

# 受配電・制御機器コンポーネントのものづくりを支える生産技術

Production technology to support the production of power distribution and control equipment

涌井 正平 WAKUI Shohei

富士電機はユーザのニーズに応えるさまざまな新商品を開発している。これらをタイムリーに供給することは、生産技術の責務であり、近年の経済環境の変化に対応できるものづくり体制の強化を図っている。国内拠点では在庫の半減、サプライチェーン改革、効率的な自動化ラインの研究などに取り組み、また海外拠点で生産リードタイムの短縮に効果的な部品や部材の現地調達、品質を保証するための簡易自動化や試験設備導入などを行っている。さらに、継続的な製造技術開発や技能の伝承を確かなものにする人材育成により、安心して商品を提供する体制を構築している。

Fuji Electric develops a great variety of new products to meet the needs of its users. Timely supply of these products is depending on production technology, and we are making efforts to strengthen the production system which enable to respond to changes in the economic environment in recent years. At production centers in Japan, we are cutting stock in half, reforming our supply chain and researching efficient automated production lines. At production centers overseas, we are efficiently procuring parts and materials locally to shorten production lead times, implementing simplified automation to insure quality, and introducing testing equipment. On top of this, Fuji Electric is developing personnel that continually pass down production technology and skills to the next generation, so that it can build a production system that constantly supplies worry-free products.

## ① まえがき

近年の経済状況の変化を受けて、日本の製造業は、商品の海外（特にアジアなどの新興国市場）展開に、重点を移す傾向が強まってきている。ものづくりの面からも、例えば海外・国内設備投資比率が2011年度で51.4%（製造業の場合、対2010年度比11.9ポイント増）となるなど、海外生産の比率が高まっている<sup>(1)</sup>。

富士電機の受配電・制御機器コンポーネント分野でも、2013年度に海外売上比率30%（対2011年度比7ポイント上昇）を目標に掲げている。環境・安全を志向した日本国内ユーザ向けの機種群や、海外ユーザの要望に応える専用・廉価なシリーズなど、海外・国内両面にまたがる新商品の開発を行っている。ユーザの要求品質を満足し、かつタイムリーに商品をユーザの手元まで届けるためには、主な供給地域・生産台数・形式数・標準品比率など、商品それぞれの特徴を踏まえて生産方法の基本方針を策定し、生

産ラインを構築する必要がある。特に日本と海外では、製品の用途・要求スペック・使用環境から背景となる文化まで、さまざまな相違点がある。富士電機では、消費地生産を志向して生産拠点の位置付けを見直しており、本稿では日本国内および海外の生産拠点における最近の取組みについて、生産技術的見地から述べる。

## ② 受配電・制御機器コンポーネントのものづくりの特徴と環境変化

富士電機では図1のようなさまざまな製品を、国内外の生産拠点を合わせて約350万台/月生産している。

これらの製品は、主に公的な規格に適合した量産品を標準コンポーネントとして市場に供給している。しかし、富士電機の製品は幅広いユーザのニーズに対応するため、標準仕様品（標準在庫品）のほかに、ユーザの仕様に合わせて応用品や派生機種類（注文生産品）も多くの割合を占めている（図2）。

