

〈研究ノート〉

21世紀の生産工場

長 岡 一 三

目 次

- I. まえがき
- II. 21世紀の工場で
 - 1. 背景と経過
 - 2. その精神
 - 3. 工場見学
- III. あとがき

I. ま え が き

1987年に、GM (General Motor) 社は米国ミシガン州サギナウ市に「未来工場」と銘うったバンガード (Vanguard) 工場を建設し、FF 車用のトランスアクスルの加工を開始した。ここでは徹底した自動化が図られ、繰り返し作業に従事するいわゆる単純作業者というものがおらず、少数の保全マン、ライン監視者、段取りマン、生産技術者などで運営する画期的な工場として、当時世間の耳目を集めたものである。しかしその後、人間と機械と、また人間どうしの関係にスムーズさを失い、当初のパイオニアとしての自負も色あせ、専門家の話題にものぼらなくなって久しい。

1980年代には他の様々な企業でも、競って生産の自動化に取り組んだが、判断、決断、実行といったものは、所詮人間が分担しなければならない仕事の分野であり、また現状に甘んずることなく、より品質のよいものを、より安全に、より安価に、より使いやすい設備でつくる方法を見だし、これにトライしようとするのが人間の性（さが）である以上、このGM社の例に代表されるように、人間というものに十分な配慮がなされないままに行われた単なる自動化は、そこに働く人間に疎外感を与え、しかもそれがあてがいぶちのトップダウンの場合には、彼らから改善の意欲を失わせ、働く喜びを奪い、やがては企業そのものの活力を喪失させるものである。

1990年代に至って、ようやくこの気運を察知した一部の識者や機関で将来の生産工場の在り方が模索されるようになってきた。

ここではこの方面に関する現在までの諸活動を概観し、来るべき21世紀の生産工場の姿を、

筆者自身がそこを訪問するという形で述べてみたい。

II. 21世紀の工場

21世紀の初頭、ある生産工場を訪れた私は、工場の入り口から一步足を踏み入れると、大きな林や花壇に囲まれた一角に、たくさんの小さな生産グループがおのがじし、ゆったりとしたしゃれた建物に陣取って、一見したところ勝手気ままなスタイルや奇抜なレイアウトで操業をしているのに出会って、かつての工場のイメージとの違いにまず一驚させられたのであった。さらに入り口を入ったとたん、大声で挨拶のシャワーを浴びせかける従業員たちの眼(まなこ)の、キラキラとした輝きや、彼らが皆いきいきと働いているのはどうだろう！

1. 背景と経過

生き残っている企業は皆そうだが、21世紀の現在では一昔前のように、一企業の利益の追求のみに専念するということはもはや許されていない。まずなによりも、社会の全体のことを優先して考え、全人類の幸福を願うという姿勢を貫かない限り、企業としては存続できなくなっている。

昔1980年代に、企業の CIM⁽¹⁾化が進むとともに、とかく人間と機械や人間どうしの関係にスムーズさを欠くようになって、⁽²⁾将来の生産形態というものに対して、広く論議が交わされるようになった。

当時、慶応義塾大学の島田晴男教授などが提唱した「機械には知恵をつけ、目で見ると作業手順の自己管理を徹底し、職務構造を柔軟に、チームワークを緊密にして、段取り時間を短縮し、品質を工程でつくり込むなどの『日本型ヒューマンウェア』⁽³⁾」や、(社)日本電子工業振興協会に設けられた「FFS (Future Factory-system) 調査委員会」の提唱した「自律機械がシステムを構成し、生産形態に呼応して自己増殖や変態を図るとき、これをホロニック(holonik)であるとし、生産システム全体の目標達成をめざして協調的に働くシステム、すなわち人間中心の人本主義を基礎に置いて、組織内の内的要因としての人間の機能を再認識しようとするもので、CIM に対して、HIM (Human Integrated Manufacturing) と呼ばれるべき生産形態『ホロニック生産システム』⁽⁴⁾」などが喧伝された。

(1) CIM は Computer Integrated Manufacturing の略。

例えば、上床珍彦「CIM 構築と国際化。」(『日本機械学会誌』第94巻868号、1991年8月) 217ページ。

(2) 例えば、浜口基彦他4名「CIM で仕事はどう変わる」(『日経メカニカル』、1991年4月1日) 26ページ。

(3) 島田晴雄『ヒューマンウェアの経済学』岩波書店、1988年118ページ。

(4) FFS 調査委員会『フューチャ・ファクトリシステム (FFS) に関する調査研究報告書 第V報』(社)日本電子工業振興協会、1989年。

なお、ホロンは個としての自律性と全体としての秩序という2面的性質を併せ持つ存在を意味し、

これらの論議を踏まえて、1990年に通産省の主導で、国際共同研究プログラム IMS⁽⁵⁾ がスタートし、トップダウン形のシステムである CIM の限界を越えた「機械と人間の融合を図り、働く人たちの創造性が重視される」という、より日本的な、否（いや）より人間的な、トップダウンとボトムアップとの融合形のシステムの採用が模索された。

