

【論文】

中小機械・金属工業の構造変化とデジタル化の影響

一般財団法人 商工総合研究所
主任研究員 江口 政宏

【目次】

- 第1章 本論文の目的と使用データ
 - 第2章 中小機械・金属工業の特徴と経営行動
～その時系列的推移
 - 1. 中小機械・金属工業の特徴
 - 2. 主力納入先との関係
 - 3. 中小機械・金属工業の競争力
 - 4. 中小機械・金属工業の戦略的対応
 - 第3章 デジタル化の進展と中小機械・金属工業の技術貢献
 - 1. 設計・部品のデジタル化と分業システムの転換
 - 2. 中小製造業による「設計への外部からの貢献」
- むすび

【要旨】

中小機械・金属工業の長期的な構造変化として、①特定の納入先に対する部品を製造する形が増えている、②保有する生産技術機能の数は減少傾向にある、③自社製品生産志向から受注生産志向へのシフトがみられるが、そこでは複数の企業系列とのつながりが意識されている、④競争力の背景となる要素に関して規格品の量産に関連する能力が強みとして意識されにくくなっており、主力納入先の発注理由では納期重視の姿勢が強くなる一方、技術面が評価される度合いが低下していることが挙げられる。中小企業が技術開発等川上の生産技術機能を絞り込んでいることは、サプライチェーンの一パートとして機能を研ぎ澄ます過程とみることができるとともに、個としての中小企業がサプライチェー

ン外で事業を展開していくうえでの技術的な「基礎体力」低下につながりかねない。

機械・金属工業において2つのデジタル化が進行している。一つは製品・部品のデジタル化が一般的になったことであり、もう一つは設計のデジタル化が進んだことである。このことは部品や製品の組み合わせの余地を高め、設計の一元化の可能性を拓くものである。そこでは生産技術において製品の全体構造の俯瞰能力が重要な意味を帯びるが、設計のデジタル化は設計者の俯瞰能力低下をもたらすうえ、部品のデジタル化が途上にある現状では、全体設計者による設計統合は困難さを増している。こうした状況においては中小製造業による「設計への外部からの貢献」が重要性を増す。

第1章 本論文の目的と使用データ

中小機械・金属工業は輸送用機械、工作機械、電気機械、情報機器など日本の基幹的製造業の部品供給において重要な役割を果たしてきた。これらの産業は高度なサプライチェーンによる分業構造を有するという特徴を持つ。この分業構造を把握すべく、商工中金は1976年より「下請中小企業実態調査」として6年毎に中小機械・金属工業に対して調査を行い（2000年の第6回調査以降は商工総合研究所と共同実施）、2018年調査で9回目となった。現在は「中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査」として調査を行っている。1994年の第5回調査からは、それ以前の親企業との下請関係の分析を中心とする方針から転換し、サプライチェーン内の構造とそこでの中小企業のあり方を探るととも

に、中小企業個々の問題意識や経営戦略も調査対象とし、中小機械・金属工業を多面的に分析する形に調査内容を刷新した。

本稿では調査結果の蓄積を踏まえ、以下の2点について述べる。第1の論点は中小機械・金属工業の属性、納入先との関係、生産スタンスや経営行動、経営戦略などにおいて長期時系列的にみてどのような構造変化が生じたかを分析することである。ここからは中小企業の設計関与度と生産関連機能の低下傾向が観察され競争力の低下が懸念されることから、第2の論点として中小企業、特に受注生産型の中小企業における技術貢献余地について考察を加える。この論点は近年進行しているIT化に伴う製品と設計のデジタル化と関連させて述べる。

用いるデータは、第1の論点では「中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査」で遡及可能なデータを用いた。具体的には調査内容が変更された1994年、ないし2000年調査から最新調査までの4期もしくは5期を対象とした。2006年調査以降、3期のみデータが連続するのは商工中金・商工総合研究所(2019a)(2019b)で採り上げている。第2の論点は上記調査の第9回(2018年調査)データを用いた。

なお時系列データは、中小機械・金属工業を調査対象とする基本線は維持されているもの

の、調査対象業種に変更が加えられていること、有効回答の業種構成比に変動があること、それらの変動・変更に関連する統計的調整を一切行っていないことから、計量的に厳密な比較はできない。本稿では1回毎の数値の変動を細かく分析することは避け、グラフを基に時系列でみた傾向を把握する。

第2章 中小機械・金属工業の特徴と経営行動～その時系列的推移

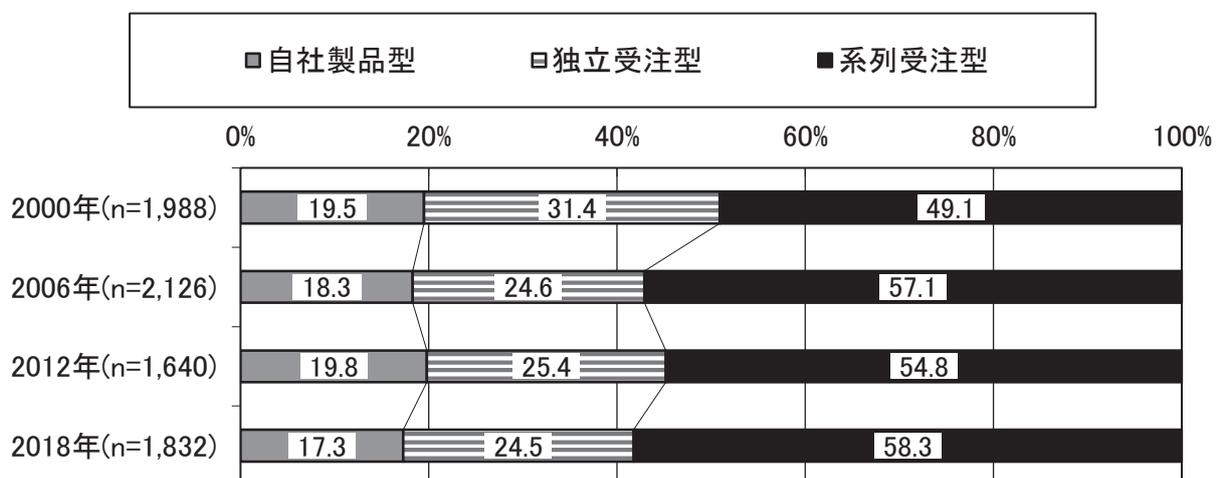
1. 中小機械・金属工業の特徴

(1) 業態別の特徴

中小機械・金属工業の2000年調査以降の業態¹構成比の推移をみると(図表1)、2000年には「独立受注型」は31.4%、「系列受注型」は49.1%であった。これが2006年には「独立受注型」が24.6%と30%を割り込む一方、「系列受注型」が57.1%と50%を上回り、以後その傾向が定着している。「自社製品型」は一貫して20%に満たない。中小機械・金属工業では受注型の生産を行う企業が80%以上を占める構造が続いているが、そのなかでの傾向として特定の納入先に対する部品を製造する形が増えつつあり、納入先を特定せずに受注生産を行う余地が狭まっている。

今後自社製品生産と受注生産をどのように行

図表1 業態構成比の推移



(資料) 江口政宏(2019)『中小機械・金属工業の長期的な構造変化―「第9回中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査」より―』

っていくかについて1994年調査以降の推移をみても、「自社製品を主にしていく」の割合が2000年の24.9%から2006年は11.7%に低下し、代わって「受注（下請）生産を主にしていく」が2000年の40.7%から2006年は49.6%と50%近くにまで上昇した。以後、2012年が46.5%、2018年調査が47.4%と大きな変化はなく、受注（下請）生産志向が強い状態が続いている。「自社製品と受注（下請）生産とを並行していく」は2000年以降、30%前後で推移しており、2018年調査では30.7%であった。

