

特 集 論 文

関連するSDGs



## 海外製造拠点における現場起点の改善活動

On-site Improvement Activities at Overseas Manufacturing Subsidiaries

板橋 悟  
Itahashi Satoru  
阿部 秀一郎  
Abe Syuichiro

塩尻 健  
Shiojiri Ken  
築島 英夫  
Yanashima Hideo

### 概要

当社グループでは、国内外の関係会社を含め、小集団改善活動に取り組んでいる。中国現地法人の日新電機（無錫）有限公司（NW）、日新（無錫）機電有限公司（NEW）、北京宏達日新電機有限公司（BNS）においても、設備導入や業務効率化を中心とした改善活動を推進している。本稿では、各社における改善活動の事例について、紹介する。

### Synopsis

Nissin Electric Group is working on small group improvement activities including domestic and overseas affiliates. Nissin Electric (Wuxi) Co., Ltd. (NW), Nissin Electric Wuxi Co., Ltd. (NEW), and Beijing Hongda Nissin Electric Co., Ltd. (BNS), which are local subsidiaries in China, also focus on installation of equipments and work efficiency are promoting improvement activities. This paper introduces examples of improvement activities at each company.

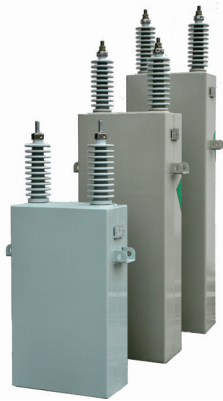
### 1. はじめに

当社グループでは、国内外の関係会社を含め、小集団改善活動に取り組んでいる。中国現地法人の日新電機（無錫）有限公司（NW）、日新（無錫）機電有限公司（NEW）、北京宏達日新電機有限公司（BNS）においても、設備導入や業務効率化を中心とした改善活動を推進している。本稿では、各社における改善活動の事例について、紹介する。

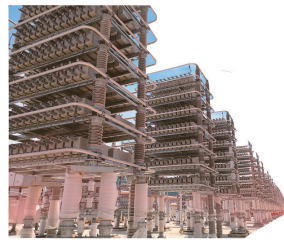
### 2. 日新電機（無錫）有限公司（NW）における取り組み

#### 2.1 缶形コンデンサ電気試験設備の自動化

NWは中国国内の電力会社に納入する缶形コンデンサ、タンク形コンデンサ、計器用変成器、並列リアクトルを主力製品としている。中でも缶形コンデンサは、送配電系統に導入される10kV、35kV、66kVのラック式コンデンサに加えて、超高压交流送電（UHV）および超高压直流送電（HVDC）の大規模フィルタ設備に導入されている。NWの缶形コンデンサの年間生産台数は年間17,000～21,000台、HVDC用フィルタ設備の生産時が缶形コンデンサ生産のピークで月産4,000台に及ぶ。缶形コンデンサの製品単体と納入設備としてのHVDC用フィルタ設備の外観を図1に示す。



(a) 製品単体



(b) 納入設備外観

図1 缶形コンデンサの製品単体と納入設備

NWでは、上述のとおり大量生産を行う缶形コンデンサの生産合理化を進めてきた。本章では、これまでの取組みの中から、最新の設備導入事例として、電気試験の自動化を紹介する。

### 2. 1. 1 出荷試験自動化の課題と設備コンセプト

これまで、缶形コンデンサの電気試験においては、複数の試験項目に対応した試験設備に専任の検査員を配置し、検査員は製品の定格に応じた試験条件となるように装置を操作し、出荷試験項目の計測器の数値を記録するなどといった作業を行っていた。

