

セル生産方式の普及と市場条件

鈴木 良 始

はじめに

セル生産方式の普及
現代的市場条件
現代的市場条件と既存組立方式の困難
市場の要請と生産革新 - むすびにかえて -

はじめに

1990年代初頭以降、セル生産方式と呼ばれる新たな生産方式を製品・部品の組立工程に導入する企業が増加しはじめ、近年はその普及にいつそう弾みがついてきている。その広がり大きさ、既存の生産方式に対する種々の優位性、導入された生産現場に見られる生産レイアウト・労働・技術等の変化の大きさからいって、セル生産方式は最近の注目すべき生産革新の一つとなっている。

しかし、セル生産方式普及の動きが注目を集めるようになってからすでに10年ほどになるにもかかわらず、その特質と歴史的意義について未だ十分な学問的整理がなされていない、と思われる。本稿は、このような状況認識に立って、セル生産方式の主要な特質を抽出してセル生産方式に包括的な定義を与えることを展望しながら、その前段の分析としてセル生産方式のこれまでの普及状況の特徴を整理し、普及の背景にある市場条件を確認し、既存の組立方式がどのような困難に遭遇しセル生産方式に道を譲ることになったのかを明らかにする。

いかなる社会事象であれ、その定義づけや何を主要特質として抽出するかは、問題に接近する考察者の関心にそくして多様でありうる。何を重要な要素と見るかは、対象に対する考察者の関心に依存するものである。小論の視角は、セル生産方式の広範な普及という社会経済的事実、その経済的影響力に視点を据えて、セル生産方式のいかなる特質がその普及をもたらしているかに関心を寄せる。セル生産方式の普及の根拠と背景、日本の産業への影響のゆえん、これらを的確に説明しうる特質を抽出しえたとき、その把握はセル生産方式の認識として現実的に有意義なものとなると考える。

以下、では、日本におけるセル生産方式のこれまでの普及状況を概観し、その特徴を整理する。では、セル生産方式に先行して広く実践されてきた既存の組立方式の特徴とそれに適合的な市場条件を整理し、その市場条件が現代的市場条件へと大きく変化

したことが、それが今後も続く永続的なものであることを確認する。では、変化した現代的市場条件の下で既存の組立方式がいかなる困難に遭遇したかを具体的事例にそくして考察し、現代的市場条件が既存組立方式に替わるものとしていかなる特質を備えた生産方式を要請しているかを明らかにする。では、以上の考察を要約し、あわせて残された論点に言及する。

セル生産方式の普及

セル生産方式の特質について考察する前段として、ここではセル生産方式のこれまでの普及過程を概観し、整理する。しかし、何をもってセル生産方式と見なすかをある程度確認しておかなければその普及を議論することができない。そこで、議論を一部先取りするかたちで、本稿が何をセル生産方式と見るか、提示しておくことにする。

まず、セル生産方式は、加工組立型産業に導入された生産革新である。つまり、鉄鋼業、石油精製業、醸造業、製紙業、化学工業、医薬品業など、加工組立型以外の諸産業にはセル生産方式は関係しない。金属・プラスチック・木材など素材が何であれ、それらから一定形状の部品が成形・加工され、しかる後にそれら部品を組み立てる工程において導入される生産方式である。それゆえまた、加工組立型産業でも、組立工程の前段階である部品加工工程においてみられるセル生産に類似する生産方式、すなわち自動車産業の部品加工工程において実践されてきた U 字型ライン¹については、セル生産方式それ自体とはさしあたり区別しておくのが適切だと考える。小論は、とりあえず、セル生産方式を組立工程の生産革新として扱う。

次に、組立工程におけるどのような生産方式をセル生産とみなすのか。一般にセル生産と呼ばれている生産実践を見学すると、そのレイアウト形状は企業・事業所・製品によって顕著な多様性を示している。にもかかわらず、それらがセル生産方式として共通の名称で括れうる最重要の共通項は、最終製品（ないし部品）の組立工程における工程分割の相対的減少（逆に言えば分割された一工程、その工程の作業者に割り当てられる組付作業範囲の拡大）である。それと表裏の関係でセル生産のサイクルタイムは相対

1 部品加工工程においては U 字型ラインという、セル生産方式と多くの類似点を有する生産方式がセル生産方式の普及以前から存在している。後述するように、セル生産方式には、とりわけその初期の導入事例において、この自動車産業の部品加工工程に普及した U 字型ラインの影響が強く認められる。しかしながら、本稿は、さしあたりセル生産方式の考察を組立工程における新たな生産方式に限定し、部品加工の U 字型ラインとは区別する。その理由は、次の 2 点である。第 1 に、1990 年代以降新たに注目されるようになったのは組立工程の変化であり、産業界・経済ジャーナリズムにおいてセル生産方式と呼ばれているのも組立工程の生産方式である。それゆえ、さしあたりそのような実践的用語法を尊重すべきである。第 2 に、セル生産も U 字型ライン形状を採る場合があるとはいえ、採らない事例も多く、最初から両者を同一視するのは分析に混乱を招く。またライン形状以外においても両者の間には相違があるので、まず両者を区別して考察し、しかる後に両者を比較する方法が適切である。ただし、部品加工における U 字型ラインとセル生産の比較分析については、小論の対象外である。

的に長くなっている。これを外観面からいえば、工程分割の減少に伴い組立ライン延長が短縮されてラインが狭いスペースに凝縮される。工程分割の減少がもたらすもう一つの外観的特徴は、組立工程を担当する作業員数が相対的に少なくなることである。しかし、これら外観の背後にあるのが、工程分割の減少、それと表裏の関係にあるサイクルタイムの延長である。

以上の点は、具体的な例示を与えると分かりやすい。ある製品ないし部品の組立に必要な全組立作業が100工程に分割された組立ライン（フロー・ショップ）を考えてみよう。それが手渡しの分業ラインか、コンベア搬送のラインか、さらに組付作業のほとんどが自動化されたラインかどうかは、問題ではない。このラインは工程あたりたとえば1.5メートルの長さを必要とすれば総延長150メートルのラインとなる。生産計画上、このラインが1時間当たり240個の完成品を組み立てるとすれば、サイクルタイムは15秒となり（3600秒を240で除す）、各工程内の組付作業時間はこのサイクルタイム内に納まっていなければならない。ここで、何らかの理由で1時間あたり30個組み立てる少量ラインへの変更が行われるとすれば、このラインのサイクルタイムは2分となる（60分÷30個）。2分のサイクルタイム内には従前ラインの8工程分の組付作業が集約されるであろう（1工程15秒に納まる組付作業の8倍＝2分）。そして、このラインの工程分割数は13である。なぜなら、新ラインは1工程で旧ラインの8工程分の組付作業を処理するからである（100を8で割れば12.5となり、切り上げて13工程となる）。こうして、工程分割の相対的減少、サイクルタイムの拡大、ライン総延長の短縮、作業員数の減少が起きている。何らかの理由によりライン計画生産量が減少すれば、サイクルタイムが長くなり、これに応じて工程分割数がより減少し、ラインの長さがいっそう短くなっていく。もっとも極端な場合、全組立工程を1工程に集約すれば、1人で組立作業全体が行われることになる。工程集約度が非常に高まる分だけ、サイクルタイムは長くなり、時間あたり生産個数は減少する。セル生産方式とは、組立工程の工程分割度を削減し、多くの場合1人～数人程度で組立を行う、ライン生産量が相対的に少ない（サイクルタイムが相対的に長い）組立方式である。

小論ではとりあえずこのような特徴を持つものとしてセル生産方式を捉え、以下の普及過程を整理することにする。

セル生産方式は1992、93年頃からコンベア搬送の組立方式に取って替わる新奇の生産方式として注目を集めるようになった。しかし、セル生産方式は1990年代になって突然現れたわけではない。1980年代から先行的な事例が現れていた。既存組立方式からセル生産方式への転換を図った先行事例を見ると、その背景となった事情が1990年代以降のより広範な普及におけるそれと共通することがわかる。