したがって、製造ラインやシステムは一般にいわれてい

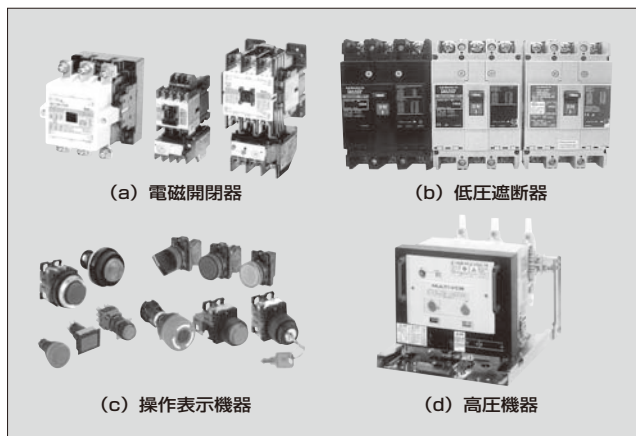


図1 代表的な受配電・制御機器コンポーネント

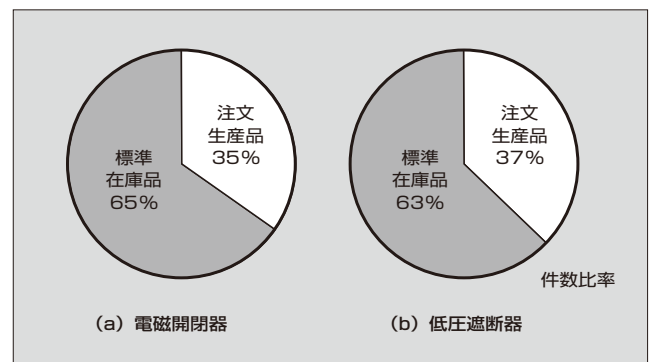


図2 標準在庫品と注文生産品の構成比率

る“少品種大量生産”ではなく、標準品を短納期で安く量産し、かつ多種多様な応用品をフレキシブルに生産する、という二つの機能を併せ持つ必要がある。

一方、ものづくりを取り巻く環境も大きく変化している。生産拠点やラインを考える際に考慮すべきことを次に示す。

- (a) 販売・生産のグローバル化
- (b) 新興国の基盤の高度化による競争激化
- (c) 製品のコモディティ化（差別化要素の低下）
- (d) 銀・銅・樹脂材料など素材の高騰
- (e) 想定を上回る円高の進行
- (f) 中国などでのインフラ・人件費上昇
- (g) 部材購入などサプライチェーン確保意識の高揚

このような環境変化により、より多くのユーザに商品を提供する機会が増える一方、従来の生産体制のままではそれぞれのユーザの要求に迅速かつ的確に応えることが困難になってきている。そのため、富士電機は部材調達から出荷・配送までのルートをも簡素化し、ユーザの元へ商品を素早く届けるために、ものづくり体制の見直しを行っている。生産拠点については、日本のユーザへは日本の生産拠点で生産した製品を中心に多様な要求に細やかに対応し、海外向け製品は中国の2工場での生産を軸に、納期を中心とした海外ユーザの要求に応じていく方針である。

### ③ 日本国内拠点の取組み

日本のユーザは、用途に合わせたきめ細やかな品ぞろえへの要望が多いため、応用品を含めた多岐にわたる製品を迅速に生産・供給する必要がある。したがって、多種の品目を、より高品質・短納期で製造するための生産プロセスの改善が課題である。

#### 3.1 サプライチェーン改革活動

富士電機は、全社の活動として2008年から外部講師を迎え、本格的なTPS（トヨタ生産方式）の導入による生産改革に積極的に取り組んでいる。企画・開発から配送までの、サプライチェーン全体にわたる最適化を目指した“サプライチェーン改革活動”である。本活動では、キャッシュフローの改善とユーザ要求への迅速な対応を狙って、サプライチェーンの中に“流れ”をつくり、ムダな在庫の削減とリードタイムの短縮を図っている。営業部門ではユーザ動向の把握と製品在庫の適正化、調達部門では調達リードタイムの短縮と部品在庫低減、ものづくり部門では生産性向上・在庫削減・品質向上に取り組んでいる。IT・財務部門との連携もポイントである。

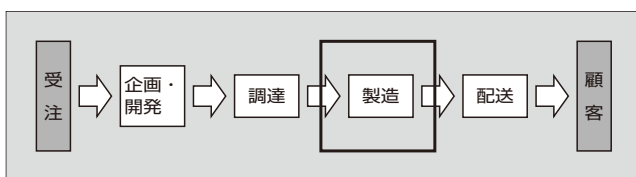


図3 サプライチェーンの中の製造工程

次に、この流れの中での製造工程（図3）における活動について述べる。

受配電・制御機器コンポーネント部門のモデル工場である大田原工場では、在庫の半減と1.5倍の生産性向上を目指している。

具体的な改善項目を次に示す。

- (a) 生産ラインに置く部材を減らす。
- (b) 部材供給を専任者が行う。
- (c) 製品は1個単位で後工程からの“引き”<sup>（注1）</sup>で生産する。
- (d) ラインは工程順に一直線上に配置し、ものや人の動きの異常が見えるようにする。

図4にU字ラインの直線化によるサプライチェーン改革事例を示す。試行錯誤を繰り返しながらこのような改善を着実に進めている。

#### 3.2 応用機種種の国内生産化

一部の機種において、納期の確保や仕様の変更への対応として、従来は海外で生産していた応用機種種の組立を、日本国内の工場で行うように変更した（図5）。応用機種は需要の変動が大きく、タイムリーな納期対応を行うために製品在庫で対応してきたが、種類、数がともに多く限界があった。これに対し、海外拠点から共通部分を部品ユニットとして調達し、国内で製品組立を行うことで国内ユーザへの短納期での安定供給を可能にした。