この IMS ではとくに

- ①ヒューマン（またはユーザー）・フレンドリーなマン・マシン・インターフェース⁽⁶⁾を構築すること。とくに個々の人間と様々な作業との組み合わせにおける、設備や環境との親和性（快適で違和感のないこと）
- ②システムの中で、人間が解決しなければならないとされる多様な課題をクリアにして、適時に適切な処置ができるようにすること。とくに生起する様々な情報に技術的、管理的、経営的などの面で、最も適切に対応するノウハウや知的財産の積み上げ⁽⁷⁾
- ③ヒューマンミメティック技術⁽⁷⁾を確立すること。とくにフレキシブル性が高く、生命現象の機能実現に迫る、人間らしい設備や機械の製作

などについて難しい課題も多かったが、IMS の目指す「創造的で働きがいのある作業環境を整え、マーケットに即時かつフレキシブルに対応できる工場」というものの実現に向かって、各方面、各企業で、論争とチャレンジが繰り返された。

さらに遡って、イギリスで現実にその成果を実証された「ルーカス・プラン」⁽⁸⁾を受け継いだ EC の共同プログラム「ESPRIT (European Strategic Plan for the Research of Information Technology) 計画」⁽⁹⁾が各方面で研究され、このシステムの提唱者マイク・クーリー⁽¹⁰⁾の言葉である「人間が持っている情報過程の全潜在能力を使うとすれば、シナプスの接続⁽¹¹⁾

している。この後、このプロジェクトは近未来（5年後程度）の生産形態であるとされる NPS (New Production System の略) プロジェクトとして、現在引き続き活動中である。

(5) IMS は Intelligent Manufacturing System の略。

例えば、『国際共同研究プログラムの推進 [Ver. 3]』IMS 国際共同研究プログラム検討委員会、(財)国際ロボット・エフ・エー技術センター、1990年。

(6) man machine interface

永村寧一「新しい人間と機械の関係——ヒューマンインタフェース」(『日本機械学会誌』第93巻863号、1990年10月) 852ページ。

松本義雄、亀島敏二「ヒューマン・フレンドリ・ファクトリへの提言」(『日本機械学会誌』第93巻863号、1990年10月) 831ページ。

(7) human mimetic technology

河合正治、三輪敬之「ヒューマンミメティックの提唱」(『精密工学会誌』第55巻4号、1989年4月) 617ページ。

井口信洋他7名「ヒューマンミメティック技術を考える」(『精密工学会誌』第55巻4号、1989年4月) 618ページ。

(8) Lucas worker's plan

マイク・クーリー著、里深文彦訳『人間復興のテクノロジー』御茶の水書房、1989年、175ページ。

(9) 例えば、古川勇二「IMS 国際共同プログラムについて」(『日本機械学会誌』第94巻868号、1991年3月) 205ページ。

が 10^{14} もある。しかし、パターン認識能力を持ったもっとも完成されたロボット装置でさえ 10^8 の知能単位しか持っていない。なぜわれわれは、 10^8 の機械の知能を高め、 10^{14} の人間の知性を低めるように設計するのだろうか」に強い感銘を受けて、「人間中心 (anthropocentric) 生産システム」として

①人間が持つ能力を最もよく発揮させるのに適切なシステムとはどのようなものなのか

また

②そのシステムの中に、従来の経験によって獲得している熟練や技能を適用し、それをより高めるためにはどうしたらよいか

などについて徹底的な討議と検討が行われ、トライが繰り返された。

こうした紆余(うよ)曲折の体験を経て、各社でこれらの思想を自社に適した形に融合した新しい「生産システム」が開発されたのである。

2. その精神

このシステムの根底にあるのは、いずれも、人間が働くことによって満足感を得るのは、そこで働くことの結果が自分自身に返ってくる場合であるということである。

具体的には、例えば人間が苦勞して得た技能を彼の働いている所で使用するエキスパートシステムの構築に役立て、さらに彼の技能が向上するとともにそれがそのシステムの充実に即座にアプライされて行く場合、さらに従業員がもれなく一定の額を企業に投資して、得られた成果の配分を公平に受ける場合などである。