現在、確認しうる最初のセル生産方式の事例はオリエンタル・モーター社である²。同社の生産する小型モーターは1970年代中に多品種化が急速に進み、モーターの生産品種数は3000種、これに減速機を組み合わせると6万点になるという多品種生産となっていたにもかかわらず、同社は1978年頃まで従来型の量産コンベアラインで組立を行っていた。コンベアラインは組立品種切り替えにともなう段取り替えに手間取り、いきおい切り替えコストを吸収するため大口生産を行うことになり、製品在庫水準は高かった。大口生産は生産計画から完成品までのリードタイムが長くならざるをえない。そのため一方で顧客から短納期を要求されることもあって製品在庫は平均2ヶ月分と大量に用意しながら、他方で需要見込みを誤ってもすぐには生産が間に合わず在庫切れ＝納期遅れも頻発するという経営問題が深刻になっていた。

同社は、このような窮状を脱するために1977年から1983年にかけてコンサルタントを招いて生産革新に取り組んだ。その基本的な考え方はジャスト・イン・タイム（JIT）生産方式であり、在庫を削減して需要に合わせて生産する体制へ生産管理全般を改革していった。組立工程については品種切り替えを容易にして小ロット化するために、まず9人で組立作業をしていたコンベアラインを廃止して手送りラインとし（1979年）、さらに品種毎の専用ラインを複数設置する組立方式の可能性を試行してS字型ラインなど種々の実験を行い（1981年）、1982～83年頃にはモーター組立工程全体を1人または2人の作業者に集約したサイクルタイムの長い、U字型レイアウトの組立ラインに最終的にたどり着いた（第1表を参照）。たとえば、2人の作業者が入ったU字型組立ラインの日産個数は240個という少量生産であり、コンベアラインで9人に分割していた組立作業を2人で行った。サイクルタイムはほぼ2分であったと推定される³。複数のこのようなセル生産ラインが多品種製品を各々のラインで分担して小ロット生産し、これによりオリエンタル・モーターの製品在庫は1983年には1977年時点の2ヶ月分から0.32カ月へと6分の1になり、生産リードタイムは3分の1に短縮された。以上のように、小型電動モーターを多品種生産するオリエンタル・モーター社では1977年から約6年間の試行錯誤を経て、1982～83年には組立工程に今日言うところのセル生産方式を実施していた。これが、現在知りうる最初のセル生産の事例である⁴。

- 2 以下のオリエンタル・モーターに関する記述は、同社の生産革新を指導したコンサルタント関根憲一氏からの聞き取り（2002年9月6日）、および関根憲一『工程ばらしのノウハウ（第2版）』日刊工業新聞社、1993年、による。
- 3 ラインの日産個数240個であったので、実稼働8時間（480分）で計算すると2分になる。廃棄前のコンベアラインのサイクルタイムは不明だが9人作業であったことからいって30秒程度、ラインの日産能力は960個程度であったと推定できる。
- 4 コンサルタントとして指導したのは関根憲一である。同氏によると、オリエンタル・モーター社における当時のセル生産の実践を、生産コンサルタントとして後に有名になる山田日登志も見る機会があった。山田日登志は1990年代に大手電機メーカー、精密機器メーカーのセル生産導入を指導することになる。なお、オリエンタル・モーターと同じ時期に、関根氏の指導によってマエナック縫製工場へ

第1表 オリエンタル・モーター社における生産革新

'77年度	'78	'79	'80	'81	'82	'83
新生産方式の勉強会開始 スペアマンの養成 アンドンの設置 単能工から多能工の育成 女子検査員の育成 現場のIE勉強会	検査課を廃し 現業での品質保証体制を築く コックマーケット方式採用 かんばん方式について勉強 月生産から週生産に変更 製番別出庫表を廃し生産指示書に変更 部品管理に「かんばん」導入	生産現場に女子パート全面採用 ベルコンベアの組立方式廃止 専用化ラインで1個造りの研究(A, B, C, D) NC旋盤の導入, マル解析採用 製品倉庫に「かんばん」導入 コック品の設定	生産計画を本社業務から分離 品質サークルの活動 後工程引取りの徹底 共同ラインの新設 製品倉庫「標準ロットサイズ」を導入 実習生派遣実地訓練	購買部門を本社業務から分離 多品種, 小ロット生産についてテストライン設置 部品のリードタイム短縮 機械加工1個造り指向 S字型レイアウト全面採用	ムダとり診断工程ばらしの研究 ムダとり技術の導入 1ロット10台生産に切替え Uラインの新設 製品・部品に背番号方式採用	ゼロ段取り(3分以内) Uライン推進員設置(全工場) 2人組立方式の採用, 切替え 不良ゼロ生産方式の導入 SPHの徹底

出所：関根憲一『工程ばらしのノウハウ(第2版)』日刊工業新聞社, 1993年

オムロン倉吉(株)は, 同社の製品グループのうちでも多品種少量化の激しいリミットスイッチの生産に早くからU字型ライン・レイアウトを活用したセル生産を実施してきた。同社は1980年までは直線コンベアにより, 短サイクルタイム=分割度の高い作業配分による大量生産を行っていた。しかし, 1981年以降, 作業員1人あたりの持ち分工程を増やしてサイクルタイムを長くし, ラインあたり生産量を減じたU字型ラインを採用し, ライン数を多くして多品種少量生産に対応するようになった。また, デジタル血圧計, 体温計の組立工場であるオムロン松坂工場では, 1988年から長い直線ラインを徐々に廃止し, 多工程を分担する作業員による1人~4人のU字型組立ラインを導入した。セル生産導入以前はラインの段取り替えが時間を要したため2週間程度のロット生産を行い, 緊急の注文には応じられず, 製品多品種化の下で在庫負担と在庫切れの双方に問題を抱えたが, セル生産に移行して問題を解消した。⁶

自動車部品の機械加工・組立を行うミクニ菊川工場では, 1988年, 関根憲一をコンサルタントとして加工工程と組立工程のすべてをU字型ラインに切り替えている。組立工程のU字型ラインの数は130ラインに達した。⁷

もU字型のセル組立ラインが実施されている。縫製工程は本質的に組立工程である。同工場は, U字型組立ライン導入前はロット単位の間接製品を異なる工程職場間で交錯移動するバンドル・システム(一種のジョブショップ)により, 各工程に仕掛品が山積みされていた。関根氏からの聞き取り, および関根, 前掲書による。

5 谷口卓司「EA化へのチャレンジ」『工場管理』47巻12号(2001年10月)。同社のセル生産への試行と実施にあたりコンサルタントが入ったかどうかは不明。

6 「オムロン-U字型, 直線, 1人ライン: 多様さで変化に対応」『日経ビジネス』1995年9月25日

各種電動モーターを製造する武生松下（株）は、モーターの中でも品種数が多くて品種あたり生産数量が確保できなくなった製品、かつ生産量の変動が大きい製品について、1989年からU字型ラインによるセル生産を開始した。最初に取り組んだのはクリーナーモーターであった。セル生産を始めるにあたってはトヨタ自動車と小糸製作所を訪問してU字型ラインについて学習したが、コンサルタントなどは入れず、同社グループ内の生産管理技術やIE技法を活用して自前で導入を行った。⁸

以上のように、製品多品種化が進む中で、従前の少品種量産型のコンベアラインなど、工程分割度が高く、それゆえサイクルタイムが短い（時間あたり生産量の多い）、ライン延長の長い従来型組立ラインが問題を抱え、すでに1980年代にセル生産方式に取り組む事例が現れていた。それらの事例では、多品種化に対応してセル生産のライン本数を増やし、ラインあたりの生産量が相対的に少なくなり、サイクルタイムが相対的に長くなって作業者が従前の複数工程を受け持つようになった。当時、セル生産方式という呼称はなかったが、それはまさにセル生産方式の先行事例であった。⁹