これらの全ての工程を自動化するに際しての課題は主に次の2つであった。

- 課題① 試験用電源設備の機能とコストの最適化
- 課題② 複数の製品寸法に対応する搬送機構の検討

以降では、これら課題に対する対策について説明する。

#### 課題① 試験用電源設備の機能とコストの最適化

中国国内基準（GB規格）に定められた試験項目に対して、効率と設備費用の抑制を両立するために、共用可能でかつ電気試験時間のスループットに影響しない試験項目の構成を検討し、図2に示すとおり試験項目を①～④のブロックに分ける構成とした。

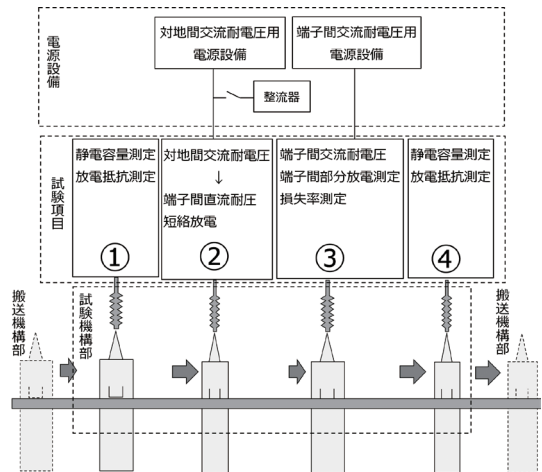


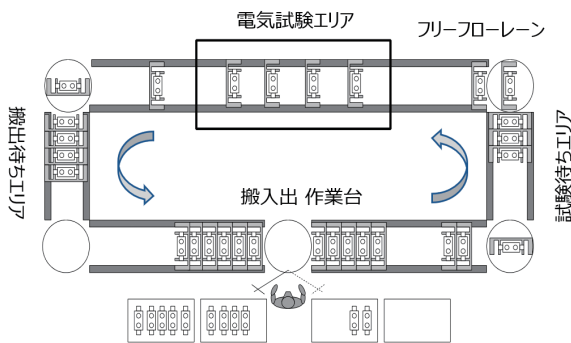
図2 最適化した試験項目と電源設備のブロック図

本図において①と④はLRCメーターによる計測であり電源は不要、②と③が高電圧電源を必要とする計測である。端子間交流耐電圧および損失率測定の電源設備が最も設備容量が大きいため、③において電源設備を共用化した。また、対地間耐電圧・部分放電測定は電源容量が小さいこと、整流回路を接続して直流耐電圧・短絡放電試験が実施できることから、②において電源を共用化し、コスト削減を図った。

#### 課題② 複数の製品寸法に対応する搬送機構の検討

各電気試験の自動化は、電源構成が決定すれば、昇圧・降圧、試験回路の切替、測定器の制御などを検討すればよく、シーケンス制御の設計が主であり比較的容易に実現する。しかし、一連の電気試験全体を自動化するためには、各試験における測定部分に缶形コンデンサをどのような機構で自動搬送とするかが課題となる。

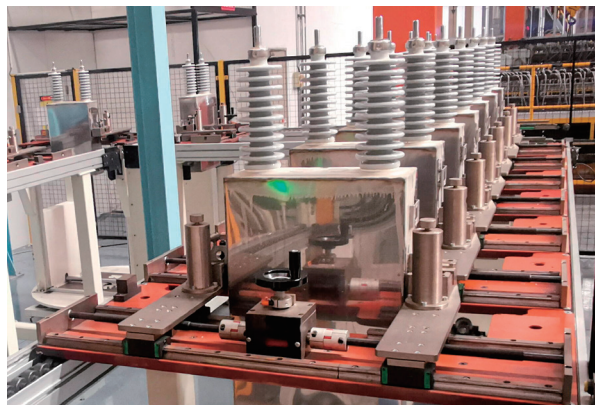
NWが生産する缶形コンデンサはブッシングが2本の単相器であり、製品全体の80%はケース長さやブッシングピッチが同一で、ケース高さが容量に応じて異なる標準品である。一方、残りの20%は顧客要求に応じたケース長さやブッシング間のピッチが複数種類ある非標準品であるため、寸法が異なる非標準品にも対応可能な自動搬送機構を検討した。その結果、①アダプターでケース長さ・幅の違いを吸収し、②それをフリーフロー式で搬送する機構を採用することとした。このような搬送機構を含む設備レイアウトを図3に示す。フリーフロー式の搬送機構は試験待ち・搬出待ちのバッファ（各々20台分）として活用し、レイアウトをリング型にすることで、搬入出箇所を1箇所とした。なお、フリーフロー式はレイアウト変更や増設などに柔軟に対応できるため、将来の前後工程の自動搬送化をスムーズに行うことができる。



