

フレキシブル生産を支える革新生産システムの構築

Establishment of an Innovative Production System to Support Flexible Production



| | |
|-------|---------------------|
| 松本哲征① | Noritomo Matsumoto |
| 森脇大輔② | Daisuke Moriwaki |
| 内藤紀幸③ | Noriyuki Naito |
| 大島修④ | Osamu Oshima |
| 片山裕典⑤ | Hironori Katayama |
| 秋川拓也⑥ | Takuya Akigawa |
| 林田好輝⑦ | Yoshiteru Hayashida |
| 西岡正行⑧ | Masayuki Nishioka |

競争の激しいグローバル市場で競争優位性を確保するため、全体最適を指向した高品質・短納期生産をKPSとデジタル技術の融合で支える革新的な生産システムを開発・導入して、リアルタイム調整を可能とするフレキシブル生産を支えるスマートファクトリーの実現を目指し、「革新生産システム」を構築した。さらに溶接施工管理システムと連携させ、人・もの・設備と情報をフル活用できるようにした。

In order to gain a competitive advantage in the increasingly competitive global market, we have developed and deployed an innovative production system for supporting high-quality and quick-delivery production aimed at overall optimization, with the combination of the Kawasaki Production System (KPS) and digital technologies. We have established this innovative production system with the aim of realizing Smart Factory, which supports flexible production that enables real-time coordination. Also, we have connected this system with our welding management system so as to make full use of human resources, materials, equipment and information.

まえがき

受注激化や経営環境の変化に対応し、市場と顧客の要請に応えながら、高品質で短納期の生産を行いつつ、コストダウンと収益性向上を実現する必要がある。

1 背景

ものづくりのための正確な情報をフル活用してリアルタイム調整を可能とする高度なフレキシブル生産システムを確立することが不可欠となってきた。そこで、当社は製造に関わる人・もの・設備・工程・要領などの情報（ビッグデータ）をシームレスに取得し、最適な生産を導き出す「革新生産システム」を構築することにより、他社を凌駕するスマートファクトリーの実現を目指している。

活用する仕組みを整備することで生産効率を高め、ジャスト・イン・タイムに生産することで、リードタイムを短縮していこうとするものである。すなわち、生産管理・工程管理・品質管理などの工場管理の向上により得られる利益を追求し、ものづくりを改善・改革して、この見えていない利益を獲得することにある。この利益の1つは、生産のムリ・ムラ・ムダに隠されており、生産現場に潜むムリ・ムラ・ムダを見つけ解消できれば利益を得られる。ムリとは、飛び込み／割り込み、非科学的な作業時間での仕事を生産現場に強いるもので、これをやれば生産現場の生産効率は極端に悪くなる。ムラとは、生産する毎に品質や工数がバラツクことで、このバラツキを低く抑えることで利益になる。そしてムダとは、ロスのこと、生産現場においては時間のロス、材料のロス、不良のロスなどがあり、これらのロスを抑えてものづくりができれば利益になる。

(1) KHIの生産方式 (KPS)

当社では、ものづくりに関わるすべての現場でKPS (Kawasaki Production System) を推進している。KPSの基本思想は、「あるべき姿」を目標に、人・もの・設備に関わる全てのムダを徹底的に廃除することに努め、フルに

(2) デジタル技術の進化

近年、ものづくりに革新的なデジタル技術が芽生えてきた。それはクラウド技術であり、またAI (人工知能) の技術である。クラウド技術を使ったサプライチェーン管理においては、手間なく瞬時に部材の位置や状態が把握でき

