

調査・研究報告書の要約

書名	平成18年度 次世代社会構造対応型製造技術の体系化調査報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・財団法人 製造科学技術センター				
発行年月	平成19年3月	頁数	126頁	判型	A4

[目次]

1.	はじめに	1
2.	調査内容・体制	2
2. 1	調査の目的	2
2. 2	調査の内容	2
2. 3	調査体制	3
2. 4	委員会・WG開催状況	4
3.	日本の製造業を巡る社会、経済的課題	5
3. 1	日本社会の構造問題が製造業にもたらす課題	5
3. 2	日本の製造業をめぐる社会、経済的課題	8
3. 3	ものづくりにおける技能伝承	12
3. 4	日本の製造業の強み・弱み	17
3. 5	サステナビリティの観点から	19
4.	生産システムに関する調査	21
4. 1	生産システムWGの考え方・進め方	21
4. 2	わが国生産システムの問題点及び課題	22
4. 3	生産システムと技術戦略マップ	35
4. 4	生産システムロードマップ作成の作業	37
4. 5	生産システムロードマップ	40
5.	設計に関する調査	45
5. 1	設計WGの考え方・進め方	45
5. 2	設計技術の問題点及び課題	47
5. 3	設計ロードマップの考え方	50

5. 4	設計ロードマップ	52
5. 5	設計ロードマップ解説	54
6.	製造技術の動向調査	70
6. 1	動向調査の概要	70
6. 2	質問内容	70
6. 3	調査内容について	72
7.	製造技術戦略マップの策定に向けて	74
	おわりに	75
	参考資料 調査結果	77

[要約]

製造技術ロードマップは、生産システムと設計技術という2つの分野に分けて作成した。

生産システムに関するロードマップはまず具体的な生産システムにおける問題点を解析した。「人と設備と物のネットワーク」として生産システムを捉え、「製造業の課題」を考察した。具体的な生産技術としてレーザ加工技術を挙げ、技術課題及び今後の展望を調べた。次に自動車産業を例に「モノづくり革新の取り組み」と「グローバル生産」を、またICT企業における生産システムの歴史から生産システムの「現状と課題」とを考察した。以上の検討を経て、生産システムに関する技術ロードマップを検討するワーキンググループ(WG)は、未実現技術も含めて要素技術のキーワードと実施時期を検討した。特に、サステナビリティを環境と社会の面から取り上げて、重要視した。生産システムの活動範囲は広いため、今回の体系化では、いわゆるデスクリートな部品や製品を製造する機械組立て産業を選択した。化学や材料のプロセス産業は対象外とした。

出来上がった生産システムの技術ロードマップは技術要素の列挙とその時間的成熟度を示すことができた。しかし、生産システムでは技術要素が単独で発展することはまれであり、製品を構成する多くの技術要素の総合的な進歩で社会技術としての製造技術となる。今年度の技術ロードマップはまだそのような相互の関係の表現には至っていない。

設計技術ロードマップは、設計におけるコンピュータ支援技術を中心に調査した。2次元CADが設計ツールの主流となっていたころは「設計技術者＝設計図面を書く人」であったが、現在の設計は製品の機能、製法、利用法、ならびに工場内管理まで全ての製造技術を見通すための総合技術になっている。フロントローディングと呼ばれるようにモノづくり工程の上流での製造システム全体を掌握するのみならず、製品が社会へ及ぼす多様な効果を的確に評価する役目までも担っている。そのような認識のもと、設計技術の問題点

と課題とを日本の製造業競争力強化の視点も加えて、細かく検討した。そのひとつの現物融合型エンジニアリングは、最新の3次元形状計測技術をベースにして現物とデジタルエンジニアリングを結び付けるもので、IT技術と計測技術の統合が日本の製造業の競争力を強化する方向である。これは、第3期総合科学技術計画のものづくり技術分野においても「ITを駆使したものづくり基盤技術の強化」と「ものづくりのニーズに応える新しい計測分析技術・機器開発、精密加工技術」を重要課題としているように認識はされているのだが、具体的な施策は研究活動には結びついていないのが現状である。このような競争力強化に関する検討も織り込みながら、設計技術のロードマップを構築した。設計技術の守備範囲が広がっていることから細かい要素技術に関する検討は今回省略した。またCAEのように個別プロセス技術が必要な技術については、その全体像を論ずるだけに留めた。それでも設計技術ロードマップの作成の価値は極めて高いと思われる。

1. 調査の目的

日本は、工業立国として製造（ものづくり）を中心に、世界の中でも先進的な取り組みを行ってきたが、近年、工業製品の製造技術を向上させてきた地域との競争に直面しており、今後は、コスト競争力の強化や、製品の差別化等による輸出競争力の向上のため、製造技術についての統合的な整理が求められている。