(a) 設備レイアウト図



(b) 設備外観



(c) フリーフローレーン上のアダプター

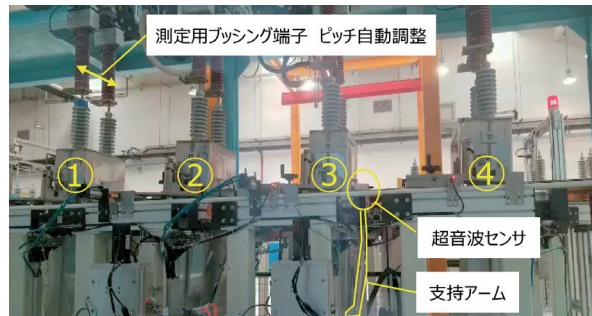
図3 非標準品の搬送にも対応した電気試験設備のレイアウト

### 2. 1. 2 導入した設備の工夫と導入効果

電源設備の最適化と自動搬送機構の選定以外でも、電気試験自動化に伴いさまざまな工夫を施しており、一例を示す(図4)。



(a) 製品番号とQRコードのレーザー刻印の様子



(b) 超音波センサ取付と測定用プッシング端子ピッチ自動調整の様子

図4 電気試験自動化における工夫の例

#### 工夫① 製品上蓋へのQRコード刻印(図4(a))

製造番号の刻印を機械式からレーザー刻印に変更した。レーザー刻印により上蓋に製品番号ごとのQRコードを刻印でき、これにより自動試験設備が製品を識別し、読み取った定格・寸法の情報を基に試験を行うことができる。

#### 工夫② 部分放電測定超音波センサの自動配置(図4(b))

端子間交流耐電圧、対地間交流耐電圧の測定試験の際に超音波センサで部分放電を計測している。この時、超音波センサの取付位置はケース胴の両側の中央に配置することになっており、自動試験設備は製品の寸法情報を基に適切な位置に自動で超音波センサを押し付けることが可能である。

#### 工夫③ 測定用プッシング端子のピッチ自動調整(図4(b))

先述のとおり、非標準品にはプッシングのピッチが複数種類存在する。試験設備はプッシング端子を上部から押し付ける構造となっており、従来の試験設備はプッシング間の幅は固定式で、製品種別が変わる際には事前に手動で幅を調整していた。今回導入した自動試験設備では、非標準品が混在しても試験設備を止めることなく計測ができるよう、プッシング端子の幅を自動調整する機構を追加した。

これらの工夫なども加えた結果、本設備の導入により次の効果が得られている。



- ①試験自体の自動化により
  - a) 検査員4~5名を無人化
  - b) 試験結果記録をIT化することによる一元管理
- ②搬送機構自動化により
  - c) 高電圧作業を不要とし、安全性が飛躍的に向上
  - d) 都度の接地作業等を不要としてスループットが25%向上

安全性・無人化・スループット向上という自動化によるメリットが最大限に得られており、今後は他工程にも自動化を積極的に導入する方針である。

## 2. 2 塗装ブース排気のVOC濃度常時監視装置の導入

NWの主力製品の内、タンク形コンデンサと並列リアクトルは大型の製品であり、それに応じた塗装ブースを3基稼働させている。図5 (a) にその外観を示す。

中国政府はSDGs目標達成のために環境・安全対策を強化しており、その一環として一定以上の排気量がある塗装ブースに対して油性・水性塗料の種別を問わずVOC（揮発性有機化合物）監視装置の取り付けが義務付けられるようになった。これを受け、NWで導入した監視装置の様子を図5 (b) ~ (d) に示す。



