を担当 新製品（自動車）の原価企画、管理
- 設計・生産技術・調達・営業と調整しながら、原価の造りこみや原価低減を進めていく」⁽²⁸⁾

上で見た「新たな専門組織」がどのようなものであれ、「EQ 推進部」が中心となって、「設計・生産技術・調達・営業と調整しながら、原価の造りこみや原価低減を進めていく」のであ

る。

(2) 「1 個流し」ルールの見直しとサプライヤー

前章で見た新たな1 個流しは、トヨタのグローバル展開にとって、必ずしもグループ会社・部品会社を引き連れていく必要がなくなることの意味している。

この1 個流しは、トヨタのグローバル同質モノづくりの条件に合致している。この方法の採用が拡大すればするほど、カンパンの必要なく、部品を調達することができてしまう。つまりは、これまでのように、自社のグローバル展開にあわせ、部品会社にもグローバルな進出を促し、部品を生産してもらう、ということも必要なくなってくる。次世代の生産システムでは、部品会社への依存を少なくし、ほとんど在庫なく、完成品を作り上げてしまうことも視野に入ってきたといつてよいであろう。こうした時代を迎え、部品会社、グループ会社の位置・関係も劇的に変わっていくであろう。

(3) 一番型・コピー型とサプライヤー

優れた一番型を作れるものが社内では確保できれば確保するし、できなければ、トヨタが把握している、すぐれた金型製造業者に頼めばすむことである。優れた業者は、(1)のやり方で、常に、選別と選択を行っている。

優れた一番型さえ調達できれば、あとは日本の業者に頼む必要はない。二番型以降は、安い外国業者に頼むこともできるし、ものによっては、優れた一番型を機械がなぞってくれて、ほぼ同じものを生産してくれるのである。

結びにかえて

トヨタが「フロンティア」を開拓すればする

⁽²⁸⁾ <http://www.caplan.jp/tensyoku/j/JOB074514.html> 2010 年 1 月 14 日取得。

ほど、自動車産業全体に大きな影響を及ぼすが、これは、今後、サプライヤーにとっては、大きな暴風雨が襲うことを意味するものである。

見てきたように、トヨタは、きわめて意識的に、工法の革新に取り組んでおり、サプライヤーの選択と集中を実施している。その中で選ばれた企業は、他の選ばれた企業とともに、全世界のマーケットを分け合うことができる。これはトヨタだけの世界マーケットを分け合うことを意味するものではなく、自動車産業全体のマーケットをも獲れることを意味するものである。新しい工法による部品生産は、品質・価格競争力で従業者を圧倒しており、従来の工法で部品を生産する業者が太刀打ちできるものではない。

他方で、どれだけ景気が回復しようとも、トヨタが要求する水準の技術とコストについて行けなければ、今後、仕事が発注されることはないであろう。トヨタが要求するコストと技術の水準について行くためには、きわめて優れた職人技術集団と精度の高い部品を造り出すための高価な工作機械が必要である。このようなコストと技術をめぐる競争についていけないサプライヤーは、座して死を待つことしか道は残されていない。

原価低減活動の中で生まれ始めた新しいサプライヤーを多数取材すると、ある共通点が浮かび上がる。それは、このようなサプライヤーが、従来のような集積や階層構造の取引関係の中から生まれてくるというよりはむしろ、時計や電気などの精密部品を造っていた企業が、新たに自動車部品造りにチャレンジすることによって生まれてくる、というものである。時計や電気では鍛えられ、従来から製品の精度に自信のあった企業が、精度の点では一ケタ二ケタ劣る自動車部品にチャレンジし、新しい工法での部品造

りに成功した企業が、数多くみられるのである。

このように、新しい工法によって部品を造り出せることができるようになった企業は、従来の集積や階層構造の中にある自動車部品製造企業の協力を必要とせずに、自力で、壁を突破してきたのである。先に見たように、トヨタは、すでにこの事実に気づいており、「塑性加工の革新」を行える企業に対して、新工法による部品造りのための研究開発資金を提供することによって、その果実を取り込もうとしているのである。

今後、自動車産業が回復してくる過程で進んでいく、サプライヤーの選別・淘汰が、グローバルなサプライヤー構造の転換をも意味することになるのである。どのサプライヤーも、このプロセスから逃れることはできない。