また、資源の大半を海外からの輸入に拠っている日本にとって、資源の有効活用という新しい観点も加味した循環型製品製造等の製造技術についても検討が必要である。

このような状況の中で、産学官が連携し、これから10年、20年先におけるわが国製造業の競争力を確保するために必要な技術課題を明らかにし、その導入シナリオを示すための基礎調査として、製造技術（設計及び生産技術を含むものづくり技術）について過去からの技術及び将来出現が予想される技術を体系化した技術マップ並びにそれら技術の導入、実用化時期をプロットした予測した技術ロードマップが必要である。

以上より、本事業では、製造技術について、技術の体系化と今後求められる技術開発についてロードマップを作成し、日本の製造業（ものづくり）のあるべき姿を検討することとした。

2. 調査の内容

日本の製造業のあるべき姿を模索する上で、5年後、10年後の日本の製造技術（ものづくり）の競争力強化のための技術課題を明らかにするために、製造技術分野について、最新技術だけでなく現有技術も加味し、また融合的に捉えられる技術も取り込み、5年後、

10年後をターゲットとしたロードマップを作成すべく、以下を行った。

①生産工程の自動化からセル生産方式に至るまでの製造技術・製造工程の動向調査及び検討

本調査では、日本の製造業各社に対するヒアリングを実施した。

②動向調査に基づく製造技術の体系化

製造技術の体系化・階層化を実施した。

③将来的な製造技術動向分析、製造技術ロードマップの概念設計の実施

社会環境変化における将来的な製造技術動向分析を実施し、製造技術ロードマップの概念設計を行った。

3. 生産システムに関する調査

(1) 状況

わが国では、製品製造を行っている企業が、個々の製品製造手法や生産技術を進化させてきた。今後も製造技術の発展に関して、企業は中心的な位置にあると思われる。

近年、企業は、コスト競争に勝ち抜くために製造現場の海外シフトを進めてきたが、すべてが成功しているとは言い難い状況である。このような環境の中で、製品製造を行なっている各企業は消費者ニーズ、安全・安心、高信頼性、高付加価値化、環境対応、グローバル生産体制等の問題点を乗り越えるため、様々な対応策を検討している。

本WGでは、まず、製造技術の動向調査のデータ等をもとに、現在の製造技術のキーワードをピックアップし分類した。次に、10年先を目処に製造技術あるいは製造体系がどのような様になっているかを分析することとした。

(2) 検討の対象について

本事業では、設計WGと生産システムWGとで検討を実施することとしたため、生産システムWGは、設計関係以外の生産システム全てが検討の対象となる。それらは、広範囲の産業、製品、製造技術等を含むこととなるため、今年度は、分類したキーワードの中から、数例の技術項目を選定し、それらについて、製造技術ロードマップ化の検討を行うこととした。

4. 生産システムに係わる製造業の課題

わが国製造業は、戦後最大の景気拡大期を迎えようとしている。しかし、一方で、これまで、オイルショック、バブル経済等、幾度もの経済危機を経験しており、今後の経済発展を堅調かつ継続的なものにするためには、中長期的視点での基本的課題への備えが必要

である。特に、わが国の生産システムは、これまで製造業の発展を支えてきた実績があり、生産システムの効果的な開発と適用が今後の経済効果へ及ぼす影響は極めて大きいと考えられる。生産システムに関連した、わが国製造業を取り巻く主な環境および課題として、以下が挙げられる。

- ① 先進各国間の競争と低賃金労働国の追い上げに打ち勝つ差別化
- ② 労働力の構造変化への対応
- ③ 地球環境への配慮など社会的責任や規制への対処

先進各国間の競争や低賃金労働国の追い上げに打ち勝つには、品質、コストおよび納期における継続的な差別化が求められる。先進各国間の差別化では、主に最先端の製造固有技術や生産方式を如何に駆使するかが求められることになる。製造固有技術については、様々な分野で個々の開発が望まれるが、単に生産工程での改良にとどまらず前工程である製品設計や後工程の品質保証、メンテナンスなどと相互作用を及ぼすことで、顧客満足度や企業利益を向上させる優れた製品あるいはサービスを生み出すことが重要となる。生産方式に関しては、それぞれの現場で求められる固有のノウハウに加えて、ITを如何に効果的に活用するかが一つの重要な方向であることは否定できない。特に、設計から生産へ移る過程で、生産準備におけるIT活用の遅れは課題である。また、顧客ニーズの多様化に伴い、変種変量生産への対応が求められ、ライン生産とセル生産の最適化などが課題となっている。例えば、セル生産については、多能工化や多大な教育訓練時間が必要であること、ミスに気がつきにくいこと、設備投資が膨らむこと、大型製品を取り扱いにくいことなどが課題となっており、世界最先端といわれるわが国の生産方式についてもまだ多くの課題を抱えていることがわかる。