(a) 塗装ブース排気設備(3基) (b) VOC監視装置コンテナ  
(c) VOC監視装置(3台) (d) 4G携帯電話回線ルーター

図5 塗装ブース排気設備とVOC監視装置導入の様子

導入したVOC監視装置は24時間常時稼働するガスクロマトグラフィーであり、政令で指定された監視対象VOCを測定できるようにカスタマイズされている。塗装ブース1基に対して1台の監視装置が必要で

あり、計3台の監視装置を導入した。

監視装置盤の情報はNW所在地の無錫市環境局がリアルタイムで収集し、データ送信には4Gの携帯電話回線のルーターで直接無錫市環境局のサーバーにアクセスする方法が指定されている。

このように中国の法令を遵守するとともに、今後環境・安全対策のための設備導入を積極的に行う予定である。

## 3. 日新（無錫）機電有限公司（NEW）における取組み

NEWはガス絶縁開閉装置（GIS）用の計器用変圧器（ガスVT、図6）を主力製品としている。

生産合理化を進めてきた中から、自動化設備の導入状況や改善事例を以下のとおり紹介する。



図6 ガスVT

### 3. 1 ガスVT生産工程と自動化設備の導入状況（図7）

ガスVT生産の各工程には、次のとおり自動化設備を導入した。

- ①一次コイル巻線：自動巻線機
- ②鉄心切断：自動鉄心切断機
- ③鉄心積：自動鉄心積機
- ④容器塗装：塗装ロボット
- ⑤部材受入検査：3次元自動測定器

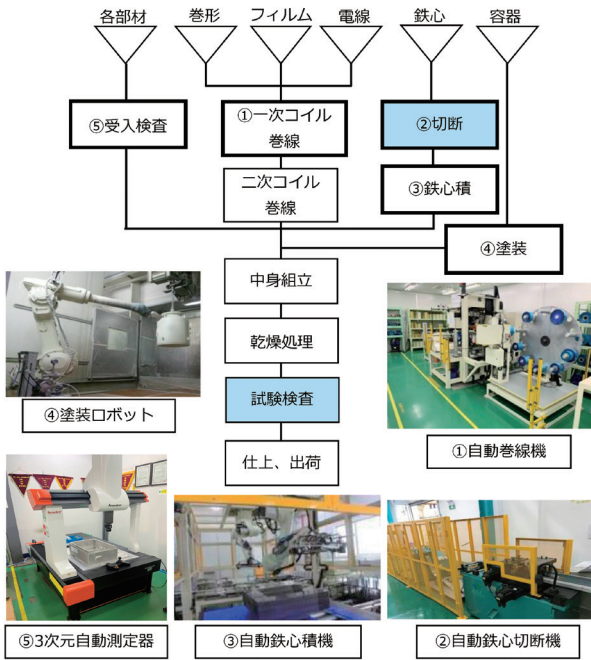


図7 ガスVT生産工程と自動化設備の導入状況

自動化設備の導入以外にも、さまざまな改善を実施しており、次項に一例を示す。

### 3. 2 改善事例の紹介

#### 3. 2. 1 自動鉄心切断機の無人運転時間の改善

鉄心切断工程において、従来は自動鉄心切断機による1バッチ当たり約10分間の加工完了後、次のバッチの加工開始前に、作業者が切断後の鉄心を収集する必要があった。

本工程に自動鉄心収集機(図8)を導入した結果、

- ・自動鉄心切断機により切断された後の鉄心は、ベルトコンベアの上に積まれる。

- ・積まれた鉄心は1バッチ分の加工が完了後、ベルトコンベア上を自動で移動する。

- ・鉄心の移動後、次バッチの加工が開始される。

これらにより、作業者による切断後の鉄心の収集が不要となり、自動鉄心切断機の無人運転時間の改善を実現した。

本設備を導入した結果、約3時間連続での無人運転が可能となり、夜間運転に活用すること等で、加工量が約50%増加した。



図8 自動鉄心収集機