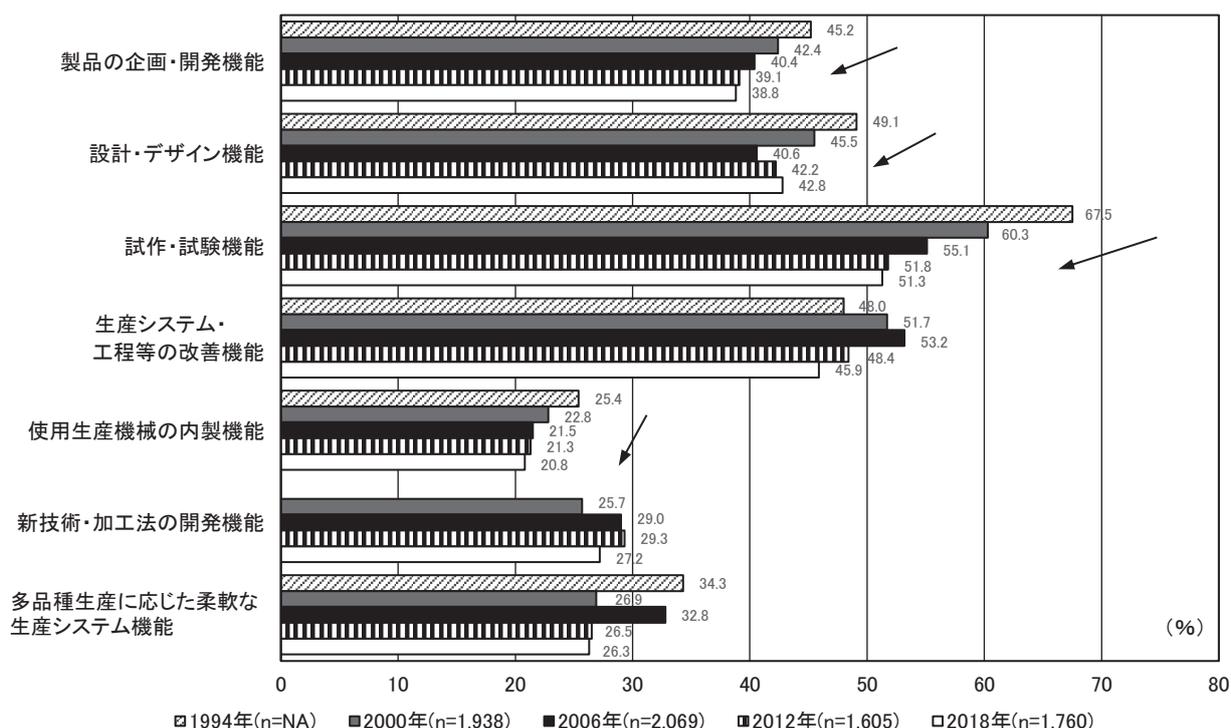
将来的にどのようなタイプの企業として発展することを志向するかについて、1994年調査以降の推移をみると、「完成品メーカー」を志向する割合が1994年の31.4%から2018年は22.7%まで低下し、減少傾向にある。一方、「複数の企業（グループ）からの受注生産を中心に行う部品メーカー」は同36.3%から46.7%まで増加している。「特定の企業（グループ）からの受注生産を中心に行う部品メーカー」は2000年に減少して以降7～8%で推移し、2018年は8.4

%であった。「系列、地域、業種に捉われない独立部品メーカー」の割合は10%台後半で推移し特段の変化はない（2018年18.6%）。志向する企業のタイプとしては完成品メーカー志向から受注生産メーカー志向へのシフトがみられ、前掲の受注生産志向が高まるとする結果と整合する。受注は特定企業からよりも複数の企業（グループ）からの注文を受ける形が志向されている。

（2）保有する生産技術機能

中小機械・金属工業が保有する生産技術機能の推移を1994年調査以降についてみると（図表2）、「製品の企画・開発機能」「試作・試験機能」「使用生産機械の内製機能」は4回連続で保有割合が低下した。「設計・デザイン機能」は直近2回連続で割合が上昇しているものの、1994年の水準を大きく下回っている。「生産システム・工程等の改善機能」「多品種生産に応じた柔軟な生産システム機能」は2018年が過去5回で最低値となった。「新技術・加工法の開発機能」

図表2 保有する生産技術機能の推移（複数回答）



（資料）図表1に同じ

（注）「新技術・加工法の開発機能」は2000年調査から

も2018年が2006年、2012年の水準を下回るなど、保有割合が上昇傾向にある機能は見当たらない。

選択肢が6つから7つに増加した2000年調査以降で1企業当たり平均保有機能数の推移をみると、2000年2.75→2006年2.73→2012年2.59→2018年2.53となっており、中小企業の保有機能は減少している。「製品の企画・開発機能」「試作・試験機能」「新技術・加工法の開発機能」の保有割合が低下しているのは発注者に中小企業の技術が重視されなくなってきたこと（第3節(2)参照）と関連性があるとみられる。

2. 主力納入先との関係

(1) 人的・資本関係

中小機械・金属工業の主力納入先との人的・資本関係については「代表取締役の受入」「その他役員、管理職の受入」「資本の受入」「資金面での支援」「技術面での指導」の5項目についてその割合を調査している。

1994年調査からの推移をみると、すべての項目において割合が低下傾向を示しており、2018年の数値は「代表取締役の受入」が3.0%（1994年11.4%）、「その他役員、管理職の受入」が10.1%（同24.3%）、「資本の受入」が6.9%（同

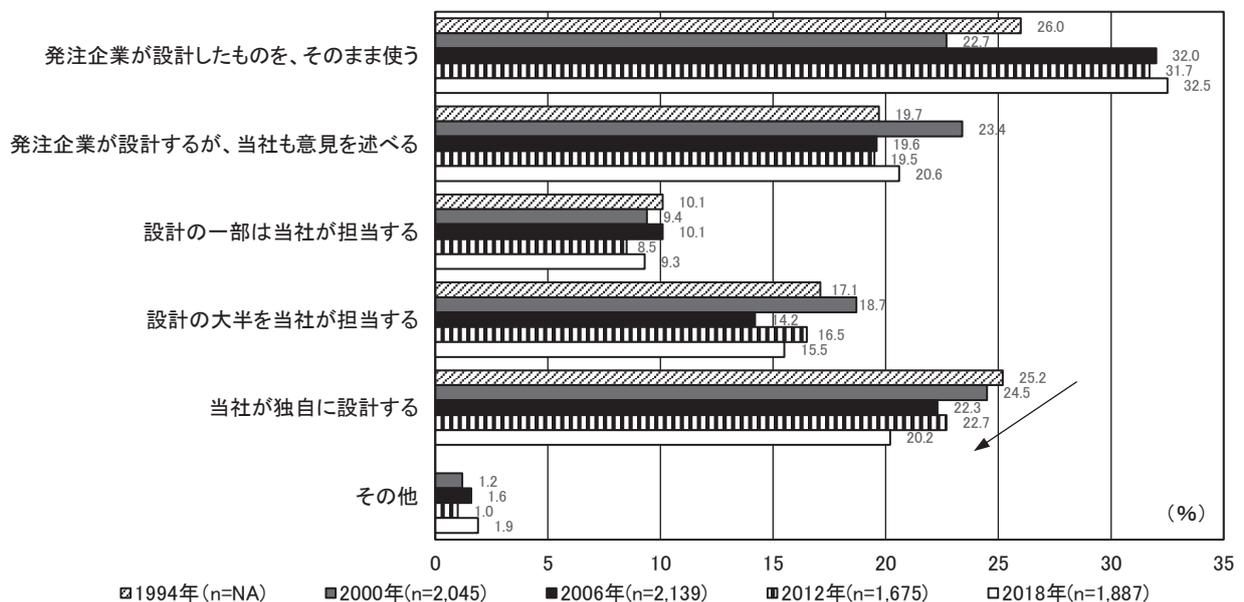
19.7%）、「資金面での支援」が6.0%（同8.7%）、「技術面での指導」が25.6%（2000年38.4%）となっている。総売上額に占める下請系列的な取引の割合に時系列的な変化は観察されず、主力納入先との取引量の減少を示す材料は見出せないものの、主力納入先との人的・資本的關係は明らかに薄れている。

