



インダストリアルエンジニアリングの成果と現状

北岡 正敏*

On Application Results and Present Situation of Industrial Engineering

Masatoshi KITAOKA*

1. 緒言

フレデリック・W・テイラーの始めた科学的管理法ほど人類の歴史に大きな足跡をのこした技術はない(1)。彼の考えた科学的管理法 (Scientific Management) とその後継者が考えたインダストリアルエンジニアリング (以下 IE と省略する ; Industrial Engineering) は世界を一変させた。ここであげる IE とは作業研究などの狭い範囲でなくシステムを最適化するための管理手法を含んだ広い範囲を意味する。あらゆる産業分野で IE を活用すると、労働生産性を向上できる (1)。たとえば、トヨタは敗戦後 (1946 年)、従業員一人あたりの生産台数が 1 台であった、それが 1960 年で 15 台になり、1980 年で 60 台になり生産性は 60 倍になっている(2)。これまで、近代化は「技術」と「資金」とがあり、それに「制度を変革」すれば簡単に実現できると妄信してきた(3)。それが間違いであることは西欧を含めて 200 年間で証明された。さらに、機械化とロボット用いた自動化を徹底すれば生産性はあがると信じた。しかし、トヨタは自動化や機械化よりも、現場で働く人の知恵と従来の機械で IE を駆使した独自の生産システムを構築した。そして、GM もフォルクスワーゲンもトヨタ生産システムに対して、生産性や効率面で遅れをとった(3)(4)。現時点ではトヨタ生産システムは最良のシステムである。IE の分野では、新しい管理手法はたえず進化していく。ここでは、急激な進歩をしている IE の歴史的な経過と現在、そして次世代の生産システムで適用されている知能化した IE について検討する。

2. マルクス主義とテイラーの科学的管理法

フレデリック・W・テイラーほど人類の歴史に大きな影響を与えたアメリカ人はいない(1)(5)。テイラーのはじめた科学的管理法とその後発展した IE は生産性を大幅に上げ、人々の生活を豊かにし、社会を大きく変革させた。日本やヨーロッパは IE を用いることで、製造業における労働生産性を 50 倍にあげた(1)。多くの知識人は近代社会を作ったのはダーウィン、フロイド、マルクスであると言われてきた。しかし、世界的に著名な社会学者であり経営学者でありコンサルタントであるドラッカー博士は、マルクスはソビエトの崩壊でその評価をなくしたため、マルクスのかわりにテイラーを入れるべきであると述べている(1)(5)。マルクスの死の 2 年前にテイラーの始めた科学的管理法は仕事の革命を始めた。これまで、生産性の向上の原因に対して、経済学者は設備投資のおかげだという。しかし、資本主義の初期のヨーロッパでも明治以来の日本でも膨大な設備投資をしてきた。しかし、一人当たりの生産性は向上していない。ヨーロッパの先進国でも 19 世紀、20 世紀も同様である。一方、技術者は生産性の向上が機械化のおかげだという。しかし、機械化はヨーロッパを中心に 200 年にわたり豊富に実施していた。ところが、労働者の生産性は増大しなかった。生産量は機械の能力だけしか生産できない。しかし、アメリカのみが一人当たりの生産性が上昇した。そのことを知ったソビエト連邦を創設したレーニンは、社会主義建設でテイラーの科学的管理法の重要性を指摘した。日本でも明治政府の指導のもと産業の近代化による機械化を、1945 年まで設備投資を増やした。そして、機械化を導入してきたが、生産性はほとんど向上していない。一方、古くから多くの経済学者は国が豊かになる方法を解説してきた。マルクスは「資本論」の中で

*教授 情報システム創成学科
Professor, Dept. of Information Systems Creation

剰余価値説から人々の貧しさの原因を説明した。日本でもマルクス経済学者は、なぜ人々は豊かになれないかを解説し、日本における社会主義の実現こそが豊かになると紹介した(6)。その背景にはロシア革命による、ソビエト社会主義国の建設と独ソ戦の勝利それに5カ年計画などがあげられる。しかし、その考えが間違いであることがソビエトの崩壊で証明された。このような中で、小室直樹博士はソビエト連邦の崩壊をその10年前から科学的に予言した(7)。ソビエト連邦という世界の最強で最先端国が崩壊するとは誰も予想ができなかった。それを政治制度、官僚制とノーメンクラトゥラ、経済面、軍事システムから科学的に説明し予言した。さらに、ソビエト連邦崩壊後の政治、経済の混乱状態をアノミー現象から明確に説明し、それが現実になっている(7)(8)。

