

# これからのスマート工場

さとう ともいち  
佐藤 知一

日揮ホールディングス(株) グループ経営企画部 チーフエンジニア(ビジネス・アナリスト)

## 1 はじめに

「スマート工場」という言葉を、数年前から耳にするようになった。具体的には、どのような工場なのだろうか。スマートフォンやスマート電力計なら、身近に実物を見ることができる。中にコンピュータが仕込まれ、従来よりも多機能である。ではスマート工場とは、これまでよりも多機能な工場なのだろうか。

実は、スマート工場に学問的な定義は存在しない。そのため、少しでも先進的な取組みをすれば、誰でも「うちはスマート工場だ」と主張することができてしまう。

実際、機械にセンサーをつけて現場データを取得し、クラウドに上げてチョコ停<sup>1</sup>防止や生産性分析に活用する事例などが、よく紹介される。これまで多くの工場の機械類は、スタンドアローンで動いていたため、データ取得どころか、建物の外に一步出たら、稼働しているかどうかさえ分からなかった。その点では確かに前進である。しかし、それが「スマート」の意味なのだろうか。

## 2 インダストリー4.0とLighthouse工場

「スマート工場」という用語は、2013年にドイツ政府が「インダストリー4.0」という概念を白書で発表してから、急速に広まった。この中では、スマートな工場と、スマートな部品・製品を車の両輪として、新しい産業政策と標準化を進めるとされている。またIT技術で、実物と同じ挙動をするモデルを計算機内につくり、それを使って現

実界を回していく仕組みが謳われた(サイバー・フィジカル・システムと呼ぶ)。

ただし実務家としては、こうした抽象的な概念のほかに、具体的なスマート工場の例も知りたいところである。これに応えたのが、ダボス会議の主催者「世界経済フォーラム」による、Lighthouse(灯台)工場の選定であった。製造業のデジタルな航海を導く灯台として、インダストリー4.0に対応した先進的な工場を、独自の基準で選び出し、交流の場をつくっている。2021年3月時点で、世界の69事業所が認定された。業種は製鉄・石油から消費財・製薬・電子・ハイテク業界までが含まれる。国別に見ると、最も多いのは中国で19工場あり、日本からはGEヘルスケア日野工場と、日立製作所大みか工場の2カ所が選定されている。

Lighthouseには工場単体での取組みと、統合的バリューチェーン構築の2種類があり、各社のユースケース(活用事例)と、KPI指標の改善率を公開している。とはいえ業種も地域も広範で、取組み内容もバラバラであるため、Lighthouseのリストを眺めても、製造業が自社の方向性を決める参考になりにくいのではないだろうか。

## 3 工場ぐるみの「スマート」とは

工場ぐるみのスマートさ・賢さこそ、次世代工場で実現を目指すべきものだと、わたし達は考えている。スマートフォンを使っている人が、スマートな人間だとは限らない。どんな道具を使うかよりも、賢く考えるかどうかの方が重要なのである。

図1を参照されたい。中心のスマート工場を支える直接的要素として、DX,RX,GXの三つの技

<sup>1</sup> 工場内で何からのトラブル発生により一時的に生産設備が停止・空転すること。「ちょこっと停止」の略。

術がある。DXはデジタル化 Digital transformation の略である。RXはロボット化・自動化 Robotics transformationを表し、GXはGreen transformation=グリーンエネルギーへの転換を意味する。

その外側には実現する仕事の仕方として、OX, EX, PXがある。それぞれ Operation & Maintenance excellence, Engineering excellence, Personnel excellence, 即ち賢い操業保全, 賢い設計, そして賢く働く人々を表している。

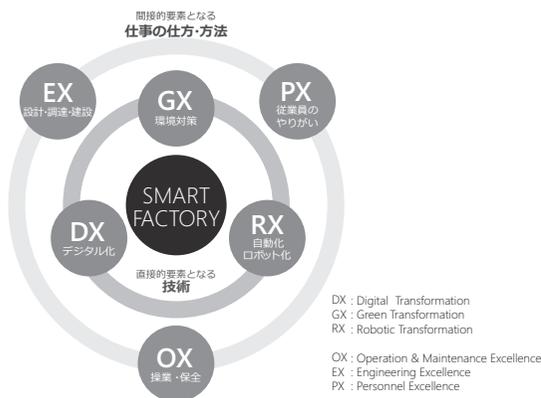


図1 スマート工場に必要な要素

では、具体的な工場の業務は、どう「スマート化」すべきであろうか。工場は大きく、製造の行われる現場(ショップフロア)と、スタッフが働く事務所(オフィス)からなる。

製造業務の内容は、業種に応じて様々であるが、大別すると製造、検査、入出荷、工場内物流、保全などからなっている。人手の作業もあれば、機械設備を用いる工程もある。そこでは、