(2) 設計関与度

主要製品の設計関与度については、発注者の設計関与度の高い順に「発注企業が設計したものを、そのまま使う」「発注企業が設計するが、当社も意見を述べる」「設計の一部は当社が担当する」「設計の大半を当社が担当する」「当社が独自に設計する」の5つの選択肢で調査を行っている。これは浅沼（1997）における分類を援用しており、前2者が「貸与図方式」、後2者が「承認図方式」という位置づけになる。「設計の一部は当社が担当する」は両者の中間にあたる。

1994年調査以降の中小機械・金属工業の設計関与度の推移をみると（図表3）、「当社が独自に設計する」の割合が低下している。また、「設計の大半を当社が担当する」は2012年以降の水

図表3 主要製品の設計関与度（複数回答）



（資料）図表1に同じ

準が2000年以前より低くなっている。一方、「発注企業が設計したものを、そのまま使う」は2006年以降30%台での推移となっており、2000年以前より水準が高い。設計関与度は承認図方式に相当する「当社が独自に設計する」「設計の大半を当社が担当する」が減少し、貸与図方式の「発注企業が設計したものを、そのまま使う」が増加していることから、設計における中小企業の主体的関与の度合いは小さくなっているといえる。

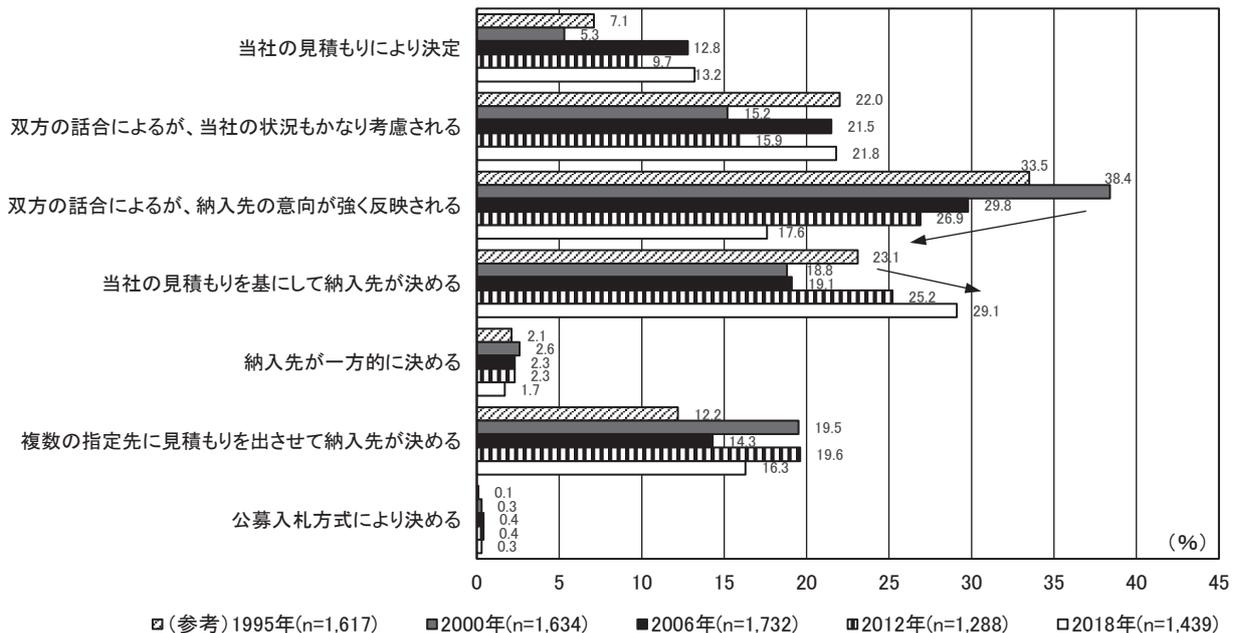
2018年調査の結果を基に、業態別に主要製品の設計関与度をみると、自社製品型の企業では「当社が独自に設計する」が67.4%を占め、「設計の大半を当社が担当する」(22.2%)と合わせ90%近くが回答企業主導の設計となっている。系列受注型の企業では「発注企業が設計したものをそのまま使う」(43.3%)、「発注企業が設計するが、当社も意見を述べる」(27.4%)の割合が高く、発注企業主導の設計となっている。独立受注型の企業は両者の間で、発注企業が設計する場合から自社の独自設計まで幅広く分布している。

業種別に主要製品の設計関与度をみると、鉄鋼・非鉄・金属製品と自動車部品では「発注企業が設計したものをそのまま使う」と「発注企業が設計するが、当社も意見を述べる」の割合が全体より高く、設計における発注企業の関与の度合いが大きい。一方、はん用・生産用機械では「設計の大半を当社が担当する」「当社が独自に設計する」の割合が、電子部品・電気機械では「設計の大半を当社が担当する」の割合が高く、中小企業の設計関与の度合いが大きい業種といえる。

(3) 受注単価

中小機械・金属工業の受注単価の決定方法について1995年²以降の推移をみると(図表4)、「双方の話合によるが、納入先の意向が強く反映される」の割合が2000年の38.4%をピークに低下している。一方、「当社の見積もりを基にして納入先が決める」は2000年の18.8%を底に上昇している。また、「当社の見積もりにより決定」は2006年、2018年に10%を上回り、2000年以前より水準が高くなっている。「双方の話

図表4 受注単価決定方法(単数回答)



(資料) 図表1と同じ
 (注) 1995年は2000年調査で「5年前の状態」を尋ねた結果

し合いにより決めるが、当社の状況もかなり考慮される」「複数の指定先に見積もりを出させて納入先が決める」は景気動向を反映しているとみられ、上下動を繰り返している。

納入先の主導性が強い「双方の話し合いにより決めるが、納入先の意向が強く反映される」が減少しているものの、同様に納入先の意向を反映させる余地が大きい「当社の見積もりを基にして納入先が決める」は増加している。また、中小企業主導の「当社の見積もりにより決定」が増えているものの、「双方の話し合いにより決めるが、当社の状況もかなり考慮される」は一進一退で推移している。このように、受注単価の決定方法に関し納入先、中小企業のいずれが主導権を持つかについては景気動向の影響もあり、時系列的に方向性があるとはいえない。

次に、主力納入先からの受注単価の引き下げ要請の状況について2000年調査以降の推移をみると、2000年と2012年は引き下げ要請が「従来よりも強まった」の割合が最も高く、単価引き下げ圧力が強かった。2006年と2018年は「従来と同程度」が最も高くかつ「従来よりも弱まった」「特になし」がそれぞれ10%を上回るなど、引き下げ圧力が比較的軽微であった。2018年は過去の調査時点と比べ、「従来よりも強まった」の割合が最も低く、「従来よりも弱まった」「特になし」の割合が最も高かった。経済産業省「工業統計調査」によると、中小製造業の出荷額は引き下げ圧力が強かった2000年は減少トレンド、2012年は増加トレンドの初期で生産は低い水準にあった。引き下げ圧力が緩かった2006年は増加トレンドであり、2018年も増加トレンドにあった。各調査年次の受注単価引き下げの状況は、こうした当時の経済環境を反映したものと考えられる。

単価引き下げ要請への対応可能性³を時系列でみると、「努力すれば対応可能である」の割合が2006年35.3%→2012年32.2%→2018年31.3%と減少している。一方、「対応するにはかなりの努力が必要である」と「対応は難しい」の合

計は、同62.4%→65.7%→66.5%と増加しており、回答企業の単価引き下げ要請への対応余地は小さくなっている。

(4) 主力納入先の発注動向

過去5年間での主力納入先の発注動向の変化についてみると（図表5）、2018年調査では「品質精度向上や検品強化の要請が強まった」72.2%、「短納期の傾向が強まった」56.7%、「小ロット発注の傾向が強まった」34.3%の順となっている。

