

[論文]

鑄造産業にみる「ものづくり」熟練技能とIT活用の諸相

太田信義

名古屋学院大学大学院経済経営研究科

要 旨

日本のものづくりは強いと言われる。その強みの1つである高い品質は、暗黙知に頼った現場での仕事の進め方に依存している、とも言われている。この日本の「ものづくり」産業が長年にわたり築き上げてきた国際競争力の源でもある熟練技能を、次世代の「IoT」技術社会においては、どのように生かしていくべきかが、今問われている。

この課題認識のもと、日本の「ものづくり」の中でも伝統的な職人技能を色濃く残す産業と言われる「鑄造業」いわゆる「鑄物づくり」を取り上げ、企業訪問を中心にして現場調査を行う。また、その調査は3DCAD・CAM・CAEなどのITシステムを活用分析のキーワードとする。さらに、木型から鑄造、後加工、組付けまでの全工程、そして大企業から中小企業、個人企業まで鑄造産業を広範囲にカバーし、問題点および課題を浮かび上がらせてみたい。

キーワード：ものづくり、熟練技能、技術、IoT、IT化

The various phases of application of IT for expert manufacturing skill in the casting industry

Nobuyoshi OHTA

Researcher

Graduate School of Economics and Business Administration
Nagoya Gakuin University

発行日 2018年1月31日

〈目 次〉

1. はじめに
2. 鋳造とは何か
 - 2.1 鋳造の定義・特徴
 - 2.2 鋳型と模型製作
3. 鋳造産業の現状
 - 3.1 産業としての位置付け
 - 3.2 鋳造産業の特徴
 - 3.3 ITへの取り組み概況
4. 鋳造・後加工・組付けの現場にみるIT活用
 - 4.1 鋳造の現場
 - 4.1.1 熟練技能と新技術の融合に取り組む中堅メーカー TM社
 - 4.1.2 ITを基軸とした革新的鋳造システムづくりに取り組みKI社
 - 4.1.3 自動車部品・工作機械などの総合メーカー JT社
 - 4.2 後加工・総組付けの現場
 - 4.2.1 金属加工熟練技能の技術化に取り組むHK社
 - 4.2.2 鋳造、後加工・組み付け現場調査の総括
5. 模型製作の現場にみるIT活用
 - 5.1 熟練技能を守り続ける技能者集団OK社
 - 5.2 IT化への対応で売り上げ拡大を図るKW社
 - 5.3 熟練技能で顧客要求に応える小集団KM社
 - 5.4 木型づくり技能をベースに新規分野へ挑戦する個人企業NW社
 - 5.5 IT活用により新規事業領域の開拓に挑むWI社
 - 5.6 模型製作各社における現場調査の総括
6. IT活用の課題とその対応
 - 6.1 3次元CAD/CAM
 - 6.2 解析シミュレーション
 - 6.3 技能の技術化（形式知化など）
7. おわりに

1. はじめに

小論は、「鋳物づくり」に焦点をあて、企業訪問に基づく現場調査をふまえてまとめたものである。筆者は、40数年にわたり自動車産業の電装部門で、いわば「ものづくり」企業の第一線で、設計者として活動し、技術部長をはじめ各部門責任者も務めた。その後は、設計の外部委託を受ける技術アウトソーシング企業の経営にも、7年間にわたりたずさわった。

退職後は、名古屋学院大学大学院経済経営研究科の博士前・後期課程にて学び、経営における技術・技能の責任と役割などを主な研究分野として捉え、長いものづくり経験に基づく特異な現場視点からの調査・分析・考察を行ってきた。そして、技術経営学の視点から技術アウトソーシングの役割を研究し博士論文としてまとめる。

さらに、自動車産業でのEV化、自動運転車などの革新的開発競争が加速したことにより技術アウトソーシングの重要性が急激に増大している状況を鑑み、この博士論文の研究成果を広く社

会に問うべく2016年11月に自著¹⁾を出版した。

現在は、日本の「ものづくり」産業が長年にわたり築き上げてきた国際競争力の源泉の1つである熟練技能に深い関心を寄せている。次世代の「IoT」技術社会において、熟練技能をどのように生かしていくべきか。そのテーマに、様々な視点から調査・分析・考察をふまえアプローチしている。

具体的には、日本の「ものづくり」の中でも伝統的な職人技能を色濃く残す産業と言われる「鑄造業」いわゆる「鑄物づくり」を取り上げ、企業訪問を中心にして現場調査を行っている。

あらゆるものがネットにつながるIoT (Internet of Things) の広がりやAI (人工知能) に関する情報が、毎日のように新聞、テレビなど各種メディアに取り上げられている。ドイツでは「インダストリー 4.0」と名付けられて、産業革新につなげる動きとして官民一体で取り組まれている。蒸気機関による18世紀の産業革命、20世紀初頭の大量生産、電子化・コンピュータが促した1980年代の自動化などに続き、AIやIoTにより第4次の産業革命を起こそうという戦略である。

AIの進化だけではなく、文字通りにあらゆるものがネットにつながるIoTと、大量情報を分析するビッグデータ技術が加わることにより、産業構造や社会そのものを変化させる可能性が高まった。企業そして主要国が総力で取り組むのはそのためである。とくに、日本と同様に「ものづくり」を得意とするドイツでは、機械同士が直接会話するインテリジェントな製造業を目指し、作業現場の自動化などに積極的に取り組んでいる、と言われている。日本もようやく動き出し、政府が狙う2030年の国内総生産 (GDP) 636兆円の実現には、この分野の成長により約70兆円の押し上げ効果を期待している²⁾。

日本においても、各企業において様々なIT活用活動が展開されている。しかし、その活動内容は各企業において社外秘である。新聞、雑誌などのマスコミを通じて報道されるのは、一部大企業の特徴のある活動内容などに限定されているのが現状である。したがって、伝統的な熟練作業を残している中小企業の活用状況・問題点・課題などは、ほとんど明らかにされていない。

この様な状況を踏まえて、本研究においては日本の「ものづくり」の中でも伝統的な職人技能を色濃く残す産業と言われる「鑄造業」を取り上げる。そして、鑄物づくりの上流工程にあたる「模型」づくりから「鑄造」、さらには鑄造品の後加工・部品組付けまでの工程、さらに業界トップ企業から従業員9人以下の小規模企業まで幅広い範囲での実態調査を行い、現状把握を行った。

筆者は、2015年の博論にて自動車産業における技術アウトソーシングをテーマとして取り上げた。なかでも設計・開発領域に焦点をあて、3DCAD, CAE, CAMなど最先端の情報システムと技術者の持つ暗黙知さらには技術者とその組織が保有する形式知との位置付け、などについて現状を調査し分析・考察を加えた。その一連の研究を通じて、技術者・作業員そして組織が保有する暗黙知の重要性、さらには暗黙知の形式知化の必要性・重要性を再認識し、その促進を提言した。

1) 太田信義『自動車産業の技術アウトソーシング戦略—現場視点によるアプローチ』2016.11 水曜社

2) 日本経済新聞朝刊「創論：IoT社会が問うもの」2017.3.28 日本経済新聞社

日本のものづくりは強いと言われる。しかし、その強みの1つである高い品質は暗黙知に頼った現場での仕事の進め方に依存している、とも言われている（日経朝刊記事「暗黙知 日立が破った殻」2016.1.12）。また、小池和男氏の「知的熟練論」³⁾においても、変化と異常に対する現場熟練作業者の対応力を高く評価し、日本のものづくりの強さの主要因と看做している。

なお、ものづくりにおける暗黙知と形式知の役割をIT化の視点から捉えるという考え方は、IT化の必要条件として次の3つがあげられるからである。一つは形式知化、二つは技能の工学（物理学）的体系化、三つは投資効果（カバーする業務範囲の広さ、高い効果）である。

つまり、IT化の取り組み状況を知ることは、技術・技能の形式知化、技能領域の工学的分析・体系化、技術・技能の役割相互補完システムなど、各企業における技術経営戦略を知ることにつながる、と考えられるからである。

そうであるからこそ、筆者はその強さが現在の最先端IT技術、すなわち3DCAD・CAE・CAMなどの情報システムの中で、どのように継承され、生かされているかなどを明らかにし、検証する必要があると考える。

具体的には、最先端の3DCAD・CAE・CAMなど情報技術システムと暗黙知との関連性を中心に、企業の取り組みとその考え方などを主体に製作現場を訪問し、調査・分析・考察を加えていく。

2. 鑄造とは何か

2.1 鑄造の定義・特徴

鑄造と言うと南部鉄瓶や寺院の梵鐘そして仏像が想像されるが、金属加工法としての歴史は古く、遠く4,000年前にさかのぼると言われている。また、テレビなどマスコミでもしばしば登場することも多いが、伝統的な職人技能に頼る産業として取り上げられる場合が多い。つまり、鑄物＝暗黙知であり、暗黙知の位置付けを研究する調査対象産業として最適だと考えられるのである。

まず、鑄造の定義から述べていく。「鑄造とは砂、耐火物あるいは金属などを用いて、人為的に形成された所定の空間またはそれと同等の空隙に、溶融した金属を流し込み、凝固させることで形を得る加工法を言う⁴⁾」。そして、鑄造法によって形成された品物を鑄物という。

次に鑄造品の長所・短所を考えると、いずれも鑄造が溶融した金属を用いた加工法という点に行き着く。すなわち、長所は液体金属を用いることにより、どのような複雑形状でも、その所定空間にしたがって形成可能という点にある。しかしその反面、溶融金属を用いることで溶融温度から冷却され凝固するまでの熱収縮が大きくなり、寸法精度の確保が難しく、また形状の歪が発生する点が問題である。

しかし、急速な技術発展により切削・圧延・鍛造など各種の金属加工法が登場し実用化されて

3) 小池和男『仕事の経済学』2005.3 東洋経済新報社

4) 中江秀雄『鑄造工学』1995.1 産業図書(株)

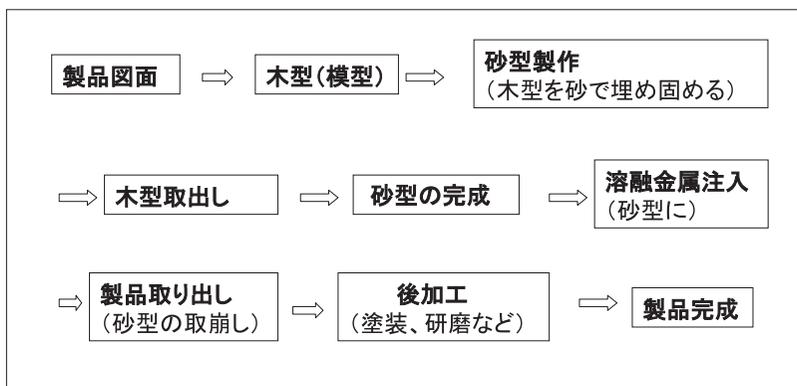


図-1 鑄造の流れ

出典：筆者作成

いる現在においても、金属加工法における鑄造の位置づけは重要である。その特徴を他の言葉で表現すれば、複雑な形状の部品を鑄造以外の他の加工法で作るとしたら、多くの部品への分割が必要であり、またそれを溶接やボルトなどで組み立て一体化しなければならない点にある。この特徴を生かして、各種自動車用部品、とくにシリンダブロック、ピストンなど内燃機関用部品には数多く使用されている。