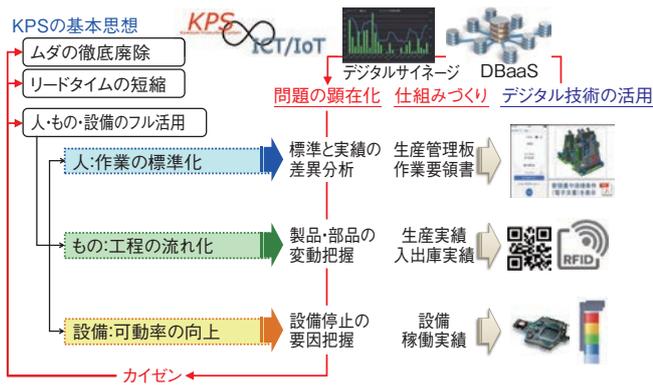


図1 KPSとデジタル技術の融合
Fig. 1 Integration of KPS and digital technologies

るようになり、また、AIを搭載したマテリアル搬送機器によって、受注仕様毎に異なる部材の自動搬送ができるようになる可能性が見えてきた。

当社でも、きめ細かな作業をビジュアルで指示する電子生産管理板を中心に、もののデジタルID化、設備の稼働や挙動のデジタル数値化を実現するための要素技術開発を続けている。

(3) KHI版スマートファクトリーの構築に向けて

KHI版スマートファクトリーは、図1に示すようにKPSとデジタル技術を融合することで実現する。

当社では、生産システムの中核を担う基幹システムを新たに構築する「Smart-K」のプロジェクトを進めているが、より短期間・低コストで実現するため、既存の基幹システムを活用して実用性のある機能群を追加することにより「革新生産システム」を開発することにした。

2 「革新生産システム」の開発方針

当社のエネルギーソリューション&マリンカンパニーでは、艦艇・タービン・ディーゼル・水力・空力・ガスエンジンの6製品/3工場（製缶、機械、組立）にて変種変量の混流生産が行われており、これまでは「複雑なものの流れ」を「多種多様な作業指示」によってそれぞれの工場で管理されていた。

将来に向けた“ものづくり力”強化による製品競争力を得るべく、全体最適を指向したリードタイムの最適化、人・もの・設備のフル活用や工場内納期や客先納期を遵守するための仕組みの強化として、「個別受注生産におけるKPSの推進」と「デジタル技術を活用した工場管理の高度化」を協同・協調実施し生産性向上を図ることにした。

KPSの推進によるものづくりの改善・改革は非常に早く、これに追従すべく、アプリケーションの機能追加やリリースもより迅速に行われることが求められた。こうした要求

に対応するために開発～リリース～改善までのサイクルを短期間で繰り返していく「アジャイル開発」と、複雑なアプリケーションを機能ごとに効率よく開発する「マイクロサービスアーキテクチャー」の開発思想を先行的・積極的に取り入れた。

3 「革新生産システム」の開発項目

「革新生産システム」は図2で示す各アプリケーション（ATOM, Swallow, OWLなど）の組み合わせにより構成しており、以下のようなアプリケーションを開発した。

(1) 基幹システムの一元管理機能（ATOM）

既存基幹システムにKPS推進により整理された標準・基準データを一元管理するための機能。

(2) 日程計画の立案支援（Swallow）

各工場の日程計画を一元管理・運用する新しい業務を確立し、これに応じた一環整合性のある生産計画線表/中日程/小日程を立案する機能。

(3) 電子個人別生産管理板（OWL）

基幹システムに登録された標準・基準データと連携したデジタル作業指示や作業実績を記録する機能。

(4) 生産状況のリアルタイム可視化（Eagle）

作業指示データや作業実績データを収集・蓄積し、工程進捗や設備稼働状況など多目的に可視化する機能の導入、及び、作業時間分析や差異理由把握などKPS改善活動に直結した機能。