2000年調査以降の推移をみると、減少した項目としては「短納期の傾向が強まった」が目立つほか、「小ロット発注の傾向が強まった」「発注に際しこれまでの取引実績が考慮されなくなった」は増減を繰り返しつつも2018年は過去4回で最低値を記録した。一方、「品質精度向上や検品強化の要請が強まった」は2006年以降の70%台となっている。

3. 中小機械・金属工業の競争力

(1) 自社の強み

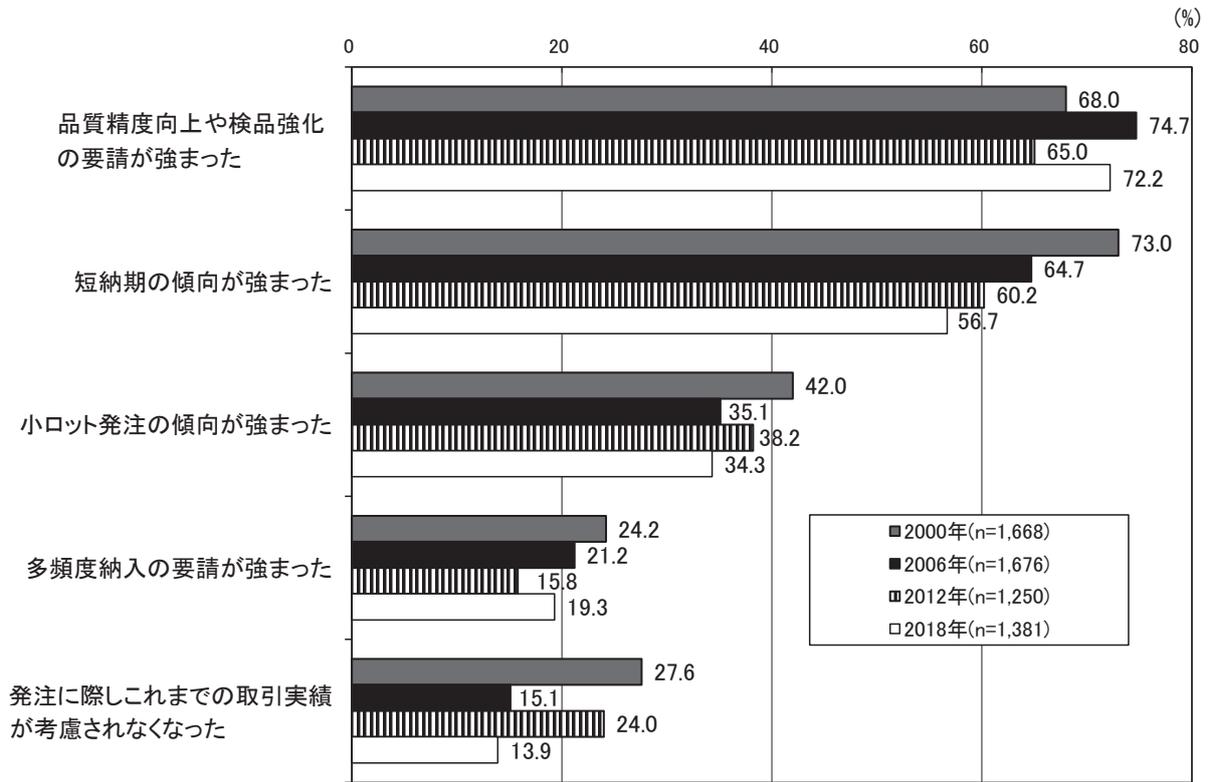
中小機械・金属工業が技術・生産面で自らの強みをどのように認識しているかについて2000年調査以降の推移をみると（図表6）、多くの項目で強みとして認識する割合が低下している。なかでも2000年、2006年に割合が高かった「製品の安定供給、品質確保のための技術力・生産管理能力」「試作から量産まで対応できる加工技術・生産管理能力」「コストダウンのための技術力・生産管理能力」の低下幅が大きい。規格品の量産に関連する能力に関しては自社の強みと認識しにくくなっている様子が窺われる。