3. 生産性向上のためのIE

第二次世界大戦後にヨーロッパ経済は完全に壊滅していた。アメリカは経済的に崩壊したヨーロッパ諸国の再建を援助した。中でもヨーロッパ諸国の生産性の向上を全面的に協力した。生産性向上とはテイラーの始めた科学的管理法をヨーロッパに輸出することである。このため、アメリカはヨーロッパにIE技術者を派遣した。当時、科学技術、文化などあらゆる面でアメリカよりもはるかに先進国の西側ヨーロッパの経営者は、アメリカの研究開発、設備投資、流通などの方法や提案について聞き入れなかった。しかし、西側ヨーロッパの経営者は科学的管理法のみは進んで導入をした。西側ヨーロッパの経営者は他の国の人々と同様にアメリカ経済の巨大化の原因が科学的管理法すなわち、IEであることを確信した(5)。ヨーロッパ、南米、インド、北欧、アジア諸国はアメリカの産業発展の原動力はIEにあることを学び、企業への導入と大学にIE学科を創設した。いまでこそテイラーの科学的な手法は世界で受け入れられているが、1910年までにテイラーの科学的管理法は知識人や労働組合の抵抗にあった。1911年にアメリカではテイラーの科学的管理法が労働者や経営者から批判を浴びて下院の特別委員会でテイラーの論文「工場管理法」(9)の調査に乗り出した。そして、1912年には下院特別委員会においてテイラーは証言をした(10)。証言録の中で、テイラーは言う「科学的管理法の本質とは何か。それは企業で働く工員たちに完全な精神革命を起こさせることである。仕事に対する義務、仲間に対する義務、使用者に対する義務といった問題について、徹底した精神革命を工員自身に起こさせることである」と述べ、そしてIEの適用により生産性が向上し、利益が出てくる。その利

益の余剰について労働者側と経営者側にたいして、余剰金の分配方法について争う必要のないほど、余剰金を増大させることができると述べた。お互いに争うのをやめて、同じ方向に協力して働くようになる。そして、「工員の賃金も経営者の利益も大きく増加することを双方が認識するようになる」と述べている。敗戦後の1950年代から日本の企業はアメリカから最新のIEを学び、それを実践した。そして、10年後には日本独自のIEを開発した。1960年から始まった、「カイゼン活動」と品質管理による「TQC活動」などは代表的なものである。これらを集大成した「トヨタ生産システム」は世界の生産に関する考えを大きく変えた。新しいシステムには誤解と批判が生じる。1912年のテイラーと同じくトヨタ生産システムも1977年日本共産党と公正取引委員会から衆議院で批判された(11)。トヨタの生産システムも初期はいろいろな問題をかかえていたがほとんど解決されていた。ところが、トヨタ生産システムは人間性を重んじ、カイゼンによる人間の可能性を引き出し、人間の相互信頼を確立し、従業員が安定した生活を保障することをアメリカのカリフォルニア州で世界最大の自動車会社GMとトヨタとのジョイント工場で証明した(3)。トヨタ生産システムは、世界最大の自動車メーカーGM、フォードをも驚かせたシステムであった。それまでGMは自社の生産システムが世界最大と信じ、日本の自動車メーカーを馬鹿にしていた。GMもフォードも経営者が官僚化して思考に柔軟性がかけていた(4)。生産システムは進化することを信じなかった。生産システムはカイゼンにより永久に進化していく(2)。

4. 仕事の研究とテイラーの科学的管理法

人類の歴史以来、「仕事」を体系的に研究したのはテイラーだけである。1750年から1850年までの農学、工学、医学の三つの技術が農業革命、産業革命、医学革命を引き起こした(1)。これまで、「仕事」は所与のものと考えられてきた。「仕事を研究する」ということは考えられなかった。アメリカで始まった科学的管理法は第二次世界大戦の後であらゆる国にいきわたった。19世紀のマルクスやリカードのような経済学者は、生産において労働者の個人差はあるが、生産性には影響は無いと考えた。そこには生産性という概念は無かった。現在のケインズ学派やオーストリ学派は計量モデルにおいて、生産性は外生変数として処理され、数式モデルには組み込まれていない。生産性は単なる労働力の量としてしかとらえられていない。たとえば、ダグラスの生産関数では実質GDPを計算するのに全要素生産性、稼働率、民間企

業資本ストック、所定内労働時間、所定外労働時間、就業者を用いて計算している。しかし、この式には働く者の個人の能力は無視されている(12)。テイラー以前に仕事を研究したのはチャールス・バベッジ(1872-1871)である。彼は英国の数学者であった。有名なコンピュータの先駆となる機械を開発した。バベッジは「分業の原則」として、一人で仕事をするよりも、分業したほうが生産性は上がることを実験で示した。バベッジの示した考えはテイラーとその弟子たちが築いた科学的管理法の基礎になった。テイラーの始めた「仕事の研究」とは何をしたのだろうか(13)(14)。1) テイラーは仕事を個々の動作に分析することをした。そして、人間のおこなう作業の動作に対して時間を測定する。次に作業を分解して、無駄な作業や無理な作業を探す。人間のおこなう作業を分解すると、ほんとうに必要な作業(正味作業)と無駄な作業から構成されている。作業の中には無駄な作業が多いことをデータから明らかにする。2) 無駄な作業を無くして、作業を実施するうえでどうしても必要な作業のみをとりあげる。そして、簡単な動作で短い時間でできるような作業を新たに設計する。3) 作業に必要な道具や機械をつくりなおす。仕事を分解することで、これまで、数千年にわたりおこなわれてきた仕事さえもが、その道具や機械や作業方法が適切でないことが明らかになる。

