



RIETI Discussion Paper Series 03-J-001

# 半導体生産方式における UMCJ の強さを分析： トヨタ生産方式の半導体版？

中馬 宏之  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 半導体生産方式におけるUMCJの強さを分析:トヨタ生産方式の半導体版?<sup>1</sup>

中馬宏之 (一橋大学イノベーション研究センター・独立行政法人経済産業研究所)

### 要旨

90年代における我が国半導体産業の国際競争力の低下要因として、研究開発部門におけるイノベーション能力の低下やそれらをもたらした経営判断の遅れが強調されることが多い。たしかに、これらの主張には真に迫るところがある。ところが、我が国半導体デバイスメーカーを詳細に観察してみると、研究開発部門のみならず、あるいは、それ以上に製造部門や生産技術部門の弱体化が著しい。その状況は驚くほど深刻であり、同産業の復権には、研究開発部門のみならず製造・生産技術部門の再生・強化策をも不可欠であるとの感が強い。本論の目的は、このような現状認識に基づきつつ、我が国半導体デバイスメーカーの製造部門のありべき再生・強化策を、UMCJの生産システムを通して探ることである。UMCJを取り上げるのは、同業他社に比べそのパフォーマンスの高さが際立っているためであり、同社には、同業他社からの訪問・ベンチマーク依頼が相次いでいるという。実際、生産性に関する諸指標をベンチマークを実施した同業5社平均とで比較すると、サイクルタイムを含めたいずれの項目についても、同社の水準は、5社平均を凌駕している。このような同業他社との大きな格差の背後に、どのような生産システムの違いが存在しているのだろうか?そのような違いをもたらしている主因は何だろうか?そのような生産システムは、どうすれば他社においても実践可能なのだろうか?本論では、これらの点について、同業他社への調査結果と比較参照しつつ試論を提示する。

キーワード: 半導体産業、生産システム、国際競争力、トヨタ生産方式、CIM

JEL Classification: L1, L6, J3

---

<sup>1</sup> UMCJへの調査に際しては、前坂本幸雄社長をはじめ、製造担当執行役員の土屋孝行氏、製造部長の塚原圭二氏、製造課長の茅野浩之氏、スーパーバイザー(SV)の鈴木孝一氏に大変に御世話になった。中でも土屋・塚原の両氏には、長時間かつ複数日にわたり筆者の細かい質問に懇切かつ御丁寧なご対応をして頂いた。これらの方々に、この場をお借りして、心からお礼を申し上げたい。なお、同社には、2002年6月に1回、7月に2回、10月に1回の合計20時間ほどの調査をさせて頂いた。ただし、事実関係の把握を含め、本稿の責はすべて筆者個人に属する。

## 1. はじめに

90年代における我が国半導体産業の国際競争力の低下要因については、様々な分析が加えられてきた。そして、今や、藤村(2000)を嚆矢とした、

「競争力の源泉が、a)生産現場で生み出される条件変更やプロセス改良といったノウハウから、b)装置メーカーを巻き込んだ形での装置の改造・改良技術へ、そしてc)プロセス現象の物理・化学的な意味での高度かつ統合的な理解・判断能力の有無へと移ってきている。ところが、わが国半導体産業は、このような流れを十分に理解せず、a)やb)に多くの力を割いてきている。その結果、わが国デバイスメーカー(の経営層)に、技術の全体像と現状の位置関係が見えなくなってしまう、競争力が必然的に低下してきた。」

との現状認識が一般化しつつある。そして、このことから、一気に、研究開発部門の強化こそ、同産業復権の最大の課題だと主張する人々が増加してきている。

たしかに、上記の藤村の優れた見識は真実であろう。しかしながら、我が国半導体デバイスメーカーをより詳細に観察してみると、研究開発部門のみならず、あるいは、それ以上に製造部門や生産技術部門の弱体化が著しい。その状況は、同産業の方々にははなはだ失礼な言い方ではあるが、驚くほど深刻であり、同産業の復権には、研究開発部門のみならず製造・生産技術部門の再生・強化策をも不可欠であるとの感が強い。この点に関し、当事者達も大いに認識していると思われ、STRJの報告書でも以下のような認識が提示されている。

「今やこの産業も他の一般の製造業と同じく、徹底した効率向上のみがコスト削減、つまり利潤の増大の Key となってきたのである。それには半導体は特別なのだという固定観念、神話を打破することが大事であるが一部にその動きも出始めている。」(STRJ(2002))