反面、「独自の製品開発力」は2006年以降の低下幅が比較的小さく、「製品の設計・デザイン力」はやや上昇するなど、設計・開発段階での強みは意識されやすい。

(2) 主力納入先の評価

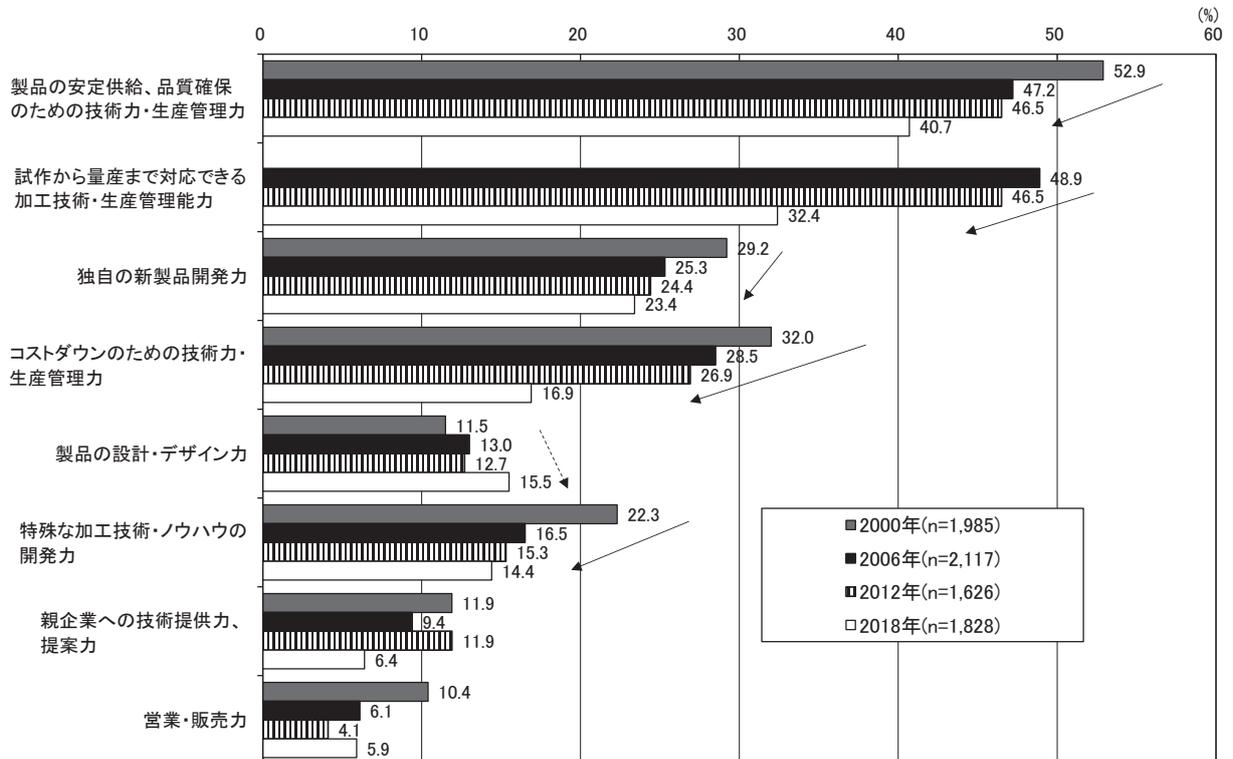
次に、主力納入先が中小機械・金属工業に発

図表5 主力納入先の発注動向の変化の推移（複数回答）



(資料) 図表1に同じ

図表6 特色（強み）として特に重要と考えているもの（抜粋、3つまで複数選択）

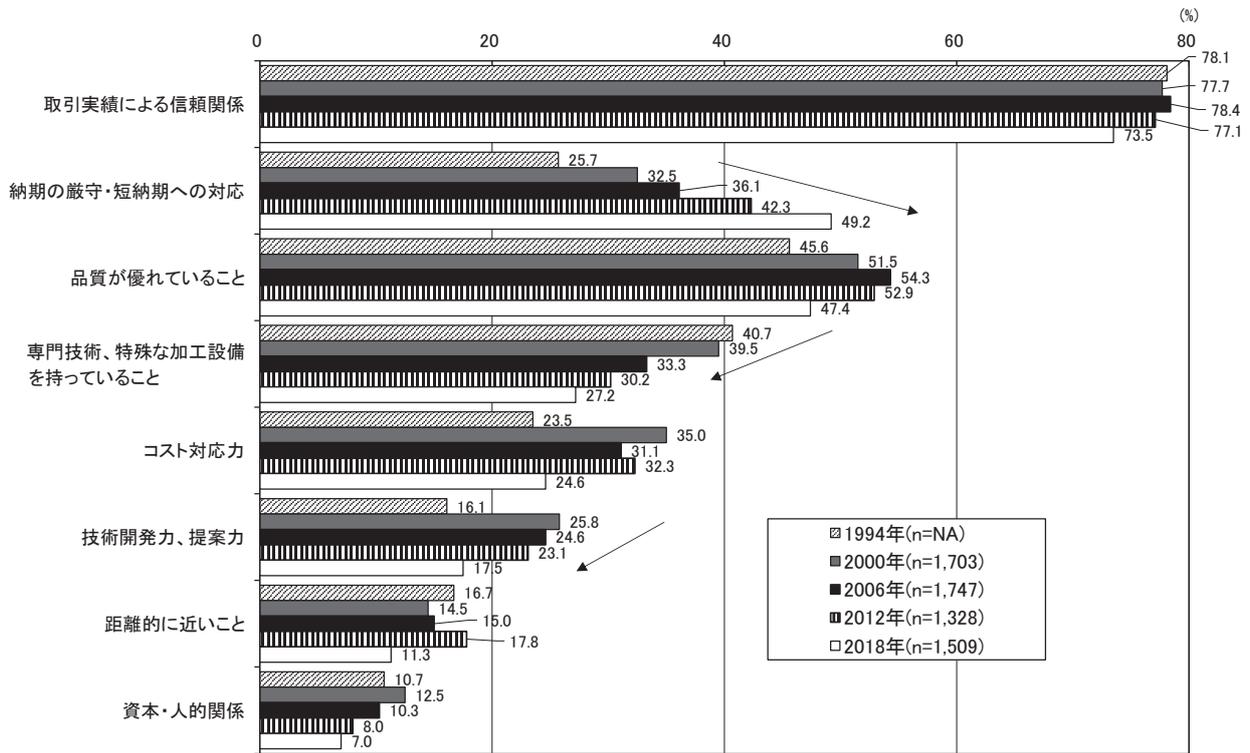


(資料) 図表1に同じ

(注1) 2006年調査以降連続して比較可能な項目を記載

(注2) いずれかの調査年次で10%以上の回答割合があった項目を抜粋

図表7 主力納入先が発注している主な理由（3つまで複数選択）



(資料) 図表1に同じ

(注1) 「納期の厳守・短納期への対応」は2012年調査まで「納期を厳守すること」

(注2) 1994年調査以降比較可能な項目

(注3) 項目変更により掲載を割愛した項目があることから、「その他」は省略した

注している主な理由について1994年調査以降の推移をみてみよう（図表7）。「取引実績による信頼関係」が全期間を通じ最も多い。これ以外では「納期の厳守・短納期への対応」が増加傾向にあり、2018年では「品質が優れていること」や「コスト対応力」を上回った。納入先が納期重視の姿勢を強めている様子が窺われる。一方、「専門技術、特殊な加工設備を持っていること」は減少しており、「技術開発力、提案力」も2000年以降減少するなど、中小機械・金属工業の自己評価以上に技術が重視されなくなってきている様子が窺われる。

4. 中小機械・金属工業の戦略的対応

(1) 海外生産

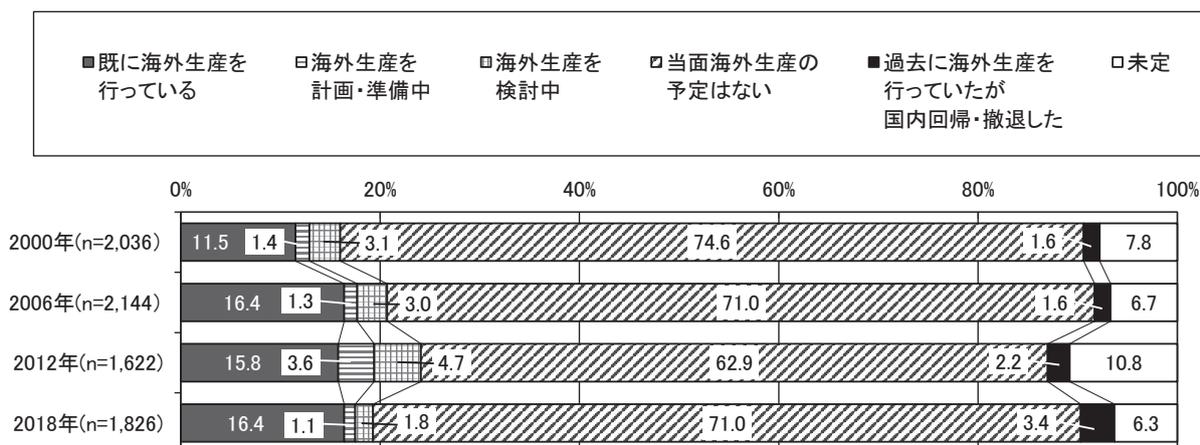
海外生産の実施状況⁴について2000年調査以降の推移をみると⁵（図表8）、「既に海外生産を行っている」企業の割合は2000年の11.5%から2006年に16.4%と上昇した後、16%前後では

ば横ばいとなっている。また、「海外生産を計画・準備中」「海外生産を検討中」の合計は2018年で2.9%と2000年以降で最も少なく、海外進出予備軍というべき企業は少なくなっている。一方、「過去に海外生産を行っていたが国内回帰・撤退した」は2018年が3.4%と2000年以降で最も多い。このように、中小機械・金属工業の海外生産拡大の動きは頭打ちの状況にあり、一部では見直しの動きも出てきている。

この背景には、海外生産拠点の生産活動が調達面でも販売面でも現地化が進み、現地の状況に合わせた自律的で柔軟な事業運営が求められるようになったことにより、経営のハードルが上がったことが作用していると考えられる。

これをデータでみてみよう。2018年調査で現在重視している海外生産拠点の機能についてみると、進出先での部品供給が重視されており、部品供給先として「進出先の日系企業」（41.6%）、「納入先の海外生産拠点」（40.9%）がほ

図表8 海外生産の有無（単数回答）



(資料) 図表1と同じ

ほぼ同水準で割合が高い。このことから、現地での納入先（主に日系企業）を開拓し、そこが新たな主力納入先となっていることが多いことが窺われる。「進出先の地場資本系企業」(12.4%)、「進出先の外資系企業」(6.6%)への供給は限定的である。

製品・部品供給以外の機能では、「低コスト生産のメリット」(37.6%)の割合が高いが、2006年の51.4%から大幅に低下し、「進出先の部品供給」を下回っている。海外生産の目的はコスト削減から現地での製品供給に移行している。

海外生産拠点の素材・部品の調達先についてみると、2018年調査では「進出先の地場資本系企業」(35.3%)が最も高く、以下「進出先の日系企業」(32.4%)、「日本からの輸入」(21.6%)と続いている。2006年調査では順に29.1%、33.4%、31.4%であった。「日本からの輸入」が減る一方、「進出先の地場資本系企業」が増加していることから、調達の現地化が進んでいることがわかる。