一方、低賃金労働国の追い上げに打ち勝つには、大きく2つの方向性がある。1つは低賃金労働者による生産コストに打ち勝つべく自動化率を向上して、高い生産効率と高品質、短納期を実現して差別化する方向で、他方は高い賃金の労働者を抱えながらも、低コスト、短納期で生産できる生産システムを構築する方向である。自動化率を向上するためには、そのための設計変更や低コストの自動装置や汎用性の高いロボット開発などが実用化の鍵となる。

労働力の構造変化については様々な課題があげられるが、直面しているのは団塊の世代が大量に退職して、熟練技術者や熟練技能者が一挙に不足する問題がある。企業によっては雇用延長やOBの採用などの対策を講じているところもあるが、労働者の高齢化は、生産現場において高齢者専用の支援設備を必要とし、一方では高齢者と年代差のある技術者、技能者への技術、技能伝承の課題がある。また、労働力不足の解消などを目的として、外

国人労働者を採用して高能率で働いてもらう方法や設備・技術が求められる。生産量の変動吸収においては、労働者への教育方法や生産ラインで直接に作業援助できる生産システムなどの構築が求められる。一方で、これら労働者に関する対処の他、ロボットなどを用いた生産の自動化率向上や完全自動化といった視点での対策も考慮する必要がある。

地球環境や安全・安心社会への配慮など社会的責任の達成のためには、産官学連携による啓蒙活動や企業風土の改革は勿論、そのための循環型製造技術の開発への投資を怠ってはならない。また、安全・安心社会実現のためには、そのための検査技術や信頼性向上技術の開発はもちろん、第三者的に評価できる品質管理システムなどの構築も重要である。各種の規制については、その規制を遵守するための生産システムが求められるのは当然であるが、事前に規制レベルを予測した準備（開発）は、企業間の差別化に繋がる。

以上、生産システムに関連した主な課題の概要についてあげたが、これらの技術の開発や普及において、産業分野、業種および企業規模によって必要となる具体的な技術や時期は大きく異なる。ある特定の産業分野・業種、規模の企業が重要と考える開発課題であっても、他の分野・業種や、企業規模が異なる場合には、必要となる技術の種類や時期が異なる。例えば、生産形態一つをとっても、分野・業種によって、見込み生産、個別受注生産、繰り返し受注生産、受注組立生産など、適切な生産形態は様々で、多様な個々の生産形態に合わせた生産システムの構築が必要である。また、CAD・CAM・CAEをコンカレントに行う3次元統合システム等については、開発に関心が持たれて実用化が始まったのは10年以上も前である。しかし、実産業での普及率で見ると、3次元CADだけの利用でさえ、未だ2次元CADが多く使われているのが実態で、中小企業まで含めたわが国製造業全体での適用状況たるや未だ途についたばかりといっても過言ではない。先端技術は、一般に、ハイテクベンチャー、大企業、中小企業といった順番で普及が進むので、研究開発動向からだけの視点では、わが国に必要な生産システムの動向を見誤る恐れがある。したがって、産業界での課題や必要な技術・システムを検討する際には、わが国製造業の個々の産業分野・業種や企業規模別に、どのように普及しているかという現状認識と、今後、どのように展開、普及させていくかといった、産業分野・業種および企業規模をパラメータとした戦略が極めて重要であると考えられる。

製造技術ロードマップの概念設計は、生産システム及び設計分野について実施した。このうち生産システムロードマップは、以下のように分類した。

(1) 生産システムロードマップ

- ①生産プロセス技術
- ②生産管理・情報技術

③環境を考慮したサステナブルマニュファクチャリング技術

④社会を考慮したサステナブルマニュファクチャリング技術

5. 設計に関する調査

最初に設計 WG が対象とする範囲を決めた。設計には大別すると、電気設計、機械設計、ソフト設計の3つがある。

どの分野も重要であり、特にソフトの分野は「組み込みソフト」を中心に製造業にとって重要な技術カテゴリーになっている。すべての分野を検討すべきではという声もあったが、範囲があまりに広がるため、機械設計分野に絞り込むことにした。生産システム WG の対象も機械加工、組み立て産業中心ということも理由の一つだった。

機械設計と一言で表現した場合、従来は詳細設計、広めに採っても構想設計を含む範囲が普通だった。しかし、3次元化が始まると、「3次元データの多重活用」「開発のフロントローディング」というキーワードの元、機械設計者の業務範囲が広がってきている。そこで、今回は製品企画など前後の工程に関しても取り込みを図っている。