本論の目的は、以上の現状認識に基づきつつ、我が国半導体デバイスメーカーの製造・生産技術部門のありべき再生・強化策を、UMCJの生産システムを通して探ることである。<sup>2</sup> UMCJを取り上げるのは、同業他社に比べそのパフォーマンスの高さが際立っているからであり、そのため、同社には、同業他社からの訪問・ベンチマーク依頼が相次いでいるという。実際、生産性に関する諸指標をベンチマークを実施した同業5社平均とで比較すると(表1参照)、同社の水準は、サイクルタイム、最大ラインイーロード、1人当たり労働生産性、C/R 生産能力(per 1 m<sup>2</sup>)、C/R 占有率(per equipment)、稼働日数、装置稼働率(DUV)、装置稼働率(i線)のいずれの項目についても5社平均を凌駕している。<sup>3</sup> このような同業他社との大きな格差の背後に、どのような生産システムの違いが存在しているのだろうか? そのような違いをもたらしている主因は何だ

<sup>2</sup> 同社の前身は、1984年5月にミネベアの子会社NMBSセミコンダクターとして発足した。ただし、NMBSは、91年を境に主力の4MDRAMが低迷しはじめ、1993年1月に新日鐵に売却した。ところが、同社も、97年3月期以降に赤字が連続、98年9月UMCJに売却され、現在のUMCJ(発足当時の名称は日本ファンドリー)が生まれた。

<sup>3</sup> 中でも、生産性の高さを最も端的に表していると思われるサイクルタイム(C/T)で抜きん出ている点が印象的である。加えて、平米あたりのクリーンルーム(C/R)生産能力の突出振りも、二度にわたる工場見学から得た印象に合致している。

ろうか？そのような生産システムは、どうすれば他社においても実践可能なのだろうか？以下では、これらの点について、デバイスメーカーを含む各種メーカーへの調査結果をリファレンス・ポイントとしながら、試論を提示してみたい。<sup>4</sup>

表1：UMCJと我が国同業5社(平均)との生産性に関する比較<sup>5</sup>

| 社名                              | UMCJ | 同業5社平均 |
|---------------------------------|------|--------|
| サイクルタイム                         | 100  | 136.1  |
| 最大ラインイールド                       | 100  | 98.3   |
| 1人当たり労働生産性                      | 100  | 81.5   |
| C/R 生産能力(per 1 m <sup>2</sup> ) | 100  | 58.5   |
| C/R 占有率(per equipment)          | 100  | 94.6   |
| 稼働日数                            | 100  | 91.4   |
| 装置稼働率(DUV)                      | 100  | 91.0   |
| 装置稼働率(i線)                       | 100  | 95.4   |

注意：上記の数値は、例えば、「サイクルタイム」であれば、同業5社は、(平均的に見て)UMCJ に比べて36%長いことを意味する。また、同業5社は、UMCJ に比べ、「1人当たり労働生産性」や「平米当たりの C/R 生産能力」がかなり低くなっている。このことから、同業5社では、より多くの人員を投入し、より大きなクリーンルームの中で生産が行われている。加えて、同業5社平均の「装置一台当たりのクリーンルーム・スペース占有率」がより小さくなっているため、同業5社では、UMCJ に比べ、より多くの装置を使いながら生産が行われている。

## 2. UMCJの強さを支える組織構成上の特徴

### A. 強力な製造部門の存在

UMCJ の組織構成は、少なくとも形式上は、我が国の一般的な半導体メーカーに類似している。事実、製造部門はフォト、エッチ、拡散、薄膜、インプラ、CMP、検査といったモジュール部

<sup>4</sup> 我々経済学の研究者にとって、高度に自動化された最新の半導体工場においては、たとえ防塵服に身を包んで間近に製造装置を観察しても、そこで何が行われているのかを実感することは容易なことではない。この点を(部分的に)克服するに際して、我が国を代表するA社の生産現場において数ヶ月にわたる技能者の方々への聞き取り調査の機会を得たことが、極めて有効であった。このような機会を与えて頂いた同社の上層部の方々、並びに、上記調査に惜しみない協力をして頂いた多くの技能者の方々に、この場をお借りして、心からお礼を申し上げたい。

<sup>5</sup> UMCJの最近(2002年8月)の発表によると、製品の売上高比率では、ロジックが74%、DRAM が15%、フラッシュメモリー11%となっている。また、テクノロジー別に見た製品の売上高比率では、0.25 μm(以下)が16%、0.35 μmが81%、0.50 μm以上が3%となっている。したがって、線幅から判断する限り、1、2世代前のものが主流であるといえる。この点に関し、例えば、TSMC(アニュアルレポート)の2002年におけるテクノロジー別の売上げ計画は、0.25 μm以下が73%、0.35 μmが13%、0.5 μm以上が14%とされている。