- ①作業の指示・手順が的確に出され
  - ②人や機械や物の状態が自動的に把握され
  - ③異常や変調がリアルタイムに検知・対応され
  - ④付加価値の低い作業は機械化されている
- ことが望まれる。つまり働く人は、人間の判断を要する賢い業務に従事している姿が理想である。

他方、スタッフ業務には、生産管理、購買外注、生産技術、設備管理、品質保証、安全などがある。具体的には、上位系(本社)からの需要情報に従って生産スケジュールを立案し、製品設計情報に従って製造プロセスを工夫し、出荷・在庫実績を報告するとともに、現場に対して指示を出し、状況に応じて問題解決を行う。つまり工場スタッフとは、製造現場と、本社やサプライヤーといった外部とのインターフェースであり、司令塔・調整役を果たしているわけである(製造マネジメント業務とも呼ぶ)。

そして、スマートな製造マネジメント業務とは、

- ①現在を正確に把握できる
- ②過去を記録している
- ③現状から直近の将来を予測できる
- ④目標を実現すべく計画を立てている
- ⑤問題にすぐ気づき、原因分析・解決ができる
- ⑥無駄な仕事は排除している
- ⑦経験から学び、学びの枠を柔軟に広げることが

できる状態を言うはずである。一言でまとめると、「全体を考えて判断し、自律的にふるまう」である。こうした仕組みをつくるためには、情報技術の力を活かすことが必要になる。

#### 4 スマート工場化への先進的取組み事例

ここで具体的な例を一つ、ご紹介しよう。医薬品製造業 T 社の事例である。医薬品は半導体と並び、最もスマート化の進んだ分野である。両者ともクリーン環境における精密な製造のため、人手作業を最小化する必要があるからだ。

さらに医薬品工場は、製造実行システム(MES = Manufacturing Execution System)を導入し、情報化を進めている点も半導体工場と共通している。MESとは、基幹情報システム ERP や生産管理システムなどと、製造現場の機械制御システムとの中間に位置する仕組みである。MESは製品単位の受注情報を部品単位に展開し、機械設備

の制御系に伝える。また設備系から上がってきた稼働・品質データを、製品別に集約して上位系に報告する。多くの工場ではこの作業を、工場スタッフがやっているが、医薬品工場ではシステム化されている。



写真1 医薬品製造T社の新工場内部

T社の新工場の特徴の一つは、ロボットの活用である。産業用ロボット自体は、特に目新しく感じられないかもしれない。しかしこの工場は、医薬品(錠剤)受託製造のための「多品種変量生産工場」である。実はロボットは、事前にプログラムを書いて動かす必要があり、多品種化が苦手である。さらに錠剤製造は粉体を用いるが、多関節ロボットは粉が摺り合わせ部分に入り込むと故障の原因になる。

それでも新工場では、敢えてロボットを導入した。理由は、労働者の単調な搬送作業を減らすためである。医薬品の製造作業自体は、機械が実行してくれる。人間はというと、機械に材料を投入してスイッチを押したり、モノを工程間で運んだりといった付随的な作業をしているのである。

そこでT社工場では、ロボットが扱いやすい、新しい密封機構を持つ材料コンテナを開発し、工程への投入を自動化した。ロボットには粉の侵入を防ぐため、写真のとおり「作業着」を着せた。工程室間の搬送も、自動倉庫に用いるスタッカー式クレーンで機械化している。これにより、年産10億錠の大規模工場にもかかわらず、究極の省人化を実現した(なお本工場は、基本設計から、ロボットやコンテナの開発・機械設置、工場建設まで、一貫して日揮が請け負った事例である)。

## 5 スマート工場へのロードマップ

工場のスマート化は目的ではなく手段である。目指すのは、優秀な人材を惹きつけ、新しい製造の方式を生み出して高収益と成長につなげることである。では既存の工場をスマート化する場合、図1のデジタル化(DX)、ロボット化・自動化(RX)、グリーン化(GX)の、どれから着手するべきであろうか。

もしも現状の課題が、個別原価を把握できない、あるいは納期遅延が頻発しがちなならば、情報化を先行させる必要がある。どの注文のどの部品が、どの工程で何時間処理されたのか。こうしたデータを自動的に吸い上げ、納期を満たすスケジュールや順序制御をする、製造実行システムMESの導入が望まれる。

