

JRCにおける通信機器の一貫生産

Integrated Manufacturing System of JRC Communication Equipment

菊池 彰彦
Akihiko Kikuchi

迫田 武美
Takemi Sakoda

赤松 昌幸
Masayuki Akamatsu

澤入 勝司
Katsushi Sawairi

要 旨

当社は、過酷な環境下で耐力、信頼性、安全性を確保した通信機器を生産するために、三鷹製作所を中心としたJRCグループ会社内での一貫生産を行なっている。本稿では、代表機種の1つである大型レーダー（JMA-9100）を例に挙げ、三鷹製作所内に在るPC板工場、FA工場、機械工場、機器工場での品質を確保するための製造手法について述べる。

Abstract

To produce communication equipment that is durable, reliable, and safe in harsh environments, JRC engages in integrated manufacturing centered around its Mitaka plant. This paper uses one of JRC's representative products, the JMA-9100 high-seas radar, as an example to explain how the manufacturing processes at the PCB, FA, Machining, and Equipment factories all within the Mitaka plant are designed to ensure quality.

1. まえがき

当社は、厳しい環境の中で使用される海上通信機器、陸上通信機器を主とした製品を生産しており、過酷な環境にも耐えられるような電気設計、機械設計を行っている。そして、この設計を具現化するための優れた製造技術、及び信頼性を確保する生産方式が、必要不可欠であることは言うまでもない。当社は、過酷な環境下での耐力、品質、信頼性、安全性を確保した通信機器を生産するために、三鷹製作所を中心とした当社グループ会社内での一貫生産を行い、高い生産品質を実現している。

本稿では、当社独自の一貫生産の概要について、海上機器の代表である大型レーダー（JMA-9100）を例に挙げて報告する。

2. 三鷹製作所内での一貫生産

2.1 生産の流れ

図1に三鷹製作所内での生産の流れ図を示す。

各工場は、生産管理部門が作成する生産／製造／出荷計画に基いて生産活動を行う。

機構用材料、電気部品以外は、図1のPC板工場、FA工場、機械工場、機器工場で生産し、製品に要求された品質、信頼性、安全性を確保している。また、①作りすぎの防止、②市場変化に対する迅速な対応を目的として、個づくり生産方式、小ロット生産方式にシフトしている。