#### 3. 2. 2 三相一括形ガスVT試験用切替器の改善

出荷前の試験検査工程では、GTU (Gas Testing Unit) にガスVTを搭載して、一相毎に試験を実施する。

三相一括形ガスVT (内部構造は図9) の場合は、一相の試験完了後、三相切替器で対象を次の相に切替えた後、試験を実施する。

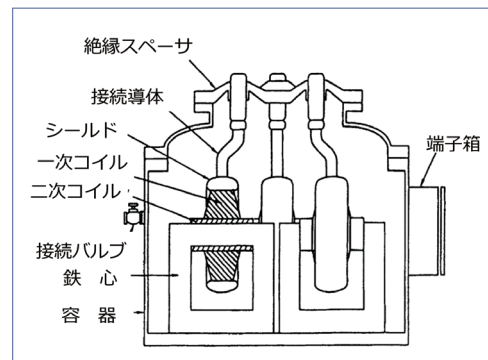


図9 三相一括形ガスVTの内部構造

従来の三相切替器 (試験状況は図10参照) はNEW設立時より使用されてきたものであり、以下の状況であった。

- ・接続管路を介して搭載された試験対象のガスVTを、地下ピット内に設置されたGTUによって試験する際、対象の相を切替えることが可能。
- ・搭載口の高さは地上2mのため、高所作業台の上での作業が必要となる。
- ・絶縁性能は15kV級
- ・操作は手動。

当社グループでは、GISにガスVTを搭載した状態で、ガスVTを電氣的にGISから切離すことができる三相の切離し装置 (Isolating Device、以下ID) 付きガスVT<sup>(1)</sup>を開発・製品化しており、上記課題を

解決するため、本技術を使用し、三相切替器の改善を行なった。

IDの操作は、ニーズに応じて手動式および電動式がある。今回、電動操作式IDを適用した三相切替器（試験状況は図10参照）を導入した結果、

- ・寸法が縮小、試験対象のガスVT搭載口の高さが地上1mとなり、高所作業台の上での作業が不要となった。
- ・220kV級の絶縁性能が確認されており、従来は不可であった220kV三相一括形ガスVTの試験時も、三相切替器で対象の相を切替えることが可能となった。
- ・操作は電動かつ試験室内からの遠隔操作となった。

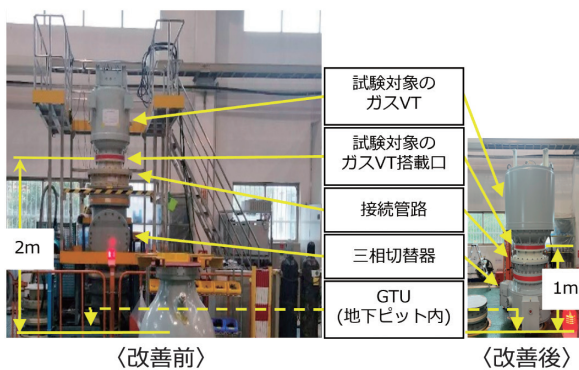


図10 三相切替器による試験状況

#### 4. 北京宏達日新電機有限公司 (BNS) における取組み

BNSの主な製品はGISである。種別は252kV、旧型126kV、新型126kV、負荷開閉器 (LBS) の4機種からなるが、顧客のニーズに対応した個別仕様が多い。そのため各機種とも部品点数が多く共通部品が少ないため、納期管理が重要である。また、顧客の納期変更に対応するため、操業の見直し、工番の入れ替えもあり、短納期で部品調達を頻繁に行う必要があり、部品の納期遅れや欠品は生産に直接影響を及ぼし、顧客の要求納期にも影響を与える場合がある。この問題を解決するため、表計算ソフトを活用した生産管理の総合的な改善を行った。