この単純な方法は今も全世界で適用されている。テイラーの方法は簡単に見える。しかし、あらゆる科学や工学の法則も一見、単純に表現されている。テイラーは分けるという西欧の分析学の方法を仕事に適用した。テイラーの考えた手法は多くの協力者や弟子達の協力を得て新たな発展をした。テイラーは仕事に「知識」を適用した最初の人である(1)(5)。

5. フォードの大量生産方式からの進化

テイラーの後に出て IE そのものを大きく変えたのがヘンリー・フォードである(4)(5)。彼は流れ作業による大量生産システムを構築した。フォードの考えは「仕事のところ」に人が行き来しては、歩く時間のムダが生じる。そして、作業者のところに仕事を運ぶという逆の方法を採用した。これが組み立てラインになり、1913年にフライホイール磁気発電組み立てに採用した。その後、コンベヤを用いて自動車の流れ作業による組み立て作業に発展した。フォードのコンベヤシステムはシカゴの缶詰業者が牛肉を処理するときに用いる天上コンベヤからヒントを得たことを述べている(15)。これまで発電機の組み立て作業時間は熟練工一人が部品置き場から運んで

きて、1個あたり平均20分であった。コンベヤを用いると1個あたり13分10秒に短縮された。さらにIEによるカイゼンで5分になった。1914年には組立てラインもでき、従来、1台の生産時間が5時間50分から2時間38分に短縮され、さらに、改善されて1時間33分になった(4)(15)。フォードは科学的管理法を徹底的に利用して組み立て作業に適用した。そして、一人に一つの作業を割り当てて組み立て作業を成功させた。このような流れ作業で10数年にわたりT型フォードを生産した。生産の習熟効果から価格は1910年の950ドルから1925年には290ドルになった。フォードは「機械だけでは大量生産はできない。大量生産は機械と人の両者を得てはじめて可能になる」と述べている。人道主義者のフォードは企業の責任、労働者の給与の大幅向上、労働時間短縮、労働者の幸福の追求といろいろな福祉政策を実施した。フォードは黒色のT型モデルのみを生産することが国民の生活向上につながると考えたが、国民は豊かになり彼の考えとは逆の方向に進んでいた。1927年にフォードはGMに販売台数を抜かれた。フォードのはじめた流れ生産システムはその後、あらゆる産業で適用されてきた。フォードの死後20年後にトヨタは独自のIEを展開した「トヨタ生産システム(リーン生産)システム」を開発した(11)(2)。トヨタ生産システムはIEを日本で独自に発展させたもので、テイラーシステム、フォードシステムについてトヨタ生産システムが世界の3大生産システムの基準になっている。また1980年代からフォード生産の逆を行く、コンベヤを用いないセル生産システムが個別生産工場で利用されてきた(16)。

6. 近代産業の発展と日本における企業発展の原因

日本は敗戦の中から急激な経済発展をした。経済発展の原因について経済学者は傾斜生産方式であるといわれるが、その政策は明治維新以来とられた手法である。日本の経済発展の原動力になったのは「個別企業」の活躍である。この点に関して経済学者の宮崎義一博士は現代資本主義の基本単位は国民経済でなく、国民経済をこえて活動する「現代企業」にあるとした(17)。日本経済発展の理由として、1) 戦争で戦った、多くの日本人は軍人として機械技術、電気技術などの固有技術を蓄積した。戦艦は工作機械を備えた大工場であり、工廠や民間企業での兵器生産は高度な技術を要求された。航空機の整備、通信など高度な技術を取得した軍人が、戦後、復員して全国の工場に就職して、日本の産業発展に貢献した(2)(18)。2) 1950年代にアメリカから科学的管理法

の新しいIE手法(工程分析、ワークサンプリング、動作時間分析、運搬管理手法、デミング博士の標本調査法、統計的品質管理、OR、EE、VE、設備計画、生産在庫管理、信頼性工学等)を導入した。

3)日本には江戸時代からの手工業技術が盛んでその技術と管理の蓄積があった。さらに、明治維新以来、三井、住友、古河などの財閥を中心に伝統的な産業運営の手法を蓄積してきた。また、これらを可能にしたのは国民の中に江戸時代いらいの労働に対する精神的に優れた価値観を持っていたからである(19)(27)(28)。