生産技術部門では、生産設備の開発、設計、製作を行なっている。

2.2 各工場の製造担当

図2は、JMA-9100大型レーダーの構成（空中線と指示機）

と、各部分の製造担当工場を示す。

空中線、指示機共に、機構部品製造は機械工場、電子回路部製造（購入電子部品以外）はPC板工場とFA工場、そして、組立・調整・検査は機器工場で行なっている。

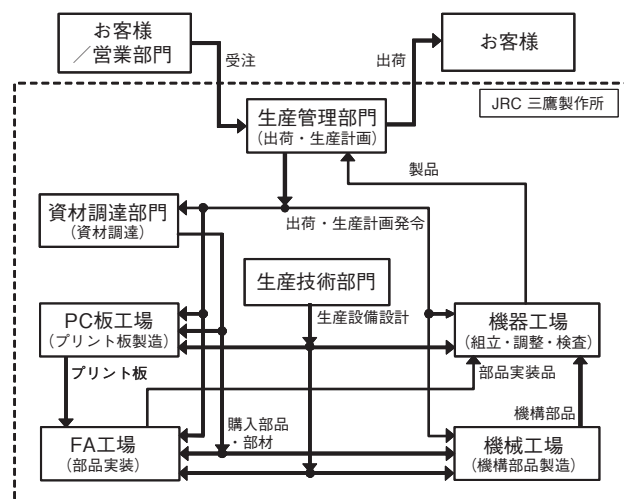


図1 三鷹製作所内の生産の流れ

Fig.1 Flow of production in the Mitaka plant

3. 各工場の概要

PC板工場、FA工場、機械工場、機器工場の概要を説明する。

3.1 PC板工場

大型船舶レーダーJMA-9100をはじめ、海上機器のプリント配線板（以下、プリント板と略す）はPC板工場で作成している。

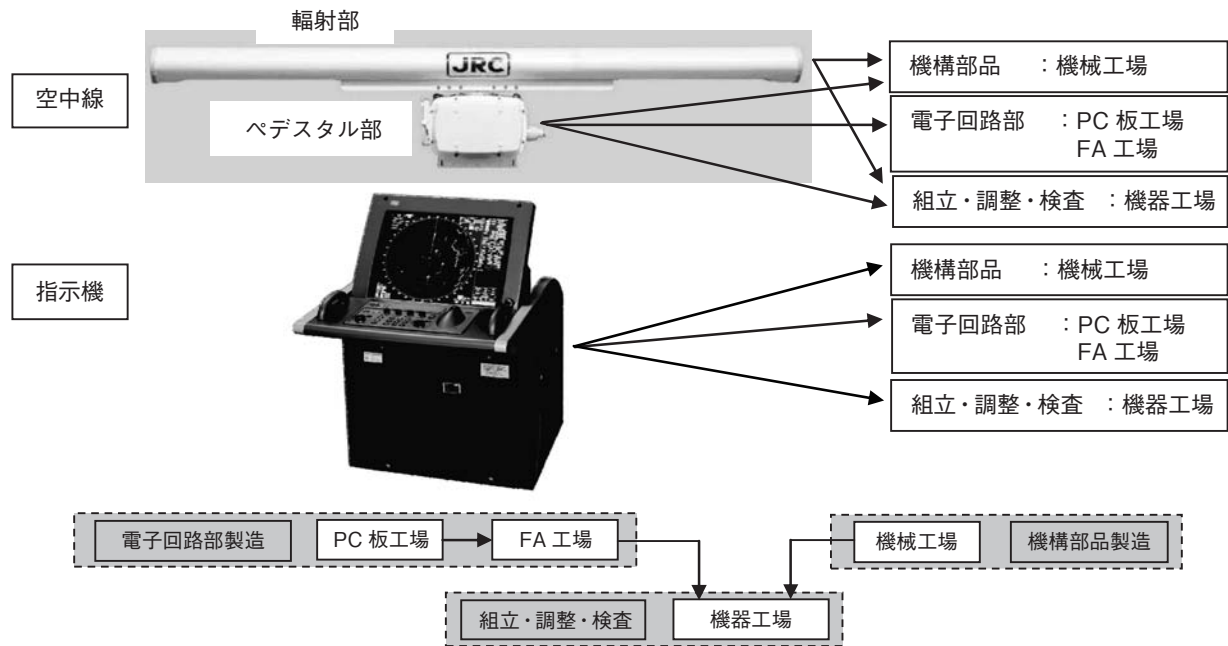


図2 レーダーの各部分の製造担当工場と生産フロー

Fig.2 Production flow and factories responsible for each radar component

PC板工場では、社内向けのプリント板を中心に年間約10,000㎡を生産しており、両面板から最大10層までの多層基板の製造が可能である。

PC板工場は、開発・設計部門、実装工場と同じ三鷹製作所に在り、社内で一貫生産を行うことにより、品質・生産性・納期において表1のような特徴を持つことが出来る。

表1 PC板工場の特徴

Table 1 PCB factory characteristics

品質	全工場に対し、一貫した品質基準とトレーサビリティの管理が可能である。
生産性	社内の工程間を流れるので、情報の共有と伝達などがスムーズで無駄な動きを排除でき、生産性を向上できる。
納期	FA工場（実装工場）と納期情報を共有でき、タイムリーな納品が可能である。