門(同社ではエリアと呼ばれる)と生産企画部門、技術部門はモジュール別のエンジニアリング部門と製品別のプロセス・インテグレーション(PI)部門から構成されている。そして、エンジニアリング部門には各モジュール担当の装置・プロセスエンジニア(EEあるいはPE)が、PI部門には各製品担当のPEないしPIEがいる点もほぼ同じである。<sup>6</sup>

ところが、いったん製造部門内部に目を転じると、一般的な半導体メーカーとは相当に様相が異なってくる。中でも特徴的なのは、同社の製造部門が、装置関連のみならず製品関連のトラブルのかなりな部分を自分たちで解決できる強力な技能者達を保有しているという点である。そして、彼らの実力たるや、SEMATEC(1994)が理想として掲げた Self-Sustaining Technician(図1参照)を遥かに凌駕し、EEやPEの領域にまで深く入り込んだレベルになっている。このことを反映し、同社では、(後ほど詳述するが)夜間や休日起きた装置・製品トラブルのために長時間のホールド状態に悩まされ続けている半導体メーカーからすると垂涎の理想的な工場運営が実現されている。

なお、製造部門に比べると、エンジニアリング部門には、同業他社と比べて特異な点はない。むしろ、強力な製造部門の技能者達がEEやPEの仕事を代替している分だけ、同部門の存在感が薄くなっているとの印象を受けた。<sup>7</sup> 本来ならば、製造部門の問題解決能力が高ければ高いほど、EEやPEが、より高度なエンジニアリング的改善業務に従事できる。同業他社の悩みの種である「生産技術のEEやPEが日々問題解決に忙殺されてしまう」<sup>8</sup>という状況が相当に緩和されるからである。しかし、UMCJでは、このような好環境が技術部門によって十分に享受されているとは言い切れない様子だった。この点は、同社の今後の課題だと思われる。

最後に、同社の製造部門に属する技能者の勤続年数分布は、勤続3年以内・51%、勤続4年～10年未満・20%、勤続10年以上・29%となっており、同業他社に比べて短勤続者がかなり多い。このことは、新日鐵からの継承時に行われた年配者を中心とした希望退職者の募集、最近における十数名の構内請負工の正社員化、日本 TI からの同規模程度の移動組の存在などの要因が効いていると思われる。年齢的にも、20代が54%、30代が35%、40代が11%と、圧倒的に20代・30代が多い。このように、90年代に急速な中高年化に苛まれている同業他社からすると、相当にうらやましい状況が成立している。

## B. 全体最適を明確に意識した職位・職階づくり

製造ラインの職位・職階は、製造部執行役員、製造部長、製造課長、スーパーバイザー(SV)、班長(エリアのリーダー)、オペレーターという構成になっている。<sup>9</sup> 日本の同業他社では、

<sup>6</sup> 人力的には、製造関連技能者(含む IT テクニシャン)が50%弱、各種エンジニアが30%弱、MES 関連の IT エンジニアが4%弱という構成であった。また、調査時点(2002年7月)で、製造人員の約15%(最盛期には30%)を占める構内請負工が雇用されていた。なお、同社に特徴的な点であるが、構内請負工には、正社員オペレーターと同じ業務の担当を要請するため、彼らへの多大な人的投資が行われている。

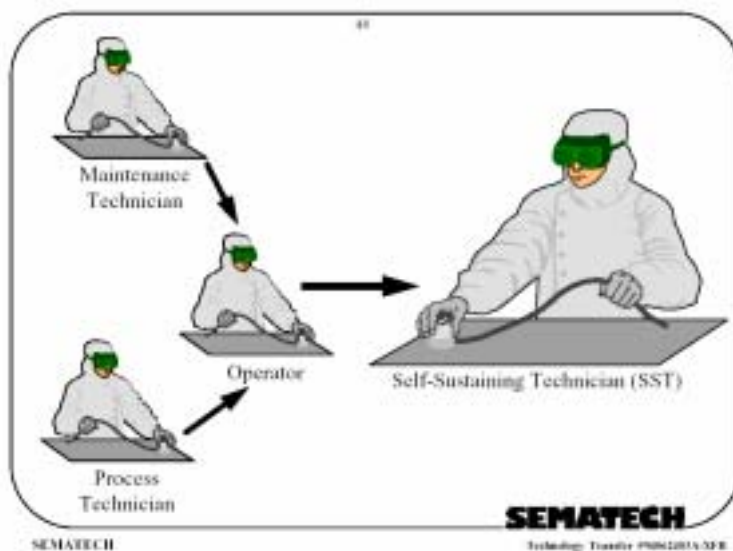
<sup>7</sup> ただし、同部門の平均的 EE は、同業他社のEEより台湾 TSMC 等の保全工的な色彩を持つ EE により近い印象であった。