あるいは、現場の人手不足や離職率が深刻だとか、手作業に起因する品質のバラツキが課題ならば、ロボット化・自動化を優先すべきであろう。ただそのためには、工場のレイアウトもある程度変える必要が出てくる。よって建屋に手を入れるケースもあるだろう。

そして省エネやCO<sub>2</sub>排出量削減が課題の場合は、グリーン化から着手することになる。工場内の動力・加熱・空調・照明などの需要側と、クリーン電力の調達・自家発電・熱電併給・エネルギー管理システムなどの供給側の取組みが必要になる。

どこから着手するにせよ、最終的には工場全体をマネージする仕組みを構築することがゴールになる。そして、工場ぐるみの賢さを実現するための重要な道具として、近い将来、工場には「中央管制システム」が登場するとわたし達は考えている。

空港の管制塔や、道路管制センターはご存知であろう。航空機も自動車も、みな自律的に目的地向かっている。しかし自然渋滞や事故が起きたら、流れが混乱しないよう、運転者やゲートに対し指示を下ろす。鉄道の管制センターでは、大画面に鉄道網が表示され、列車がどこを走行中か見

ることができる。

同じように工場の中にも、全体の工程フローが表示され、個別のオーダーの状態を見渡すことができたらどうだろう。流れに停滞が生じたら、迂回や停止の指示を現場に下ろすことで、工場レベルの問題が解決できるようになる。

大型の化学プラントには以前から中央制御室があり、工場内を把握し機械を制御してきた。しかし普通の工場では、人手の作業がかなり介在する。人間はロボットではないので、“中央制御”ではなく、“中央管制”と呼ぶのが適切だろう。

製造現場は自律分散であるべきだ、集中管理には反対との意見もあるかもしれない。ただ、空港に管制塔はいらぬといふ誰も考えまい。製造ラインも滑走路と同様で、何をどの順番で流すのか、コントロールが必要である。

最近では、IoTを活用した見える化の「工場ダッシュボード」を、IT企業が提供している。もちろん有用な仕組みであるが、自動車のダッシュボードに、走行速度や燃費だけが表示されても、カーナビがなければ、運転者は判断に迷うだろう。将来の中央管制システムは、工場操業にとってカーナビの役目をするものとなる。

## 6 工場づくりはアウトソーシングの時代へ

スマート化を目指すためには、工場の製造現場をよく理解した生産技術者が必要である。ところが多くの企業では、生産技術の人財不足に直面している。最後にこの問題の解決について述べたい。

「ラインビルダー」という業態をご存じだろうか。一種の設備機械メーカーであるが、単体の工作機械ではなく、製造ライン一式を設計し構築するビジネスである。複数の機械・ロボットを組み合わせて、制御機構も実装して、客先の工場に納める。ラインビルダーという言葉は和製英語のようだが、数年前「ものづくり白書」で紹介され、次第に普及しつつある。

有力なラインビルダー企業は、半導体・自動車・家電などに製造ラインを納めており、納入先の海外比率がかなり高いのも特徴である。それは、海外の方が工場設備をアウトソーシングする傾向が進んでいるからだ。その理由は、人財にある。

日本における工場づくりというと、機械設備は自社で仕様を決めてメーカーから個別に調達し、建屋は設計事務所／ゼネコンに任せる方式が主流である。確かに中核となる製造機械は、不断の改造と開発が必要であり、技術者を抱える意味がある。しかし、工場新設は精々数年に一度だろうから、そのために製造機械系の各種技術者をずっと抱えるのは非効率である。これが海外でアウトソーシングの進む理由である。

また工場づくりの要素を考えると、中核の製造機械を支える、建築・物流・ITなどは、会社や業種を超えて、技術的な知恵が共有可能である。こうした共通技術領域をカバーするのが、ラインビルダーを代表とする、工場づくりのアウトソーシング企業なのである。

筆者の勤務先である日揮グループも、プラント・工場づくりの専門家集団である。当社は2021年から「ネクストファクトリー・ソリューション部」を立ち上げ、スマート工場づくりに特化したビジネスを開始した。

## 7 むすび

次世代のスマート工場はどんな姿かと尋ねられることがある。工場自体の形は、業種や製品により、様々であろう。しかし、共通して満たすべき条件があると思う。それは誰であれ、見た人が皆、「是非ここで働きたい」と感じる工場であるべきだということである。世界の製造業は、情報化・自動化・グリーン化といった新しい技術の導入により、スマート化に動いている。わたし達も日本で、そうした工場づくりの一端を担う仕事をしたいと切に願っている。