以下にBNSの改善事例を紹介する。

##### 4. 1 活動背景

BNSでは毎週の生産工程会議にて操業の進捗確認を行っているが、急遽の工番の入れ替え等により、組立に着手した工番にて部材の欠品が生じ、組立作業が中断することで生産に影響が発生していた。従来存在していた問題点と対応を下記に記載する。

##### 問題点①

手配部品の納期管理は、調達部の購買担当者が行っていた。この際、購買担当者は製品組立状況を把握できていないため、どの部品の欠品が生産工程に大きな影響を及ぼすのか分かっていないという課題があった。また、組立/検査状況は生産部（計画課）が管理しているが、部品の入荷（欠品）状況は随時把握できていないため、組立着手時点で必要な部材の入荷状況を既存の生産システム（市販の生産管理ソフト）で確認し、欠品部材があれば都度生産会議で報告し、緊急調達を依頼していた。このため、情報の遅れが深刻であり、生産工程に影響を及ぼしていた。

この問題に対し、仕組みで解決すべく、大幅な組織改革を行った。これまで生産部にあった計画課を調達部へ移管し、生産計画と部品の納期管理を一元化することで、組立着手時の部品納期遵守率95%以上を目標とする体制づくりとした（図11）。

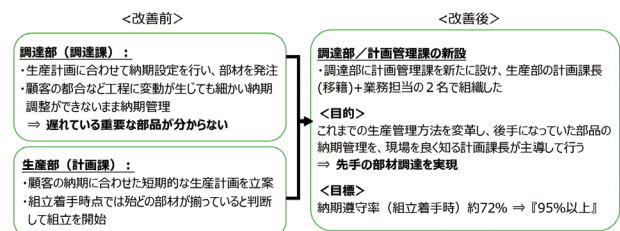


図11 改善前後の業務内容比較

##### 問題点②

BNSの生産管理システムは、中国国内で市販の生産管理ソフトを使用し、財務、調達、設計、生産、品質保証の各部署がそれぞれの需要に対応したサブモジュールを使用していた。使用例を下記に示す。

##### <使用例>

- 調達部：調達モジュールで部品手配、納品確認を行う
- 倉庫班：在庫モジュールで在庫品の入出庫の管理を行う
- 生産部：生産注文モジュールで各工番に必要な部品の管理を行う

この時、部品管理においては、手配/入荷/検査/入庫/出庫/製作指示など関連する項目が異なるサブモジュールで別々に管理されていたため、部品管理状況を調べるには各モジュールごとに調査が必要であり、情報の一元管理が困難であった（図12）。



部品管理状況を確認するためのサブモジュール

No.	問題点	目的	情報	方式	●: 使用部門 ▲: 非使用部門					
					采购-管理	采购-課長	生産	品質	技術	販売
1	工程進捗	受納、生産、検査各別立検算表	全体	部門別表	●	●	●	●	●	●
2	工程進捗	工程進捗、全数欠品	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
3	検出品	品付品再検計工程部	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
4	調度課	品検品担当、工程有差誤出	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
5	中央集計課	生産計画-得意先一致	得意先	管理受領書	●	●	●	●	●	●
6	生産管理課	工程進捗管理	得意先	管理受領書	●	●	●	●	●	●
7	生産	生産所進捗表	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
8	品質管	各工程在検部品情報-稼働	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
9	品質管	品質検査状況、欠件	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
10	品質管	品質検査部品先	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
11	在庫管理	在庫存在検査表	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
12	制御室	制御室検査表	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
13	工場課	工場課進捗、工場課進捗等	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
14	品質管	各工程検部品先	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
15	品質管	各工程立欠件数	UR+EXCEL	自動計算表	●	●	●	●	●	●
16	品質管	製造課進捗表	技術	管理受領書	●	●	●	●	●	●