3.1.2 生産品質

過酷な環境下で使用されるプリント板を生産するに当たり、当工場では、以下を最重要工程に挙げ品質を確保している。

3.1.2.1 銅メッキ工程

導通穴の接続信頼性を向上させるためには、銅メッキは重要な要素である。しかし、導通穴内のメッキの出来映えは、破壊試験による観察が必要であり、実際の製品では容易に判断できない。そのため、品質を確保する上で「表面銅厚の全数確認」と「評価基板による確認」を行っている。

表面銅厚は、銅膜厚計を用い全数測定を行い、その測定値を保存してトレーサビリティを確保している。

評価基板による確認は、毎月接続抵抗値の確認と破壊試験によるメッキ厚測定を行い、ラインの状態が最適であることを検証している。図3にメッキラインの外観を示す。



図3 メッキライン

Fig.3 Plating line

3.1.2.2 エッチング及び検査工程

①エッチングによるパターン形成の出来映えを確認し、製品品質を確保するために、中間検査でAOI（Automatic Optical Inspection：光学式自動外観検査機）を使用している。これは、PC板全面の画像を取り込み、設計データと比較してその差異により良否を判定する装置である。

②最終検査では完成したプリント板の接続（断線・ショート）の品質確保として、全てのボードの全パターンについて導通・絶縁検査を行っている。

これにより導通穴内部の接続の確認、目視では判別できない微細なショート等を判別することができる。

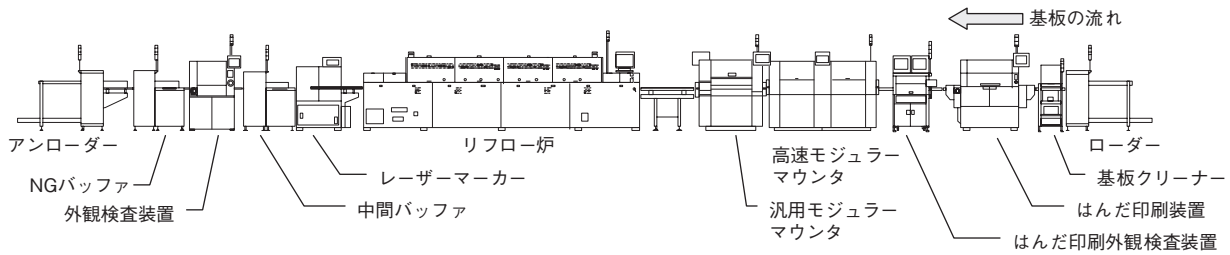


図4 チップマウンターラインの外観
Fig.4 External view of the chip mounter line

3.2 FA工場

図4にFA工場のチップマウンターライン（部品実装ライン）の配置を示す。

3.2.1 SMT工程 (Surface Mount Technology)

FA工場は、ITS機器を主力とした変種・変量生産によるSMT工程から梱包・出荷までの生産システムを構築している。

GPS受信機、ETC、VICSを中心に年間約220万台を生産、出荷し、累積で約1,650万台の実績がある。また、実装基板は、多品種少量を含めると年間2,000種類以上に達している。

そして、このITS機器で蓄積してきた高密度実装技術を、船舶レーダーの基板においても応用展開している。

開発設計段階から、開発部門と共にレビューを実施し、情報の共有化、伝達の迅速化による信頼性の高い生産を実施している。

3.2.2 ラインの品質維持

SMT工程では、0402チップから多ピンBGAまでの幅広い種類の部品実装に対応し、高密度実装基板の作り込みを行っている。また、1日当たりの実装点数が120万点にも及ぶため、各マウンターラインにPC板クリーニング装置、印刷後外観検査装置、個別識別用レーザーマーカ、リフロー後外観検査装置をインライン化しており、高品質を維持している。

3.3 機械工場

機械工場では図5に示す体系で生産活動を行っている。船舶大型レーダーJMA-9100を生産する上で、QCDを確保するため、下記に掲げる事項に取り組み高品質、生産性向上に努めている。