また、昔から世の中の規範の枠が緩んだ乱世に、傑出した人物が世に登場しているという事実は、働く人間に対しても、企業人としての諸々(もろもろ)の制約を外せば、自由な発想が生まれ易いということで、それを新しい企画に繋げて行くことができるのである。

従ってまず成果を的確に本人に返すことと、従来のいろいろな規範を撤廃することから着手された。

しかし規範を撤廃すれば、これを契機として、行動するような建設的な人間ばかりではない。ところが企業としては、全ての従業員が躍動しなければならないのだから、個人の能力を否応なく引き出さざるを得ないケースも出てくる。ここが企業のリーダーの腕の見せどころである。これには次のような方法が一般的である。繰り返しくりかえし、彼の挙げた僅かな成果でも高く評価し、彼の提案を職場で実施して成果を周囲の仲間実感させ、周りの賛辞を彼に返してやるように導くことによって、彼に自主的な躍動が期待できるようになるものである。

(10) マイク・クーラー著、里深文彦訳、前掲書、68ページ。

なお、この言葉は原著書が刊行された1987年当時のもので、最近のロボットではシナプスの接続が 10^8 に達するものもできている。しかしこれを 10^{10} 以上にすることは至難なことといわれている。

(11) シナプス (synapse) とは神経単位と神経単位の接続部位、また、受動体と作動体と神経単位の接続部位、あるいはその結合関係をいう。

21世紀の生産システムでは、いずれも人間を中心に置いて、彼らの創造力をフルに発揮できるようにしている。このために自律型分社化（分権型ネットワーク経営）という責任体制をはっきりさせるシステムが採用されている。この分社化は徹底したもので、各社とも生産を計画する場合には、後工程のお客様のニーズに応じ、自分たちの仕事のし易さを十分に考え、設備の設置、レイアウト・工程系列・就業時間などを設定し、企業外にまでまたがる人事の交流、さらにフィランソロピー（philanthropy）やメセナ（mécénat）に至まで、自分たちがベストと考える方針で臨み、しかも企業全体としてリズムカルに生産が進められるようになっていく。そして自分らの選択やアイデアや能力が報酬・福祉・次の設備の導入などに確実にね返ってくるようなシステムになっている。

従ってある分社は完全に自動化されているのに、隣の分社は手づくりで仕事が行われているなど千差万別で、関係者がお客様と従業員の両方について熟慮した上で、それが最適と判断されたからそうなったものが多く、金や知恵がないから、自動化したくてもできないというような、次元の低い発想は少なくなっている。

数多くの分社の中には、会社そのものが大きな船で、それ自身が快適な工場になっているものもある。船の中に資材を積み込み、船内で付加価値を加え、要る場所に要る物を、要る時に積み下ろす。できるだけ太陽エネルギーを利用して、安い資材や、外注、人材を求めて広範囲な移動を繰り返す。

もちろんどの企業でも、人類の幸福を支えるために、地球的な規模で「環境にやさしい」ということが優先される。そして廃棄物の処理やリサイクルなどについてはとくに厳しい規制が行われている。

また企業の環境破壊を考えると、最も大切なことは地球上で再生産ができる範囲しか利用してはならないという考え方がようやく定着し、例えば鉱石・木材・牛・魚介類に至まで、リサイクルなどを考慮せず、天然資源を無制限に利用したり、捕獲することは許されなくなったし、排気ガスなどは処理できる量しか排出できないので、例えば自動車はほとんどソーラーカーに移行している。

かつて1990年代にいわゆる日本的経営によって、資源を使い過ぎ、日本が世界の人々から非難を受けたものだが、この見地から、今では作り過ぎということも許されていない。要るだけ、売れるだけ、作るべきだということが企業に徹底されている。

3. 工場見学

さて分社の1つ2つを見てみよう。

美しい雑木林に囲まれた芝生の中のロッジ風の建物に入ってみると、その中はかつて3K（危険、汚い、暗い、あるいは臭い、きついなど）をうたわれた20世紀の生産工場のイメージとはかけ離れた、美術館やミュージックホールに見まがうたたずまいで、どこまでも明るく、