2.2 鑄型と模型製作

2.1の定義でも述べたように、鑄造は人為的に作られた空間（鑄型）に熔融金属を流し込む方法である。その一般的な、鑄物づくりの流れを図-1に示したが、鑄型を製作するための模型が必要である。図-1には、鑄造で最も多く用いられている砂型による方法が示されている。模型は、先程述べた熔融金属の熱収縮を考慮した寸法で加工される。

また図-1では詳細に示されていないが、「木型を取り出す」ためには砂型の分割が必要であり、また木型には砂型から取り出されるための「抜き勾配」と呼ばれる形状的な工夫が施されている。したがって、模型の原材料としては加工の容易性や価格そして入手の容易性などから木材を使い、その木で製作された模型が一般的には木型と呼ばれている。

また木型法以外には、現在では模型の発泡スチロールを鑄型の中に残したままの状態に熔融金属を鑄造するフルモールド法と呼ばれる方法が一般的となっている。なお、フルモールド法は米国で発明され、その後ドイツで生産技術としての基礎が確立された方法である。日本に初めて紹介されたのは1963年秋であり、その当時の鑄造業界での主流であった鑄造法は木型法であった⁵⁾。現在では多くの鑄造メーカーがこのフルモールド法を採用しているが、その多くは木型法との併用である。

木型法とフルモールド法には、それぞれ長所・短所があるが、本研究の目的は技術論ではない

5) 伊丹敬之編著『日本の技術経営に異議あり』2009.11 日本経済新聞社 (p128)

	フルモールド鋳造法	従来の木型法
鋳造方法	消失性発泡体模型	下型の型詰め
	模型を一体のわくにうめる	上型の型詰め
	中子なし	中子を入れる
製品	ばりがない	ばりがある
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・バリ発生無し(一体型) ・鋳造回数は1回 (模型は熱で消失) 	<ul style="list-style-type: none"> ・中子(内側空洞部分)、抜き勾配が必要 ・複数回の鋳造が可能

図-2 木型法とフルモールド法の違い

出典：(株)木村鋳造「鋳物の話」「フルモールド鋳造の原理」にもとづいて筆者作成
 (株)木村鋳造ホームページアドレス http://www.kimuragrp.co.jp/cast_talk/index.htm)

ため詳細は割愛するが、次に簡単に述べるとともに図-2に示す。

フルモールド法の特徴は、発泡スチロールで模型を製作するため材料費が木型に比べて格段に安価である、また加工もしやすいため木型職人の熟練度へ依存する度合いが下がるという点である。そして、発泡スチロールの模型を砂に埋め込んで、そこに熔融金属を流すという製造原理であることから、模型を抜き取るための「抜き勾配」や型の分割が不要であり、「ばり」も発生しない点にある。

3. 鋳造産業の現状

3.1 産業としての位置付け

前2章において、本論で取り上げる鋳物とは何か、鋳物を取り上げる背景などについて述べてきた。しかし、現在の産業論において鋳物は、他の金属加工である鍛造、金型製造、金属プレス、金属熱処理、粉末冶金などとともに「素形材産業⁶⁾」として語られることが多い。そして素形材産業とは、「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。なお、従来の産業分類としては、中分類 [22] 鉄鋼業—小分類 [225] 鉄素形材製造業や、小分類 [235] 非鉄材製造業、[245]

6) 新素形材産業ビジョン策定委員会「新素形材産業ビジョン」2013.3 経産省製造産業局素形材産業室

金属素形材製品製造業として分類されている。これを踏まえて、本論においても素形材産業全体及びその中での鑄造業としての視点を使い分けて見ていく。

日本は自動車、精密光学機器などに代表されるように「ものづくり」に強い国と言われてきた。しかし、現在では日本の製造業が国内総生産（GDP・付加価値ベース）に占める割合は約2割まで低下している。なお、国内総生産額（売上げに相当）に占める割合は3割を超えている⁷⁾。

そのような現状において素形材産業は、大規模な「川上」（鉄鋼、非鉄金属など素材メーカー）と「川下」（自動車、産業機械、情報通信機器など最終製品メーカー）に挟まれた「川中産業」と位置付けられる。さらに、その総出荷額は8.5兆円、従業員数42万人、事業所数3.3万事業所であり、中小企業が多い。そして、その「川中産業」である素形材産業の概要は次のような構成である。

- ・ 鑄造；売上高：1兆1,659億円，従業員数：49,150人，事業所数：2,191
- ・ 金型；売上高：1兆2,962億円，従業員数：88,520人，事業所数：8,478
- ・ 金属プレス；売上高：1兆5,928億円，従業員数：80,538人，事業所数：6,842
- ・ 素形材関連機器等；売上高：2兆7,062億円，従業員数：133,848人，事業所数：13,020

なお、素形材産業の納入先である「川下」産業の主な概要を次に示す。

- ・ 産業機械；売上高：25兆6,401億円，従業員数：906,957人，事業所数：50,429
- ・ 自動車製造業；売上高：20兆3,394億円，従業員数：177,959人，事業所数：79
- ・ 情報通信機器産業；売上高：8兆4,335億円，従業員数：158,603人，事業所数：2,188

（出典：前記参考資料7による（なお出荷額は2013年度工業統計【事業編】推計を含む全製造事業所に関する統計表より）との注記あり）

そして、素形材産業のほとんどが自動車産業に強く依存しており、その依存度は約7割に及ぶと言われている。主な分野ごとにみていくと、鑄造（非鉄鑄物は除く）では自動車用が53%、輸送機械用が7%、産業機械器具用が17%と高い依存率にある。また、ダイカストでは、同じく自動車用が80%、二輪自動車用が4%である。さらに、金型では、自動車用が62%、産業機械用が5%。金属プレスでは自動車用が82%、産業機械用が4%と高い依存率の状況にある。

3.2 鑄造産業の特徴

素形材産業の特徴としては、中小企業が多い、専業企業が多い、オーナー経営が多い、自動車産業への依存度が高い、などがあげられる。そこで、本節では具体的にその内容を簡単にみていく。まず、事業所数・従業員数の推移を次に見ていくが、従業員規模100人以下の小事業者を中心に大きく事業所数を減少させている。小規模企業から順番に退出が進み、厳しい市場淘汰過程にあると考えられる。

7) 経済産業省製造産業局素形材産業室「素形材産業をめぐる現状と課題」2015.11.18

[鑄造業における事業所数・従業員数の推移（1990年→2010年）]

【事業所数】（全体）：3,245（1990年）⇒1,574（2010年） 増減率▲51.5%

- ・4人～10人未満 : 1,675（1990年）⇒590（2010年） ↑▲64.4%
- ・10人以上～50人未満 : 1,357（1990年）⇒795（2010年） 増減率▲41.4%
- ・50人以上～100人未満 : 144（1990年）⇒121（2010年） 増減率▲16.0%
- ・100人以上～500人未満 : 144（1990年）⇒121（2010年） 増減率▲16.0%
- ・500人以上～1,000人未満 : 6（1990年）⇒4（2010年） 増減率▲33.3%
- ・1,000人以上 : 2（1990年）⇒2（2010年） 0.0%

【従業員数】76,607人（1990年）⇒45,392人（2010年）▲35.7%

* 出典：「新素形材産業ビジョン」（前出6）

次に兼業・専業比率であるが、素形材全体での専業比率は42.4%であるのに対して、鑄造では50.1%と専業比率の割合が高い。金属熱処理も57.3%と高く、これら業種は鍛造や金属プレスなどの塑性加工技術分野とは異なり、古くから専業メーカーとして事業を行ってきた企業が多いと推測される。

また、素形材企業は比較的規模の小さいオーナー企業が多いと言われているが、それを株式総数に占める第一位から第三位の株主が保有する株式の割合で見えていくと、素形材企業全体で4割を超えている。さらに、鑄造では5割を超えており、少数株主により株式を保有する状況にあると考えられる。

自動車産業への依存度の高さについては前節3.1で述べたが、その依存度は非鉄鑄物を除いても5割を超えており、これに納入先としてフォークリフト・ショベルカーなどの輸送機械を含めると6割を超える依存度となっている。このことは、自動車産業の動向が大きく鑄造産業に経営的インパクトを与えることを意味する。そして、自動車産業の経営動向としての注目すべき点は「生産拠点の海外移転」と「電動化」ではないかと考えられる。

それは、主要顧客である自動車産業の「生産拠点の海外移転」は、納期や輸送コストなどの点から、直ちに鑄造企業自身の海外進出が課題となることを意味する。また「電動化」は、近い将来の自動車向け鑄物製品数の大幅減少に直結すると考えられるからである。第2点を少し詳しく述べると、現在の自動車産業向け鑄物部品の製品構成は、シリンダブロックなどに代表される内燃機関用関連部品やトランスミッション関連部品が多数を占めている。これらの部品類は自動車の動力源が内燃機関から、電動モーターへの転換の動き、すなわち「電動化」により0化もしくは大幅減少が予測されるからである。

3.3 ITへの取り組み概況

先にあげた経産省製造産業局素形材産業室が策定した「素形材産業をめぐる現状と課題」では、2章において「素形材産業におけるITへの取り組み状況」をアンケートにより調査し分析している。その内容を「鑄造産業」を中心して簡単に紹介する。アンケートは「ITシステムの導入状

況」を、システム項目別、業種別、企業規模別に調査している。まずITシステムとしては、①3次元CAD/CAM、②解析シミュレーション、③計測の自動化から、⑩3Dプリンター/スキャナ、まで10項目の導入状況の調査である。この結果としては、素形材産業全体では、①3次元CAD/CAM、⑤生産計画・管理、⑧経営管理の3項目については、導入済み及び導入検討中を合わせると7割以上となっている。ただし、導入予定の無い企業の割合が40%を超えていることも読み取れる、との結論である。

次に鑄造産業での、①3次元CAD/CAMの導入・取り組み状況をみていくと、従業員数51人から300人では72.5%が導入/実施済み。しかし、従業員数51人以下では、導入/実施済みが37.7%、導入予定なしが41.6%と、企業規模による差が顕著である。さらに②解析シミュレーションでは、従業員数51人から300人では66.7%が導入/実施済み、従業員数51人以下では導入/実施済みが20.5%、導入予定なしが51.3%となり、規模別の差がさらに顕著である。とくに、今後の導入をも検討する予定の無い企業が5割を超えていることは、IoT活用が今後の国際的企業競争のキーワードと考えたとき、鑄造産業にとっての大きな課題と認識することが重要であると言える。