1980年代の導入事例は当時ほとんど関心を集めなかった。セル生産方式への関心が急速に高まったのは1990年代の半ば頃からである。それにはいくつかの理由がある。一つには、セル生産方式を必要とする経済的背景要因が強まった。すなわち、バブル経済崩壊による需要減少によって量産型組立方式のラインあたり設備投資額の大きいことがコスト面で困難度を高めたこと、多品種化と新製品発売周期の短サイクル化がバブル経済崩壊後に一時的に弱まった後、再び一層の強まりを見せたこと、需要総量の減少ないし停滞の下で多品種少量化が進行したこと、総需要の停滞と競合企業同士の新製品導入による相互作用などで需要量変動も激しくなったこと、などである。これらの要因は、次節で論ずるように、既存組立方式の困難度を高めた。セル生産への関心を高めた第二の要因は、ソニー、NEC、キヤノンなど、大手企業が大規模にセル生産を導入し、それが経済ジャーナリズムを通じて広く紹介されたことである。¹⁰

1990年代に入って最初に大規模な生産革新に取り組んだのはソニーであった。生産革新の検討を開始したのは1991年秋だった。これは後述するNECよりも2年早い。生産革新の必要性を意識した直接の背景は、カメラ一体型VTRを生産する最新自動組立ラインが期待に反しコスト効率が良くなかったこと、生産リードタイムが2週間と長

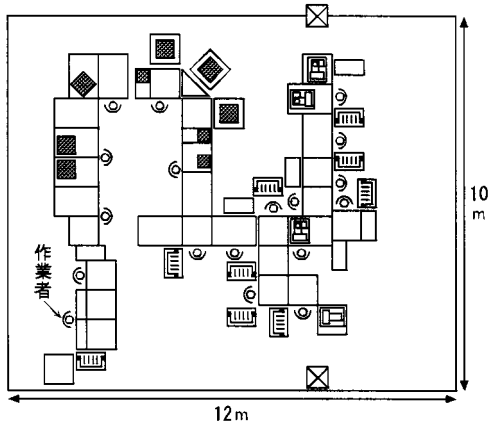
7 導入当時の工場長山本賢之輔氏のセミナー講演（2002年9月6日）、および関根憲一編著山崎功郎・竹内均著『儲かる！！一人生産方式』新技術開発センター、1998年。

8 2002年7月30日の同社への訪問時ヒアリングによる。

9 筆者がたまたま知り得た事例は以上のように必ずしも多くはない。しかし、1980年代はセル生産への関心がほとんどなかった時期であるだけに、まだ知られていない導入事例が存在すると思われる。

10 たとえば、小嶋建史『超リーン革命』日本経済新聞社、1994年5月刊行；日経ビジネス編『1ドル80円工場』日本経済新聞社、1995年4月；篠原 司「コンベア撤去の衝撃走る - 1人完結の「セル生産」」『日経メカニカル』1995年7月24日、など。

第1図 ソニー美濃加茂・作業レイアウトの一例



出所：『労政時報』3366号（1998年9月18日）

く完成品在庫を多く抱えていたことであった。つくれば売れた時代と異なり、需要量、生産量が減少してもコスト効率が良い、生産リードタイムも短く、在庫負担のかからない新たな生産方式が必要とされていた。1992年夏、ソニー美濃加茂がビデオカメラの中心ユニットであるテープ駆動装置の組立工程で、ビス締め、ハンダ付けなど10数工程からなる組立工程を5人で進めていた従来のコンベア方式にかわって1人で全工程の組立を行う実験を行った。この取り組みはあくまで実験にとどまったが、その生産性がコンベア方式を大きく上回ったことがソニー・グループにおけるセル生産方式普及の始まりとなった。¹¹ソニー美濃加茂では1995年、全部で5本あったビデオカメラを組み立てる長さ120メートルのコンベアラインをすべて廃止し、10×12メートルのスペースで20～30人がチームとなって組み立てる組立セルに置き換えた（第1図）。1996年4月時点でこのようなビデオカメラ組立セルの数は16セルであった。1995年、ソニー幸田、ソニー木更津など他工場にも同様の方式が展開され、ソニーは1995年までにグループとしてセル生産方式の本格的な導入を行うようになった。¹²

NECは、ソニーの生産革新とほとんど同時期にセル生産方式を大規模に導入した企業である。¹³NECの「生産革新運動」は1993年11月、同社常務会がその開始を決定したことが始まりだった。従来、新製品開発に経営の力点がおかれ、製造領域では量産体制を確保すればよいと考えてきた企業活動を反省し、製造分野の刷新を通じて厳しさを増す市場環境に対応することがその主要な狙いだった。生産革新のモデル拠点とされた

11 小嶋建史，上掲書。1995年には、ソニー幸田、ソニー木更津にセル生産方式が導入されている。この点、日経ビジネス『1ドル80円工場』、『工場管理』44巻9号を参照。

12 山田日登志・片岡利文『常識破りのものづくり』NHK出版，2001年。ソニーの生産革新を指導したのは生産コンサルタントの山田日登志である。同書によると1995年1月時点ではまだコンベアライン5ライン体制によるビデオカメラ組立が行われている。ソニー美濃加茂のコンベアラインは元々5本だったので、ソニー美濃加茂が本格的にセル生産方式に移行したのは1995年1月以降ということになる。1994年5月出版の小嶋建史『超リーン革命』では、10人程度の組立セルを作ろうとしているとあり、ビデオカメラの組立セルはまだ様々な方式を実験的に試行中であったことが窺われる。ソニー幸田、ソニー木更津がソニー美濃加茂の試行を経て1995年にセル生産を導入したので、ソニー美濃加茂も1995年に本格的にセル生産に移行したと推定するのが自然である。おそらくソニーはグループとしてセル生産の試行段階を終え、1995年から本格的導入を図ったのである。次の文献もこの推定を傍証して、1995年以降をソニーのセル生産段階としている。福永孝之「需要対応型生産システムを実現する生産革新機器（ROBOKIDS）開発の取り組み」『IEレビュー』223号，2001年12月。

13 NECについての以下の記述は、小嶋建史，前掲書による。

のはパソコン，ワープロ，CRT 等の製造拠点だった NEC 長野で，そこでの成果を全社展開しようとした。想定していたのはトヨタ生産方式の導入であり，生産コンサルタントに山田日登志が招かれ，NEC 長野ばかりでなく，NEC 静岡，NEC 米沢，NEC 埼玉，NEC ホームエレクトロニクス，NEC 本社生産管理部と生産技術開発本部からも参加者を加えて，毎月研修会が開かれた。

NEC 長野では，1993 年中に CRT 組立にセル生産方式を導入し，1994 年 1 月，1 日 700 台のパソコンを 24 人の工程に分割して組み立てていたラインを廃棄し，全組立工程を 6 人に分割したセル生産ライン 3 本並列に置き換えた。柔軟な生産方式の導入により，従来の月単位の大ロット生産から日単位，場合によっては時間単位の生産品種切り替えに変わり，製品在庫の激減と生産リードタイムの大幅な短縮が可能になった。¹⁴ この NEC 長野とまったく同じ時期に，携帯電話を生産する NEC 埼玉が多品種化に伴う生産上の困難を解決するため，ロボットによる全長 130 メートルの自動組立ライン（投資額 4～5 億円）を廃棄し，プリント基板組立から装置組立，検査，梱包までを約 40 人が分担するセル生産ラインを複数並列して多品種生産に対応する方式を開始した。ノートパソコン生産拠点の NEC 米沢は，やはり製造品種の増加に対応して，1994 年，セル生産による組立を開始した。¹⁵ 以上のように，生産改革への着手の時期はソニーがやや早かったが，セル生産方式による製品組立へ本格的に移行した時期は，逆に NEC のほうがソニー・グループよりやや早かったことになる。