- ① 板金・機械・表面处理及び塗装部品の社内生産
- ② 高品質・高効率生産を実現するため加工形状・方法の改善
- ③ 独自ノウハウを盛り込んだ加工機械の開発

以下に、船舶大型レーダーJMA-9100生産工程の1部を紹介する。

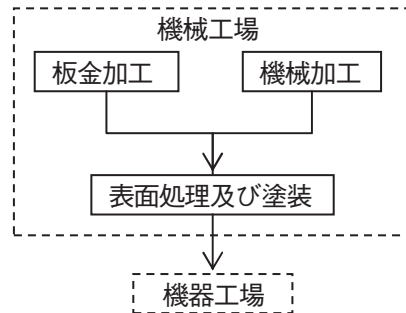


図5 機械工場の生産体系
Fig.5 Production systems of Machine factory



図6 レーダー主軸
Fig.6 Radar main shaft

3.3.1 生産工程

3.3.1.1 機械加工（レーダー主軸の生産、導波管の生産）

(1) レーダー主軸

レーダー主軸は図6に示す形状で、アンテナを回転させる軸であり、回転するアンテナにかかる荷重全てを受ける構造であるため、非常に高い品質と信頼性が要求される部品である。レーダー主軸の加工には、旋盤、フライス、研磨、タップ加工と多種多様な工程が必要であるが、複合加工機を活用し、多様な工程を集約し、加工している。

更に、自動化、無人化を徹底し、品質を安定させ信頼性の高いレーダー主軸の生産を行っている。

(2) 導波管

レーダーのアンテナには導波管が内蔵されており、導波管には、図7に示すスリットの切削加工が行われている。スリットには、個々に加工する角度、幅、深さ共に高い加工精度が要求されている。そこで、安定した生産を実現するために、独自の加工ノウハウを盛り込んだスリット加工機を自社開発した（図7参照）。

この加工機を開発したことにより、非常に高い加工精度が要求されるスリット加工を自動化し、高品質、生産性向上を実現した。



導波管のスリット



スリット加工機

図7 導波管のスリットとスリット加工機

Fig.7 Waveguide tube slits and waveguide tube slitter

3.3.1.2 板金加工（レーダー指示機筐体の生産）

海上機器製品は、塩水による腐食や錆の発生を抑制するために処理銅板を多用している。この処理銅板はスポット溶接での接合が難しい材料であるが、適正な溶接条件を追求した結果、満足な接合強度が得られるようになり、品質の安定した生産が可能となった。

以下に、各工程を紹介する。

(1) 抜き工程

抜き工程では、図面、CADデータから図8に示す展開データ及び加工プログラムを正確かつ迅速に作成し、タレットパンチプレスで抜き加工を行う。この際、金型の制約を機構設計部門にフィードバックして、品質の安定と、加工時間の短縮を図っている。

(2) 曲げ工程

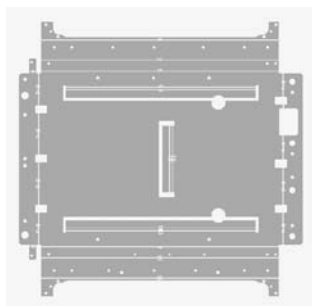
曲げ工程では、ブランク材をプレスブレーキで曲げ、図8に示す形状に加工する。この部品は当初、数種類の部品で構成されていたが、1体曲げ（ワンピース）構造とすることで、コストダウンを図った。また、数種類の金型を配置し、ステップベンド方式で加工することにより加工時間の短縮を図った（図9参照）。

(3) 溶接工程

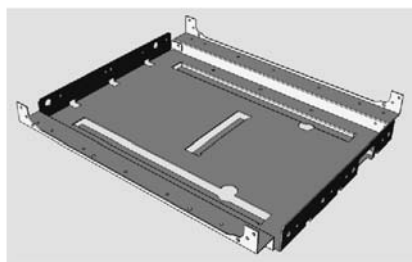
溶接工程では、曲げ加工された部品をスポット溶接機で接合する（図10参照）。溶接工程においては、位置決め作業を不要とする構造を実現することにより高品質、生産性向上に貢献できた。