4. 鑄造・後加工・組付けの現場にみるIT活用

前3章までにおいて、鑄造とは何か、どのように作られるのか、鑄造産業の現状と課題の概要、などについてみてきた。筆者は、これを踏まえて鑄造産業の現場を自分自身の目で確かめ、五感で感じ、企業人から直接現場で話を聞く、ことにより問題点を把握し、課題を抽出すべく計9社の現場訪問を実施した。調査期間は、2016年4月より2017年8月までの1.5年をかけた。訪問企業を事業分野別で層別すると、模型製作が5社、鑄造が3社、鑄造部品の後加工・ASSY組付けが1社の、計9社である。各訪問企業の概要を表-1に示した。次に、企業訪問による調査結果を

現場調査企業の概要							
事業分野	訪問企業	資本金	従業員数	売上高	訪問日、主な 応対者	主な事業内容	特長
鑄造	TM(株)	4,000万円	86名(2016/4)	25~30億円/年	2016.4.13 ・社長T氏ほか	・鑄造、一部模型製作	・3世代にわたる鑄造専門メーカー ・顧客要求に応じた鉄系鑄造用合金開発
	(株)KI	8,500万円	837名(2015/4)	202億円(2016年度)	2016.5.9 ・営業執行役 ・理事I氏ほか	・模型(発泡スチロール)から鑄造までの一貫生産	・フルモールド法に特化 ・IT化を基軸とした革新的経営、事業拡大
	(株)JT	455億円	11,227(2015・単独)	6,494億円(2015年度・単独)	2016.10.24 ・理事I氏ほか	・自動車部品 ・工作機械	・自動車部品工作機械から駆動関連部品までの総合メーカー
後加工・組付け	(株)HK	1億円	249名(2016/3)	—————	2016.10.4 ・技監M氏ほか	・汎用研削盤の設計・製造・オーバーホール	・精密機械部品の設計・加工
模型製作	(有)OK	300万円	7名	—————	2017.5.30 ・社長O氏	・工作機械用ベッドの鑄造木型製作	・2世代にわたる技能検定(木型製作)1級、2級保有の熟練技能者集団企業
	(株)KW	1,000万円	5名	約1億円	2017.6.16 ・社長K氏	・鑄造用木型製作	・2世代にわたる木型製作企業 ・NCルーター活用による自動化推進
	(株)KM	—————	2名	5,000~8,000万円(推定)	2017.7.25 ・社長K氏	・工作機械用ベッド鑄造試作木型(試作用)	・2世代にわたる木型製作企業 ・全加工を手作業及び単能機械で処理
	(株)NW	—————	0名	—————	2017.7.27 ・社長N氏	・試作用模型製作(ZAS型用)	・2代目木型製作企業、ただし鑄造用からZAS型用に販路転換、NCルーター活用
	(株)WI	500万円	9名	1.8~1.9億円	2017.8.28 ・W社長ほか	・試作用モデル、検査用ゲージ製作	・5軸NCルーターをフル活用した効率経営 ・社長は鑄造用木型製作職人として修業

表-1 鑄造産業の現場調査企業の概要 (出典：筆者作成)

各社ごとに述べていく。なお調査結果は、調査対象企業数が多いことより、鑄造の3社と鑄造部品の後加工の1社を4章に、模型製作の5社を5章に、それぞれ分割して記した。

4.1 鑄造の現場

4.1.1 熟練技能と新技術の融合に取り組む中堅メーカー TM社

TM社は、古い歴史を持つ鑄物産業の中でも新しい技術や経営手法を積極的に取り入れ、時流の変化に的確に対応している企業と評価されている中部地区に本社を置く中堅の鑄造メーカーである。そして、製品の使用用途に応じた最適な新鑄造用金属組成の開発から、CAEを活用した鑄造法案検討、鑄造品後加工までの鑄造工程を一貫して自社にて行う技術・技能能力を特徴としている。

2016年4月13日に訪問し、代表取締役社長のT氏、取締役製造部長のH氏の2名から企業説明を受け、また隣接する工場を案内いただいた。

(1) 企業概要

次に、説明いただいた企業概要を述べる。本社は名古屋市、創業が1952年8月、資本金が4,000万円、売上高が25～30億円/年、経常利益率：約6%～8%の歴史ある優良企業である。従業員数は86名で、社員以外に海外技能研修生を7名雇用している。また、主要取引先としては、(株)豊田自動織機、三菱重工業(株)、三菱電機、(株)稲沢製作所、(株)森精機など、一流企業を顧客として、高い信頼を勝ち得ている。

製造する主要製品としては、・産業機械部品、建機（～約120Kg）部品、射出成型機部品（～約2t）、エレベーター部品、プレス金型（～約3.5t）、インゴットケース（～約0.5t）、カウンターウェイト（～約4t）、マンホール（～約250Kg）など多岐にわたっている。

また、技術力・技能力向上のために人材育成面にも力を入れており、その結果としての資格取得の現時点における成果は、鑄造技能士取得（1級：10名、2級：10名、3級：11名）、鑄造技師（鑄造に関する技術+マネジメント）が6名と非常に高く評価される。

(2) IT活用状況

IT活用状況であるが、総合的には発注元からの製品3Dデータを直接社内に取り込み、製造工程に積極的に活用している、と言える。具体的な活用方法としては次の3つの特徴を持っている。一つは、フルモールド用発泡スチロールは設計3Dデータを用いてNCルーターで自動加工を行っている。二つは、鑄造法案検討に解析シミュレーションを一部分で活用している。またシミュレーション実施者は3Dデータを扱う設計技術者であるが現場経験などは明らかではない。なお、解析シミュレーションを活用するか否かは法案検討会で検討・判断されている。そして、三つは、鑄物完成品は3D形状測定器で検査され、図面との照合はコンピュータ内で自動処理判定されている、である。

(3) 品質管理体制

TM社は、品質管理体制について重点的に整備を行い、定着化を図っている。具体的には、先任の品質管理部署を設置し4名体制で運営している。その具体的な活動としては、次の4つが特

徴的である、朝一会議（毎日、全員）、班長会議（週1、班長以上）、生産会議（月1、班長以上）、品質不良速報の発行、である。これらの活動からは、同社は社長を筆頭として全社一丸となった品質管理システムが展開されている、と言える。なお、この品質管理システムは、同社の主要納入先であるトヨタ系主要メーカーからの強い要請・指導に基づく体制整備と推察される。

(4) 特徴

TM社は古い歴史を持つ鑄物産業の中でも新しい技術や経営手法を積極的に取り入れ、時流の変化に的確に対応している企業と評価されている⁸⁾。その具体的内容が今回の訪問・調査で随所にみられた。ただし、筆者の率直な見方は、経営・現場など多くの領域における「新旧の考え方・手法の混在」である。具体的には、鑄造模型方式（フルモールドとフラン造形）、鑄造法案検討（解析シミュレーションと勘・コツ・経験）、図面データ（2Dと3D）などである。新旧それぞれが、それぞれの長所・短所を補完し合い、将来の技術動向を踏まえての技術経営戦略の選択が必要と考えられる。特に今後の急速な進歩が予測されるIT技術を、それぞれの事業分野に的確に活用していくための活動としては必要不可欠と考える。先人達が築き上げてきた伝統的な熟練技能から、その貴重な知恵・経験のエキスを抽出し、IT技術に引き継いでいく仕掛け・工夫である。その片鱗はいくつかみられるが、総合的な経営思想として展開していく必要があるのではないだろうか。

4.1.2 ITを基軸とした革新的鑄造システムづくりに取り組むKI社

KI社は、鑄造業のなかでも事業規模でトップグループに位置し、加えて世界最先端の技術水準で、2007年8月に「第2回ものづくり日本大賞経済産業大臣賞」や2008年度の大河内賞など数々の大きな賞を授与されている企業である。また同社は、経営学をはじめ各方面の専門研究者からも注目されている企業の一つであり、多くの先行研究や書籍で紹介されている。

2016年5月9日に訪問し、執行役員営業部長T氏、技術課課長O氏、鑄造課課長H氏、U担当ほか企業説明を受け、また工場を案内いただいた。

(1) 企業概要

次に説明いただいた企業概要を述べる。本社は静岡県、創業が1927年の歴史ある鑄造メーカーである。資本金が8,500万円、売上高が169億円（2016年度）、従業員数は822名（2017.4）の大企業である。また、主要取引先としては、本田技研、トヨタ自動車など自動車産業のトップ企業が顧客である。主要製品としては、プレス用金型鑄物、金属工作・加工機械用鑄物などがあげられるが、とくに自動車の本体を構成している大型のボディ用プレス金型鑄物が有名である。なお、この自動車本体のボディ用プレス金型は、説明したように鑄物で製造された後、切削・研磨などで精密機械加工され、プレス金型として稼働していく。なお、KI社は、鑄造法としてフルモールド法（2.2「鑄型と模型」参照）に特化している。

8) 納富義宝「春季研究交流集会報告要旨集」2016.3 基礎経済科学研究所

(2) IT活用状況

受注から納入までの全工程にITを活用している。その流れを図-3に示したが、その特徴を次に説明する。

① [発注元から設計]：発注元からの3Dデータにもとづいて、鋳造の全体工程を検討する[方案検討・決定]における「流れ解析」「凝固解析」によるCAE解析を起点としている。さらに、試作品の切断解析によりヒケ・巣が確認・評価され、先のCAE解析結果と比較検証される。このプロセスを、KI社は全製品で100%実施しているとのことであった。また、このプロセスは文書により標準化されている。しかし、すべての製品が少量生産品であり、その大きさ・形状・材質などにより、どこまで層別、標準化されているかは不明（企業機密に該当）である。また、シミュレーション実施者は技術者であり、量産移行可否の検討・決定も、その担当技術者である。現場経験を有する技能者は、その検討・決定プロセスに関与していない。

② [模型設計]：次に模型設計がCADオペレーター担当により実施される。模型設計は、所与の製品形状を規定サイズの発泡ポリスチレンを有効利用して実現化するために、いくつかの模型部品に分割する作業であり、全ての作業が3DCADで実施されている。さらに鋳造において障害となると想定される形状⁹⁾については、発注元と折衝を行い適切な形状に変更している。また、推奨される適切な形状は設計標準書(正式名称は不明)において明示されており、各CADオペレーターは常にその設計標準書を手元において確認しながら作業を進めている。

③ [模型製作]：設計された模型は、その3DデータにもとづいてCAM化され全自動加工機により、切断・切削加工されていく。加工終了後は3次元形状測定器により寸法計測される。そして、女性作業員により各部品が組み付け、接着されて模型完成となる。この一連の業務プロセスとIT活用を図-3に示した。

