

巻頭論文

現場密着型生産技術によるモノづくり力の強化



岡村将光*

Productivity Improvement Based on Manufacturing Engineering with Close Coverage of Production Site

Masamitsu Okamura

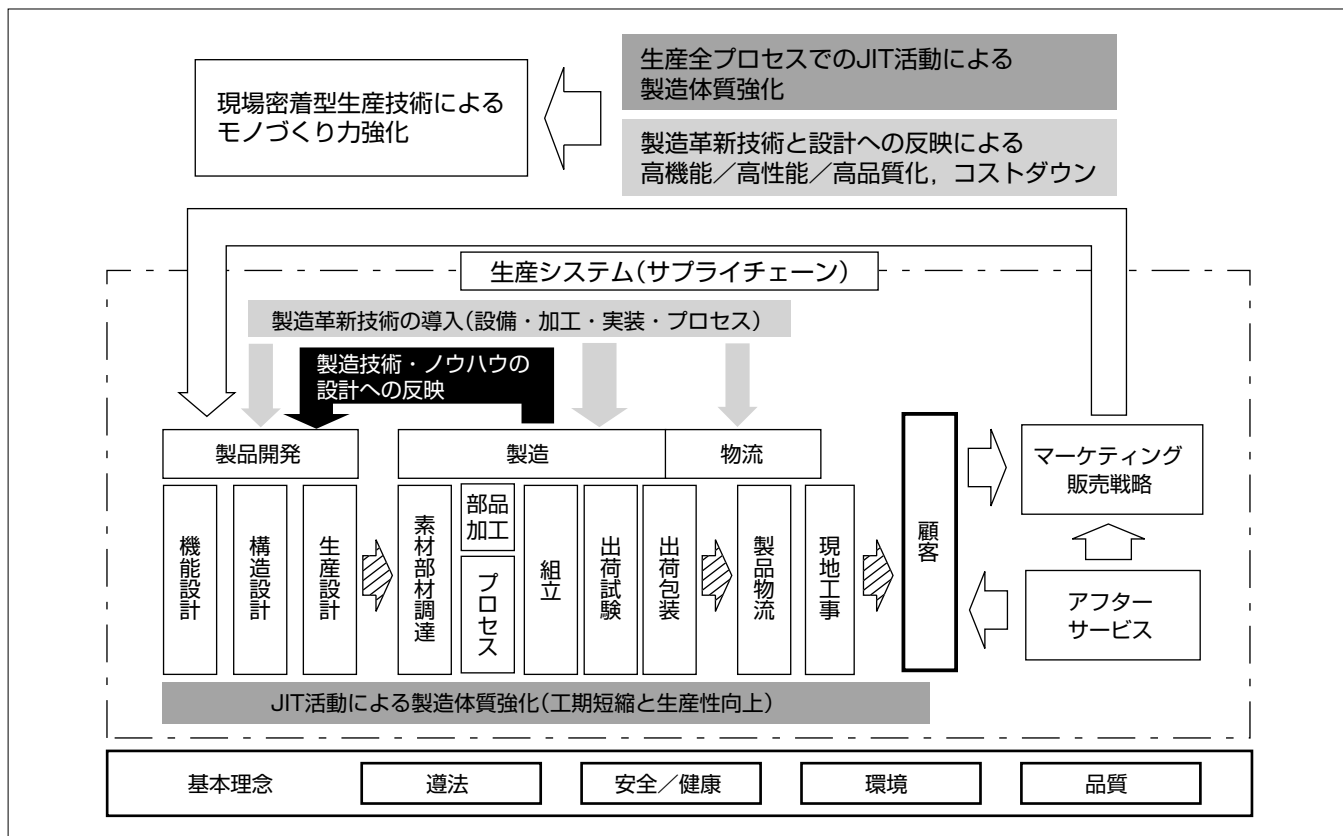
要旨

世界の経済環境は、中国・インドに代表される新興国の台頭による市場バランスや競争環境の変化、素材高騰、為替、環境問題など、変動要因が大きい。また、これまで培ってきた“モノづくり大国”としての日本の地位はすでに絶対的ではなく、日本の製造業はグローバル競争に生き残るためのモノづくり力を再構築しなければならない。