第 2 表は，1990 年代以降にセル生産を開始した企業・事業所で，筆者が直接訪問してセル生産の実施とその開始時期を確認したもの，および各種文献情報，インターネット情報から確認しえたものをリストアップしたものである。しかし，セル生産を実施していてもまったく情報が得られないケースも少なくない。とくに近年はセル生産方式が顕著に普及したためニュース性が低下し，通常の報道情報としてはむしろ導入が少なくなっているように見えるが，実際にはむしろ一層増加していると見るべきである。したがって，第 2 表のリストは実施企業・事業所の一部を示すにすぎない。¹⁶

14 同上書。前掲した篠原 司「コンベア撤去の衝撃走る」(1995 年 7 月 24 日)によると，翌 1995 年には，このセルラインは 10 人に分割されたものに変更されてセルあたりの生産能力増強が図られ，セルの本数も 4 本になっている。また，1993 年中に CRT 組立に約 10 人によるセルライン 10 本をスタートさせたとしているが，詳細は不明。また，「日経産業新聞」，1995 年 9 月 29 日の記事によると，開始時期は不明だが，従来の 28 人に分割されたワープロ組立ラインが 5 人によるセル生産ラインに替わっている。

15 「NEC，設備捨てて蘇る」『日経ビジネス』1995 年 9 月 25 日；「日経産業新聞」，1996 年 3 月 4 日；日経ビジネス編『1 ドル 80 円工場』；『IE レビュー』1998 年 10 月

16 第 2 表は，筆者が直接工場訪問において得た情報のほか，「日経産業新聞」，『日経ビジネス』，『工場管理』，『日経メカニカル』，『IE レビュー』の各記事，インターネット上から知り得た情報，および前掲『1 ドル 80 円工場』；日経産業新聞編『The Net IT は日本企業をどう変えるか』日本経済新聞社，2001 年；丸山恵也・高森敏次編『現代日本の現場労働』新日本出版社，2000 年；山田日登志・片岡利文，前掲書，によっている。

第2表 セル生産方式導入企業・事業所 (1990年代以降のみ)

企業・事業所	セル生産される主要な製品	セル生産開始時期
富士電機吹上工場	電磁開閉器	1992
NEC 長野	パソコン, ワープロ	1993
NEC 埼玉	携帯電話	1993
山形カシオ	多機能デジタル腕時計	1993
日立製作所自動車機器事業部	オルタネータ, スタータ	1993
日立製作所情報機器事業部	ATM	1993
日本ビクター横須賀工場	VTR, ビデオカメラ	1993
NEC 米沢	ノートパソコン	1994
ソニー美濃加茂	ビデオカメラ, プレステーション	1994~95
オリンパス光学伊那工場	顕微鏡	1994
パイオニア所沢	CD プレーヤー, レーザーディスク・プレーヤー	1994
富士電機三重工場	電子制御盤	1994 頃
ソニー幸田	8ミリビデオカメラ	1995
ソニー木更津	ビデオデッキ, プレステーション	1995
長野ケンウッド	カーオーディオ	遅くとも 1995
芝浦製作所小浜工場	電動モーター	1995
PFU	富士通向けパソコン	1995
東芝青梅工場	ワープロ	1995
マックス	建築用釘打ち機	遅くとも 1996
リコー厚木工場	複写機	遅くとも 1996
ネミックラムダ長岡工場	スイッチング電源	遅くとも 1996
NEC 金谷	ファクシミリ部品	遅くとも 1996
日本アルミ	アルミサッシ枠	1996
東芝 (東芝キヤリア)	家庭用エアコン	1996
日立製作所水戸工場	エレベーター	遅くとも 1997
ダイキン工業堺製作所	業務用大型空調機	1997
ミノルタ豊川工場	計測機器	1997
九州松下	ファクシミリ, PHS, OA 機器	1997
松下電器神戸工場	ノートパソコン	1997
ローランド	デジタルピアノ	1997
長浜キヤノン	レーザービーム・プリンター	1998
大分キヤノン	カメラ	1999
キヤノン取手	複写機, レーザービーム・プリンター	1999
キヤノン化成	化成品	1999
キヤノン福島	インクジェット・プリンター	1999
キヤノン電子赤城	レーザービーム・プリンター	1999
サンデン八斗島事業所	カーエアコン	1999
リコー御殿場	レーザービーム・プリンター	1999
島根富士通	ノートパソコン	1999
パトライト三田工場	警告灯, 回転灯	1999
京セラ岡谷工場	カメラ	1999
日本電子材料	半導体検査機器	1999
ビクター横須賀工場	PDP テレビ	2000
NEC 群馬	パソコン	2000
松下電器福島工場	ポータブル MD, その他 AV 機器	2001
鳥取三洋電機	携帯電話, ファクシミリ	2001
ダイキン工業滋賀製作所	小型エアコン室内機	2001
コロナ三条工場	エアコン, ストーブ	2002
アマダマシニックス	板金・鍛圧機械	2002

(注) 1990年代以降のすべての事例を網羅しているものではない。

第2表にみられるように、1990年代後半から導入企業・事業所数が一層増加した。この急増期の目立った導入企業事例としてはキヤノンがある。キヤノンの生産革新は、同社製造子会社である長浜キヤノンをモデル工場として1998年にスタートした。レーザービーム・プリンターの組立ラインは7本あったが、なかでもそのうちの1本は投資額13億円の最新の自動組付ラインであり、残りの6本の手組みを主体とするコンベアラインでも投資額はラインあたり1億5千万円であった。1ラインに作業員80人がつき、サイクルタイム20秒で直あたり1500台を組み立てる典型的な量産型コンベアラインだった。98年4月より、このコンベアラインを、10人程度で組立工程を分割するセル生産に移行した。組立ライン7本がすべてセル生産に切り替わったのは翌99年の6月であった。長浜キヤノンの成功を確認後、キヤノンは社長の強いリーダーシップの下で、1999年に、複写機、レーザービーム・プリンター主力拠点である取手事業所のセル生産化に着手、99年中に120メートルのコンベアライン9本すべてを撤去しセル生産方式に置き換えた。このほかキヤノン・グループで99年中にセル生産方式を導入したのは、カメラを生産する大分キヤノン、化成品製造のキヤノン化成、インクジェット・プリンター生産のキヤノン福島などであり、2000年4月からは海外10工場への展開を始めた。¹⁷

松下電器グループの動向についても簡単に触れておこう。1980年代の動向の中で述べたように、電動モーター製造の武生松下は早くから独自にトヨタ生産方式を研究し、U字型ライン・レイアウトによるセル生産方式を実施してきた。それ以外では、ファックス・OA機器の九州松下が1997年に、ノートパソコンの生産では松下電器神戸工場が同じく1997年に、そして2001年には携帯AV機器の主力拠点である福島工場がセル生産方式への移行を開始している。¹⁸松下グループは、自動組付等の製造設備技術に長年の蓄積があり、この点から自動化ラインへの執着が強く、セル生産方式への移行が遅れたと思われる。しかし、近年の経営不振脱却の切り札の一つとして、2002年4月より松下電器産業・同グループ企業は一斉にセル生産方式への全面転換を図ることになった。2002年度中に、同社本体とグループ企業の国内完成品工場55箇所にセル生産方式を導入する計画である。¹⁹