以上のように、受注から納入までの全工程の全日程がIT管理されている。これにより、突然の発注や発注元からの設計変更などにもフレキシブルな対応が可能となり、信頼度向上につながっている。

(3) 鋳造法

先にも述べたが、鋳造法としてはフルモールド法に特化し、その弱点改善のための技術開発を継続的に展開している。具体的には塗型剤・型冷却法・砂型用砂などの製造工程の全般にわたっている。

さらに、将来技術として3Dプリンター方式の加熱積層方式の開発を独自に展開している。つまり、ジェットノズルから砂そして粘結剤を所定の位置へ順番に吹き付け、さらに加熱固着を繰り返して積層し、所定の形状を作り上げる方式の開発、実用化を展開中である。

また、技術・技能の形式知化を進めている。具体的には、①鋳物設計の技術標準化・文書化(形状・材質など)、②鋳造法案検討のためのシミュレーション解析(「流れ解析」「凝固解析」)技術の標準化・文書化、の2つを強力に推進し実務でも活用されている。

9) 細く長い突起部など、鋳造時の高温の湯流れで変形が予測される形状

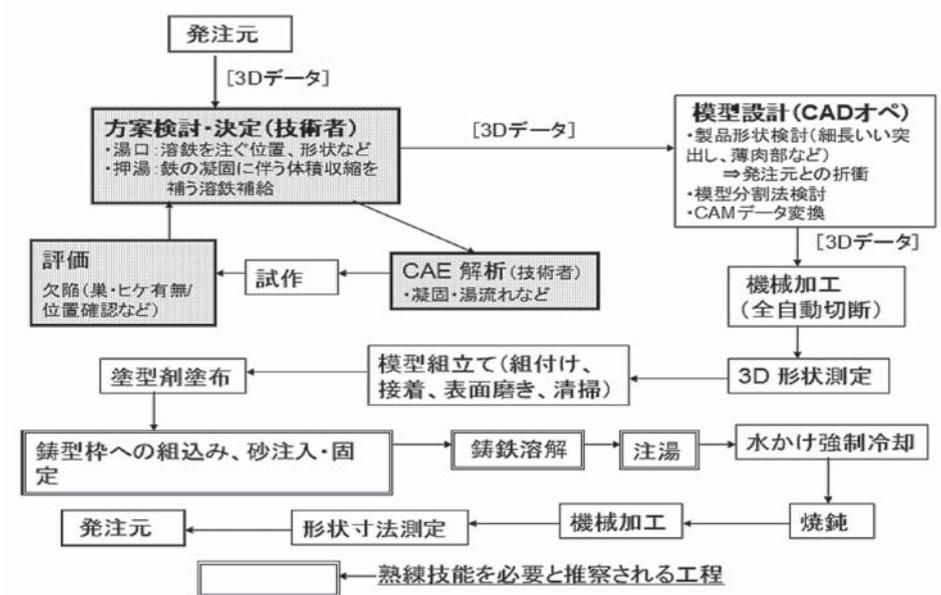


図-3 KI社におけるIT活用(受注から納入までのデータの流れ)

出典：筆者作成

(4) 特徴

「鑄物づくり」は一般的には熟練技能の集まりと言われている。その中においてKI社の特徴は、真逆に位置するIT化(すなわち形式知化)を基軸として事業拡大を成し遂げてきた点にあると言える。その原点として、ITを基軸とした革新的フルモールド鑄造システムの開発があり、さらに、フルモールド工法に特化していく経営戦略の継続発展が特長的である。

4.1.3 自動車部品・工作機械などの総合メーカー JT 社

JT社は工作機械および自動車用精密機械部品までを設計・製造・販売する総合企業である。とくに、工作機械に関してはベッドから部品総組付けまでを自社内で対応できる力を持つ総合企業である。2016年10月24日に訪問し、鑄造工場の責任者であるT理事、鑄造部長N氏、鑄造技術課長F氏の3名から企業説明を受け、また工場を案内いただいた。

(1) 企業概要

次に、説明いただいた企業概要を述べる。本社は名古屋市、資本金が455億円、売上高は単独で6,494億円(2015年度)、従業員数が単独で11,227名(2015年)の大企業である。また、主要取引先はトヨタ自動車をはじめ自動車メーカー各社である。製造する主要製品は、工作機械・メカトロ、自動車関連部品、軸受(ベアリング)と各種の機械製品、部品である。さらに、鑄物を製造する鑄造工場は1964年操業を開始し、工作機械用ベッド、コラムなどを製造している。なお、鑄物型は全量を外注している。

(2) IT活用状況

製品設計から製造までのすべてを3DCADデータで対応しており、効率化・高機能化が図られている。中でも、CAE解析は多くの技術領域で活用されているが、鋳造に関しては、全大物鋳造品の「湯流れ」「凝固」に関しては事前にCAE解析が行われ、その解析結果をもとに法案を設計し、法案D/Rを経て製造に至るプロセスが基本となっている。また、CAE解析担当者は、現場経験のある技能者から選抜された技術者が担当しており、現場経験を重要視する企業風土が特徴的である。

さらに、鋳物・木型設計を含めて鋳造に関する明確な技術規定が制定され運用されている。木型に関しては抜き勾配、型材質など技術的重要項目が規定により文書化されている。伝統的な熟練技能を重要視している一方で確実な技術・技能伝承を図るための施策が確実に施策として展開されている。なお、この鋳造技術規定は昭和40年代に制定されており、現在も順次改定されている。

(3) 品質管理体制

品質管理体制が整備されており、次のような施策が実行されている。その中心となるのが、品質管理部長主催の朝会(2回/週)であり、組織全体で取り組まれている。その主な取り組み活動は、納入不良、工程内不良(後工程(鋳物加工工程)での加工不良による修復¹⁰⁾率¹⁰⁾低減)が主体の活動であり、具体的には次の2点が重点施策である。

①CAE解析：不良現象の原因究明、対応策立案・効果確認などをCAEによる解析を主体にして推進(品質向上のためには、工作機械部品のような少量生産品では次回生産仕掛け時までには原因究明し対策実施することが重要となる)している。

②仕事のやり方：製造工程ごとの慢性不良などへの対策活動など(現場QC活動とも連携)である。具体的な事例としては砂食い(型砂が鋳物内に入り込む不良)対策など、である。

(4) 特徴

JT社の鋳造に関する最大の特徴は、CAEによる「湯流れ」と「凝固」解析を新製品の工程設計に活用するとともに、並行して不良対策にも積極的に利用している点にあると考えられる。その理由は、「ものづくり」においてCAEを有効に活用するためには、形状や材質などが異なる製品個々での、きめ細かい適合が必要だからである。何故なら、CAEの基本ソフトはNASAで開発された技術を基本にして、豊富な経験と優秀な科学者、技術者を採用しているCAE専門メーカーが作成し全世界に向けて販売している汎用ソフトが一般的である。したがって汎用性は高いが、CAEを高精度で有効に活用していくためには個々の製品への技術的カスタマイズが不可欠である。つまり、製品毎にCAEでの計算結果と実製品による実験結果との比較検証、結果の違いの技術的検証とソフトへの反映などが必要となるからである。

この条件を工作機械用ベッドなどの少量生産かつ大型鋳物に当てはめると、製品ごとのカスタマイズの難しさが容易に理解できるのではないだろうか。この難問に対して、JT社は新製品工

10) 修復：ここでいう修復とは、顧客からのクレームに対して特別加工により、そのクレームを修復し顧客の了解を得る行為。このケースでは、溶接などにより窪みを穴埋め後、表面精度を仕上げる加工となる。

程設計と品質問題解決の両面作戦で対応していると考えられる。さらに、このCAE解析を現場経験技能者の中から選抜して技術者として教育し担当させている点にも、JT社の「ものづくり」技能重視と現場に役立つIT活用の考え方が特徴的である。

4.2 後加工・総組付けの現場

4.2.1 金属加工熟練技能の技術化に取り組むHK社

HK社は、精密工作機械の1つである円筒研削盤の設計・製造・販売を中心に自動車用機械部品類を製造する総合機械加工メーカーである。とくに、精密工作機械類の最重要仕様であり、工作精度の要となる金属加工熟練技能の継承そして技術化に精力的に取り組む企業である。

2016年10月4日に訪問し、副社長のS氏および技監のM氏から説明を受けると共に、工場を案内いただいた。

(1) 企業概要

次に、説明いただいた企業概要を述べる。本社は愛知県、創業は1971年、資本金が1億円、従業員数が249名の企業である。また、主要取引先は4.1.3で取り上げた(株)JTである。製造する主要製品は、汎用研削盤およびCNN研削盤の設計・製造である。具体的には、外製されたベッドを荒加工・精密加工のうえ、その他の部品を総組付けして製品が保証する加工精度などを出荷検査後に顧客へ販売している。なお、ベッドなど鋳物部品は全数外製である。

(2) IT活用状況

製品設計・製造は全て3DCADデータを基本として展開されている。製造工程の中でも摺動面の超精密加工（目標精度：1～2 μ ）が重要であり、その要求仕様を満たすために厳密な加工室の温度管理と加工精度管理がコンピュータ管理のもとに実施されているのが特徴的である。

(3) 熟練技能の技術化への取り組み

各種熟練技能の技術化に精力的に取り組んでいるが、その中でも「きさげ」作業の技術化が特徴的であるので次に説明する。研削盤などの超精密工作機械の最重要性能である加工精度を支える技術・技能の最重要ポイントの1つに超精密摺動面の「きさげ¹¹⁾」加工がある。それは、技能習得に4～6年が必要と言われる熟練作業である。その「きさげ」作業の技術化にHK社はIT技術を駆使して取り組んでいる。その具体的な方法を次に述べる。その流れは、①加工前摺動部の計測（真直度、表面粗さ）➡②技能者作業&ビデオ撮影➡③加工後摺動部の計測➡④技能者への作業内容の聞き取り、のプロセスである。

11) きさげ加工：金属加工の一種であり、工作機械のベッドのような滑り移動を行う金属平面の摩擦抵抗を減らす目的で製造時の仕上げ工程で施される、微小な窪みを付ける加工である。鏡面加工のように微細な研磨材を用いたみがき加工を行えば面粗さを改善し平坦度を上げることは可能であり、可動部を持たない機械部品では仕上げ加工まで概ね自動機械で行える。しかし、可動部を持つ機械部品では、平坦度が高まると2つの面の間に潤滑油が入らずリンギング現象によって固着や焼き付きといった問題が生じるため、微細な潤滑油の供給源となる油溜りをつくるために人手による特別な加工が必要となり、それが「きさげ加工」である（吉田弘美『みがき加工』2012.1.24 日刊工業新聞社）