最後に、これまでに見てきた塑性加工の革新とサプライヤー・システムの変化を巡る理論的な諸問題のうち、藤本隆宏氏の理論に関わるいくつかについて、簡単に触れておこう。

自動車部品サプライヤー・システムの豊富な実証研究に基づき、精緻な理論を作り上げられた藤本氏の理論の骨格は、「擦り合わせ能力」として表現されている、次のような部分に見られる。

「インテグレーション（統合）の組織能力、すなわち部品設計の微妙な相互調整、開発と生産の連携、一貫した工程管理、濃密なコミュニケーション、顧客インターフェースの質の確保などであった。」⁽²⁹⁾

このような「擦り合わせ能力」が発揮される場合は、「自動車の開発・生産・消費における複合ヒエラルキー」内部である。（図10参照）

これまで検討してきたトヨタの新たな「1個

(29) 藤本隆宏『ものづくり経営学』光文社、2007年3月、24～25ページ。

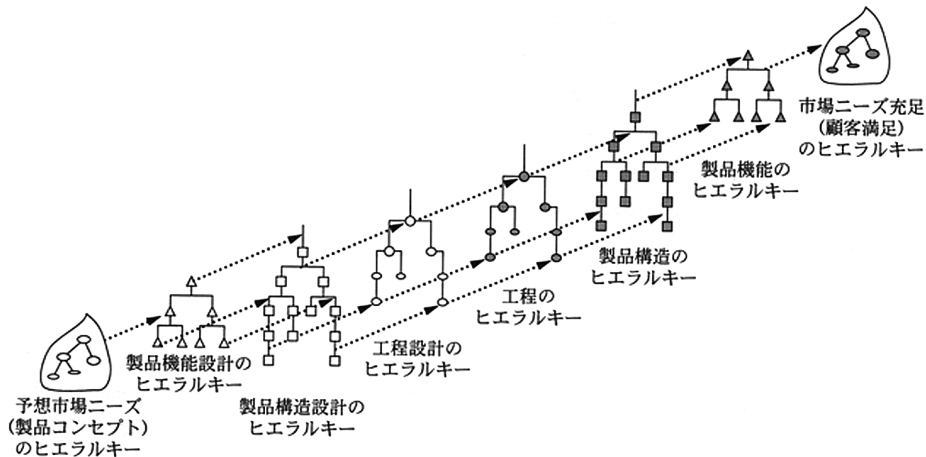


図10 自動車の開発・生産・消費における複合ヒエラルキー (概念図)

(出所)⁽³⁰⁾

流し生産」の開始は、「内外製区分の問題」⁽³¹⁾ すなわち内で作るか外で作るかにおける「境界」の再「設定」に他ならない。しかしながら、優れたサプライヤーの登場や発掘が進展すればするほど、「境界」の再「設定」とどまらず、「複合ヒエラルキー」の構造を根底から揺り動かすものとなっていく可能性を秘めていることに注意を払っておく必要があるであろう。

このような藤本氏の理論のベースとして、製品は、「製品＝情報＋媒体（メディア）」という捉え方がなされている。すなわち製品を「製品

設計情報が素材すなわち媒体のなかに埋め込まれたもの」⁽³²⁾ という、優れた見方をベースとして、理論が組み立てられていくのである。ただ、自動車部品サプライヤーの場合、優れた製品を生み出せる企業が必ず有する金型の技術は、「製品設計情報」には還元し得ないものが、金型に載っていることを考えてみる必要がある。同じ設計図で製造しても、金型のできかたによって、製品のできあがりとはまったく違うものとなる。藤本氏の理論については、稿を改めて検討したい。

⁽³⁰⁾ 青木昌彦・安藤晴彦編著『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質—』東洋経済新報社、2002年3月、179ページ。

⁽³¹⁾ 「ある生産資源のどこまでを内部で作り、どこからを外部に依存するのかという内外製区分の問題は、階層構造のどこに境界を設定するのかという問題にほかならない。」藤本隆宏「日本型サプライヤー・システムとモジュール化」同上書、181ページ。

⁽³²⁾ 藤本隆宏『能力開発競争』中公新書、2003年6月、29ページ。