次に、日本の製造業が求める姿を考えた。「高品質、低価格」という従来からのキーワードや「圧倒的な技術力」「ブランド力」などが考えられるが、次の3点を提案することにした。

(1) 「日本の製造業に合致した設計システム」

(2) 「中小企業に適した設計システム」

(3) 「世界で戦える設計システム」

そして「日本発のものづくり設計システムを発信」することを目標にすることにした。

当初の計画では次の3ステップで実施する予定だった。

ステップ1：将来のキーとなる技術、手法を検討する

ステップ2：キーとなる技術に関して、実現可能時期と影響度を評価

ステップ3：研究必要項目の選定と報告書作成

設計技術と一言でいうが、その範囲は年々広がっている。コンピュータ技術の進展により2次元CADが設計ツールの主流となっていたころは、設計技術者＝設計図面を書く人、であり、試作、生産準備に対して「図面」を出図すればよかった。また、別のユニットの設計者とは人間系で連携するのが普通だった。また、自動車産業などは、設計技術者は設計構想を提示するだけで、「トレーサー」という専門職が図面を実際に書いていた。非常に

分業体制が進んでいたといえる。ここに、日本では協調性、協力性、つまり「あうんの呼吸」を発揮してモノづくりの分野で世界をリードしてきたのである。

コンピュータの中に3次元形状を作ることができる3次元 CAD が普及してくるとこの状況が大きく変わってきた。フロントローディング、つまりモノづくり工程の上流で機能、品質、生産性の作りこみをできるだけする体制が主流になっている。これにより、設計部門がつかさどる仕事の範囲が大幅に広がっている。試作レス、コラボレーションといったキーワードが生まれ、3次元データをどう活用するかが企業の成長を決めるとまで言われている。

このように3次元を中心にしたフロントローディングを目指した設計体制が進む中、多くの問題が発生している。企業が今すぐ実現したい設計体制を簡単に書くと次のようになるであろう。

- ・ 製品企画に基づき設計者が機能、品質を考えながら、概要を3次元 CAD で設計する。
- ・ このデータを元に詳細設計を進める。この際、機械設計と電気設計間、ユニット間、ユニット内の部品間で設計データを自由にやり取りして、また、構造解析などの CAE、動作確認などにデジタルモックアップを使いながら機能、品質を作りこんでいく。
- ・ 機能試作はできるだけ省き、コンピュータ上で実施する。
- ・ ある程度まで設計が進むと、生産と設計間で3次元データを元に生産性を検討する。
- ・ 設計データは PDM システムに格納され、調達、生産、メンテナンスなどに多重活用される。

しかし、現実には半分程度しか実現していない。

ホストコンピュータで集中管理する形式の時代は2次元が主流だった。3次元の出始めは WS 上で活用する CAD が中心で、1セット 1000 万円以上する高価なものだった。その後、パソコン上で稼動する CAD が出現し、現在では設計者一人に1台の CAD があるのも珍しくなくなっている。

しかし、現状の CAD には多くの問題点がある。乱暴に言うとな設計に向く3次元 CAD がないということだ。詳細設計に用いる3次元 CAD の操作性が設計者にとって満足いくものではない。また、データをやり取りする際に、異なる3次元 CAD 間でデータがうまく渡らないという問題もよく起こっている。ダイレクトトランスレータというツールもあるがまだ高価である。

解析関連では設計者向けと歌ったツールも多く出ているが、解析内容、精度、使い勝手

に問題が残っている。試作はかなり省けるようになってはいるものの、質感、触感といった面から「試作レス」は実現できていない。



3次元データの多重活用の面から見ると、BOM（部品表）にも問題がある。設計、調達、生産と別々のBOMを運用している。必要な項目が違うということが原因であるが、統合することが望ましい。

製造技術ロードマップの概念設計のうち、設計分野については、以下のように分類した。

（2）設計分野のロードマップ

- ①ビジネススピードの向上
- ②製品付加価値の向上
- ③グローバル化への対応

本調査では製造技術ロードマップを、設計システムと生産システムに分けて作成した。この2つのシステムは異なると一般には理解されているが、共に、製造過程全体を理解し、製造技術を取り込む必要があるという点で共通性は高い。しかし、製造技術ロードマップがこれら2つだけで表現できるはずも無い。製造技術の全体像を描くために、今年度、この2つの視点を確立することを試みたということが出来よう。出来上がった2つのロードマップが、次世代社会構造対応型の製造技術を理解する一助となることを期待するものである。同時に、今後、これらのマップの深堀り、ならびに製造技術の基礎となる加工プロセス技術や管理技術に関する技術ロードマップを作成することで製造技術全体の戦略構築に資することを願うものである。

	<p>この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。</p> <p>http://keirin.jp/</p>	
---	---	---