そのポイントは、技術者が、従来の技能者による単純作業に対して、①、②のビデオ撮影そして③、④を同時に実施している点である。つまり、熟練技能のプロセスとして先行研究において分析¹²⁾されている、作業者の行動としての、観察・把握→評価→予測→方針決定→作業の各プロセスに沿って技術者が定量的に観察しているのである。その後、技能者の実作業をビデオ撮影と技能者への聞き取りにより整理する。そして、技能者の観察・評価・予測に基づく判断の根拠を、具体的に「何を観察（色、反射？）」「どの程度（凹凸の程度）と評価」などに定量的に計測・分析していく。続いて「評価からの予測」と「方針決定（どこから、何回など）」をビデオ撮影と技能者への聞き取りから明らかにし、そのプロセスと判断を技術者が技術的に裏付ける、この考え方を実践しているのである。

非常に科学的な方法である。技能者の具体的な実際の作業から、技能の技の普遍性を原理・原則に則り工学的に抽出して、そのメカニズムを明らかにしていく試みである。この熟練技能を次世代へ継承していく形式知化の試みが成果を上げることが期待される。

(5) 特徴

HK社では、多くの熟練技能の「見える化」「形式知化（ドキュメント化）」を進めている。その取り組みの象徴として工場の一角に「匠道場」を設置し、専任スタッフの事務所、技能教育所として活用している。具体的な技能区分としては、設計、機械加工、ユニット組み立て、仕上げ、電気、検査が取り組まれている。その最大の特徴は、熟練技能の重要性を十分に認識し、その技術化と継承の仕組みづくりを積極的に実践している点にあると考えられる。

中でも特に重要な技能として強調されていたのが「きさげ」と「検査」であった。「きさげ」については筆者と認識が一致していたが、「検査」を重要工程としてあげ、取り組んでいる点に注目すべきではないだろうか。その理由は、工作機械は高額商品であり、また顧客ごとに一品一様とも言えるシステム装置である。したがって「検査」は技術者が作成した検査仕様書に基づく、単なる「YES or NO」判定だけではない。異常が生じた場合には適切な判断と異常処置が求められるのである。それが直接顧客の信頼にもつながっていく。したがって検査員はその技量により、①異常処置マン、②社外立ち会い検査マン（納入先立ち会い）、③社内検査マン（出荷判定）に分けられている。そして、③→②→①と段階的に昇格していく。とくに、①異常処置マンが登場する局面の多くは納入先での予期せぬ異常発生への対応である。そして、納入された工作機械の多くは量産ラインの一部として稼働している場合が多いと考えられる。すなわち、機械の故障は量産ラインの稼働停止につながる可能性が大であり、一刻を争う処置が求められる場合が多く、異常処置マンには高い能力が求められる。

したがって、異常処置マンには、先に述べた納入先での区分の「6. 検査技能」以外に、「3. ユニット組み立て」、および「5. 電気」での知識・経験が求められるとのことであった。日本の工作機械産業の強みの一部分を垣間見たと強く感じられた

12) 村川英一『熟練技能の継承と科学技術』2002.1 大阪大学出版会

4.2.2 鑄造、後加工・組み付け現場調査の総括

鑄造産業における鑄造企業3社、後加工・総組付け企業1社の合計4社の現場調査結果を前節までに述べてきた。先にも述べたように、今回の調査研究の視点は「鑄造産業ものづくり現場における技能・技術領域でのIT活用戦略とその実態」である。そして、具体的な鑄造産業での「ものづくり現場の技能・技術」の注目すべき研究調査の視点としては、①3次元CAD/CAM、②解析シミュレーション、③計測の自動化、そして④技能の技術化（形式知化など）を取り上げた。そこで今回の調査結果を、この4項目の視点から整理しまとめた結果を次に示す。

①3次元CAD/CAMは、4社ともに現場に導入され、活用されている。ただし、その適用を製品の種類や外注先での活用にまで拡大して調査すると、その活用の程度には大きな開きが認められる。とくに、企業規模で中企業に層別されるTM社においては、外注先である模型製作メーカーでの2次元データ図面による作業、さらに単機能加工機による手作業が確認される。

②解析シミュレーションは、4社ともに導入している。しかし、その活用程度・領域には大きな違いがみられる。

- ・TM社：一部の新品に適用。適用判断基準は不明（全製品には適用されていない）。解析結果と製品（実物）との照合解析・検討の実施は不明。
- ・KI社：全製品に適用。解析結果と製品（実物）との照合解析・検討を技術者が実施。
- ・JT社：全製品に適用。解析結果と製品（実物）との照合解析・検討を実施。さらに、不良対策にも活用（後加工で明らかになる鑄造不良（凹部、ピンホールなど）の原因解析・対策）
- ・HK社：全製品に適用。さらに、IT技術を活用して熟練技能の形式知化（文書化）にも取り組み。

③計測の自動化は、4社ともに鑄造用金属の溶解温度管理を実施（ただし、計測方法、時間的連続性などは不明）している。さらに、完成した鑄物の形状計測を実施している。

④技能の技術化（形式知化など）はKI社、JT社、HK社では重点施策として全社をあげての取り組みが行われている。しかし、TM社では、その動きは見られず、また経営施策としての重要性の認識も感じられなかった。

以上より、①3次元CAD/CAMおよび②解析シミュレーション、④技能の技術化（形式知化など）では、活用の実態とその戦略に大きな違いがみられる。そして、この違いは企業規模（資本金、売上高、従業員数など）の違いと大きく関連していることが明らかである。

5. 模型製作の現場にみる IT 活用

5.1 熟練技能を守り続ける技能者集団OK社

OK社は、従業員10人以下の小企業であるが、伝統的熟練技能による木型製作を長年にわたり貫いてきた西三河鑄物業界でもリーダー的な企業である。社長以下多数の1級木型製作の国家資格保有者が現場を守る技能第一の企業でもある。2017年5月30日（水）に訪問し、社長O氏から説明を受けると共に、現場を見学させていただいた。

(1) 会社概要

(有) OKは、愛知県碧南市を拠点とし、1955年に現社長の祖父が創業し、資本金が300万円、従業員数は7人で、そのうち3人がシニア(65～75歳)である。ここにも伝統的な熟練技能を重要視する経営姿勢が認められる。工場敷地内の一部は木材乾燥スペースとしても活用しており、原材料である木材の含水量を自社にて管理している。

工場床面積は488m²(≒15m×32m)を確保し、作業者の人数に対してゆったりとした作業スペースである。主要取引先はJT社で、主要製品は、工作機械用ベッド・コラム木型、産業用木型(ギア、スクリューなど)であり、鋳造用木型製作を専門とする企業である。製造設備としては、帯鋸盤・糸鋸盤・バンドソーなど、のいわゆる各種単機能鋸盤および、かな盤などである。

(2) IT活用状況

図面に関しては、木型製作のために現場で作業員がみる製品図面は2D紙図面である。この2D図面が、工場内の2つの大黒板上に掲示され、作業者は作業の都度、全員がその大黒板上の図面で確認し、具体的な製作作業をおこなっている。なお、事務所に3DCAD端末が1台設置されており、納入先の製品図面は3DCADで設計された3D図である

また、木材加工は全てが手作業であり、NC加工機は導入されていない。このNC加工機未導入に関して、社長は次のように、その考え方を述べている。事業の主体は、工作機械用ベッド、コラム木型作成であり、複雑形状の加工はほとんどなく、手作業での対応が可能。現時点では、NC加工機導入のメリットは無いと考えている。ただし、IT機器の有効性は理解できる。しかし、自動工作機械であるNCルーター機導入などは、未知の技術への不安、投資金額の大きさ、などから決断を躊躇してきた。

(3) 人材育成・後継者問題

OK社では、人材育成には特に力を注いでいる。木型製作に関する固有技術である木型の分割箇所・方法など、いわゆる木型作成に伴う技術・技能に関しては、納入先の技術規定には規定されておらず、OK社に任されている。またその技能能力の高さがOK社のセールス・ポイントと考えている。

具体的な人材育成としては、技能員に関しては、若手技能員は普通高校卒を採用し、実作業を通じて教育・育成している。とくに、工業高校卒者は大部分が三河地区のトヨタ系大手企業に入社しているためOK社への入社社員は、入社時には図面が読めない社員ばかりである。その育成の成果として、技能認定制度¹³⁾の資格保持者は1級が4名、2級が2名である。

なお、後継者問題は大きな悩みである。社長の年齢は50歳台半ばと推定されるが、予備校在学中の子息は事業後継の意思は無い状況にあるとの説明であった。

(4) 特徴

伝統的な熟練技能を優先して活用し、3DCAD・CAMを一切活用していない鋳物用木型製作企

13) 技能認定制度：木型製作に関しては、国家資格である技能検定制度の一種として認定制度があり、1級は国家資格で、2級は都道府県職業能力開発協会が認定している(ただし、2016年度で終了)

業である。その理由としては、主力製品である工作機械用のベッドやコラムの形状は殆どが直線加工でありNCルーターなど自動工作機械を導入する投資メリットは無い、との経営判断をしている。ただし、背景には後継者問題、デジタル機器などの新技術への不安が大きく感じられる訪問・見学であった。このような状況は、3DCAD・CAM・CAEなど新技術に関する専門家のいない小企業に共通する悩み・課題と考えられる。

5.2 IT化への対応で売り上げ拡大を図るKW社

KW社は、設計・製造の3D化に的確に対応し、専任のIT技術者を採用しNCルーターの導入、24H稼働などを推進している名古屋の企業である。また、納入先である各鑄物メーカー毎のそれぞれの鑄造方法に精通し、業者ごとの特性にあった木型を作り上げるという、いわゆる擦り合わせ型取引の典型的な小企業である。2017年6月16日に訪問し、社長のK氏から企業説明を受け、また工場見学をさせていただいた。

(1) 会社概要

KW社は名古屋市を拠点とし、創業は1924年（昭和元年、株式会社への組織体変更は1983年5月）の歴史の長い鑄造用木型製作メーカーである。資本金は1,000万円、売上高は2015年が9,000万円、2016年が約1億円と年率で約10%の伸びを示す企業である。従業員は作業者が4名、専任のCAD/CAMオペレーターが1人の計5名。事業内容は、鑄造用木型、鑄造用発泡スチロール型、その他木製品を製造しており、顧客としては鑄造メーカーが主体で、その他（売上比率は約10%）は、ポンプ・メーカー、機械メーカーなどである。

製造設備としては、NCルーター（数値制御のくり抜き機）が2台（メーカー：多田鉄工，平安コーポレーション，加工範囲：1,300mm×2,500mm）および各種鋸盤（単機能鋸機）が導入されている。

(2) IT活用状況

KW社は、設計・製造の3D化に的確に対応している。専任のIT技術者を採用しNCルーターの導入、24H稼働などを推進している。また、今後の鑄造技術として3Dプリンターによる砂型製造の自動化に注目し、積極的利用を検討している。さらに、ホームページの充実にも力を入れており、これにより途中入社希望者の拡大につながるメリットも感じているとのことである。