以上のように、組立工程をセル生産方式へ転換した企業・事業所は次第に厚みを増し

17 長浜キヤノンへの筆者工場訪問時のヒアリング記録、および日本経済新聞社編『キヤノン高収益復活の秘密』日本経済新聞社、2001年、による。

18 松下電器福島工場は同グループのセル生産への転換におけるモデル工場の一つとして先行的にセル生産化を行った。2001年11月訪問時、ポータブルDVD、ポータブルMDがセル生産に移行していた。完成品組立以外でも、山形と仙台の工場が光ピックアップ（ディスク読み取り部品）の組立を同年8月からセル生産に移行した。以上、訪問時の聞き取りによる。

19 http://nis.nikkeibp.co.jp/nis/column_file/file200111/file200111_02_.html（2002年12月30日参照）

てきている。普及が最も進んでいるのは電機産業で、精密機械産業がこれに次いでい²⁰る。

また既述の事例が示すように、比較的初期の導入事例ではトヨタ生産方式に詳しい生産コンサルタントの指導を受け、JIT 生産方式への転換の一環として組立工程における在庫削減・リードタイム短縮を追求するなかでセル生産方式に至るケースや、また直接にコンサルタントの指導を受けなかった場合でも独自に自動車・同部品企業を訪問して学習するケースが多く、セル生産のレイアウトも部品加工の U 字型ラインを模倣して組立工程を組むケースが多く見られる。しかし、セル生産も次第に普及が進むと、U 字型レイアウトを強く意識せず、レイアウトの多様化が進んでくる。これは、導入企業・事業所が自動車産業の実践を直接意識せず、むしろ自社工場近辺の実施企業の経験を参考にしながら独自に工夫を試みる傾向が強くなっていくことを意味している。筆者が訪問調査した諸事例でも、松下電器福島工場が近隣のキャノン福島を訪問して参考にし、また長浜キャノンがダイキン工業滋賀製作所を訪問して情報交換するなど、製造品目が異なり直接競合しない企業が相互に学習しあう事実を確認している。「参考になる事業所はないか」と、工場訪問先の管理者から筆者が問われることも少なくない。²¹

現代的市場条件

セル生産方式の広範な普及は、組立工程における既存の生産方式と代替するかたちで進行したものである。何が既存の組立方式に対してセル生産方式を優越させたのか。この問いには、いかなる環境条件においても妥当するセル生産方式の普遍的優位性を論ずるかたちで答えることも、形式論理としては可能である。しかし、既存生産方式とセル生産方式の現実的關係を考慮すれば、上の問いは次の二つの問いに分けて追究されるべきものである。すなわち第 1 は、どのような市場環境条件がどのように既存組立方式に重大な制約を与えるようになったのかを明らかにすることであり、第 2 は、セル生産方式のいかなる特質がどのような条件下でその有効性を発揮することで、既存組立方式に

20 セル生産方式の普及状況について、次の文献も 1997 年初頭に実施したアンケート調査データを紹介して参考になる。それによると、機械 4 業種の中でも電機産業で最も普及し、精密機械、輸送用機械がこれに次ぐ。一般機械が最も普及程度が低い。白井邦彦『『人に依存した生産形態』の展開とその実態』『釧路公立大学紀要 社会科学研究』11 号、1999 年；都留康編著『生産システムの革新と進化』日本評論社、2001 年、第 2 章。

21 ただし、これはセル生産方式がトヨタ生産方式ないし日本的生産システムと異質のシステムとして独自に発展するようになったことを意味するとは必ずしもいえない。自動車産業中心に培われた JIT を中心とする生産システムを直接参考として組立工程の革新を工夫する初期段階から、豊富化したセル生産の実践そのものを相互学習する段階に達したということである。そのようなセル生産方式が、生産システムの機能と特質において、いわゆる日本の生産システムのそれとどう関係するかについては、独自の検討を必要とする。

取って替わったのかを明らかにすることである。セル生産方式の普及はこの二つによって実現されたのである。このうち小論は、第1の問いについて考察し、第2については別稿に譲る。

第1の課題のためには、まず既存生産方式の特質を確認しなければならない。しかる後に、現代的市場条件下でそれがどのような困難に遭遇したかを明らかにすることにしよう。

一つまたはごく少量の製品をその都度注文に応じて個別に設計し生産する場合を除き、交換性部品を用いてある程度以上の量を生産する組立工程としては、ジョブショップ型とフローショップ型がある。ジョブショップ型とは、異なる種類の組立作業ごとに組立職場が独立した島をつくり、異なる組立製品がロット単位で各職場を移動して必要な組立作業を処理していく方式である。異なる他種類の製品（組立中間品）が職場間を行き交うことになる。機械加工とは対照的に組立工程のジョブショップ型レイアウトはあまり多くないが、たとえば組立中間製品が特定の組立作業のためにロット単位で下請け企業に搬送され、その後に親企業に戻って組立工程が続くような場合も、複数事業所を跨いだジョブショップ方式の一種だといえる。

これに対しフローショップは、特定製品の要求する組立工程順に必要な工程とそれに見合う設備、組付部品、作業者がライン状に配置され、組立中間製品は一方方向に順に工程を移動することで組立工程が完了する。したがって、フローショップはライン・レイアウトをとる。フローショップでは、通常、中間製品は工程間を一個流しで移動する。しかし、特定製品向けに工程が配置されながら、組立中間品が一定量ずつロットで工程間移動するケースもないわけではない。ジョブショップとフローショップの中間型である。しかしこうしたケースを除き、一般にフローショップはジョブショップと比較して工程間在庫が顕著に少なくなり、また生産リードタイムは極めて短くなる。また、フローショップがコンベアなどワークの機械搬送をとる場合、ライン作業ペースが機械搬送ペースに強制されることになり、細分化されて設定された標準組付作業を操業時間全体に亘って効果的に実行せしめ、ジョブショップに比較して作業単純化と著しい労働強化・労働生産性の上昇をもたらされる。

しかし他方では、フローショップ型組立工程は特定製品向けの工程配列、設備配置であるから、本来的にライン全体の専用性が高い。それゆえ、ジョブショップ型に比してその特定製品の需要の大量性と安定性を必要とする。そのような場合にフローショップは専用の設備投資と充当された作業者人件費を生産の大量性によって吸収し、高いコスト効率性を発揮する。逆に言えば、そのような少品種大量需要の程度が高まるにつれて、ジョブショップからフローショップへの移行が可能になり、さらにフローショップ型のなかでも分業手渡し型からコンベアライン機械搬送へ、そしてコンベアラインも組

立主作業の自動化率の高いラインへと高度化が進展する。ライン設備投資額はコンベアによる搬送機械化，組立作業の機械化・自動化が進むにつれて高額化する²²ので，経済性実現のために生産の大量性を要求する。

既存組立方式におけるこの生産の大量性とは，操業時間内の高速生産，すなわちライン・サイクルタイムの短時間化を意味し，それは工程分割の増加による工程単位の作業内容の細分化を要請する。そして工程分割の増加はライン延長の長大化をもたらし，多くの生産スペースをとるようになる。コンベアラインが分業度を高め，長大化し，サイクルタイムを短くするのは，以上のような経済性論理のゆえである。

ジョブショップ型からフローショップ型，そしてフローショップ型内部の高度化という以上の組立方式における展開は，市場の少品種大量化を条件としていた。しかし，わが国の市場は1970年代以降，多品種化と，新製品投入サイクルの短縮，そして需要量変動幅の拡大（予測困難性の増加）という傾向を強めてきた。これを，「多品種化，需要量変動，製品寿命短縮」を内容とする 市場の現代化 と整理しておこう。