(5) 統合データベースによる情報一元化（Nest）

生産管理/工程管理/日常管理に関わる全てのものづく

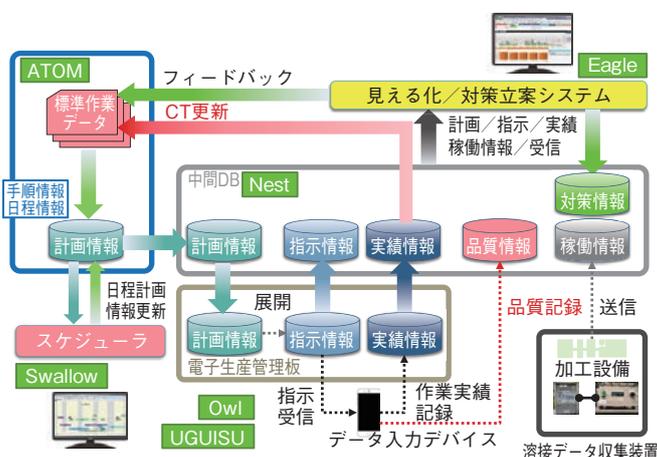


図2 革新生産システムの概要
Fig. 2 Overview of innovative production system

り情報を一元管理するためのデータベース群。

(6) 作業進捗を可視化するアンドン (UGUISU)

作業員毎の作業の進捗と残作業に要する時間を表示することにより、監督者がリアルタイムで進捗を管理できる機能。

4 「革新生産システム」の導入成果

生産システムの見える化や改善活動サイクルの迅速化を可能とするスマートファクトリー基盤を構築することができた。

たとえば、「電子生産管理板 (OWL)」は、図3に示すように作業員1人1人の1日分の作業指示および作業実績を記録する機能を担い、多品種少量生産に柔軟に対応できるようになった。当社工場に取り扱う製品群の中にはお客様ごとに製品形状が異なる「一品一様製品」、年間に数回繰り返し生産する「繰り返し製品」などがあり、それぞれにもものづくりの特徴がある。一品一様製品には長期間のリードタイムを適切な長さの工程に分割し作業指示を行う機能が必要であり、カレンダーベースの工程表をイメージしたインターフェースを提供する。また繰り返し製品の中には複数人の共同作業の分担が決まっている製品があり、組立作業においては複数人の作業の組み合わせ表をイメージしたインターフェースを提供する。特に機械加工工場では一人が複数設備を同時に稼働させる多台持ちに対応する必要があり、また昼夜勤シフトを行っているため、昼勤者と夜勤者の間で作業を引き継ぐ機能が必要となる。さらに製品を製造するための直接作業以外に朝礼や設備点検作業など毎日実施する間接作業の指示を行う定例作業指示機能が必要となる。1分以下に細分化された作業指示内容を一瞬で理解できるようにするため、文字ではなく写真や図を使用した電子作業要領書を表示する。

また、「生産状況可視 (Eagle)」は前述の電子生産管理



図3 電子生産管理板 (OWL)
Fig. 3 Electronic production control board (OWL)



図4 ムリ・ムラ・ムダの可視化 (Eagle)
Fig. 4 Visualization of muri (Unreasonableness), mura (Inconsistency), and muda (Waste) (Eagle)

板 (OWL) で記録した作業実績を集計しグラフ化するBIツールとしての役割を担えるようになった。製品・工程・手順・作業といった大きさの異なる単位で作業時間を集計するドリルダウン機能を備えることで、さまざまな角度から実績を評価して問題点を顕在化することができる。また、作業の目標時間と実績時間の比を「達成率」という指標で評価し、各作業の問題点を見つけやすくするために達成率順に並び替えるとともに、予定されている作業量と完了している作業量を比較することで作業進捗を把握することができる。

これらによって、KPS日常管理や電子生産管理板による作業指示と作業実績収集、図4に示すように、そのデータの可視化による改善活動のPDCA手法が標準化され、誰もが高度な改善を実行できるようになった。改善手法が高度化されるとともにPDCAを回すスピードも向上し繰り返し改善を実施することでアウトプットレベルも向上した。現場監督者は作業員に1日分の詳細な作業指示を行い、作業員は迷うことなく指示された手順通りに作業を実施できるようになり、標準作業時間からのズレである差異を達成率という明確な数値で評価することで作業の中に発生した問題を即座に見つけ、その原因を究明し、対策を講じることで作業の中に潜んでいたムリ・ムラ・ムダを廃除することができるようになった。

このように、従来の改善は監督者のスキルに依存しており属人的改善であったが、改善ツールをデジタル化することで改善方法が標準化され、誰でも高いレベルの改善を実行できるようになった。