3DCAD設備としては、Cimatron（シマトロン）・システム（イスラエルのCimatron社により開発されたCAD/CAMシステム（購入価格が約500万円（カタログより）の廉価システム）を導入している。これにより、NC加工率（NCルーターによる自動機加工率）は木型製造全工程の約80%に達している。KW社における3DデータによるNCルーター加工を主体にした木型製造の流れを図-5に示した。納入先からのデータが2Dの場合でも、2D図をもとに自社において3Dデータに加工しNCルーター加工を可能にしている。また、ITの積極的活用により、製造能力が拡大し、拡販につながっている（売上高は年率約10%の伸び）。ただし、NCルーターのさらなる増設は工場面積（立地条件）の点から検討課題となっている。

(3) 人材育成

木型技能検定の保有者は現在0である。木型技能検定は、鑿・鉋・鋸などを駆使して全てを手

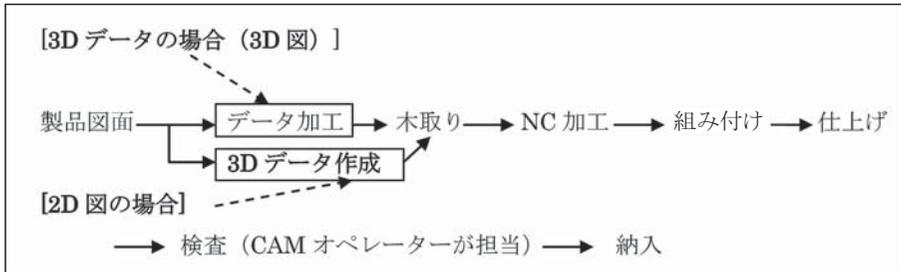


図-5 KW社における木型製造の流れ（出典：筆者作成）

注) データ加工で囲んだ工程は、手作業に対してNC加工機活用のために必要な追加工程
[必要知識：3DCAD, NC作動プログラム, 木型知識]

作業で仕上げる伝統的技能を最重要視する考え方であり、時代にそぐわないと判断している¹⁴⁾。この認定制度はトヨタ自動車、アイシン精機など大手企業が中心になって制定した制度であり、歴史を重要視する大企業では必要と考えられている。

(4) 特徴

KW社の強みは、納入先である各鋳物メーカー毎のそれぞれの鋳造方法に精通し、中子¹⁵⁾の用い方など業者ごとの特性にあった木型を作り上げることにある¹⁶⁾。

また、木型の原材料である木については次のような考え方を持っており、木型製作にかかわる若手経営者、技能者の考え方を代表しているのではないかと考えられる。

木の欠点である、湿度による収縮、腐敗、虫食いなど、保管環境対策をカバーする樹脂材（ポリウレタン、ポリウレタン・エポキシの複合材¹⁷⁾など）が新しく登場しており、活用している。その用途は今後拡大させていく考えを持っている。なお、現在使用している木材は全量がソビエト原産の紅松である。

なお、KW社は先に述べたようにIT活用や木材に対して、変化の急激な現代の流れを敏感に反映する考え方を持っており、新しい流れと考えられる。そこでKW社が現在加盟している名古屋木型工業会28社を例にして、この考え方の普及状況を調査してみた。

[名古屋木型工業会加盟28社IT化活用動向]

木型産業でのIT化動向把握を目的として、名古屋木型工業会のホームページ上にて加盟28社をIT化動向の視点から分析を試みた。分析視点はCNC（コンピュータ数値制御：Computerized Numerical Control）加工の導入状況、自社ホームページの開設状況の2つである。

14) 木型技能検定：木型製作に関する国家資格である技能検定制度の一種としての認定制度であり、1級は国家資格で、2級は都道府県職業能力開発協会が認定している（ただし、2016年度で終了した）。

15) 中子：中に空洞がある鋳物を造るときに、空洞にあたる部分として鋳型の中にはめ込む砂型

16) 補足説明：中子を嫌うメーカー、中子を積極的に活用するメーカー、などメーカーごとに特徴があり、その特徴を把握して木型構造などを変化させて木型に反映する。特定メーカーに直結した木型工場では、それが臨機応変には対応できない、ことが背景にある。

17) 望月栄治「鋳造用樹脂模型材料における表面改質の影響」2008.10 鋳造学会

[調査結果]

- ・ CNC加工：16社/28社
- ・ 自社ホームページの開設：7社/28社

[結論]

名古屋木型工業会においては、IT化志向が強いとは言い難いと考えられる。なお、その他地域工業会の鑄造地域として名前のあがる福岡県や川口市では、各地域での木型工業会の存在有無はネット上では確認できないため、調査不可能であった。

5.3 熟練技能で顧客要求に応える小集団KM社

KM社は、従業員2名で、社長を含めて全員が木型製作熟練技能者で構成される小企業である。5.1で紹介したOK社と同じく工作機械用ベッドの鑄物木型を専門に製作している。製作に必要な製品図面は、従来方式の2D図面だけが用いられ、工場内には3DCAD端末の設置は無い。製作する複雑な製品形状を熟練技能者が長年の経験で培われた読図力で読みこなしている。2017年7月25日に訪問し、社長のK氏から企業説明を受けると共に、工場を案内いただいた。また、工作機械のベッドは非常に大型であり、その全容を筆者が理解できるように、後日2日間にわたり現場見学の機会を設けていただいた。

(1) 企業概要

KM社は、愛知県刈谷市に拠点を構え、現在の従業員は2名で1950年頃より操業開始している。住宅街に工場を構える文字通りの町工場であり、工場床面積はおよそ10m×20mの2階建て（2階は資材置き場）である。主要取引先はJT社で、主要製品は工作機械用ベッド・コラム木型、産業用木型（ギア、スクリューなど）である。また製造設備は各種単機能鋸盤（帯のこ盤、糸のこ盤、バンドソーなど）、かんな盤などである。NCルーターなどの自動加工機械は未導入である。

(2) IT活用状況

IT活用状況であるが、3DCAD端末機は未設置であり、製品図面は2D図面が工場内の2つの大黒板上に掲示されている。作業者は、全員が作業の都度、その大黒板上の図面で設計形状を確認している。したがって、設計者は3DCAD図面として作成しているが、製作現場では立体図としては利用できていないのが現状である。また、3DCAD図面システムで作成されている立体斜透視図（立体的な形状がイメージしやすい）も記載されていない図面が掲示されているため、作業には高度な読図力が求められる¹⁸⁾。

18) 工作機械のベッドは3次元的に非常に複雑な形状の構造体である。したがって2D図面から、その細部構造を読み取るには、非常に高度な読図力が要求される。さらに、3DCADが登場する以前の2D図面においては、設計者は設計者が意図した複雑構造立体の形状を製作部署・検査部署など他部署が理解し易いように、様々な工夫を施してきた。具体的には、複雑形状部分での断面図・部分断面図・投影図などの多用である。しかし、現在の設計技術者が作成する3DCAD図面では、断面図・部分断面図・投影図などは必要最小限にとどまっている。このことが、3DCAD図面を2D図面で読まざるを得ない末端の一部の作業現場にとっては、新たな問題点として、また大きな負荷となっている。

さらに、木材加工は全て手作業である。これに対する、社長コメントを次に紹介する。事業の主体は、工作機械用ベッド、コラム木型作成であり、複雑形状の加工はほとんど必要ない（直線加工が主体）。また、加工精度、作業時間共に手作業での対応で十分であり、自動加工機導入の必要性は無いと判断している。しかし、IT投資の必要性については、過去1980年代頃に納入先からNC機の導入を勧められ検討した、とのことであった。

(3) 特徴

伝統的な熟練技能を優先して活用し、3DCAD・CAMを一切活用していない鋳物用木型製作企業である。しかし、IT投資の必要性については、過去1980年代頃に納入先からNC機の導入を勧められ検討している。投資金額の大きさ（導入するなら2台が必要など）、必要設置面積の大きさ、IT技術者雇用の必要性、などの点から導入を見送っている。

なお、IT活用に関する社長との会話からは、自動工作機械の未導入の背景については先に述べた理由のほかに、さらに次のような大きな2つの背景があると考えられる。

①IT知識・経験への不安：3DCAD端末、NCルーターの導入などIT機器活用の魅力は認識している。しかし、十分に活用していくための知識・技術力には不安が伴う。また、巨額投資が必要なため事業の継続（後継者問題）など、の点から躊躇される。

②後継者問題：ご子息は、他の職業に従事しており事業継続の意思は無い。また、2人の従業員のうちどちらかに、継続の意思があれば任せようと考えている。IT活用の方法などについては、後継者の意思にゆだねる。

いずれも、人材が乏しく、また相談先の少ない小企業に共通した問題・課題と考えられる。

5.4 木型づくり技能をベースに新規分野へ挑戦する個人企業NW社

NW社は、鋳造木型模型製作から試作用模型、検査用モデルの製作に主力製品を切り替えたという特色ある経歴を持つ木型製作企業である。この業界では、熟練手作業の必要性は少なく、木型製作熟練作業経験の無い個人やメーカーの新規業界参入が多く、競争が激しさを増しているとのことである。木型製作修業を経験した社長が1人で、対応の早さを売りに経営している企業である。2017年7月27日（木）に訪問し、社長N氏から企業説明を受けると共に、工場と作業内容を見せていただいた。

(1) 企業概要

NW社は、1970年代に現社長の父が鋳造用木型製作メーカーとして創業した、刈谷市に拠点を構える企業である。2代目の現社長は初代の父の下で木型職人として修業し鋳造用木型づくりに従事。その後現社長がパソコンの将来性に注目し、1990年代後半にNCルーター機を導入し、試作用模型に主力製品を転換したという歴史を持つ企業である。また、主力製品の変換時には3人の作業員を雇用していたが、2008年リーマン・ショック時に全員が円満退社している。

主要取引先は、ZAS(ガス)型¹⁹⁾を製作している複数社(㈱三五²⁰⁾の2次外注)である。主要製品は、試作品の製作に用いるZAS型製作用の模型(小型)づくりであり、扱う材質は木or樹脂である。そして、加工は殆どがNCルーターによる自動切削である。なお、ZAS型製作用の模型の原材料としては、木は安価で製作時間が短いという特徴を備えているが、要求精度に対して寸法精度が悪いという、欠点を持つとの説明であった。

工場床面積は、およそ8M×10Mであり、製造設備としては、NCルーターを2台 760mm×460mm, 1050mm×560mm(大隈鉄工製)導入している。

(2) IT活用状況

受注から製作までのすべてを3Dデータで対応している。受注した図面は事務所に設置された3DCAD端末で検討され、加工形状・手順など加工にとっての必要データとして変換され、NCルーターに入力され加工される。加工は、全てNCルーター加工であり、加工材料としては、主として模型用樹脂(三洋化成製サンモジュール(合成木材)ほか)が使用されている。