ポータブル MD プレイヤーなど AV 製品を生産する松下電器福島工場の場合で具体例を示そう。年間の新製品投入数が1998年は48モデルだったが，2001年には61モデルとなり現在も増加傾向にある。これにともない製品寿命が短縮している。投入新モデルの増加によって，多品種化も一層進行している。福島工場が生産する AV 製品のモデル数は，1999年から2000年にかけて，1年間間に115モデルから127モデルへと10パーセントも増加した。また，製品需要の変動幅も大きい。個別品種の週間需要量変動は，最大で80パーセントになるという。これは翌週の需要量がほとんど前週の2倍²³になったり半減したりすることを意味する。エアコンなど季節性の強い製品の需要量変動が激しいのは当然であるが，このように一般的な製品でも事態は変わらない。たとえば，年間生産台数が200万台に達する国内有数のノートパソコン工場の需要量変動について，同社の社長は次のように証言する 「(年間生産台数が200万台であっても，月間需要では)月2,3千台に落ち込むこともありうる。それだけの変動をいかにうまく処理するかが製造業の使命になってきた。昔は安定生産ということを言ったが，今は変化に対応する手段をいかに構築²⁴するかが大事だ」。

何がこれらの諸傾向をもたらしたのか。これを論ずることは小論の直接の課題ではな

22 作業機械ばかりでなく搬送系も設備投資額を顕著に高める。一例としてノートパソコン組立工場での聞き取りを紹介する。「搬送系に大変金がかかる。(セル生産以前の)当時のコンベアラインは(数を流すので)ラインの設計ががっちりしたものになっている。(中略)それからラインが中二階に行ったり部屋を変わったり，フロアを曲がりながらつながったりしている。ワークをひっくり返したりもする。ヨコ，タテ，回転など，セルラインよりずっと搬送系は複雑だ。これらのコンピューター・コントロールにも金がかかる。」2001年6月15日，S社社長より聞き取り。

23 2001年11月20日，筆者聞き取り。

24 前掲S社での聞き取り。

いが、このうち多品種化傾向の最も基底にあるのは日本社会の平均所得水準が一定水準を突破してきたこと、それゆえ物質的充足欲求が量から質に移り始めたことであることは間違いない。したがってそれは一時的傾向でなく、所得水準（その裏打ちとしての生産力水準）が劇的に低落する事態が起きない限り逆戻りはない永続的な変化である。このような多品種化を促進するある水準以上の所得・生産力の下で、経済成長率が鈍化・停滞するとき、個別製品需要の量的変動幅が拡大する。拡大基調の経済では需要量増加テンポの変動にすぎない（すなわち絶対量の減少局面がない）ものが、停滞基調の経済では需要量の増減となって現れる。また経済停滞下では、個別企業にとっては、新製品投入が需要増加手段として他の方法と比較して効果が大きい。競合企業同士が互いに新製品投入を競い合う状況は、多品種化と相俟って、個別製品の需要量変動を激しくかつ予測しがたいものにする。競合企業の新製品投入によって自社の製品需要が予期せぬ早期に消失する事態も起こりうる。そして、そのことが対抗的新製品投入を促す。

以上の他に、1980年代以降の生産の海外移転は、生産現場に市場変化の影響を増幅して感じさせた要因である。なぜなら、生産の海外移転は総じて需要量が大量的な製品品種から行われたので、国内生産は多品種化と新製品多頻度投入への対応を一層強く迫られるようになったからである。

「多品種化、需要量変動、製品寿命短縮」への市場変化は既存の量産型製品市場の変質を意味し、少品種大量需要に適合して進化してきた既存組立方式に重い負担を強いるものであった。その影響は高度経済成長期を終えた1970年代から次第に現れ、とりわけ1990年代以降、輸出市場の拡大が1980年代までのようには期待できず国内市場の長期停滞基調も鮮明になると、市場変化の既存組立方式への影響は深刻度を増したのである。現代的市場への変化がもっとも鮮明に進行したのは完成品市場であり、部品市場は完成品市場と比較すると相対的に「多品種化、需要量変動、製品寿命短縮」への変化の度合は小さい。しかし、違いはあくまで相対的で、変化は部品市場でも進行している。変化の度合がより大きい部面ほど既存組立方式がより大きな困難に遭遇し、そのようなところから既存組立方式の放棄、セル生産方式への転換が起きている。では、転換を促した既存組立方式の困難とはどのようなものだったのか、次にこの点を見てみよう。

現代的市場条件と既存組立方式の困難

多品種化

製品多品種化が進むと、需要総量を不変とすれば品種あたり生産量は減少する。既存のフローショップ型組立工程でこれに対処しようとする、品種数増加に合わせてライン本数を増加させることが困難である以上、²⁵ 既存の量産ラインでの生産品種切り替えて

対処するしかない。

携帯電話を生産する NEC 埼玉では、1993 年の 3 品種から 94 年の 19 品種へ一挙に生産品目の多品種化が進んだ。品種によって組み付ける部品が違い、測定方法が変わる。組立ロボットを駆使した自動組立ラインでは、組立品種変更に伴うロボットの治具交換や調整に 3~4 日を必要とした。品種増加に合わせて 19 本の自動組立ラインを用意することがありえない以上、既存ラインの段取り替えで生産するしかないが 1 度の切り替えで 3~4 日も生産が止まり、段取り替えコストがかかりすぎる。その費用を吸収しようとすれば大ロット生産になるが、今度は製品在庫が大量になりすぎ在庫負担がかさむだけでなく、製品寿命が短く需要量変動も激しい携帯電話市場では大量の製品在庫を保持すれば不良在庫リスクが大きくなる。急速な多品種化の下で NEC 埼玉の自動組立ラインは立ち往生した。²⁶

自動組立ラインの段取り替えは常に 3~4 日もかかるというわけではない。しかし、富士ゼロックスではロボットの段取り替えに、製品切り替えごとに 3 時間を要した。²⁷ 松下電器福島工場のポータブル CD 自動組立ラインは、輸出仕向地別に製品ラベルを取り替えるなど小さな切り替えは「ほとんど瞬時」であるが、製品形状が変わりパレットの取り替え、治具の取り替えなどの必要な「大きな切り替え」では 30 分弱を要する。30 分の生産停止といっても、負担は大きい。このラインのサイクルタイムは「10 秒で 2 台くらい」の高速であるから、1 回の切り替えで数百台分の生産が無駄になる。²⁸

既存組立方式は少品種大量性を条件としてきただけに、多品種化に対してはこのように硬直性を露呈する。量産効率の高い機械化の進んだ組立ラインほど、組立品種切り替えにともなう段取り替えは時間 = コストがかかる。多品種化の程度が高まるにつれて、このコスト負担が重くなる。組立品種が 2 倍になれば、他の条件を同じとすれば、段取り替え頻度も同様に 2 倍になるからである。これを抑制するために、1 度の切り替えで生産する製品ロット規模を大きくすることも選択肢としてはありうる。しかし、それは在庫管理コストの増大と、不良在庫リスク、販売機会損失リスクを高めることになる。

NEC 長野はセル生産の導入以前、製品生産計画をマンスリーで回す大ロット生産であった。いいかえれば、生産品種切り替えごとに各品種 1 ヶ月の需要分を生産し、これに対応して 1000 坪の製品倉庫を必要とした。²⁹ 生産計画策定から完成品がロット単位で

25 困難な理由は、投資の不経済性である。手作業主体の組立ラインで、搬送をコンベア化していない手渡しラインの場合にはライン投資額は相対的に小さいが、その場合でもラインが多数の工程に分割され、短いサイクルタイムになっている以上、ライン本数を増加させることはライン生産能力と品種あたり需要量とのアンバランスを避けられない。

26 『日経ビジネス』1995 年 9 月 25 日

27 『日経ビジネス』1995 年 9 月 25 日

28 筆者聞き取りによる。

29 『日経産業新聞』1995 年 9 月 29 日

揃うまでの生産リードタイムは、月間生産計画の後半に組まれたロットほど長くなり、需要見通しとのミスマッチによる不良在庫リスクは高まったであろう。逆に、予想を超える需要があれば、次の生産を迅速に組めない以上、販売機会損失ないし納期遅れとならざるをえない。