香しい花の香に満ちている。この分社ではチタン材からつくる製品の加工と組み立てが行われていた。

そこには昔に見なれていた削り屑はもちろん、床には塵1つ油1滴落ちていないし、振動や騒音といったものにも全く無縁である。まず整然と並べられた数セットの「電磁プレス加工セル」⁽¹²⁾に素材が整然と投入され、「精密塑性加工、熱処理、精度測定」が行われている。セルから出てきた製品は、AI (Artificial Intelligence 人工知能) を搭載した移動ロボットが自身で「外観チェック」をしながら次の「密閉セル」に搬送し、ここでサブミクロン⁽¹³⁾クラスの「エネルギービーム加工と精度測定」が行われた後、前と同様のロボットが次工程の「組み立てベース」に運んで行く。全体の管理はAIを応用した生産管理技術、品質管理技術、設備更新技術などによって自律的に行われ、人間は部屋の一角のソファにゆったりと腰を下ろしてコーヒーをすすっている高齢のリーダー兼メンテナンス要員1人と改善が主な仕事の女性数人とである。ここには「自律分散スケジューリング」、「設計・製造インターフェース」、「生産システムの評価」⁽¹⁴⁾など多様な技術が駆使され、LAN⁽¹⁴⁾が張りめぐらされ、物流と通勤のために地下鉄道が敷設されている。

次に隣の分社に移動してみよう。この建物の外観、内装や地下鉄の設置などは前の工場と殆ど同じであるが、ここは超電導関係の製品の「手づくり工場」である。かつて1980年代後半から1990年代前半にかけてスウェーデンのボルボ・カー (Volvo Car) 社や、日本のH工業の「人間尊重ライン」、C時計の「有人化工場」などと銘うった、トップダウンでつくられた「手づくりライン」とは違い、ここは主としてボトムアップによって設置されたラインである。そこで働いている人たちがいかにものびのびと仕事しているのはこのためである。

この工場では適切な工程系列を現在なお模索中で、POP (Point Of Production) は設置されているが、先程の分社と違って、製造ラインはまだまだアラ削りのように見える。ここにはいわゆる「対話による創造」のために、全員の総意によって、王侯の貴賓室と見まがう豪華だが気品のある「黄金の対話室」なるものが設けられている。この部屋は「ヒューマン・ネットワーク」の維持には欠かせない来賓送迎用ヘリの発着場に隣接している。さらに従業員1人1人が日夜直面している問題や使命感といったものを大書した「私たちの問題点」なるボードが目につく。このボードにはその問題点を解決する期日も記入してあり、その期日より早くなれば加給、遅れた場合には減給を分社で自主的に申し合わせたりしている由である。ボードの

(12) セル (Flexible Manufacturing Cell の略) とは FMS (Flexible Manufacturing System の略) の機能を持った最小単位のシステムで、数台の工作機械、測定機、ロボットなどで構成され、フレキシブルに製品の自動加工、自動測定などを行うもの。

(13) サブミクロン (submicron) とは長さの単位のマクロン (1/1000 mm) の 1/10 の長さをいうが、一般に1ミクロン未満を総称することが多い。

(14) LAN (Local Area Network の略) とは工場内情報伝送網で、比較的狭い地域に分散して設置されたコンピュータ、NC 装置、OA 情報機器などを相互に接続して、効果的に利用するデータ通信システムをいう。

上に筆太に刻まれていたのは、かのロロ・メイの言葉である。「勇気を持っていても絶望することはある。真の勇気とは、絶望していてもなお前進していく能力である！」

このボードで誓い、異なった専門分野の一流の人たちを交え、膝つきあわせたフェース・ツー・フェースの対話から、ラインの改善を含めた新しいインクリメンタル・イノベーションが生れてくるのである。

III. あ と が き

いくつかの分社を見学し、見送りを受けて地下鉄に乗った私は、頂戴したお土産をソッと開けてみた。それはテレビ電話用のカードだったが、裏の注意書きを読むと、最初に今、見学を終えた工場に電話するようにカードに番号がメモリーされており、「見学有り難うございました。恐縮ですがご覧になって何か改善のアドバイスを頂くことはございませんか」と記されていた。

私はかつて製造業が最盛期を迎えた「黄金の60年代」の米国で、工場の入り口に、謙虚に「Welcome to X (工場名)! Please advice us friendly! (この門に入る皆さん! われわれの仕事に友人としてのアドバイスを!)」と掲示したり、見学後アンケートを取るなどして、率直な指摘を求め、集めたアドバイスをヒントに次々と改善を断行して、大きく飛躍を遂げたいくつかの企業のあったことを思い出し、私の目にはもはや改善の余地などないように見えたこの素晴らしい新世紀の生産工場で、なお貧欲なまでに向上の炎を燃やし続ける人類の逞(たくま)しさに感慨をあらたにするとともに、人類の未来に大きな希望と深い敬意を抱いたのであった。