なお、上記の模型用樹脂は、加工にあたって木(生木)の特性を踏まえた材料取りなどの知識・経験の必要性が無い、という特性を持つと言われている。これについて少し説明を加えると、『木型と鑄造作業法』²¹⁾によれば、「鑄物の模型として木型が使われる理由は、材料である木材が非常に加工しやすく、軽いという性質を活用したものである」と説明されている。さらに、木材は乾燥して使われるが、加工後の保管状態での吸水による寸法変化が問題点である。その収縮率は木材の種類や材料方向により大きく異なるが、材料方向により0.1～0.3%、2～7%、5～12%と大きな値である(脚注20の参考文献による)。これに対して、合成樹脂では、0.05%²²⁾と非常に小さい特性を有すると報告されている。ただし、合成樹脂のコストは木に比較して約3倍との情報を得ている。

(3) 特徴

社長曰く、NW社の強みは短納期対応である。具体的には、受注から3日～4日で納入可能(正味必要工数:6～8H)とのことである。個人企業ならではの対応力である。

なお、NW社が主力製品として手掛けている試作用模型、検査用モデルの製作には熟練手作業の必要性は少なく、したがって経験の無い個人やメーカーの新規業界参入は多いと言われている。また、社長、役員が熟練作業員であった木型製作企業からの転換組も多い。さらに、模型木型からZAS型を製作するメーカー(模型メーカーの納入先)が内製化する動きもある(NCルーターの導入とプログラミング技術の習得で可能)、という競争の激しい業界のようである。

19) ZAS型:試作用簡易金型。材質は亜鉛合金(亜鉛+アルミ+マグネシウム+銅)であり、模型からの鑄造反転により製作される。

20) ㈱三五:自動車用排気管製作専門メーカー、

21) 『木型と鑄造作業法』横井時英、鶴飼嘉彦 1961.8.31 理工学社 実用機械工学文庫9(p243)

22) 三洋化成ニュース「合成木材」2015初夏No.490

5.5 IT活用により新規事業領域の開拓に挑むWI社

WI社は、鋳造用木型製作工場にて木型職人として約10年間修業した社長が、その技能を生かして検査ゲージ、各種製造用治具、試作用モデルなどの製作メーカーとして起業した特色あるメーカーである。2017年8月28日（月）に訪問し、社長のW氏より企業の説明を受けると共に、工場を見学させていただいた。

(1) 会社概要

WI社は、愛知県刈谷市に拠点を置き、2005年5月に創業された従業員数9人の輸送機器用部品の試作用モデル製作、検査ゲージ、各種製造用治具を製作するメーカーである。社長は、愛知県知立市の鋳造用木型製作工場にて木型職人として約10年間修業した後、現在の製品を製作するメーカーとして2005年に独立起業している。

なお、主要製品である検査治具とは、自動車用燃料配管部品やワイヤーハーネスなどの3次元的に配管されたチューブや電気配線の完成寸法精度を、その治具にあてがうことにより検査する装置である。

(2) IT活用状況

WI社は、受注から製作、検査、納入までのすべての業務をIT化し、フル活用している。具体的には、製造設備は5軸NCルーターが5台である。その仕様は、加工範囲が2100mm×1300mm、Z軸：800～900mmが4台、さらに加工範囲が3100mm×1500mm、Z軸：900mmが1台であり、いずれも24Hフル稼働されている。また、完成品の寸法検査機は接触型&非接触型が各1台で、その測定範囲は1.2M×1.4M×1.4Mであり、中型部品までの寸法自動計測が可能となっている。

さらに、NCルーターの加工データは、納入先より提供された製品図面でもある3Dデータをベースに、9人の全作業員全員が各自の担当分を各自が加工・入力している。そして、データ・ネットワーク端末機と作業スペースは各自に割り当てられている。

(3) 特徴

WI社のセールス・ポイントは短納期対応である。その実現のために、各担当者全員が全工程を担当できるように業務分担、教育・育成などを計画的に実施している。さらに、短納期実現の障害となる「ミスのMIN.化」に力を入れている。その具体的な施策は、発注を受けたCADデータからNCルーターへの手入力時間のMIN.化である。その実現のために、入力データの相互チェックなどの体制整備を実施・定着化させている。つまり、「やり直し作業0化＝納期遅れ0化」を目標として掲げ、実現させている。

また社長W氏は、会社の将来課題として次の3点をあげている。一つは、加工精度の向上であり、現状精度0.2mm/2mの半減を目指している。そして、加工精度を支配する最大要因は、作業区域の周囲温度変化による工作機械類の金属熱収縮と考えている。この対策として、現在計画中の新工場では空調設備の充実を図っていく、との方針である。

二つは、粉塵対策である。合成木材の加工屑は微細粉末となって工場環境を悪くしている。その対策として加工区域では作業員は防塵マスク着用しているが、この微細粉末対策を実施してい

く。

三つは、拡販対応である。検査治具、モデルなどの需要は拡大していると判断される。その具体的な背景としては、ネット上に開設しているホームページを通じて未知の業者からの引き合い・相談が拡大しているからである。したがって、NC ルーターの機能拡大（加工可能範囲拡大機・高速加工機などの導入）、その効率的運用管理の仕組みの開発、などによる経営機動力の充実が課題との認識を示している。非常に積極的な経営戦略のもとに、意欲的に規模拡大に挑戦している企業である。

5.6 模型製作各社における現場調査の総括

鑄造産業における模型製作メーカー 5 社の現場調査結果を前節までに述べてきた。先に 4.2「鑄造、後加工・組み付け現場調査の総括」において述べてきたように、今回の調査研究の視点は「鑄造産業ものづくり現場における技能・技術領域での IT 活用戦略とその実態」である。そして、先に述べたように具体的な鑄造産業での「ものづくり現場の技能・技術」の注目すべき調査の視点としては、①3次元CAD/CAM、②解析シミュレーション、③計測の自動化、④技能の技術化（形式知化など）、を取り上げている。そこで今回の調査結果を、この4項目の視点からまとめた結果を次に示す。

①3次元CAD/CAM：活用の有無が次のように明瞭に大きく分かれる。

・活用メーカー：KW社、NW社、WI社

➔KW社：中型鑄物木型製作

NW社、WI社：鑄物用木型以外のメーカー

・非活用メーカー：OK社、KM社

➔2社ともに工作機械ベッド用鑄物木型製作の専門メーカーであり、図面も3DCAD図を2D図として工場内で利用している

②解析シミュレーション：全メーカー非活用（活用可能な解析シミュレーションは市販されていない）

③計測の自動化（製品形状の自動測定が該当）：

・活用：WI社

・非活用：OK社、KM社、KW社、NW社（ノギス、曲尺による計測）

④技能の技術化（形式知化など）：5社ともに未対応。また、その必要性や企業としての行動も認識されていない。

以上から明らかなように、模型製作現場での活用の差異が顕著な項目は、(1)「3次元CAD/CAM」である。今回のインタビュー訪問・調査で対象とした鑄物製品図面（模型メーカーに発注されている）の多くは、3Dデータで設計され、それぞれの模型メーカーにも3Dデータで発注されている。しかし、模型メーカーでのデータの活用、つまり3Dデータによる読図、製作、検査の各工程への適用状況はメーカーにより大きく三つに分かれていることが明らかとなった。

具体的に説明する。一つは、3Dデータで設計・発注されているが、それを従来の2D図面方式

で読図し、形状認識から模型製作、検査までを行っているメーカーが2社。これは、工作機械ベッド用鋳物を専門に製作する模型メーカーである。二つは、発注先からの3Dデータを技術者がコンピュータ上で加工し、そのままNCルーターにて全自動加工するメーカーが2社。この2社に共通する特徴は、鋳物用木型メーカーからの転換組であり。主に検査ゲージや試作型（ZAS）模型製作を扱っている。IT技術の発展とりわけパソコンの技術進歩に触発され、高額投資が必要なNCルーターを積極的に導入し、その業態を転換しているのである。

三つは、その両者の中間的な存在である。木型製作工程の約80%は、納入先からの3Dデータを技術者がコンピュータ上で加工しNCルーターで自動加工する。そして、残り20%の手作業加工と総組付けなどを、作業員が実施する作業形態である。なお、このケースでは、発注先からの図面が2Dの場合には社内で専任技術者が3Dデータに加工し、先に述べた手順で木型製作を実施している。この事実は、技術者による3Dデータ作成に伴う人的負荷の増大と、NCルーター稼働率向上（24H稼働）による加工費用低減を比較した場合においては、後者すなわちNCルーター稼働による費用低減が大きいとの判断がなされていることを意味している。ただし、3DCAD、NCルーターを自由に扱える知識と技術そして経験を積んだ技術者が必要なことは言うまでもない。

6. IT活用の課題とその対応

4, 5章にて鋳造産業の「ものづくり」現場でのIT活用状況の調査結果と、問題点・課題の概要を述べてきた。本章においては、本調査により見えてきた課題について、その背景や原因、そしてその対応策について考察を加える。なお、研究・分析の視点としては、先にあげた4項目の中で調査結果として各社の取り組みに大きな差異がみられた項目、①3次元CAD/CAM、②解析シミュレーション、③技能の技術化（形式知化など）、の3つをここでは取り上げる。

6.1 3次元CAD/CAM

「3次元CAD/CAM」の活用状況については、鋳造産業の中でも鋳造・後加工・総組付けの領域においては大きな差異は認められなかった。一方、実施できた現場調査は限定的な領域ではあるが模型製作における5社の調査結果では、その差異は顕著であった。特に、工作機械ベッド用鋳物木型製作の専門メーカー2社における、3次元CAD/CAM、を図面としても、また製造工程の木材加工にも全く活用していない状況は注目すべき事実であると認識された。そこで、その主な理由・背景を、業務内容、投資&設置必要面積、そして技術の3つの視点から分析・考察し次に述べる。

[3次元CADデータを活用しない背景]

① [業務内容]: 工作機械用ベッド、コラム木型製作が業務であり、加工内容は直線形状が主体で複雑形状の加工は殆ど無い。したがって、手作業での対応が可能な作業である（現時点では自動加工機（NCルーター）導入のメリットは少ない?）。

② [投資&設置必要面積]：自動加工機（NC ルーター）導入には巨額の投資金額と大きな設置面積が必要である。

- ・投資金額；例：加工可能面積 $3,100\text{mm} \times 1,500\text{mm} \times 900\text{mm}$ （Z軸）
本体：約2,700万円，ソフト：約700万円
- ・設置必要面積：約5M（横） \times 2.5M（奥行き） \times 2M（高さ）
- ・設置台数：Min. 2台（複数技能者の同時並行作業を考慮すると複数部品の並行同時製作が必要であり，複数台数の設置が必要）