キヤノンにおいても、セル生産の導入以前の生産計画はマンスリーであった。ウィークリーで生産計画を組めばより需要動向に合わせた生産が可能になるが、多品種製品のライン切り替えの頻度はそれによって4倍化することになる。生産品種切り替えに時間とコストのかかる既存組立方式では、生産計画のウィークリー化は困難であった。³⁰

機械化の進んだ組立ラインほど、総じて段取り替えにはより多くの時間を要し、また設備償却額が大きいので生産停止によるコスト負担も大きい。それゆえ、多品種化傾向が既存組立ラインにもたらした困難は、搬送系をコンベア化したライン、組立作業を機械化・自動化した最新ラインで大きくならざるをえなかった。しかし、手組み・手渡しの分業ラインの場合でも、ラインサイドの組み付け部品の並べ替えや治工具類の変更などの段取り替えは必要である。「コンベアラインで500台流し、次に100台流し、次に300台流すということをやると、切り替えのたびに品種ごとの部品をラインに全部並べ直さなければならない。その間、作業者は待たなければならない。それは無駄だ。」³¹

また、分業度が高い場合は、製品品種切り替えに伴う作業者間の工数アンバランスの増加、これによるライン編成効率の低下も、多品種化が進むにつれて問題になる。品種によって組立作業が変わり、工数が変化するが、そのたびに作業者間の作業配分が均衡するように替えることは困難だからである。

以上、多品種化の下での既存組立方式の困難についての整理から、次のような含意を導き出すことができる。すなわち、多品種化が進む市場環境下では、品種増加に合わせてライン（ないし何らかの生産単位）数を複数化することが非現実的でない程度に投資額の軽い生産方式、生産品種切り替えに伴う段取り替えが短時間で容易にできる生産方式、生産品種切り替えにともなうライン編成効率低下が起きにくい生産方式が、望ましい特性として要請されている。

需要量変動

次に、需要量変動への対応上の困難を見てみよう。

需要量がかつてのような増加基調ではなく停滞基調となり、しかもその変動幅が大きくなると、需要の減少局面が生産条件として珍しくなく日常化することになる。しかしこれは、既存の組立方式にとってはコストアップ要因となる。

30 前掲、『The Net IT は日本企業をどう変えるか』

31 ノートパソコンをセル生産するS社での聞き取り。

セル生産方式に転換する以前、小型空調機器を長大コンベアラインで組み立てていた T 社では、生産量が減少すれば製造コストが急上昇するため、需要の季節変動が大きい製品にもかかわらず生産量調整は年間通して 10 パーセント程度しか行えなかった。しかし、年間をならして生産すると需要閑散期に製品在庫を積むことになり在庫コスト負担と資金回転率の低下をもたらすばかりでなく、長期需要予測を外せば需要期の製品不足（販売機会損失）や逆に大量在庫を抱えて価格下落を余儀なくされるという矛盾を抱えていた。³²

生産量減少時のコスト上昇は設備償却費の負担によるだけではない。既存のコンベアラインでは、減産に応じてサイクルタイムを長くしても、ラインで作業する作業員数をそれにに応じて削減することには限界がある。セル生産の導入以前、コンベアラインでポータブル MD プレーヤーを組み立てていた事例では、コンベア 1 本あたりの日産組立台数は能力一杯の 3000 台から技術的には 300 台まで減産可能だが、ライン要員数はフル稼働時の 15 人から 7 人に半減させるのが精一杯、ということであった。サイクルタイムが長くなっても、長大ラインでは人が相互に離れているため作業集約化が困難なためか、あるいはサイクルタイムの長短とは無関係に要員を必要とする何らかの技術的理由によるものであろう。なお、ポータブル MD プレーヤーの週間需要はピークで 10000 台、ボトムで 2000 台であり、この範囲で激しく動く。既存組立ラインにおける多額の設備投資と要員調整の硬直性は、このような不断の量的変動下では非効率を抱え込まざるをえない。³³

需要量変動への対応問題には、日常化した減産局面への対応のほかに、もう一つの側面として需要増加局面への対応がある。サイクルタイムが短い既存の組立ラインはライン 1 本あたりの組立能力が大きいため、ピーク需要量がライン組立能力の整数倍を超えるとライン 1 本を増設しようとするときに逆に製造能力が需要を大きく上回ることになる。販売機会損失を避けようとして、あるいは取引先の要請に応じて、このような増設を行わざるをえない場合、増設ラインの製造コストは著しく高いものになる。この種の問題は、需要が趨勢的に増加する市場条件では需要増によって解消される一過性の問題にとどまるが、需要が停滞的で変動が激しい現代的市場条件ではより深刻である。³⁴

以上のように、週単位で需要がめまぐるしく動くような現代的市場環境下では、量的調整能力に限界のある既存組立方式の弱点を克服する柔軟な生産方式が求められることになる。それはまず、以上に見たように需要減少局面のコスト上昇負担が大きくなならないような相対的に投資額の少ない生産方式であることが望ましい、ということである。

32 T 社の説明による。

33 松下電器における聞き取りによる。

34 この点、次のデンソー安城製作所の関係者証言から示唆を得た。川端 望・東北大学大学院経済学研究科工業経済学研究室『トヨタ・グループにおける生産システム改革 - 企業調査記録集 - 』（2001年5月）

また、生産量変動に伴って作業員数の調整が容易であるような生産方式を要請する。さらに、生産単位1単位あたりの能力が大きいものよりも小刻みな生産単位増設が可能な生産方式が、現代的市場条件においては望ましい。

なお、量的変動が既存組立方式にもたらす困難は、その他の現代的市場条件（多品種化と製品寿命短縮）が当てはまらない製品の場合でも、既存組立方式の有効性を損なわせ、上に整理したような要請に応える生産方式が実現可能であれば既存組立方式を廃棄させるだけの独立した要因となりうる。たとえば単一品種を量産する³⁵ような製品のケースでも、量的変動を主因として既存組立方式が廃棄されている。このように、現代的市場条件のすべてが揃うことが不可欠なのではない。

製品寿命短縮

多品種化、需要量変動の激しさと並んで、既存組立方式が適応に難渋するもう一つの現代的市場条件が製品寿命の短期化である。

既存組立方式は機械化の進んだ量産ラインほど設備投資額が大きい。しかもそれらの設備は組立対応可能な製品範囲に限度がある場合が多い。対応可能範囲を広く採った柔軟性の高い設備は、制御、ハンドリング、作業工具のいずれの面でも複雑になり、かりに技術的にそれが可能な場合でも、投資額は著しく増加するからである。そこで、新製品が次々投入される市場環境下では、既存の設備投資が新製品に対応できず陳腐化するリスクが高まることになる。もちろん、製品設計を既存設備の対応可能な範囲に抑制できれば、このような陳腐化リスクを回避できる。しかし競合企業との激しい競争下では、製品技術の予期しない展開、市場の好む製品デザイン傾向の意外な展開を企業がコントロールすることは困難である。製品寿命が短い場合、多額の設備投資をした組立ラインが投資を回収する前に陳腐化する恐れは小さくないのである。

また、既存の組立ラインでは、新製品のためのライン立ち上げに長期間を要する場合が多い。幾つか、事例を紹介しよう。セル生産導入以前、キヤノン取手事業所のレーザービーム・プリンター組立は長さ120メートルのコンベアラインであった。プリンターのモデルチェンジでは、ラインの組み替えに1ヶ月以上が必要だった。携帯電話を組み立てるNEC埼玉のロボットを駆使した自動化ラインの場合、ラインの設計と据え付けに4ヶ月、さらに調整に半月を要していた。操作用スイッチを生産する和泉電気滝野事業所の自動化ライン³⁶では、新製品に対応するラインの準備に8ヶ月から1年かかることもあった。