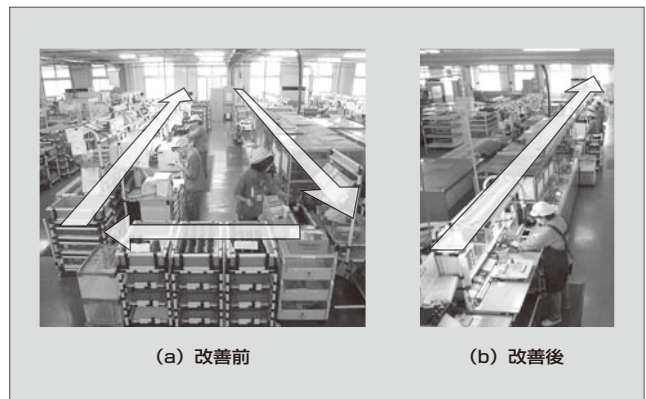


図4 サプライチェーン改革事例

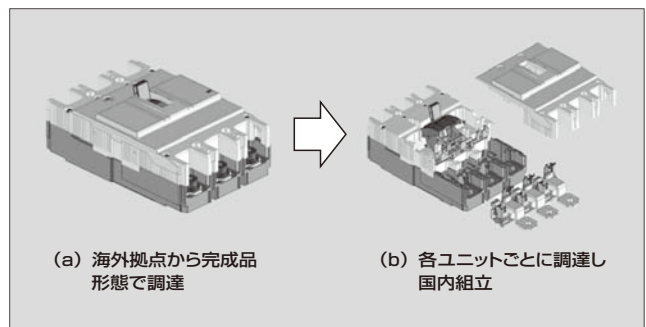


図5 海外拠点からの調達形態変更（国内組立化）

〈注1〉“引き”による生産：製品の出荷情報により、出荷した分のみを前工程で生産する方式

### 3.3 技術革新による効率化

富士電機では、大量生産と多品種小ロット生産を効率化に行うことができ、環境変化への柔軟な対応が可能な次世代自動化ラインの構築を目指し、さまざまな組立技術の検討を進めている。2009年には一つのセルで全ての製品を組み立てるロボットセルを導入し、量産への対応が可能かどうかの検証を行った。ロボットセルはセル単位で投資できるため、物量変動に合わせた段階的な投資が可能で、多品種小ロット生産に対応しやすいという特徴があり、本格的な導入に向け検証を続けている。

また、画像処理技術を活用し、整列していない部品の取出し方法についての研究を進めている。ソフトウェアの変更のみで多種部品に対応できる供給装置を実現し、部品や製品の変更と改善に、柔軟に対応できる自動ラインの構築を目指している。

## 4 海外拠点の取組み

富士電機の海外生産拠点は、安価な労働力を背景として設立した。当初、日本のユーザ向けであったが、最近では、海外のユーザ向け製品の生産拠点へと位置付けを変化させている。海外のユーザからは、その市場に見合った低価格の商品の供給が要求されており、また短納期での出荷要請が多い。さらに、日本国内よりもはるかに広範囲のユーザに商品を届けることになるため、ものづくりの段階で出荷する製品の品質を確保することが肝要である。

一方、近年の状況として、急激な経済成長を背景とした人件費や電気・水道などのインフラ費用の高騰がある。さらにそれぞれの国情に応じたリスク管理や部材調達が必要があるため、しっかりとしたサプライチェーンを確保する必要性が高まっている。

これらの状況を踏まえて、安定して商品を供給するために、主に中国の二つの工場を取り組んできた施策を紹介する。

### 4.1 部材の現地調達化・内製化

生産リードタイムを短縮し、ユーザの元へ円滑に商品



図6 内製化の例（電磁開閉器のモールド成型）

を提供するためには、部材調達から出荷までのサプライチェーンを簡潔でしっかりとしたものにする必要がある。そのためには使用する部品や部材を現地で調達し、自己完結型の生産体制を確立することが効果的である。しかし、中国では、調達可能な部材の種類は以前に比べて増加しているものの、規格（JISとGB）の違いへの対応や品質の安定性確保などの課題がある。

富士電機は、次に示す施策により、3年後には現地調達率90%以上を目指している。

(a) 現地の流通性に合わせた材料選定

中国市場の例：材種変更（丹銅→黄銅）

標準寸法採用（電線径）

(b) 金型や成型条件による素材ロット間ばらつきの吸収

(c) 日本技術スタッフによる現地取引先指導・条件設定（部品加工・表面処理など）

(d) 受入検査設備・体制強化による購入品の品質確認

さらに、性能上重要であるモールド・プレス部品の一部については内製化も進め、品質・納期に対応している（図6）。主要部品の内製化は、部材調達のサプライチェーンが非常時などに分断されるリスクの低減にもつながり、ユーザへの商品の安定供給にも寄与する。