図12 生産管理システム画面と各モジュールの機能分類

この問題に対し、各部門からの改善要望を反映し、生産管理システム機能の主に次の2項目を改善した。

- 1) モジュール間の関連性を高め、必要な情報を一括して検索できるようにし、各部署の意図する情報を効率よく抽出できるようにした。
- 2) 生産管理システムデータと手動で作成した任意のデータを表計算ソフトにて統合し、表計算ソフトの関数で関連付けと自動計算を行い、各工番ごとに必要な情報を諸表にまとめ、生産状況の見える化を行った (図13)。

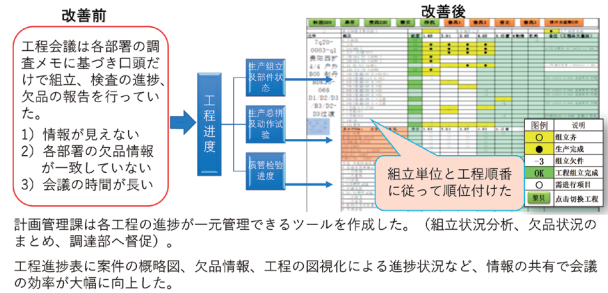
## 4. 2 改善効果

前節に記載の改善を行うことで以下の効果を得ることができた。

### ① 工程進捗の見える化

改善前：会議の中で進捗状況を目視で確認できず、口頭での報告が必要であった。

改善後：各工番の進捗管理表 (図14) を容易に作成でき、調達 (欠品)、組立、検査の進捗状況を一つの表計算ファイルで管理できるようになり、会議の効率が大幅に向上した。



計画管理課は各工程の進捗が一元管理できるツールを作成した。(組立状況分析、欠品状況のまとめ、調達部へ督促)。工程進捗表に案件の概略図、欠品情報、工程の図視化による進捗状況など、情報の共有で会議の効率が大幅に向上した。