なぜ、日本だけが明治維新から産業が急激に発展したのだろうか。明治維新以前に、中近東、アジア、アフリカ諸国の非ヨーロッパ諸国の中で近代化に成功したのは日本だけであった。日本以外の国で体制の改革と経済の近代化に日本よりも早く着手したのはモロッコ、トルコ、タイ、中国などがあるがすべて失敗している。中国の近代化への志向は日本よりも早い(20)。1840年のアヘン戦争の敗戦後、1862年から洋務運動を始めた(21)。しかし、「中体西用」というハードは西洋のものをい用い、内容は中国文化に固執した(22)。そして、近代的な企業の運営がうまくいかず失敗し、軍事面でも清仏戦争、日清戦争で敗北した。その後、日本の明治維新をモデルにした戊戌維新を断行したが失敗した。戊戌維新はロシアの改革を参考にし、日本の明治維新をモデルにした改革である(22)。内容は中国の歴史そのものである皇帝専制から立憲君主制に変える大きな改革である。しかし、西太后を中心にした保守派の勢力で、時の皇帝である光緒帝を幽閉して失敗に終わった(23)。その後、1900年の義和団事件で清朝は崩壊の危機に面した。1904年の日露戦争の日本の勝利は中国の政策を変えた。辛亥革命が起こり、混乱が始まった。そして、軍閥内戦、国民党内戦、国共内戦となった。そして、社会主義革命でも三反五反、反右派運動、大躍進、文化大革命と混乱が続いてきた。最後に、鄧小平の改革開放政策で外資導入により経済は急速に発展してきた。しかし、中国の近代化は日本の援助なくしては不可能であった。ところで、ドラッカー博士は現代史におけるもつとも重要な事件は1)1857年の「インド大反乱」(セポイの乱)と2)1867年の日本の「明治維新」であると指摘している(24)。この指摘は非西洋文明が西洋に立ち向かうための2つの方法を示している。この2つの重要な事件を歴史学者の誰も気づかなかつた。歴史を見るのに生産技術面を考慮することの重要性をドラッカー博士は指摘している(1)(24)。「インド大反乱(セポイの乱)」はインド人傭兵の英国人支配に対する反乱であった。この反乱は「インド大反乱」、

「第一次インド独立戦争」とも呼ばれ、1857年5月に勃発した(25)。この反乱は兵力の上でイギリスを圧倒した反乱軍が敗北した。反乱の目的はインドを統一してイギリスから独立を達成しようとする運動であった。西洋化を止めようとする戦いであった。しかし、インドは敗北した。それは、インドはイギリスのもつ西洋技術の基本である鉄道建設、用水路、産業、科学、教育、農業、医学などを導入しないと生きていけないことを悟ったからである。そして、インドは英国政府の直接統治になった(25)。一方、西洋に対して逆の考えで立ちあがったのが日本の明治維新である。なぜ明治維新は成功したのか、それについてドラッカー博士はその理由を説明していない。アジア諸国を植民地にし、アヘン戦争で清国に圧勝した無敵のイギリス艦隊を薩摩藩は一番で戦い勝利した。戦争を機会に薩摩藩は英国と協定を結び、近代工業技術の基礎を修得した。日本には藩を中心にした産業技術力が幕末にはすでに芽生えていた(19)(26)。

7. 日本人の労働観と二宮尊徳の科学的管理法

これまで、近代化は「技術」と「資金」とがあり、それに「制度を変革」すれば簡単に実現できると妄信してきた。しかし、先にあげたような理由で3つの条件をそろっても近代化は不可能である。このことは戦後、多くの国で実行して失敗した。そこには「労働」に対する価値観が大きく作用している。ギリシャ時代には人間活動で一番大切なのが、思索(哲学)をすることで、2番目が戦争で、労働は最下位であった。ラテンアメリカには日本での「勤勉の哲学」は存在しない。インドの階級社会もヨーロッパの貴族社会でも中国でも労働は低く見られている。「労働」、すなわち働くことを美德とする国はプロテスタント諸国と日本だけである(27)。また、このような国々から資本主義の原理が確立され経済発展をした。小室直樹博士はソビエトの崩壊にともなうロシア経済の再建はロシア人の労働価値観が変わらないと不可能であると指摘している。国民の思考、すなわち「労働観」にその国の経済発展の基本が隠されている。日本の経済発展に影響した2つの流れがある。それは、現在の日本人の労働観を支える思想である(28)。

1) 第一は、鈴木正三の思想と石田梅岩の石門心学である。近代化に成功するかどうかは、マックス・ウェーバーのいう「資本主義の精神」をその国民が持つかどうかである。資本主義は中国にもインドにもイスラム国にも生まれる素養は無かった。資本主義はヨーロッパのプロテスタント諸国に生まれた。なぜ、東洋の日本で資本主義の精神が受け入れられて近代化に成功したのだろうか。

山本七平は、日本の経済発展は、日本人の労働観から来ていることを指摘した(28)。その思想は鈴木正三のいう「世俗的行為は宗教的行為である」という発想と石田梅岩の石門心学にあると指摘した(28)。山本七平は鈴木正三の思想を「労働を宗教的な救済の方法と見、これに徹する者ほど精神的に健康」と規定している。これが日本人の「農業観・労働観・職業観の基礎をなし、同時に日本的資本主義の基礎となっている」と述べている。そして、「成仏の方法＝仕事」という発想はおそらく日本独特のものであろうと言う。「何の事業も皆仏行なり」という発想は逆に仕事をせずになまける者は地獄に落ちるといふ考えに通じる。鈴木正三の考える仏教は独自の考えを展開させたもので、神道も孔子・老子も駆使した独自の思想である。一方の石田梅岩の「石門心学」は鈴木正三の思想を継承し発展させたものである。石田梅岩は宇宙の秩序も人間の秩序も同一とし、正三の、仏教という枠を出て、宇宙の本源に仕事の価値を求めた。正三の仕事に対する考えと禁欲的プロテスタントに共通な点はひたすら仕事に励むことで救済が得られるとする。この思想はマックスウェバーの述べた資本主義の精神と同じ思想である。