そのために果たすべき生産技術の役割は、製造技術力の高度化、資材調達から客先納入まで生産の全プロセスにおけるムダの排除、市場環境の変化に即応できる生産管理・

情報システムの構築などによる“現場の製造体質強化”と、製品の機能に遡(さかのぼ)り作りやすさの観点から基本構造を見直す生産設計や、製造技術・ノウハウを製品に反映する構造設計による“製品力・市場競争力強化”であり、いづれも現場に密着した活動が重要である。

本稿では、三菱電機の実験室・モノづくりを牽引(けんいん)する中心組織として1994年に発足した生産技術センターでの具体的な活動事例の紹介を通じて、当社のモノづくり力強化への取組みと生産技術の役割について述べる。



モノづくり力強化と生産技術の位置づけ

モノづくり力の強化のためには、①JIT (Just In Time) 活動をベースとした現場の製造体質強化、②構造設計・生産設計による製品力・市場競争力強化が重要であり、生産技術者は製造と設計を結ぶ重要な役割を担う。

1. ま え が き

2008年度下期からの経済危機はようやく底を打ち、世界の経済環境は緩やかに回復しつつあるが、中国・インドに代表される新興国の台頭による市場バランスや競争環境の変化、素材価格の高騰、国内経済の停滞、為替、環境問題など変動要因が大きく、その度合いには事業分野・地域ごとに大きな差異がでると予想される。

一方、“モノづくり大国”としての日本の地位はすでに絶対的ではなく、製造拠点のみならず開発拠点のグローバル展開も避けて通れない現実の中で、日本の製造業は外部環境に影響されない強固な経営体質を作り、発展していかねばならない。そのためには、国内工場をマザー工場としてその実力を確たるものとし、海外拠点・協力工場が一体となったグローバル生産体制を構築し、環境の変化に即応できるように進化させていく必要がある。

その鍵(かぎ)は現場の製造体質の強化である。当社では、JIT活動を核とした資材調達から客先納入までの生産全プロセスにおける徹底したムダの排除、製造ラインでの生産性向上・不良低減、購入品の品質改善などを推進している。

またその一方、製品が性能・コスト・品質・サービスで常にトップランナであり続けるためには、生産技術から製品を革新していくことが重要である。そのため、製品の機能に遡って作りやすさの観点から基本構造を見直す生産設計、製造・設計現場を踏まえた製品構造設計、製品差別化のためのキーパーツ内製化などの活動を強化している。

本稿では、現場密着型で進めているこれらの活動について、生産技術センターでの取組み事例を中心に述べる。

2. 生産技術センター及び関連組織の活動

当社の生産技術は、1993年に発足した生産システム本部が統括している。生産システム本部は、全社の生産にかかわる施策の企画・推進をつかさどる4部(生産技術部、品質保証推進部、環境推進本部、ロジスティクス部)と、生産システム技術の開発・実用化及び事業部への展開を担当する3センター(情報システム技術センター、設計システム技術センター、生産技術センター)から構成されている。

全社的施策としては、①JIT活動の生産全プロセスへの拡大、②品質・信頼性向上活動、③低炭素化社会に向けた環境負荷低減活動などの項目を展開している。

その中で生産技術センターは、1994年に当社の生産技術研究所と生産システム技術センターを統合して組織化され、全社の生産技術・モノづくりを牽引する中心組織としての役割を果たしてきた。現在の活動は、現場に深く入り込むことを基本に、①JIT活動をベースとした現場の製造体質強化、②革新的な生産技術による生産設計とそれを実現する設備開発、③構造設計による製品力・市場競争力強化に

注力している。

3. 製造体質強化

3.1 JIT活動の深化と拡大

当社は、2003年度から棚残改善(生産体質強化)を目的とし、“5S(整理・整頓・清掃・清潔・躰(しつけ))3定(定位・定品・定量)”と“徹底したムダ取り活動”を基本とした全社JIT活動を開始した。

全社展開にあたっては、本社生産技術部と生産技術センターとが中心となって、意識改革、活動活性化のための推進責任者/推進キーマン教育、優良企業見学などの施策展開と、トップ診断、個別改善支援、自主研究会の立ち上げなどの活動支援により深化と拡大を図ってきた。