### 4.2 生産設備と品質保証

従来、海外拠点の組立ラインでは、手作業や治工具作業が中心であり、出荷試験など品質・特性上重要な工程は、専用の設備で対応してきた。それに加え、近年の人件費・インフラ費用の高騰や要求品質の高まりを受け、新商品の製造ラインでは、品質リスクの高い作業を機械化した“簡易自動化”の比率を高めている（図7）。さらに、試験機や一部の接合工程など重要な作業は自動化設備に任せる方法を主に採用している（図8）。

特に試験工程では、1台1台の製品の重要特性値をリアルタイムでモニタリングし、ネットワークにより関係者間で情報を共有する品質管理システムも一部導入している。

図9に品質管理システムの画面例を示す。

## 5 製造技術開発

製品の品質を確保するためには、部品レベルから品質を

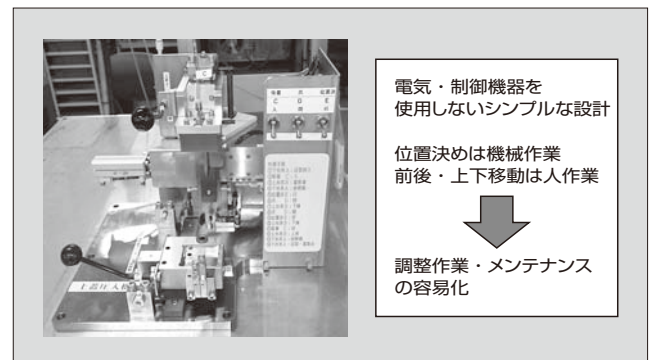


図7 簡易自動化の例

作り込むことが重要である。富士電機は、保安機器である受配電・制御機器コンポーネントの性能を保証し、安全・安心な製品を継続的に提供するためには、安定した部品加工が基本であると考えている。このため、製品性能から要求された寸法、耐久性などを確実に満足する部品加工技術を追求している。特に、品質と調達性において重要であり、差別化の源泉となるプレス加工・モールド成型・表面処理および接合をコア技術として位置付け、重点的に技術開発を行っている。

(1) プレス加工技術

富士電機は、プレス加工技術の核となる金型を内製している。特に重要視している技術が、金型の内部で複数の部品組立や加工を行う複合加工技術である。接点かしめ・接合をはじめ、最大で4部品の組合せを金型の内部で実施し、高精度と高速加工を実現している(図10)。また、プレス加工で課題となるポンチなど金型部品の寿命については、材料、形状および表面処理を最適化する技術を見出し、高寿命を実現している。

(2) モールド成型技術

受配電・制御機器コンポーネントにとって、モールド成形部品は単なる構造物ではなく、基本性能や機能を決める重要な要素である。富士電機は、材料技術から金型技術、

成形加工技術までを一貫して保有している。近年では、製品の小型化とともに、高強度での薄肉成形の要求が高まっている。材料、金型および成形加工の技術を駆使するとともに、流動解析などのシミュレーション技術も取り入れて高精度な部品加工を実施している。

(3) 表面処理技術

富士電機は、さまざまなめっき技術および熱処理技術を保有しており、製品の通電特性、耐食性、摺動(しゅうどう)特性などの性能を支えている。RoHS指令<sup>(注2)</sup>などの環境に関する規制への対応はもちろんのこと、環境にやさしいものづくり技術の開発に取り組んでいる。この技術は国内で処理や管理技術を先行開発し、社内のみならず国内外の調達先への技術指導を行っている。

(4) 接合技術

富士電機の製品は、大電流を流す経路および電流をオン・オフする接点部に、さまざまな材料を組み合わせる接合することにより、機能・品質・コストの高度なバランスを実現している。異種材料の接合技術は、製品の品質を確保する上で非常に重要な要素技術であり、さまざまな技術を開発し、製品に適用している。例えば、主に電磁開閉器では接合界面の導電性を向上させるため、拡散接合などを適用することで、ろう材なしでの接合を実現した。また、製品の小型化に伴う接合スペースの極小化や、熱変形の防止による寸法精度向上のためにレーザ溶接技術を適用し、製品の小型化・品質向上に寄与している。

6 技術を支える“人づくり”