海外生産拠点の経営のハードルが上がるなかで、敢えてリスクを取って海外に進出し、市場の成長性とビジネスチャンスの多さと潜在的な顧客の獲得に賭けるのか、成長は見込めないが国内市場で自社の強みを生かしてシェア拡大を目指すのか、中小企業は今後難しい選択を迫ら

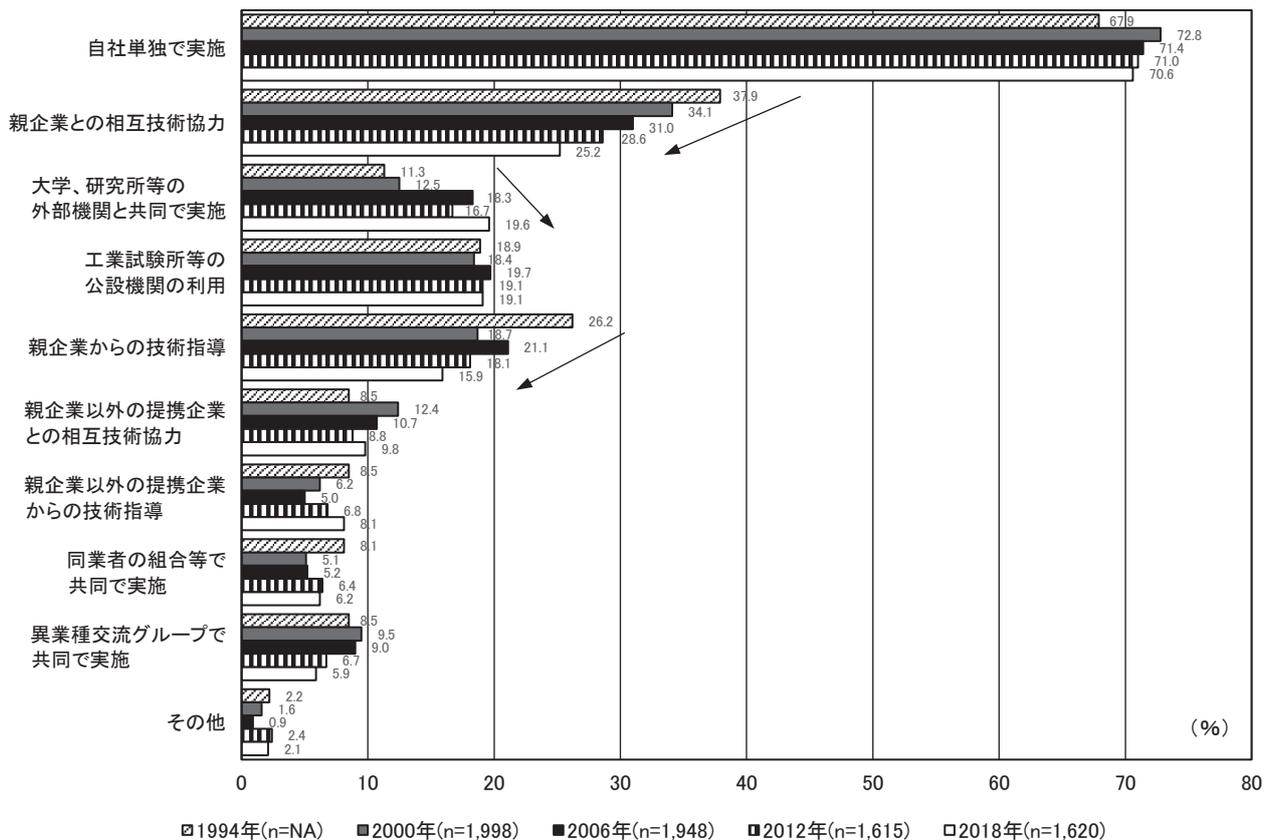
れよう。中小製造業の選択の幅を広げるためにも、現地法人設立から現地での販売先確保に至るまでのプロセスに対する情報提供等、中小企業の国際化に対する支援体制を充実させることは不可欠である。特に販売面は、取引開始へのアプローチを中小企業が独力で行うことは容易でなく、外部のサポートがあることが望ましい。国際化の支援機関や金融機関等は第三国企業の周辺情報提供等による手助けを行うことが求められる。

(2) 技術開発・新製品開発

技術開発・新製品開発のために現在行っていることについて1994年調査以降の推移をみると(図表9)、一貫して「自社単独で実施」を70%程度の企業が挙げ、最も割合が多い。「親企業との相互技術協力」「親企業からの技術指導」はいずれも減少傾向にあり、主力納入先との人的・資本関係において「技術面での指導」が減少していることと整合している。一方、「大学、研究所等の外部機関と共同で実施」は増加している。

業態別の技術開発・新製品開発体制をみると、「自社単独で実施」は自社製品型の企業で89.1%と最も高い。一方、系列受注型の企業では「親企業からの技術指導」(22.2%)、「親企業との相互技術協力」(33.1%)が他の業態に比べ高

図表9 技術開発、製品開発のために現在行っていること（3つまで複数回答）



くなっている。それ以外の項目では各業態で大きな差異はみられない。

また、国内同業者と比較して自社の技術が国内同業者を「上回る」「やや上回る」としている企業は、そうでない企業（「同水準」「やや下回る」「下回る」）に比べ、「自社単独で実施」「大学、研究所等の外部機関と共同で実施」「工業試験所等の公設機関の利用」などの割合が高い。技術力のある企業は自社開発を基本としつつ、産学協同研究や公的機関の利用を積極的に行っている様子が窺われる。

(3) 新事業展開

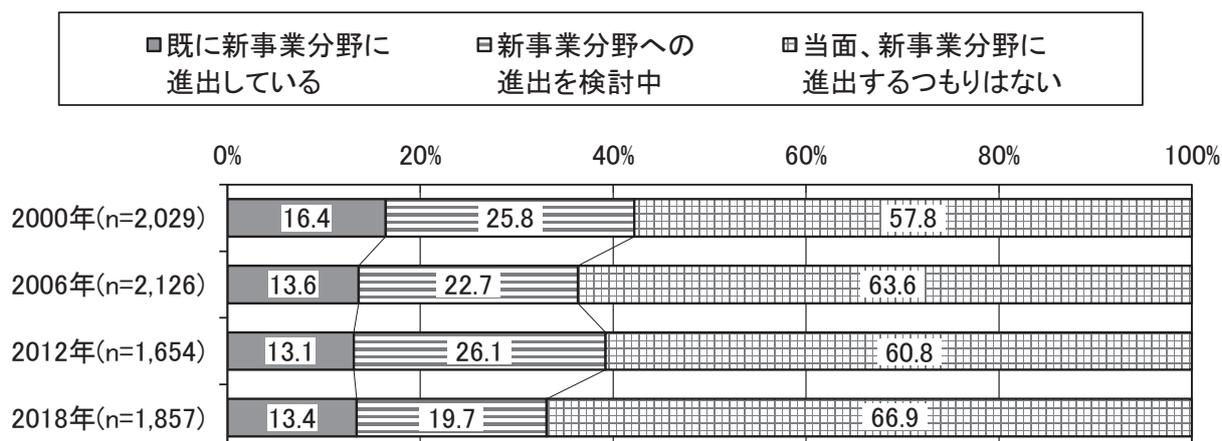
新事業分野への進出状況について2000年調査以降の推移をみると（図表10）、「既に新事業分野に進出している」は2006年調査以降13%台に低下した。「新事業分野への進出を検討中」は2018年が19.7%と2000年以降の最低値である。「当面、新事業分野に進出するつもりはない」

は2000年の57.8%から2018年は66.9%まで上昇した。

2018年調査で事業の発展可能性別⁶に新事業進出状況を見ると、「既に新事業分野に進出している」の割合は「順調に発展できる」(26.5%)、「緩やかながらも発展できる」(15.2%)とする企業で高く、将来に明るい展望を持つ企業ほど新事業分野への進出に積極的である。ただし、「やや厳しい」とみる企業では新事業分野に進出している割合が11.0%と、「現状維持は可能」の6.8%よりも高い。このことは、将来に対する危機意識の存在が新事業分野進出を促す要因になっていることを示唆するとみられる⁷。