35 ソニーのプレイステーション、近年のNEC埼玉におけるNTTドコモ向け503ISの単一品種大量生産などは、この事例に該当する。

36 山田日登志・片岡利文、前掲書；『1ドル80円工場』；『日経ビジネス』2002年6月17日号

第3表 現代的市場条件と組立方式への要請

現代的市場条件	組立方式に要請される特性
多品種化	段取り替えが短時間でできること、組立機種変化による工数変化がライン編成効率を下げにくいこと、生産単位の複数化が可能な程度に投資額が軽いこと
需要変動	設備投資が軽く需要減少時のコスト上昇が少ないこと、生産量変動に対して作業者数調整がしやすいこと、単位あたり生産能力が比較的小さく小刻みな生産単位増設が可能なこと
製品寿命の短縮	設備投資が軽く陳腐化リスクが小さいこと、組立可能な製品形状範囲が広いこと、素早い立ち上げが可能なこと

このように組立ラインの立ち上げが遅いと、市場傾向に対応するため迅速に新製品を開発しても、生産能力のほうが即応できないという問題が生ずることになる。需要変動が激しく先が読めない市場において、市場の流れに即応して新製品組立ラインを迅速に立ち上げられなければその間の販売機会を失うばかりでなく、ラインが稼働するときには市場の流れが変わっているという上述の投資陳腐化リスクも高まることになる。

かくて製品寿命の短期化する市場、換言すると、市場に受け入れられる製品設計が早い速度で変わっていく市場環境条件の下では、投資額のより軽い生産方式、組立可能な製品範囲が広い生産方式、そして短期間に迅速に立ち上げられる生産方式が求められることになる。

これまでの分析から明らかになった、現代的市場条件が要請する組立方式の特性をまとめると、第3表のようになる。

1990年代以降のセル生産方式の広範な普及は、以上に見たような、現代的市場条件が既存の組立方式にもたらした困難を第1の主要な背景とし、現代的市場条件の要請に対してセル生産方式がよく応えうるものであったことが第2の背景であったと思われる。この後段についての実証は今後の課題である。

既存組立方式の一般的欠点では説明困難

ところで、セル生産方式普及の理由に関するこのような小論の見通しとは異なり、コンベアラインなど既存の組立方式が市場条件の現代的変容と関わりなく本来的にもつ欠点がある。たしかに、既存組立方式からセル生産への転換の理由であるかのような議論が一部散見される。たしかに、既存組立方式には、その効率性ばかりでなく、市場条件と関わりなく（言い換えれば少品種大量生産においても）認めうる欠点がある。それらを列挙すれば、ラインの各工程の作業時間配分を均等化することが困難（工程バランス化の困難）。言い換えれば、サイクルタイム一杯に作業時間を配分できる工程は一部にすぎず、このためライン編成効率は80パーセント程度が一般的。サイクルタイムが短いとコンベアからワークを取り、戻すという無駄な時間の比率が高い（「取り置き」のム

ダ）、長大ラインのどこかでトラブル（不良、作業遅れなど）が起きると全工程に波及する、品質不良がどこで発生したか分かりにくい、サイクルタイムが短く、作業者のモチベーションが低い、などである。しかし、これらはいわばフォードシステムの成立以来つねに存在した欠点である。大量生産型フローショップは、これらの限界にもかかわらず、それを相殺してあまりある効率性によって20世紀の組立方式として採用されてきたのである。したがって、このような一般的欠点によっては、1990年代以降の特定の時期に既存組立方式からセル生産方式へと広範な転換がなぜ起きたのかを説明することはできないのである。現代的市場条件を欠いたセル生産の理解は論理的脆弱性を免れない。

市場の要請と生産革新　むすびにかえて

コンベアラインに代表される分業度の高いフローショップ型組立方式が放棄されて、これをセル生産方式に転換する事例が、1990年代以降、急速に増加した。20世紀初めのフォード・システムの成立以来、コンベアラインを軸とする組立方式は効率的大量生産の象徴的存在であった。今、これを放棄する流れは、これまで見てきたように決して小さな変化ではない。

何がこのような変化を引き起こしたのか。既存の組立方式が放棄されてきている以上、一世紀にわたって効率的であったはずの組立方式に何か問題が起きたはずである。効率的であったものが逆に問題を抱えるようになったということは、既存の組立方式の環境条件に変化が起きたはずである。小論は、この環境条件の変化を「市場の現代化」、すなわち「多品種化、需要量変動、製品寿命短縮」に求めた。

現代的市場条件への市場の変化が一時的なものではなく永続的である以上、既存組立方式の困難も永続的である。小論は、現代的市場条件の下で既存組立方式がどのような困難に遭遇するかを摘出し、その裏返しとして現代的市場条件が生産方式に何を要請しているかを整理した。小論の仮説、すなわち既存組立方式がセル生産方式に取って替わられつつあるのは、既存組立方式が現代的市場条件に不適合を強め、逆にセル生産方式がこれに適合的な特質を有するからだという見通しが正しいとすれば、セル生産方式は小論が整理した現代的市場条件からの諸要請にかなりの程度応える特性を有し、しかも生産性・コスト、品質という点で既存組立方式に対して総合的に匹敵するか優るものであるはずである。小論では、既存組立方式の諸困難を具体的に整理することを通して、現代的市場条件が生産方式にいかなる要請をしているかを明らかにした。小論の考察は、既存組立方式に代替したセル生産方式が実際にどのような特質を有するのか、現代的市場条件に対してどのように有効なのかを事実分析することで補完される必要があ

る。

ところで、小論では現代的市場条件下の既存組立方式の困難をもっぱらフローショップ型組立方式にそくして分析、整理した。つまり、ジョブショップ型の組立方式が、現代的市場条件といかなる関係にあるかについては論じなかった。ここでこの点に簡単な検討を加えておこう。ジョブショップ型はもともと製品の多品種性には適合的なシステムであり、各職場ないし工程は汎用性が高く、新製品に対しても比較的容易に対応する。これらの点で、ジョブショップ型は現代的市場条件のうち「多品種化、製品寿命短縮」には適合的である。しかし、ジョブショップ型はその固有の特質として仕掛り在庫の大量性を免れず、生産リードタイムが著しく長い。そのため、「需要量変動」という現代的市場条件には適合できない。この点は、多品種化に対して大口ロット生産と長い生産リードタイムを余儀なくされる既存フローショップ型組立方式が陥る困難と同様である。ジョブショップ型が、既存組立方式の困難を解決する生産革新の選択肢に入っていないのは、このゆえにほかならない。現実的にも、ジョブショップ型組立方式への模索の動きはない。

多品種化と新製品の頻繁な登場という市場条件に適合するシステムとして、たとえば、一定地域に集中立地する小事業所群が各得意分野を活かしながら分散的に諸組立工程を引き受け、多様な完成品を組み立てるという方式を構想することは、まさにジョブショップ型である。しかしそれは、不安定な需要変動という現代的市場条件の下では、仕掛り在庫に対する重い資金負担、深刻な不良在庫リスクとその裏返しとしての販売機会損失という重大な不利益を抱え込まざるをえないシステムであり、受注生産以外では存立困難である。

本来、仕掛り在庫が少なく、生産リードタイムが短くなりうる生産方式はフローショップである。しかし、それは少品種量産市場においてであり、現代的市場条件においてはむしろ大口ロット化、生産リードタイムの長期化を免れない。かくて、既存のフローショップ型組立方式の諸困難を解決する生産革新は、一方でフローショップ型組立方式の中で行われなければならないと同時に、既述の諸要請に応えうるものでもなければならぬ。セル生産方式は、そのようなものであるはずである。