富士電機では部品加工技術と併せて、ものづくりの技能を支える人材の育成も重要視している。

“ものづくりは人づくり”に例えられるように、技能の伝承を確かなものにするためには、核となる人材を計画的に育成し、人を通してものづくりの価値観を伝承することが基本である。ユーザが安心できる商品を提供するため、



図8 自動試験機

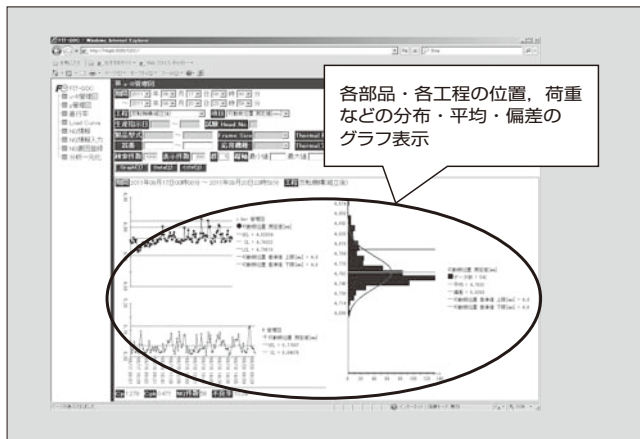


図9 品質管理システムの画面例

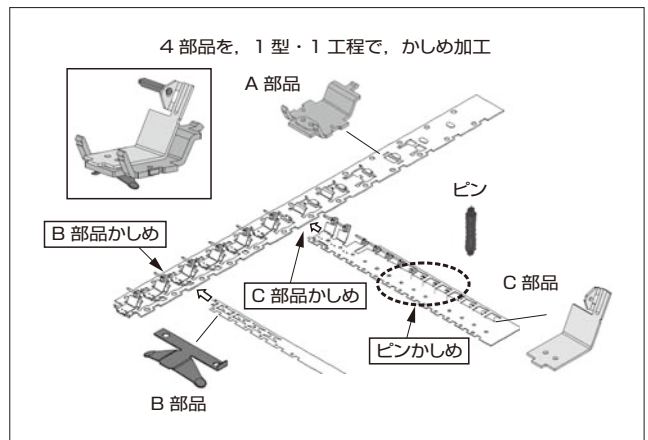


図10 金型内複合加工の例

〈注2〉 RoHS指令：電子電気機器における特定有害物質の使用制限についてのEU（欧州連合）の指令

次のような人材育成を行い、その技能を確かなものとしている。

作業レベルでは、技能の依存度が高く専門的な知識が要求され、かつ品質に重要な影響を与える作業を“重要基本作業”とし、その作業は認定者のみで行うようにしている。さらに、高度な技能を必要とするライン管理責任者や指導員は“国家技能検定試験”の合格者から選抜している。技能検定試験においては、2010年までに31職種の合格者を出し、これは吹上工場がある埼玉県全体の30%を占めている。また、これまでに“黄綬褒章”10名、“現代の名工”11名を輩出している。“技能五輪大会”にも参加し、過去に多くのメンバが全国大会で入賞しており、2012年も埼玉県の代表として参加を予定している。この高い技能が高品質を維持し、過去の緒先輩から連綿と引き継がれている風土を醸成しているものと自負している。

海外生産の拡大に対しては、政府開発援助（ODA）として始めたローカルスタッフの日本での研修や、海外拠点内での実務能力を評価する“社内技能検定制度”も実施してきた。

## 7 あとがき

ユーザに満足していただく商品を提供するために、製品開発と生産技術は相互に補完し合って成長するものである。

また、商品を取り巻く環境変化に対して、ものづくりは常に最適な施策を探求していかなければならない。現在のようグローバル化が進む状況下においては、それぞれの地域の技術的な要望や文化にまで入り込み、ものづくりを考える必要がある。

日本の製造業における国際競争力の低下が指摘されているが、コア技術や新製法の開発拠点となるマザー工場として、日本の生産拠点の意味合いは重要である。拡大していく海外拠点との連携を強化し、各方面のユーザの期待に応えたい。

一方、ものづくりを強化するためには、現場の小改善の積重ねやコア技術の地道な探求、また作業者の技能育成が重要であることは変わっておらず、これらに力を入れてより良い生産体制を目指していく所存である。

## 参考文献

- (1) 2011年版ものづくり白書. 経済産業省. 2011-10.



### 涌井 正平

受配電・制御機器コンポーネントの製造技術開発、製造管理に従事。現在、富士電機機器制御株式会社生産本部生産統括部生産技術部長。





\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。