5 溶接施工管理システムとの連携

「革新生産システム」で実現した工程・作業へのデジタル技術の活用に加え、KPSのもう一つ要素である設備についても、図5に示すように、溶接施工管理をデジタル化して「革新生産システム」と連携させることにより生産シス

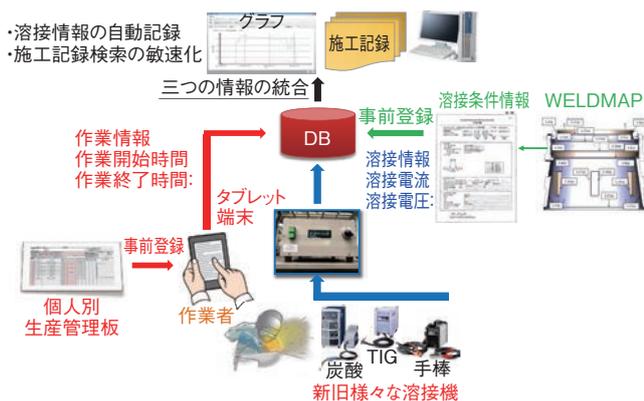


図5 溶接施工管理システムとの連携
Fig. 5 Connection with welding management system

テムでデータを活用できるようにした。

複雑な溶接施工条件での高度な品質要求に対応すべく溶接施工管理の抜本的改革を進めた。革新生産システム導入前の手作業・手書きによるマニュアル管理から溶接機から発生するさまざまな情報をデータで収集し、デジタル化による自動記録に随時移行して作業管理の効率化を図った。当社が開発した溶接データ収集システムは、溶接機からデータを取り出す溶接データ収集装置（SB：Sensor Box）、溶接機データと作業実績データを収集し、溶接施工記録として蓄積・可視する品質管理機能、溶接作業者に溶接個所や溶接要領を指示する電子生産管理板（OWL）の3つを組み合わせでシステム構成した。

このシステムの導入により以下が実現できた。

(1) 溶接情報のデジタル保存

これまで紙に手書き記入していた「溶接施工の記録」に必要な溶接情報をデジタルで保存。

(2) 溶接条件の逸脱の通知

溶接電流等の溶接条件が溶接施工範囲から逸脱した場合に施工者に瞬時に通知。

(3) 溶接データの自動収集・送信

溶接電流値・溶接電圧値・溶接ON/OFF信号は溶接機から、それ以外の作業員ID・製造番号・継手番号などはバーコードにより取得し、収集したデータを無線LANにより上位側の保存・表示アプリに送信。

(4) 可視化による品質管理

溶接データ収集装置本体から送信されたデータをデータベースに逐次登録しつつ、溶接電流値・溶接電圧値をリア

ルタイムに可視化する。また、「溶接施工の記録」に必要な溶接情報を電子データとして保存し、指定の溶接条件記録表に溶接データを自動マッピング。

あとがき

「革新生産システム」の構築と導入を通じてスマートファクトリーの基盤技術を確立・拡充し、これの横展開を図ることで、KPSの理念である「人・もの・設備のフル活用」に加え「情報のフル活用」を追求し、一層の深化を進めるべく具体的な案件を対象とした仕組みを整備した。

現在、生産現場データの収集・蓄積では、実際の生産現場を対象に、もののID化（デジタル化）や設備稼働データ取得など生産現場の人・もの・設備の情報を収集する環境を整備し、標準化／モジュール化を行うことで導入の迅速化・低価格化を実現する横展開可能なスマートファクトリー基盤の拡充を進めている。構築した環境により収集・蓄積された生産実績データは、進捗状況のフォローや生産最適化に活用することが可能であり、対応の迅速化やリードタイム短縮といった効果が期待できる。

今後も、これらのものづくりのデジタル技術を高度化させるとともに、適用拡大を推進することで、人・もの・設備といった現有リソースを最大限に活用し、KPSの一層の推進に貢献していく所存である。



松本 哲征



森脇 大輔



内藤 紀幸



大島 修



片山 裕典



秋川 拓也



林田 好輝



西岡 正行