(4) 組立工程

組立工程では主に部材の締結作業を行い、筐体を生産している。生産計画の変動に柔軟に追従するため、個づくり生産体制をとっている。



展開データ



曲げ加工の形状

図8 展開データと曲げ加工の形状

Fig.8 Unfolded image data and shape after folding



図9 曲げ加工作業

Fig.9 Folding



図10 スポット溶接作業

Fig.10 Spot welding

3.3.1.3 表面処理及び塗装：レーダー指示機筐体の塗装

塗装工程では、柄塗装を施している。柄塗装は重ね塗りをして柄を表現する塗料を使用していたが、一度塗りで柄が表現できる塗料での作業方法を確認し、作業性の向上と品質の安定を実現した（図11参照）。

塗装後の焼付け工程では、焼付け乾燥炉の制約（大きさ、時間など）を考慮し、前処理・脱脂工程から塗装工程までの作業計画を立て、焼付け作業を行っている（図12参照）。



図11 塗装作業

Fig.11 Painting



図12 焼付後筐体

Fig.12 Baked chassis

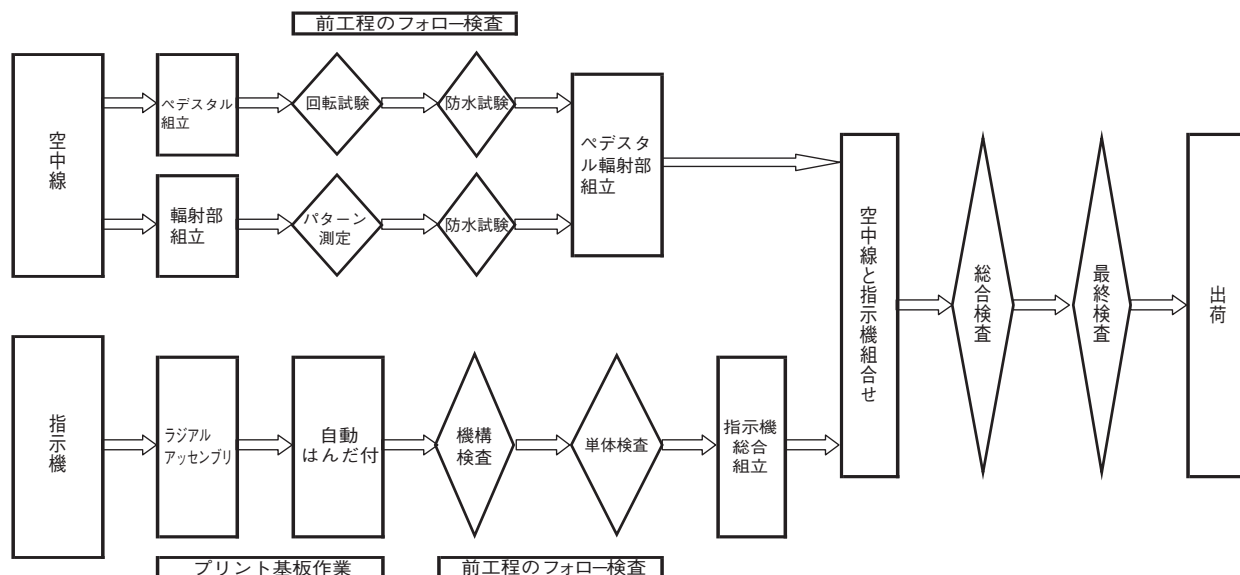


図13 船舶大型レーダーJMA-9100の生産フロー

Fig.13 Production flow for the JMA-9100 high-seas radar

3.4 機器工場

機器工場は製造の最終工程であり、納期・コスト、製品製造品質と信頼性を確実にする本工程は、プリント板への部品実装以降、組立配線から単体・総合及び最終検査作業までを同一フロアに最適配置した一貫生産ラインとなっている。