一方、各製作所では、JIT思想に基づいて製造部門からスタートし、現場発信型で順次、生産全プロセスに活動範囲を深化/拡大してきた。また、各部門が相互連携し、棚残回転率の向上、損益改善など、儲(もう)けにつなげるJIT活動を展開し、体質強化が図られつつある。

ここでは、JIT活動のさらなる深化、拡大に向けた現状と今後の取組みについて述べる。

(1) 活動の深化

①自発的・継続的に改善する風土の醸成と人材育成

はじめに、生産管理板などの活用による問題・課題の見える化、徹底したムダの排除によるモノ/人の視点で改善を行い、7ゼロ指標(Products Inventory Cost Quality Maintenance Delivery Safety : PICQMDS)による成果の見える化でPDCA(Plan Do Check Action)を回すことによって成功体験を積み重ね、自主的活動への定着を図っている。

次に、全社施策であるJIT改革推進制度、指導者認定制度、全社発表大会、3日間改善、自主研究会の活性化などにより改善活動を継続的に拡大している。

②5S3定から流れ化、平準化、標準作業化

生産技術センター各技術部門の連携により、製造技術と生産管理技術の融合した活動を強化している。具体的には、自動化/セル化、加工法/段取り改善、直行率向上、小日程同期化などにより、ライン改善からライン革新へステップアップする取組みを行っている。

(2) 活動の拡大

①受注から出荷・現地工事まで生産全プロセスへの拡大

総合工期中のウェートが高い外注品、購入品に焦点を当てた調達JITを強化推進し、マザー工場(製作所)と連携したJIT活動を国内関係会社・協力工場に展開中であり、今後更に拡大する。

また、工期の長さがコストへ与える影響が大きい現地据付け工事にも着目し、工事部門、担当製作所と連携して、現地据付け工事の工期短縮と物流改善に注力している。

②海外関係会社への活動拡大

現地工場のレベル・環境に応じた活動を、マザー工場（製作所）と連携して中国、東南アジアを中心に展開している。

国内工場と同レベルを目指し、人材育成、総合工期短縮に向けた5S3定、ムダ取り活動などを強化・推進している。

3.2 工程内の不良低減活動

工程内で発生する不良の低減は、製作所の生産性を改善するだけでなく、製品の品質を高めて製品価値を向上させる上で重要である。生産技術センターでは、多くの製作所を対象に不良低減活動を展開している。

工程内不良低減活動の基本は、発生している不良に対し、課題、目標、体制を明確にした上で、“原因究明”“対策の立案”“対策の効果検証”“量産適用”“量産評価”のサイクルを効率よく回すことである。

不良解析には高度な技術を要する、原因が複数の工程・複数の部門にまたがり原因究明に時間がかかる、十分なリソースを確保できない等の理由によって、原因究明が未完のまま対症的な対策にとどまり、効果的な改善ができないケースが多い。

生産技術センターでは、対象製品・技術に適した技術者を生産現場に密着させ、先に述べた各サイクルを着実に実行することで、効果的に改善活動が進むよう支援している。具体的事例として、太陽光発電セルの不良低減活動について述べる。

工程内不良には①特性不良、②外観不良及び③破損があった。特性不良については、セルの発熱解析と断面観察によって、原因が反射防止膜の異物であることを突き止め、①異物発生の抑制、②飛散の抑制、③次工程への持込みの抑制という3つの視点で対策を実施し、異物付着量を対策前の半分以下に抑えた。

外観不良については、不良セルの脱ガス分析によって、原因が有機汚染であることを明らかにし、対策として、工程内で使用する治具類の材質変更や付着した有機物を除去するためのプロセス改善を実施した。

破損については、割れの起点の調査、断面観察、セルのひずみ測定によって、破損が発生する工程と破損の原因になる工程を抽出し、治具類や搬送部品の材質・形状改善、搬送条件の見直しと管理強化などを行い、破損率を低減した。