2018年調査で進出分野についてみると、「産業用・業務用機械関連」(27.9%)、「医療・福祉関連」(19.3%)、「環境関連（エネルギー関連を含む）」(12.2%)、「その他機械関連」(11.1%)、「自動車関連」(10.1%)が10%を上回った。なお、今回から選択肢に加えた「航空機関連」

図表10 新事業分野への進出状況（単数回答）



(資料) 図表1に同じ

(8.8%)、「ロボット関連」(7.3%)、「EV（電気自動車）関連」(6.6%)、「自動運転技術関連」(2.2%)といった先端分野にも進出または検討中の企業があることが明らかになった。

新事業分野へ進出する際の体制については(2018年調査)、「社内に担当部署を設置して現在の人員・設備等を活用して進出する」企業が70.1%、「子会社・関連会社を設立して現在の人員・設備等を活用して進出する」企業は10.6%で、現有の人員や設備を活用する企業が80%強を占める。一方、「M&Aや資本提携、業務提携等外部資源を導入して進出する」を挙げる割合は15.0%にとどまっている。

前述のように中小機械・金属工業では生産技術機能や設計関与度の低下がみられ、個としての中小企業の技術的な「基礎体力」の弱まりをもたらす可能性がある。そのなかで、将来への布石としての新事業進出意欲が旺盛とはいえないことは研究開発型企業先の細りという意味で懸念材料である。しかし、以下にみるようにデジタル化の進展が受注生産型の中小機械・金属工業に新たな技術的貢献の余地が生じていることは注目すべき現象である。

第3章 デジタル化の進展と中小機械・金属工業の技術貢献

第2章でみたとおり、中小機械・金属工業と

その主力納入先との間で設計の主導権は徐々に主力納入先に移っており、主力納入先側の中小製造業への技術的依存度は低下している。これと並行して中小製造業には、長期的に生産・技術機能を縮小する動きがみられる。

この傾向の行き着く先には、製品の企画・設計機能が最終組立メーカーである大企業に集約され、サプライチェーン内の技術的な主導権は川上の発注企業が握り、中小製造業に対し一方的に技術的な指示を行う図式が浮かび上がる。もしそうなれば、中小製造業は単に製造工程を請け負うだけの存在となり、擦り合わせを通じて技術面で納入先側にメリットを与える存在ではなくなっていくだろう。IT化を通じた機械製品の設計のデジタル化により、部品のデジタル化と相俟ってこうした動きが進行すると考えられる。

ただ現時点では、設計のデジタル化への習熟と浸透は企業規模により差がある状況で(図表11)、サプライチェーンの川上企業が技術や設計を主導する形態へとスムーズに移行する条件が整ったとはいえない。本章では、製造業のデジタル化の現状とそこから生じる問題点を指摘し、その状況下における中小製造業の技術貢献余地について論じる。

図表11 製造業の従業員規模別システム導入率 (%)

| | 2次元 CAD / CAM | 3次元 CAD / CAM | CAE | PDM | 生産計画・ 管理 |
|------------|------------------|------------------|------|------|-------------|
| 1~100人 | 69.1 | 45.4 | 5.2 | 2.1 | 13.4 |
| 101~300人 | 56.9 | 65.5 | 17.2 | 8.6 | 17.2 |
| 301~1000人 | 66.7 | 73.9 | 21.7 | 7.2 | 34.8 |
| 1001~5000人 | 48.8 | 73.3 | 37.2 | 12.8 | 22.1 |
| 5001~9999人 | 37.5 | 75.0 | 50.0 | 12.5 | 25.0 |
| 1万人以上 | 39.6 | 74.1 | 54.7 | 15.1 | 23.0 |

(資料) メイテック「機械系エンジニア500人調査 (2016年)」

1. 設計・部品のデジタル化と分業システムの転換

(1) 設計のデジタル化と部品のデジタル化

港 (2011) によると、2010年までの1世紀の間に世界は3度の大きな域内分業システムの転換を経験してきた。第1の転換は、20世紀初頭のフォード型大量生産システムの導入である。第2の転換は、高度な技術労働力を有する専門化された企業（その大部分は中小企業）間の分業システムの導入である。これは1970年代以降広がった。

1990年代後半になると、IT化の進展に伴って第3の転換が現実のものとなってきた。半導体技術の向上に伴って、コンピュータの心臓部であるマイクロプロセッサ (MPU) の処理能力が3次元の情報処理を高速で行えるまでになった。このことで、これまでの2次元CADを用いて2次元の設計図面を3次元の製品に仕立て上げる形態から、3次元CADによる3次元設計図面を用いて製品化する形態へと移行しつつある。これが進めば下請中小企業と納入先との設計図面の共有が可能となり、既にデジタル化がある程度進んでいた生産工程との一体化が可能となる。更に、2次元設計図面から3次元の製品を作り出すプロセスに必要な熟練工の存在及び、部品メーカーと完成品メーカーの擦り合わせの必要性が低下し、企業間取引や雇用の流動化、分業構造の変化につながっている。こうした動きは、電気機械工業を中心に進展していたモジュール化の動きとも連動している。

設計や生産工程のデジタル化は、同時に機械制御のデジタル化でもある。第2の転換点において、既に機械制御のデジタル化はNC工作機械などで達成されているが、MPUの小型化、価格低下、処理能力の拡大により部品へのMPUの実装もごく普通のこととなっている。通信機器のようなデジタル機器のみならず、自動車や工作機械、産業機械など、現在の機械類はデジタル化された部品の集合体といっても過言ではない。更に、完成品である複数の機械が相互に接続し、一つのシステムとして機能することも多くなっている。エネルギーや水道のプラントなどでこのような形は既に存在していたが、第2節で述べたとおり、IoTの普及により、工場内において生産機械同士、あるいは生産機械と中央管理用のコンピュータが接続されることは中小企業でも珍しくない。また、工場の自動化等にも応用範囲が広がっている。

(2) デジタル化がもたらす負の側面

設計や部品のデジタル化は設計の手作業を削減し、部品や製品の組み合わせの余地を高め、制御の最適化や自動化を推進するメリットをもたらす一方、デメリットも出ている。メイテック「機械系エンジニア500人調査」(2016年)の結果をまとめると、デジタル化のデメリットは以下の3点に集約される。1点目は、設計のデジタル化により簡単に設計図面が作れるようになったことで、かえって製品の機能を損なう設計となってしまうことである。2点目は、シス

テムトラブルの修復にコストがかかることである。3点目として、柔軟な生産対応が困難になることが挙げられる。2点目と3点目はサプライチェーンの機能を柔軟に保ち全体の生産最適化を図るうえではむしろ障害となる。こうした弊害は設計のデジタル化が進んでいる大企業でより顕著となる恐れがある（図表11）。

部品のデジタル化が総括設計の難度を高めるという点も無視できない。1つの機械を製造するにあたり、個々の部品のデジタル化の進展は、「生産技術全体の俯瞰」や「部品の集合体である機械全体の最適化の達成」に役立つものといえる。ただ、デジタル化された部品とされていない部品が混在するなかでは、全体最適化を企画する全体設計者にとって総括設計の困難の度合いが増すことになる。

デジタル化以前においては、各部品はそれぞれの部品担当者が独立して設計し、擦り合わせを繰り返して全体を適合させた。しかし、機械の各部品がデジタル的に統合されると設計はトップダウン化され、統合された製品システム全体に影響を及ぼす。個々の部品に生じた問題はデジタルデータを基に解決しなければならない。従って、部品を統合して機能させる役割を担う現在の設計者は、以前と比べ部品の詳細を熟知したうえでの全体の俯瞰を求められることとなる（図表12）。