<sup>8</sup> 同業他社では、そのために、EEやPEが本来望まれているエンジニアリング的改善業務に集中できない悪循環に陥っているケースが少なくない。

<sup>9</sup> UMCJ では、4直2交替制が採用されている。具体的には、1直12時間で3日連続勤務した後

このうちのSVがいなくて、各エリアをすべてのシフトにわたって統合する『組長』があり、彼の傘下に数名のスタッフやシフトを束ねる班長がいるといった形態が多いのではないだろうか。これに対して、UMCJのSVは、同一シフト内のすべてのエリアを統合するリーダー（イグゼンプト）であり、通常の『組長』より上位の業務を担当している。そのため、SVになる前には、自らの専門エリア以外のエリアの（主に生産管理）業務も実体験する。<sup>10</sup> 加えて、『組長』はシフト勤務を行わないが、SVはシフト勤務を行っている。

図1: SEMATEC が理想とする Self-sustaining Technician



注意: Self-sustaining Technician とは、オペレーションを行いつつも、装置保全や装置・製品関連トラブルにも対応できる理想的な技能者を指している。

また、同社の班長は、同業他社の『組長』と同位のポジションであるが、管理・監督業務に加えてオペレーション業務も行っている。この点も、同業他社とは大きく異なる。<sup>11</sup> このようなことが可能となっているのは、後述するように、同業他社の『組長』が行っている管理・監督業務の一部が、高度なCIMの活用によって、より下位のメンバーに移譲されているからだと思われる。このような傾向は、早晚、同業他社にも一般化するのではないだろうか。また、『組長』レベルのメンバーがたとえ少しでもオペレーション業務を担当するということは、技術革新スピードが極めて速い半導体産業では、彼らの知識・ノウハウの陳腐化を避けるためにも効果的だと思われる。もちろん、このような制度が可能となっている背景には、社員全体に「昼夜・休日・祭日にかかわらず365

に3日間休むというパターンが繰り返される。その際、最初の3日間が昼勤であれば、次の3日間は夜勤という風に、昼夜の勤務が相互に訪れる形式になっている。

<sup>10</sup> 例えば、聞き取りをしたSVの場合、薄膜とインプラが専門エリアだったが、SV業務につくために、フォトやエッチング等々のラインに実際に入って“嚙りながら覚えた”という。同じことを、他のSVも経験しているということであった。

<sup>11</sup> この点では、UMCJのSVは、むしろトヨタの『工長』に酷似している。ただし、トヨタの工長は相当の年配者であることが多く、シフト勤務も行わない。

日・24時間高い生産性を維持し続ける」という方針が共有されている点も見逃せない。

SVには、各エリアを代表する班長などと連絡を密に取りながら、各エリア内で行われる部分最適化が全体最適化につながるようなコーディネーション機能を果たすという重要な役割が課されている。全てのエリアを統括する権限が与えられているのはそのためであり、聞き取りをした現役SVは、「SVは、夜間(・休日)の場合、“夜の社長”と呼ばれている」と誇らしげであった。この点は、誇張ではない。というのは、同社では、(各モジュール担当)EEが1名必ずシフト業務に入っているが、このEEも(夜間では)SVにしたがうルールになっているのである。微細化の急速な進展と共に処理モジュール間の相互依存性が急速に高まっている半導体の製造現場では、SVの行っている上記コーディネーション機能の重要性はさらに高まっていく筈である。

製造部門内におけるもう一つの特徴は、オペレーション・サポート(OS)と呼ばれる強力な製造スタッフの存在である。このOSは、SVに比肩される強力なメンバーであり、各エリアに必ず1名配置されている。そして、彼らのほとんどが、装置・製品の双方の問題解決に秀でた(後述の)METS資格を保有している。担当業務は、現場作業の標準化・システム化、人材育成プラン作成、短・長期のボトルネック改善などに加えて製造現場全体を取り巻く将来の問題を含めた幅広い領域にわたっている。加えて、OSは、SVとの間を異動したり、あるいはライン業務に戻ったりするということがあった。<sup>12</sup> このような異動は、同業他社ではなかなか見られない現象であるが、技術革新スピードが著しい半導体産業では、各自の保有するスキル・ノウハウの陳腐化を避けるために、極めて重要な慣行だと思われる。