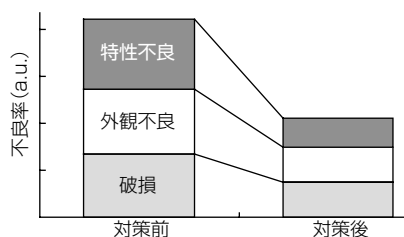


図1. 不良低減活動の効果

これらの対策を実施することで、図1に示すように不良率の大幅な低減を実現した。

3.3 購入品の品質改善

当社製品は、社外から調達した部品を数多く搭載しており、購入品の品質が製品品質を大きく左右する。また、製品の高機能化、高性能化を実現するために、部品に要求される機能、性能も極めて高度なものになってきている。一方、それらの部品の生産現場は国内や欧米から中国、東南アジアにシフトしており、部品の品質を維持・向上させるための活動が、特に重要になってきている。

生産技術センターでは、当社製品の品質を確保するために、購入品の品質改善活動を各製作所と一体となって実施している。具体的な活動内容としては、①部品の採用認定時の評価支援、②部品受け入れ時のスクリーニング技術開発、③製品製造工程における部品不具合の解析、④部品メーカーの生産現場における品質改善活動などを実施している。次に④の例としてセグメント系液晶パネルの品質改善活動について述べる。

当社製品に搭載しているセグメント系液晶パネルは、現在ほとんど中国で製造されている。エコキュート用リモコンの液晶パネル(図2)で、試作段階で表示不具合が発生したため原因究明活動を開始した。不具合品を解析した結果、液晶パネル内部の電極の腐食、すなわち部品不良が原因であることが判明した。

この結果を受けてメーカーに赴き、製造現場を調査した結果、洗浄工程に原因があることを突き止めた。そこで、メーカーに対して改善指導を行い、対策後は同様な不具合が発生しないことを確認した。さらに、将来品質不具合を起こす可能性のある工程に対して改善を実施し、ライン全体の品質レベルを上げた。このように、部品メーカーと一体となった改善活動を展開することで購入品の品質を向上させ、市場不良の未然防止に努めている。

4. 生産設計と製造設備の開発

製品の開発・設計段階から、次の3つのコンセプトで生産設計と製造設備(自動機)の開発を推進している。

- (1) 開発・設計者と生産技術者とが、相互の制約を共通理解し、あるべき姿を追求する



図2. エコキュート用リモコンの液晶パネル

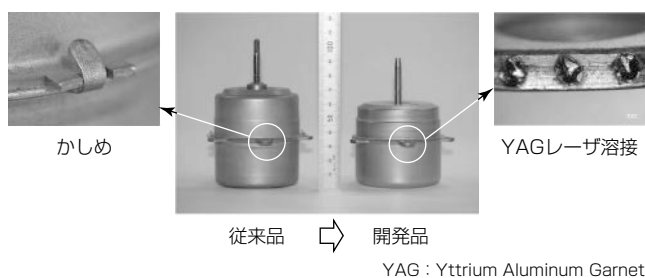


図3. ブラケット固定時のずれ抑制

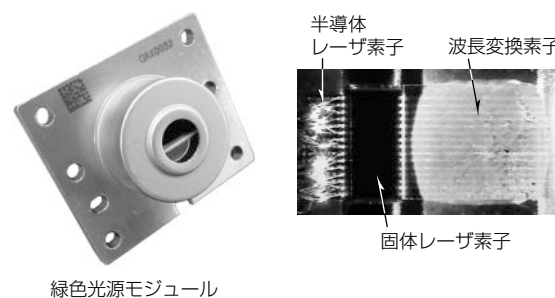


図4. 緑色レーザーモジュール

(2) 製品の機能に遡り、作りやすさの観点から基本構造を見直す

(3) キーとなる製造設備は自前で開発する

最近の事例として、AC小型モータならびにレーザーテレビ用光源モジュールの調芯(ちょうしん)組立技術について述べる。

4.1 AC小型モータ

換気扇などに使用されるAC小型モータ(コンデンサモータ)では、ステータコイルの集中巻化とエアギャップ長の短縮によって、コイルの電気抵抗と励磁電流を低減し、低銅損による低消費電力化を実現した。また、コイル軸長の短縮で得られた空間にコンデンサを内蔵し、配結線を自動化することによって小型・低コスト化も達成した。