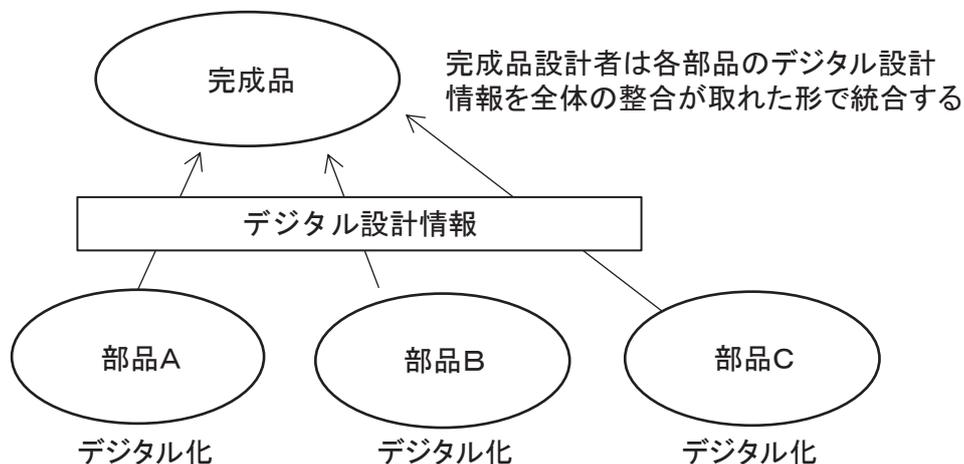
このように、製品のデジタル化が不完全に進むことで全体設計者（総括担当者）が設計を統括できない事態が生じやすくなる。全体設計者が設計で十分な役割を果たせない点については、設計者の育成の問題とも関係する。設計者の力量に関しては、設計のデジタル化が進んでいるなか、前述のように3Dシステムを使いこなさなければならないケースが増えているとみられる。そうしたなかでは技術者の採用、育成に企業がどの程度力を注いでいるかが重要であり、全体設計者は基本的には設計と製造現場の両方で経験を積んだベテラン技術者であることが望ましい。しかし、この条件を満たすベテラン技術者はいわゆる「就職氷河期」にあたる年代が含まれ、この時期に企業が一斉に採用を絞り込んだこともあり、確保・育成が難しいとされている。

デジタル化統合を進めるためには部品の規格化が欠かせないが、規格化を完成させるには時間的コストを含め相当な調整コストがかかることが予想される。このような状況では、設計のブラックボックス化を早急に解決することは難しく、構造的な課題として長期化する恐れがある。

2. 中小製造業による「設計への外部からの貢献」

部品・設計のデジタル化が進展しても、部品

図表12 部品のデジタル化と全体設計者の役割



(資料) 筆者作成

の規格化が進まなければ完成品メーカー主導のトップダウン型のデジタル設計が一般的なものになる条件が整うとは考えにくい。この傾向は一過性のものとはいえ、当面は設計全体が見通しにくい状況が続こう。国内外の大手メーカーが競争を繰り広げる自動車産業では、企業横断的に部品規格を整えることは困難とみられる。デジタル制御部品が多くモジュール型の生産に適しているとされ、パラダイム変換の可能性を秘める電気自動車も、ガソリンエンジン車に代わる存在となるには相応の期間を要しよう。工作機械のような個別対応色の強い製品や、プラントのような複数の完成品を組み合わせるものでも早期の実現は難しい。

未成熟なデジタル化のもとで設計全体の見通しをより良くしていくためには、組立メーカーがトップダウンのデジタル設計を行う体制を強化するとともに、部品製造を通じ実物の構造に精通している中小部品メーカーによる「設計への外部からの貢献」が必要となろう。これにより、組立メーカーからの具体的なイメージが十分でない要望を具現化することも可能となる。このような中小企業による「設計への外部からの貢献」という動きがあって初めて設計のデジタル化がその効果を発揮できる。多数の部品からなる製品では一つの部品メーカーが製品全体に見通しを利かせることはできないので、製品構造上重要な部品を製造する部品メーカーそれぞれが部分的に貢献する形となる。その際、中小部品メーカーが自社製品のデジタル構造にも精通していることは重要である。

鉄鋼・非鉄・金属製品といった素材や擦り合わせによる設計が主体の自動車部品製造業では、素材・部品の特質を十分に把握したうえで供給することが重要である。特に、素材関連は今後もデジタル化の影響を機械部品ほどには受けにくいと考えられる。それでもなお、個々の部品が製品全体に与える影響を俯瞰しにくくなった完成品メーカーの設計者に対して、素材の材質や強度、耐久性といった情報を提供するこ

とは有効である。自動車部品に関しても、全体設計者が全体を俯瞰することが難しくなったことに伴い、擦り合わせに要する時間コストが増大する可能性も考えられるだけに、素材を通じた「設計への外部からの貢献」はやはり重要である。

むすび

以上から、「設計への外部からの貢献」ができるかどうかは、中小機械・金属工業の今後の競争力を左右する重要な要素となる。主力納入先との関係という視点から納期対応の重要性が高まっていることを第2章で指摘したが、第3章で述べた「設計への外部からの貢献」余地の拡大は、受注型企業の貢献が納期対応だけではないことを意味する。「設計への外部からの貢献」は納入先の弱点を補うことになるとともに、競争力の向上という観点からは既往納入先を満足させ、潜在的な納入先を獲得する効果を持つので、中小製造業の大きなメリットとなる。

最後に、現在途上にあるデジタル化がより成熟すれば中小機械・金属工業はどうなるかを考えてみたい。IoT ネットワークに多大なコストがかかる状況は容易に変化しないと考えられ、定型・継続的な納入取引においては高度にデジタルネットワーク化されたサプライチェーンに重要な中小製造業を囲い込む動きがある一方で、非定型・断続的取引はデジタルネットワーク化しない取引関係が存在し、取引は二極化しよう。後者において「設計への外部からの貢献」の重要性は不変と考えられるが、前者においてもデジタル情報を拠り所に取引の量や内容を絶え間なく微調整する必要がある、「設計への外部からの貢献」の重要性は高いのではないだろうか。

参考文献

浅沼万里(1997)『日本の企業組織 革新的適応のメカニズム—長期取引関係の構造と機能』東洋経済新報社

- 江口政宏 (2019) 「中小機械・金属工業の長期的な構造変化」(<https://www.shokosoken.or.jp/paper/theme/2019/201904.html>)
- 江口政宏 (2021) 『中小製造業の競争力向上戦略—IT化・国際化・新事業展開による競争力向上—』商工総合研究所
- 商工中金・商工総合研究所 (2019a) 「2018年度 第9回中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査」概要
- 商工中金・商工総合研究所 (2019b) 「2018年度 第9回中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査」本編
- 港徹雄 (2011) 『日本のものづくり 競争力基盤の変遷』日本経済新聞出版社

注

1. 対象先企業を、まず自社で製品を企画し製造する「自社製品型企業」と他社が企画した製品を製造する「受注型企業」に分け、さらに「受注型企業」を下請系列的な生産を行っているか否かによって「独立受注型企業」と「系列受注型企業」にパターン化している。
2. 2000年調査における5年前を尋ねたデータを補足している。
3. 「充分対応できる」「努力すれば対応可能である」「対応するにはかなりの努力が必要である」「対応は難しい」からの4者択一。
4. 現地法人を設立して生産活動を行う場合を想定している。
5. 「既に海外生産を行っている」「海外生産を計画・準備中」「海外生産を検討中」「当面海外生産の予定はない」「過去に海外生産を行っていたが国内回帰・撤退した」「未定」から1つ選択。
6. 「順調に発展できる」「緩やかながらも発展できる」「現状維持は可能」「やや厳しい」「かなり厳しい」の5段階。
7. ただし「かなり厳しい」では8.0%で、危機意識の程度が高いと廃業等別の選択肢も考慮されるとみられる。