2) 第二は二宮尊徳(1787-1856)の報徳思想(29)とその実践である。その実践手法は科学的管理法そのものである。二宮尊徳は破綻した藩や農村や個人の家の経済状態を立て直し、荒れた土地の開墾をし、水利工事をした。そして独自の科学的管理法を用いてテイラーよりも100年前にすでに農業の生産性を大幅に向上させた。一方では天保の大飢饉を予測して飢えと飢饉から人々を救った人道と実践の人でもあった。彼は飢饉の救済でも村人を3つに分けて、その分類にそって救済方法を変えるといふ独自の方法で43,900人を餓死から救った(30)。また、藩の財政再建でいろいろな開発答申書(仕法)を著して、それを実践している。世界で最初に科学的管理法を体系化した人である。彼の考えは報徳思想として発展し、その手法は、農村ばかりでなく企業経営やあらゆる産業分野に大きな貢献をした(31)。報徳思想はいろいろな分野の人に大きな影響をあたえた。たとえば、現在のトヨタの創設者である豊田佐吉もその一人である。佐吉の生まれた静岡県湖西市は報徳思想の教えが強く残っている。豊田佐吉の生き様と経営思想はまさに報徳思想そのものである(32)。佐吉の思想や尊徳の考えはさらに、豊田喜一郎を始め、現在のトヨタの経営思想にも大きな影響を与えた。

二宮尊徳の始めた科学的管理法を整理すると次のような方法があげられる(29)(30)(31)。

1) 現在のISOやJISの元祖となる標準化を実施して測量器の統一をした。当時の小田原藩では農民の年貢米を測定するのに升が18種類もあり農民はそのため余分に米を納めなければならなかった。このため、升を1種類に標準化して農民から米の計量の標準化をした。この結果、農民の年貢の公平な支払いが確立し人々にゆとりと安心感を与えた。

2) 「分度」という概念を利用して、日常生活から困窮した農村や藩の財政再建に用いた。「分度」とは科学的な管理法でいう、「標準生産量」であり「標準作業」や「標準工程」のことである。分度の計算では、藩の建て直しに過去の統計データを収集した。相馬藩では188年間のデータを収集して、分度の計算をしている。有名な分度には「為政鑑土台帳」8冊がある。そこには詳細な計画が作業手順として記述してある。また個人の生活において、尊徳は自己の能力を知り、それに応じた生活の限度を設けて農村の生活を基準にした分度を適用した。「分度」の利用により、標準出来高が確立され、農民と領主の分配が決定される。分度の考えは100年後に出たテイラーの「標準作業」、「標準出来高」と同じ考えである。

3) 「仕法」とは作業計画手順書であり、工程分析表に相当し、復興計画書で、現在の作業計画書を確立している。そのために分度と一体化して利用している。この仕法は報徳仕法として財政的に破綻した藩や荒廃した農村を立て直し、有名な相馬藩の再建でその有効性が検証された。

4) 工場で利用されている標本調査と同じ思考法を1844年に相馬藩の226カ村に実施している。そして、分度のデータに利用した。農村の復旧には長いときには180年の統計データを収集し、総計分析をはじめている。そして、時系列データとして、平均値やレンジを用いて標準となる収入を計算している。このデータから農村の生産性を予測している。

5) 品質管理の原点となる管理図を適用している。管理限界に入るときは偶然の動きとし、通常予算を立て、管理限界を大きく出るときは収入を準備金として次の成長段階の予算にしている。

6) 報徳の実践は「至誠、勤労、分度、推譲」の4つをかかげている。尊徳は人間が働くのは自分のためだけでなく、他の生命のために働くとし、「他の恩に報いる」、報徳の精神を説いている。テイラーが1912年に下院特別委員会で発言する80年前のことである。