製品特性上は磁気騒音の抑制が大きな課題となったが、ステータとロータを高精度に調整・固定する以下の組立設備を開発することで解決した。

(1) 集中巻化とエアギャップ短縮によって増加する磁気騒音を抑制するためには、高精度化する必要があった。しかし、部品の加工精度向上に頼る方法ではコスト増となるため、簡単な機構で短時間に精度を測定できる方法を追究し、組立設備を開発した。

(2) フランジの固定方法も位置ずれが大きい“かしめ”からレーザー溶接に変更した。さらに、モータの把持力と溶接条件を適正化して固定時のずれを極小化することで、従来比で1桁(けた)小さい誤差での高精度組立を実現した(図3)。

4.2 レーザテレビ用光源モジュール

レーザーテレビの映像表示に用いる緑色のレーザー光源は、小型・低コストへの要求と高出力要求とを両立させるため、固体レーザー素子・波長変換素子には、製造が容易なプレーナ(平面)導波路型を用い、原理的に高効率化が可能な内部波長変換方式を採用した(図4)。

また各素子間の光軸を発光状態で高精度に調整・固定する調芯組立設備を開発することにより、結合レンズを廃したバットジョイント方式を実現した。

バットジョイント方式を成立させるためには、素子どうしを6自由度方向に高精度(1 μm以下)組立して各素子の光軸を合わせる必要がある。そのため、各素子を別々のヒ

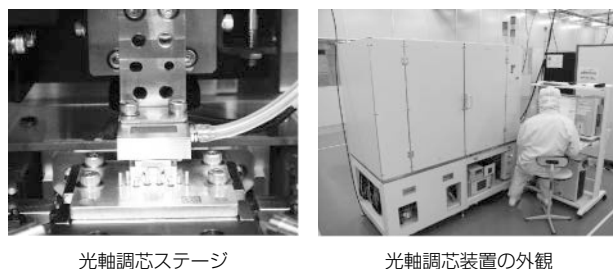


図5. 光軸調芯装置

ートシンクに組み立ててサブモジュール化し、各々を最終組立工程で三次元固定する構造・工法を考案した。また熱変位やレーザーの発振状態変動の影響を排除するため、励起光出力と各サブモジュールの温度状態を実動作状態と同等に保ちつつ調芯組立する設備を開発した(図5)。

5. 構造設計による製品力・市場競争力強化

1990年代のバブル期以降、社内に保有する加工要素技術が停滞すると同時に、金型や部品の加工外注の技術力が向上し、それへの依存度が増えた。また、製作図面の作成も外注に委託する割合が増えた。そのため、設計者に製造現場の声が届かなくなり、高コストで量産に不向きな部品や金型が増えてきた一方で、安価な海外製品との競争や製品の海外生産により、製品のコスト削減、信頼性向上が必要となった。

これらの問題を解決するため、生産技術センターでは、設計と製造との乖離(かいり)を防止し、生産上の課題を設計に持ち込むために、設計者自らが製造技術者とともに製造現場に入り込み、改善活動を展開した(図6)。具体的には、次に述べる活動を推進し、いくつかの成果を得た。

5.1 製造・設計現場を踏まえた生産・原低設計

通常の開発では、設計の人的リソースや金型費用を極力削減するため、高価格帯機種を最初に検討し、これをベースとして低価格帯機種が検討されるため、機能や性能にムダが存在する。そのため、機能設計が確立されている低価格帯機種に開発を限定すれば、能力帯に合わせた部品を使用でき、軽量化や部品点数の大幅な削減が期待できる。

例えば、ルームエアコンの場合、樹脂部品の成型条件最

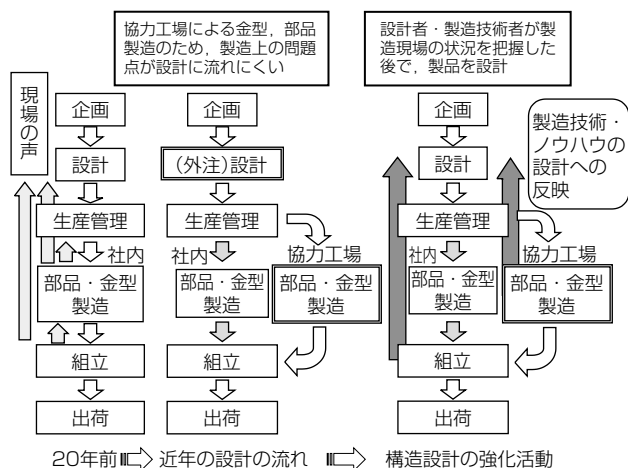


図 6. 構造設計力強化活動の概念図

適化と成型時間短縮，部品検査・組立設備改善，冷媒配管ラインバランス改善と配管用金型改善，基板の治具改善と検査高速化などを進めるかたわら，設計に起因する製造上の問題を抽出した。