③ [技術]：IT技術に関しては新しい知識と経験が必要である。具体的な対応策としては，専門技術者の新規採用や若手従業員の再教育が考えられる。

インタビュー訪問で工作機械ベッド用鑄物木型製作の専門メーカーの経営者が語った「3次元CAD/CAM」非活用の理由・背景を整理して先に述べた。この経営者達の語った「3次元CAD/CAM」非活用の理由・背景は，経営学的には論理的であると考えられる。そこで，この認識を踏まえて，調査した他の3社の経営者達は，この3つの課題をどのように考え，解決しているかを改めて整理し，次に述べる。

① [業務内容] の視点では，直線加工が大部分を占める工作機械ベッド用鑄物木型製作においては，生産性の観点からは自動工作機械の必要性は小，の答えが導かれるだろう。しかし，コストの観点からは，自動加工機（NC ルーター）の24H稼働は，大幅な作業効率改善とコスト低減を生み出す。その一方で，その24H稼働は大幅な作業効率改善とともに新たな経営上の課題を生み出す。それは，新規受注が無ければ，作業効率向上により機械と作業者の手空き時間の発生に直結する，という課題である。

この課題を，他の3社つまりKW社・NW社・WI社は，検査ゲージ・試作ZAS型用模型・ベッド以外鑄物模型などの新規市場開拓で解決している。つまり，「3次元CAD/CAM」の活用のためには，新規市場開発という未知の領域への挑戦が必要であり，またその挑戦が売り上げ拡大にもつながっていく，という構図が見えてくるのである。

② [投資&設置必要面積] と③ [技術] の視点も重要であるが，個別の解決策での対応が主体であり，ここでの詳細説明は省く。ただし，模型製作企業は従業員10人以下の，いわゆる小企業である。したがって，③ [技術] に関する経営者諸氏へのインタビューから見えてきたのは，経営者の年齢によるIT技術への関心度，親密度の違い，さらには後継者の有無などが，その経営判断を大きく左右している，と推測されることである。新しい経営環境，特に革新的な新技術が登場した場合の，個人企業ともいえる中小企業ならではの共通する課題とも言える。

つまり，汎用サービス商品である3次元CAD/CAMシステムを，いかに「自企業製品にカスタマイズして活用していくか」という視点が企業間競争力としての重要ポイントとなっている，ことを明らかにしているケースと考えられる。

6.2 解析シミュレーション

解析シミュレーションは鋳造、後加工・総組付けの4社ともに導入している。しかし、その活用程度・領域には大きな違いがみられる。その相違点は次の2点である。一つは、適用製品の範囲である。KI社、JT社、HK社の3社は原則的に全製品に適用している。また、その適用基準も文書にて明確化されている。逆に、TM社では、その最終判断は熟練技能者に任されており、その判断基準も文書化されておらず明確ではない。

二つは、解析シミュレーションでの計算結果と実製品による実物確認結果との比較検証、結果の違いの技術的検証とシミュレーション・ソフトへの反映、の確認サイクルの実施の有無である。特に、解析シミュレーションの精度向上のためには、二番目にあげた確認サイクルの仕組みづくりと確実な運用管理が非常に重要である。その理由を次に簡単に説明する。

CAEの基本ソフトは、NASAで開発された基本技術をベースにして豊富な経験と優秀な科学者、技術者を採用しているCAE専門メーカーが作成し全世界に向けて販売している汎用ソフトが一般的である。したがって汎用性は高いが、CAEを高精度で有効に活用していくためには、各企業において個々の製品への技術的カスタマイズが不可欠である。つまり、各個別製品毎にCAEでの計算結果と実製品による実験結果との比較検証、結果の違いの技術的検証とソフトへの反映などが必要となるのである。

この条件を工作機械用ベッドなどの少量生産かつ大型鋳物に当てはめると、技術力、人員対応力など製品ごとのカスタマイズの難しさが容易に理解できるのではないだろうか。この難問に対してJT社は新製品工程設計と品質問題解決の両面作戦で徹底して対応していると考えられる。

「ものづくり」事業において品質不良対策は、鋳物製造を含めてコスト、デリバリー、そして顧客信頼度の点からも最重要課題の一つである。この課題解決にCAEを活用することは、その効果や信頼度などの多くの点から社内外の関心を集めることにもつながる。つまり、CAE活用のための関連技術の進歩や業務推進の仕組みの改善をもたらすことにつながっていくと考えられる。さらに、この解析を同社は現場経験技能者の中から選抜して技術者として再教育し担当させている点にも特徴がみられる。

以上に述べてきたように、解析シミュレーションというITサービスの能力を最大限に発揮させ競争力に結び付けるためには、自社製品・技術・技能へのカスタマイズが必要条件となる。つまり、汎用サービス商品であるIT解析シミュレーションを、いかに「自社製品にカスタマイズして活用していくか」が企業間競争力としての重要ポイントとなっていることを見逃してはならないことを強調しておきたい。

6.3 技能の技術化（形式知化など）

TM社では技能の技術化の動きは見られず、また経営者の認識も感じられなかった。

むしろ、技能は熟練技能者に任せる、熟練技能領域は経営者でも不可侵領域である、の考え方が経営の柱にあると推察される。言葉を換えれば、経営者が熟練技能者であった創業時の考え方が強く残り、技能の技術化の発想は生まれず、許されない、の考え方が現在も色濃く残っている

ると考えられる。

しかし、他の3社であるKI社、JT社、HK社は重点施策として全社をあげての取り組みが行われている。具体的な技術・技能の内容は各社の企業秘密に該当するため、聞き取りはできていない。しかし、各社の文書化された技術規定類には、鑄造における重要点は全て網羅できているとの説明であった。例えば、模型では、木型の構造、抜き勾配や、型割り、材質までを含む。さらに鑄造法案である湯道法案、押湯法案までも規定され文書化されている、とのことであった。

さらに、HK社では熟練技能作業の中でも高難易度に位置付けられる「きさげ加工」の技術化への取り組みが行われている。その詳しい取り組み内容は、4.2.1にて述べた。ポイントは汎用IT技術であるビデオ撮影と作業動作の理論的分析、そして技能者への聞き込み、から構成されており、研究手法としては一般的に良く知られた手法である。

ここでも汎用サービス商品であるIT機器、画像分析ソフトを巧みに利用して、いかに「自社製品にカスタマイズして活用していくか」の行動と考え方がみられる。この行動と考え方が企業間競争力としての重要ポイントとなっていることを見逃してはならない。つまり、「ものづくり」とは、「もの」の情報を設計が創造し、製造にてその情報を「もの」として形に作りあげる、と言われてきた。IT技術が進展した現在社会においても、その基本的な流れは変わらない。

しかし、設計領域にも製造領域にもIT技術で生み出された、様々な仕組み、すなわちサービスが登場し、そのサービスの活用の仕方が企業競争力を大きく左右する位置にまで経営的重要性を高めている。つまり、「もの」と「サービス」の融合化をどのように進めていくか、が競争力を左右すると言えるのではないだろうか。

7. おわりに

本研究の目的は、日本の「ものづくり」産業が長年にわたり築き上げてきた国際競争力の源泉の1つである熟練技能を、次世代の「IoT」技術社会において、どのように生かしていくべきかを様々な視点から眺め、課題を浮かび上がらせることにある。

そのために、日本の「ものづくり」の中でも伝統的な職人技能を色濃く残す産業と言われる「鑄物づくり」を取り上げ、様々なITの仕組みと、日本の「ものづくり」国際競争力を支えてきた熟練技能との関係を、企業訪問活動を中心に現場調査した。

現場訪問調査により見えてきた事実をまとめると、①IT活用は進んでいるが、企業による違いが大きい、②企業特性に応じた汎用ITサービスの個別活用化推進が課題である、の2点である。そして、このことは「設計とサービス(IT)の融合化」と言い表せるのではないだろうか。つまり、「ものづくり」においては設計と製造が2大要素であったが、この2要素それぞれにITの仕組み(汎用サービス)を融合化させて、個別最適(製品別or企業別など)な仕組みを作り上げることが、企業競争力の視点から非常に重要な課題となってきたという事実である。言葉を換えれば、ITシステムという非常に進歩の早い、そして他とのネットワークづくりがポイントという革新的な技術を自社に個別最適させることが重要課題となってきた、と言えるのではないだろうか。

そして、大企業であれば、この事実をしっかりと認識し、その目的達成のために専門技術者を採用して各領域の専門家を集めた組織を構成し活動させている。また、その専門チームが社外の動向を常に注視し、必要であれば社外組織との連携や個別依頼を行う、などの行動の計画・実行が可能である。また、その活動に必要な資金調達も容易であると推測される。しかし、これらの活動は、中小企業にとっては非常に難易度の高い課題であることは言うまでもない。日本の産業構造調査によれば、企業数では中小企業が99.7%で380.9万社²³⁾を占めている。

本研究からは、企業数で大部分を占める中小企業が、グローバルに押し寄せるIT化の波の中で悪戦苦闘を強いられている姿が見えてくる。厳しい資金のやりくりの中で汎用ITサービスを導入し、販売元が推奨する利用方法に沿って、どうにか運用している状況、と言っても言い過ぎではないと言える。この事実を踏まえて「ものづくり」日本の将来を考えたとき、早急な「中小企業への現場に即したIT化支援」が必要である。

また、このような課題に対する中小企業の支援組織としては、地元の大学の工学部や地方自治体が組織する産業科学技術センターなどがあげられるが、その実態・課題などは次の研究課題として取り上げていきたい。

参考文献一覧

- 伊丹敬之編著『日本の技術経営に異議あり』2009.11 日本経済新聞社 (p128)
- 太田信義『自動車産業の技術アウトソーシング戦略—現場視点によるアプローチ』2016.11 水曜社
- 経産省製造産業局素形材産業室「新素形材産業ビジョン」2013.3 新素形材産業ビジョン策定委員会
- 経済産業省製造産業局素形材産業室「素形材産業をめぐる現状と課題」2015.11.18
- 小池和男『仕事の経済学』2005.3 東洋経済新報社
- 中江秀雄『鑄造工学』1995.1 産業図書(株)
- 日本経済新聞朝刊「創論：IoT社会が問うもの」2017.3.28 日本経済新聞社
- 日本経済新聞朝刊「暗黙知 日立が破った殻」2016.1.12 日本経済新聞社
- 納富義宝「春季研究交流会報告要旨集」2016.3 基礎経済科学研究所
- 村川英一『熟練技能の継承と科学技術』2002.1 大阪大学出版会
- 望月栄治「鑄造用樹脂模型材料における表面改質の影響」2008.10 鑄造学会
- 横井時英、鶴飼嘉彦『木型と鑄造作業法』1961.8.31 理工学社 実用機械工学文庫9 (p243)
- 吉田弘美『みがき加工』2012.1.24 日刊工業新聞社 5.4 木型づくり技能をベースに新規分野へ挑戦する個人企業NW社

23) 中小企業数：99.7%，万人（2016年 経産省「中小企業白書」による）