8. IEの威力を発揮した第二次世界大戦

IEがいかほど有効であるかを示したのが第二次世界大戦である。アメリカはIE手法を駆使して戦争遂行をお

こない、完勝した。1941年当時、日本には戦争を遂行するためのシステムが米国に比べてはるかに劣っていた。また当時の社会システムはあらゆる面で戦争を遂行できるシステムになっていなかった(8)。有名なオペレーションズ・リサーチによりドイツのUボートや神風特別攻撃隊の攻撃を防いでいる。アメリカは戦前から大学で予備士官の養成をおこなっている。またその講座を今も持っている。年間1万人が教育を受けていた。真珠湾攻撃による開戦とともに20万人の予備士官が動員できた。日本では大学や旧制の専門学校、中学を出て再度、予備士官学校に入るようになっていた。そして、アメリカなみの学徒動員は開戦後の2年後である。日本もドイツも女性の動員や国家総動員法はアメリカ、イギリスよりずっと後になった(8)(33)。アメリカにおいてIEは兵器の生産現場から戦闘場面、補給、教育、運用、ロジスティクスとあらゆる場面で採用された。たとえば、4発のボーイング社の爆撃機B29は27,000ポンドのアルミニウム、1000ポンドの銅、60万個のリベットを使用し、未熟練の労働者が組立作業にあたった。たとえば航空機エンジンの組み立て作業に、ほとんど読み書きのできない黒人女性労働者がエンジンの複雑な図面を読みながら作業に従事した。航空機のエンジンには80以上の要素動作が必要であった。熟練工のいない中でIEの原理によるタスク分析を利用して高度の作業を実施した。そして、驚異的な生産量を達成した。B29の11名(10名の場合もある)の搭乗員は3カ月から6カ月の訓練で戦場に出た。B-29の生産台数は3960機で、搭乗員と航空機の整備技術者が戦場にでるわけである。このため、合計で6万名以上の人々がB29の運行に従事した。アメリカは生産現場の教育にも、飛行機の操縦から兵器の運用までにIEを利用した訓練法を適用した。アメリカは戦争中に4発爆撃機を36,000機生産したが、このための搭乗員は30万人以上になる。これだけの人数を最初から教育するにはIEを用いた訓練法を適用するしか方法はなかった。日本語に翻訳されたアメリカ空軍B-29操縦マニュアル(39)には航空機に対して何も知らない素人が3カ月から6カ月の訓練で空を飛べるようにIEの動作分析、時間研究などのタスク分析と図と絵を利用してわかりやすく解説してある。そして、実地訓練にもIE手法を適用した。日本にはこのようなシステム的な思考は不可能であった。日本ではパイロット2万人の養成計画案があったが計画だけで実現できなかった。1941年に真珠湾攻撃でアメリカが第二次世界大戦に参戦したとき、アメリカは国内に軍需用の生産施設は持っていなかった。しかし、アメリカには

巨大な自動車産業が存在していた。たとえば、GM(ゼネラルモータ)がニュージャージー州リンデンの自動車組立工場ではビュイック、オールズモビルなどを生産していた。第二次世界戦争とともに、この工場は戦車や戦闘車両を生産する工場に簡単に改造して多量の戦車が生産された。アメリカはIEの基本である量産化を空母、航空機、戦車などの生産に適用した(34)。たとえばエセックス型の同じ攻撃型空母を17隻も建造し、習熟効果ももちいて生産性を大幅に向上させた。日本には大量生産の概念に欠け、空母の建造でも多品種使用量で効率の悪い生産をした。また、アメリカはIEの基本である、標準化を航空機、空母、潜水艦、輸送船、銃器、兵器の部品などで実施した(35)(36)。標準化の考えはアメリカの南北戦争から始まるが、生産の効率化と運用それに修理の問題から始まった(36)。日本には同じ工場でも航空機を生産しても陸軍と海軍で交流もなく対立のみがあり、部品の互換性が無かった(33)(35)。このため、航空機などの修理に混乱が起きた。ドイツもテイラーの科学的管理法を軍事訓練に適用した。しかし、ドイツは一部の産業にしか科学的管理法を適用しなかったため、生産性は上昇しなかった。中でも、アメリカのロジスティクスはアジア大陸、太平洋、アフリカ大陸、ヨーロッパ大陸、大西洋にまたがる作戦を世界の歴史上で始めて同時進行させた(37)(38)。しかし、日本でも1910年代にIEの重要性を知り、その研究と実践をしたのが山下興家、伍堂卓雄、上野陽一である。山下は鉄道省と基幹産業でIEを採用し生産性を向上させた。伍堂は造船でブロック工法を考え軍艦の生産納期の短縮に成功した。

9. GMとフォードによる生産方式からトヨタ生産方式

工業生産には個別生産、大量生産、プロセス生産の3つの生産システムがある(5)。ここでは大量生産として、自動車産業をとりあげてIEの考えを検討する。アメリカのフォードの多量生産システムはIEの分野に大きな変革をした。フォードのコンベヤラインによる組み立て方式は世界の産業に革命をもたらした。未熟練工を採用して、テイラーの作業分析で単純作業を繰り返した。フォードの生産システムは生産工程を分割し、繰り返し作業に同期化した。これは純フォード方式といわれ、1900年から1920年までアメリカの自動車産業の主流であった。次の時代はGMやフォードは部品の共有化によるフレキシブル大量生産方式が主流になって現在にいたっている。この方式は生産がスムーズに行くようにさまざまな部品を緊急の代替用バッファ在庫を用いて、工程内でのトラブルや品質維持に利用してきた。しかし、1

1980年代にGMとフォードの生産システムは日本のトヨタに比べて品質と信頼性面、コスト面、開発期間で完全に劣っていることが明確になった。フォード生産システムの後、生産システムそのものを根本から変えたのがトヨタ生産方式である。トヨタは1940年からフォード、GMに遅れて自動車の生産を開始した。日本の敗戦とともに1940年の後半にIE手法を導入した。そして、従来のフォード方式と併用して生産をした。1950年から各種のIE手法を導入して、カイゼン活動を実施した。創意工夫によるカイゼン活動は外国車と競争して勝ち抜くための手段であった。1950年にはTQCを導入してデミング賞を受賞した。藤本によればトヨタは外部からいろいろな技術を導入したが、不完全な技術移転となり、それが新しいシステムが確立できたという(2)。いわゆるカンバン方式、JITによる在庫圧縮、TQC、自動化、平準化、段取時間の短縮、混流生産、1個流し、多能工、多工程持ち、少人化、ポカヨケ、アンドン、U型レイアウト、TPMなどの手法が確立された(2)。設計面では敗戦時に航空機産業から優秀な技術者がトヨタに転職し、重量級プロダクトマネージャ制を採用して成功した。最初は世界の自動車企業の中でスパ抜けて巨大な会社GMはトヨタ方式などは問題にしなかった。GMの凋落は油断そのものが企業の命取りになることを示した(4)。