船舶大型レーダーJMA-9100の生産フロー（図13参照）において、過酷な環境下での耐力が確保されているかを検査する上で、特に重要な項目について以下に述べる。

3.4.1 空中線組立工程

空中線組立は、①ベデスタルの組立、②輻射部の組立の2つに分けられる。

3.4.1.1 ベデスタル組立工程

ベデスタル組立工程では、品質を確保するための主な検査として、以下の3項目が挙げられる。

- (1) 送受信の心臓部となるロータリジョイント部の機械的寸法測定
- (2) ロータリジョイント部をベデスタルに組込み後、輻射部接続部までのVSWR測定検査（図14参照）



図14 VSWR測定検査の状況

Fig.14 VSWR test condition

- (3) ベデスタル組立完了後、船上での強烈な波浪・風雨と厳しい温度変化に耐えられる事を検証するために、当工場独自で設計・製作した水槽を使用して、水没による防水試験（図15左側 参照）により、レーダーとして極めて重要な品質と信頼性の検証を1台1台行っている。



図15 ベデスタルと輻射部の防水試験

Fig.15 Water proof testing of the pedestal and radial section.

3.4.1.2 輻射部組立工程

輻射部組立工程では、以下の2つが重要検査項目である。

- (1) レドームとアンテナ組立後のアンテナパターン測定
- (2) 輻射部組立完了後、ベデスタルと同様の防水試験（図15 右側 参照）

3.4.2 ユニット単体検査

ユニット単体では、ユニット毎の専用テストベンチにて、機能及び各種特性検査による動作確認を行っている。また、プリント板全てにバーコード管理を行い、製造履歴、検査結果のデータ等とトレーサビリティによる品質管理を強化している。

3.4.3 指示機組立工程

指示機組立（図16参照）は、顧客仕様の形式、塗装色により筐体本体が決まると、ユニット単体と購入品の受入検査完了品が組み込まれる。



図16 指示機組立

Fig.16 Assembly of the radar

3.4.4 総合検査工程

組立完了後の指示機は、単体でデバッキングルームにて全数ヒートランを実施することで、部品及び製造品質、信頼性の確認が行なわれる。

総合検査（図17参照）では、客先使用に合わせ、実際に装備する船と同じ環境シミュレーションを以下の内容で実施している。

- (1) パフォーマンスモニタ、インタースイッチ、各種のインターフェースなど設定・検査。
- (2) 船上で接続されるジャイロやスピードログなど各種機器のシミュレータを使用し、客先装備環境での検査。

この2項目は、船上での装備後の検査をスムーズに通過させるための検査であり、信頼性確認の重要な検証である。

尚、製造、検査記録は担当品証部のデータベースとリンクさせている。そのため、製造番号履歴により、必要な時に必要な機器情報を迅速に確認出来る体制となっており、フィールドサービス時のトレーサビリティにも活用され、品質体制の強化に繋がっている。



図17 総合検査

Fig.17 Overall test

4. あとがき

本稿では、大型レーダーを例に挙げ、当社の一貫生産について述べた。言うまでもなく、この方針、手段は、JRCグループで生産している殆どの通信機器に適用させ、生産性向上と顧客満足度向上に努めている。

通信機器事業は、今後も、更に、高精度、高品質、低価格化が求められると共に、市場も激しく変化する分野である。しかし、当社は、得意分野である海上機器を中心に、開発設計部門、生産部門が情報の共有化と迅速な伝達を徹底し、顧客から信頼を得られるモノづくりを行なっていく。

最後に、本稿の作成にあたり、ご協力を頂いた各事業本部各位に感謝いたします。

用 語 一 覧

QCD: Quality: 品質, Cost: 価格, Delivery: 納期)