次に，確立された機能設計をもとに，構造設計のあるべき姿を検討し，製造技術者とともに試作・解析・設計・信頼性確認試験を進め，樹脂成形部品の減肉とスライド金型の徹底廃止，断熱部材数の大幅削減，板金部品の減肉と小型化，強電部と弱電部の分離による室内機基板の小型化などを実現した。

その結果，室内機，室外機の質量をそれぞれ10%，25%低減した。特に，室内機では主要部品点数を90から67に削減でき，さらに製造上の課題を減らすことができた。

この活動により，製造要素技術者を生産現場で活躍させると同時に，設計者の生産技術力を飛躍的に向上できた。現在，これらの考え方を冷蔵庫やクッキングヒーターなどに適用拡大し，生産技術の底上げを図っている。

5.2 キーパーツの開発・内製化の推進

生産技術センターは，キーパーツを内製化する活動を推進している。この活動では，単にキーパーツを開発するだけでなく，センター内で量産して製作所へ供給し，量産工程の適正化も実施する。その後，量産品質が安定して工場での受入れ体制が進めば，技術・製造移管する。これによって，次のことが期待できる。

- ①キーパーツの供給安定化と製品の品質安定化・高性能化
- ②量産による社内加工技術・技能の飛躍的向上
- ③生産価値の取り込みによる原価低減

開発したキーパーツとして，レーザ加工機用光学部品，給湯機の弁類，インバータ用ヒートシンクなどがあり，こ

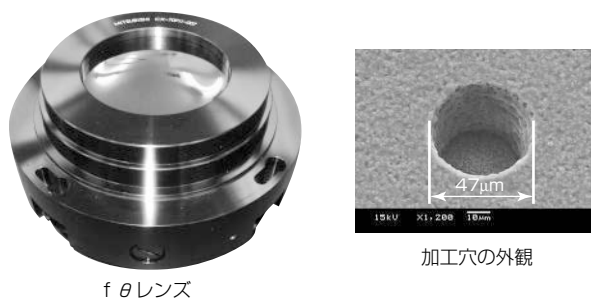


図 7. fθ レンズと加工穴の外観

れらによって切削加工・樹脂成形・ダイカスト成型技術，装置・工具設計製造技術などを飛躍的に成長させることができた。

図 7 は，赤外線レーザを用いた基板穴あけ加工に用いられる特殊な非球面レンズ (fθ レンズ) とエポキシ系基板への加工穴の外観である。従来，ほぼ 1 社独占であったこのレンズに対し，材料，光学設計，高精度組立方法などの内製化技術を確立し，2000年から量産してきた。開発当初は，穴径80μmの加工が限界であったが，加工技術，材料などの研究により穴径50μm以下を可能とし，紫外線レーザよりも安価な加工機として注目を浴びている⁽¹⁾。

6. む す び

これからますます厳しくなるグローバル競争に打ち勝つためには，モノづくり力の抜本的な強化が不可欠であり，①JIT活動をベースとした現場の製造体質強化，②革新的な生産技術による生産設計とそれを実現する設備開発，③構造設計による製品力・市場競争力強化が重要であることを述べた。

本稿では言及しなかったが，グローバル化の進展に伴い拡大する海外生産・調達への対応も重要な課題である。国や事業によって環境が異なるため，それぞれの地域性やインフラに適した生産方式や製造技術，部品サプライヤーを調査・研究し，海外工場の事業拡大と生産性向上を図っていく必要がある。

これらの課題を解決していくために，現場密着型生産技術によるモノづくり力の強化活動を今後も推進していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 竹野祥瑞，ほか：マルチビーム光学系によるプリント配線板穴あけ用レーザ加工機の高速度化，三菱電機技報，84，No.12，697～700 (2010)