10. 知能化されたIEと知識労働

ドラッカーは今日、IEそのものが長い停滞を続けていると指摘している(5)。IEは1890年から1920年にかけて独創的な理論家が出た。その後、ナドラーのワークデザインという手法は独創的であった。しかし、その後は個別の手法の開発に集中している。現在はこれらの個別のIE手法を統合化することで、新しい知識IEができていく。トヨタ生産システムはその代表例である。現場レベルでのIEによる問題解決に対して、藤本はトヨタでの問題解決方には2段階問題解決モデルで処理していることを示している(2)。問題解決に利用されている手法は作業研究、動作分析、QC,VA,DE,カイゼン、TQC,TPM,SLP,統計手法などの従来の手法である。これら手法はこれからも現場での問題解決に利用される。ところが、これ以外に今後、知能化された高度のIE手法が他のIE手法と併用して開発されている。そして、高度なIE手法が生産分野に適用されている。これを知識IE手法と呼ぶことにする。広いIEの研究分野の中で一部のみをあげる。

1) 多国間でのSCMの展開:

マレーシア、タイ、中国などとの多国間にまたがるネ

ットワーク型SCMの研究が各種モデルの開発でより計算が精密になる。特に海外での生産にともなう、部品調達、生産システム、輸送システム等が国際化しIEと情報システムと結合し、モデルが知能化してくる。

2) 工程管理や品質管理面での工学手法の適用:

田口玄一博士によるタグチメソッド(品質工学)と直交表による実験計画法が現場の問題解決に広く利用される。それとあわせて各種の高度な統計解析法が利用される。また、現場で測定された時系列データがオンラインパラメータ推定とオンライン制御管理図に利用され工程管理となる。品質管理の知能化として、画像処理、高度な信号処理手法の利用が一般的になる。データベースの利用による信頼性解析手法の一般的な活用が実現する。

3) ロジスティクスのソフトウェア技術との結合:

自動化システムを構成するセンサー、アクチュエータ、コントローラ、メカニズムのペトリネットによる自動解析とレイアウト計画の3DCGによる表示。また、生産物流のシミュレーション解析、故障の自動化診断などが一般化する。

4) 人工知能の一般化:

各種の人工知能を用いた生産工程のスケジューリング手法の開発と運用の実用化(11)。スケジューリング問題はNP問題として数学的に解けない。このため新しいエキスパートシステムの開発が広くいきわたる。そして、生産の現場でファジィ、ニューロ、GA手法と各種人工知能手法が問題解決に適用される。

5) 人間的側面の研究:

トヨタは作業負担の評価にTVALを採用している(1)。これはドラッカー博士の言う仕事の生理的次元の問題を解析するものである。それ以外に心理的次元、社会的次元、経済的次元、政治的次元での解析が要求される。

しかし、いくらIEの手法が知能化高度化して、機械の完全自動化をはかっても生産性は伸びないことがGM、フォードで実証済みである。やはり、基本的なIE手法により現場で働く人の問題解決力とトヨタ生産システムをさらに改良した新しいシステムがその企業のコスト削減につながる(40)(41)。また、知識労働の生産性をいかに上げるかの具体的な対策が必要になる。

11. まとめ

フレデリック・W・テイラーの始めた科学的管理法とその後継者が開発したIEの成果と現状について考察してきた。日本において近代産業においてIEの残した偉大な貢献は生産工場に従事する一部の人にしか認識されていない。しかし、ドラッカー博士の指摘したように、

テイラーは人々の生活を豊にし社会を大きく変革させた(1)(5)。IE は生産問題だけでなく、あらゆる分野にその思想がいきわたっている。その威力を見せ付けられたのが先にあげた第二次世界大戦であった。特に、IE によるアメリカの人事考課は公正である。太平洋艦隊司令官のニミッツ少将の就任は20名の抜擢人事を公正におこなった結果である。同じように日本海軍を崩壊させたスプルーアンス少将やキンメル提督などの抜擢人事も同様である。アメリカ的な生産システムの考えの根底に IE がある。残念ながら日本がアメリカに対等またそれ以上に生産性を維持している産業は自動車、機械、電気電子産業など20%くらいである。その他の分野では生産性ははるかに低い。化学、医薬品産業、農業、土木建築などの分野では企業規模も小さく生産性も低い。特に、知識労働の生産性向上が21世紀の課題である。最後に日本に科学的管理法を体系的に導入した3名の中で、上野陽一は能率の父といわれ、日本の産業界の生産性向上に貢献し、産業能率大学を創設した。上野陽一は昭和10年に横浜専門学校において、「科学的管理法」を講義した。さらに専門学校の中に日本で始めて IE を専門にする学科を創設した。その偉大な業績に心から敬意を表したい。