図14 各工番の進捗管理表

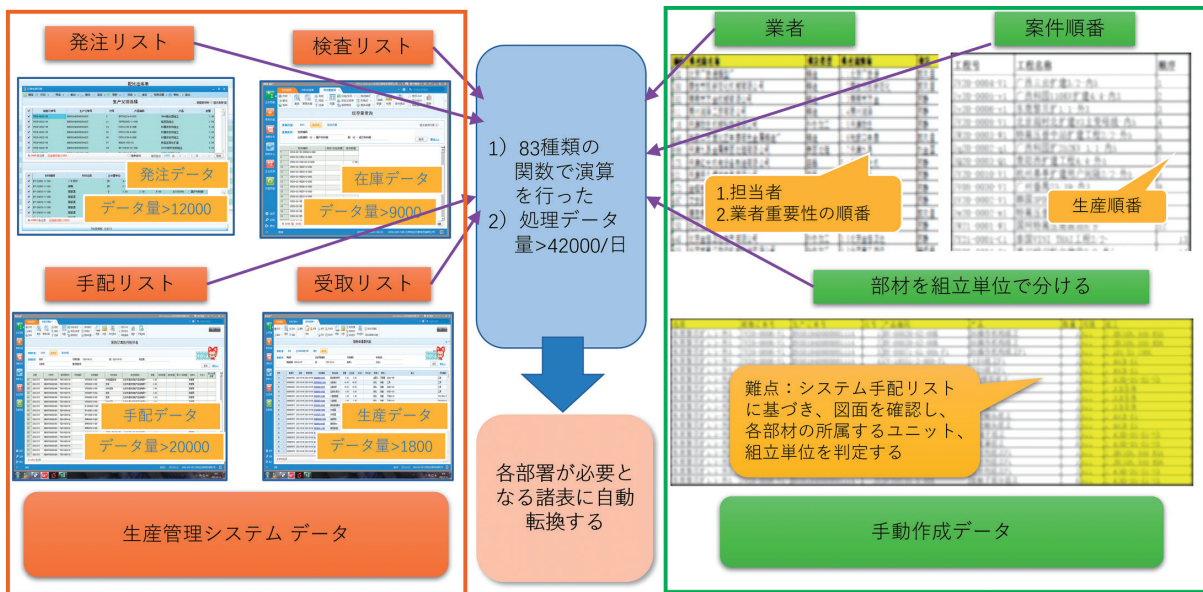


図13 生産管理システムデータと手動作成データの統合

図15 組立順序に沿った部材の入荷、欠品情報一覧

- ② 部分組立単位の部品入荷状況の見える化  
 改善前：工番、欠品部材のみを反映した手書きの情報であった。  
 改善後：各工番の組立状況、欠品の数量と入荷計画が一覧表に自動的に色付けされ、一目で状況を把握できるようになり、大幅な効率アップに繋がった（図15）。

- ③ 在庫管理、部材入荷率確認の効率化  
 改善前：手配部材の入荷状況を業者ごとに分析し、優先順位をつけて管理することは困難であった。  
 改善後：各工番、業者ごとの分析が可能になり、優先順位に基づいて各業者の入荷状況を優先情報の一覧表で把握できるようになった。工程の進捗に影響するか否かの判断が容易になり、調達担当は進捗への影響が大きいものから業者に催促することが可能になった。また、手配部品の数量、在庫数も一目で確認できるため、納期遵守率を高め、不要な在庫を減らすことに繋がった（図16）。

図16 業者ごとの欠品状況、優先情報一覧

- ④ 受入検査での部品検査順位の改善  
 改善前：入荷部材の検査順序、優先順位において特別な配慮はしていなかった。  
 改善後：工程の優先順位に基づいて、検査順位が明確になり、次工程への対応がスムーズになった。入荷部材管理表には業者情報

も明示され、不良品発生時など直ちに連絡して処置できる。同時に入荷検査数と優先工番の必要数、保管場所の情報も示されるため、検査効率、不良発生時の処理時間など大幅な短縮に繋がった（図17）。

図17 受入れ検査時の入荷部材管理表

### 4. 3 まとめ

既存の生産管理システムを改良し、表計算ソフトの検索機能を活用したツールにしたことで、簡単な操作で使いやすい、諸表による生産管理の見える化を実現することができた。これにより情報が一元管理され、部材の納品状況、工程の進捗状況も容易に共有でき、非常に大きな効率化、成果を得ることができた。なお、このツールは外部委託することなく、BNSで自ら考案、作成したものであり、最小限のコストに抑えられていることも大きな功績である。

今後は本システムツールのさらなる最適化、バージョンアップを図り、顧客の要求納期を遵守すべく生産管理に尽力する所存である。

## 5. まとめ

本稿では、中国のNW、NEW、BNSそれぞれで推進している改善活動の事例について述べた。

今後は、自社だけにとどまらず、日新電機グループ各社と協業して、改善の幅を広げ、業務の効率化に貢献していく所存である。

### 参考文献

- (1) 阿部 他：「切離し装置付きガス絶縁計器用変圧器（ID付きガス絶縁VT）」、日新電機技報、Vol.56 No.2 (2011.11)



執筆者紹介



板橋 悟 Itahashi Satoru  
日新電機(無錫)有限公司  
総工務師



塩尻 健 Shiojiri Ken  
電力・環境システム事業本部  
電力機器事業部  
設計部 グループ長



阿部 秀一郎 Abe Syuichiro  
日新(無錫)機電有限公司  
総工務師



築島 英夫 Yanashima Hideo  
北京宏達日新電機有限公司  
総工務師