参考文献

(1) P・F・ドラッカー著、上田惇生訳、「ものづくりが文明をつくる:テクノロジストの条件」、ダイヤモンド社、(2005)、p.73-79,p.268-270,p.43,
 (2) 藤本隆宏:「生産システムの進化論」、有斐閣、(2002)、p.53-54,p.71-72,p.82-86。
 (3) マリアン・ケラー、鈴木訳、「激突、トヨタ、GM、VWの熾烈な闘い」、草思社、(1994)、p.211-216
 (4) D・ハルバースタム、高橋訳、「覇者の驕り、上、下」、日本放送出版協会、(1987)上 p.84-546,下 p.226-422
 (5) P・F・ドラッカー著、上田惇生訳、「現代の経営、下」、ダイヤモンド社、(2005)、p.141-158,p.167-179。
 (6) 川上肇、「資本論入門第一分冊、第二分冊」、青木書店、(1971)
 (7) 小室直樹、「ソビエト帝国の崩壊」、光文社、(1980)
 (8) 小室直樹、「日本の敗因」、講談社、(2000)、p.20-325。
 (9) F.W.Taylor, "Shop Management", Harper & Bros. New York,(1919),p.207。
 (10) ハーウッド・メリル、上野一郎訳、「経営思想史変遷史」、産業能率大学出版部、(1968)、p.64-68,p.10-26。
 (11) 門田安弘 「トヨタプロダクションシステム」、ダイヤモンド社、(2006)、p.72-82,p.331-337
 (12) 貞広 彰、「戦後日本経済のマクロ経済分析」、東洋経

済新報社、(2005)、p.68-75。
 (13) F.W.Taylor,"The Principles of Scientific Management",Harper & Brothers,(1911),p.144
 (14) R.M.Barnes,"Motion and Time Study",John Wiley & Sons,(1949),p.640。
 (15) 溝口兼治,"自動車育てた人々",産業能率大学出版部、(1969),p.46-66
 (16) J.Nicholas,"Competitive Manufacturing Management",Irwin-Mcgraw-Hill,(1998),p.352-416
 (17) 宮崎義一,"現代資本主義と多国籍企業",岩波書店、(1982)。
 (18) 盛田昭夫,"MADE IN JAPAN",朝日新聞社、(1987),p.7-43。
 (19) 渋谷栄一,"青淵百話",実業の思想 11,筑摩書房、1964,pp.134-164。
 (20) J・K・フェアバンク、市古訳,"中国(上、下)",東京大学出版会,(1972)
 (21) 野村浩一,"近代日本の中国認識",研文社,(1966)
 (22) 黄文雄,"中国の大誤算",福昌堂,(2006),pp.224-240。
 (23) 黄文雄,"日本植民地の真実",扶桑社,(2003),p.272-347。
 (24) P・F・ドラッカ、上田、佐々木訳,"新しい現実",ダイヤモンド社,(1989),p.39-60。
 (25) 佐藤他,"世界歴史14、ムガール帝国から英領インドへ",中央公論社、(1998),p.383-413。
 (26) 鈴木梅四郎,"実業家としての中上川彦次郎先生",実業の思想、筑摩書房、(1964),p.165-178。
 (27) 山本七平,"日本人とは何か、上",PHP文庫、(1992),p.270-289。
 (28) 山本七平,"勤勉の哲学",PHP文庫,(1984),p.64-153,p.154-201。
 (29) 吉地昌一,"二宮尊徳全集,思想と事業",福村書店、(1968),p.24-36。
 (30) 三戸岡道夫,"二宮金次郎の一生",栄光出版、(2002),p.123-206。
 (31) 大石三四郎,"二宮金次郎",同文書院、(1983),p.160-215。
 (32) 日野三十四,"トヨタ経営システムの研究",ダイヤモンド社、(2004),p.12-55。
 (33) 児島襄,"誤算の論理",文芸春秋,(1993),p.311-361
 (34) 三野正洋,"日本軍の小失敗の研究",光文社 NF 文庫、(2000)。
 (35) 森本忠夫,"魔性の歴史",文芸春秋、(1991)
 (36) 小山弘健,"世界軍事技術史",芳賀書店、(1972)p.319-346

- (37) Final Report of The Army Service Forces, "Logistics in World War 2, Center of Military History, US Army, 1993.
- (38) 谷光太郎, "ロジスティクス", 同文書院インタナショナル, (1990), p.86-300.
- (39) 米陸軍航空隊編, "B-29 操縦マニュアル", 光人社, (1999).
- (40) 大野耐一, "トヨタ生産方式", ダイヤモンド, (1978), p.9-131
- (41) 新郷重夫, "トヨタ生産方式のIE的考察", 日刊工業新聞社, (1988), p.95-335.
- (42) 産業能率短期大学, "上野陽一伝", 産業能率短期大学出版部, (1957), p.1-170.