なお、筆者の知る限り、我が国デバイスメーカーでは、このようなエリアから独立した形の強力な現場スタッフを保有しているところはあまりない。その優秀さ故に、現場から距離を置いた形で配置することの機会費用が相当に大きくなるためである。

### 3. UMCJ 製造部門の強さを支える仕組み

#### A. 継続的な改善意欲を生み出す基盤づくり

トヨタ自動車(1975)の中に「目で見える管理」の大切さを説いた以下のような興味深い一節がある。

ラインの状況がだれにでもすぐ分かるようにしておく、管理者はこのラインはうまく行っているかどうか、監督者は自分が今何をしなければならぬかが分かる。工場スタッフや製技部門も何が改善点かすぐ分かり自分たちの仕事にフィードバックできる。……(省略) 問題がはっきりしていれば改善案は皆で知恵を出し合ってできる。さらに、異常管理に集中できるので管理範囲(能力)が増大する。組長、班長は何本ものラインを1人でもてるし、工務の部品係は取扱点数が非常に多くても対処できる。

極めて的を射た言明であるが、UMCJでは、高度なCIMシステムに基づいて、上記で述べられていることが本家のTPS(Toyota Production System)を凌ぐほど効果的に実践されている。

<sup>12</sup> このような強力な製造スタッフの存在は、トヨタの各種生産現場やキヤノンの露光装置職場においても確認された。例えば、トヨタには、この種の役割を担うグループとして生産準備グループとかトライグループなどが存在する。詳しくは、小池・中馬・太田(2001)を参照されたい。

実際、同社では、末端のオペレーターに至るまで、a)各自にとって今日1日の作業目標とは何か、b)各時点で目標と実績との乖離はどのようになっているのか、c)そのような乖離はどのような所で発生しているのか、d)乖離を解消するためには自らは何をすればよいのか、e)自らは今日一日どのような仕事のできたのか、等々が容易かつ的確に理解できるような生産管理指標を提示する仕組みが導入されている。その結果、「オペレーションができる」という認定項目の中心を占めるのが、ホットロット挿入によって引き起こされた自工程でのラインバランス(微)調整ができるということであった。同業他社においては、この種の進捗管理作業は、組長やホットロット専用班の仕事になっていることが少なくない。

もちろん、班長・SV・製造課長・部長等も、各自の業務の抽象度に応じて、達成率や計画WIP、実現WIP等々の各種生産管理指標が明示された画面を適宜眺めつつ、逐次発生する問題の解決を行う。そして、この種の問題解決は、生産管理指標が包括的かつ迅速にアップデートされていればいるほど、全体最適を考慮した形にすることができる。例えば、班長・SVレベルであれば、各種工程(装置)の達成率を画面で確認しながら、造り過ぎを見つけたりすると、自らの権限で当該装置のオペレーションを止め、担当オペレーターに他品種の着工作業にとりかかったり、後述の装置技能員(MERM)に当該装置のメンテナンスを先にやっておくような指示をするという。また、彼らは、計画WIPと実現WIPとの乖離幅がある一定水準以上の大きさになると、オペレーターに代わって正常に戻す方策を探っていく。さらに、そのような乖離幅の解消が相当に困難であれば、製造課長・部長までが登場し、一緒になってリカバリープランの作成が行われるということであった。

人間には、自らの目標値からの乖離現象を目のあたりにした場合、そのような乖離をなくしたいとする自律的な改善意欲や乖離の原因を調べたいとする学習意欲が本源的に備わっている。<sup>13</sup>ところが、半導体の製造現場では、製造装置・プロセスが高度に自動化されており、各工程で目にすら見えないレベルでの微細加工が行われているため、常識的には、上記のような人間の本源的な意欲をなかなか引き出しにくいとみなされやすい。しかしながら、UMCJ流の上記の試みは、半導体の生産現場においても、依然としてそのような意欲を引き出すことが可能であること、否、高度なCIMが導入されているまさにそのことによって、その種の意欲が、他産業に比べてより容易に引き出しうるようになってきていることを教えている。そして、このような意味では、半導体産業においては、(末端のオペレーターからも)“徹底的に意欲を引き出す心理学的アプローチ”としてのTPS(日野(2002)参照)実践のための基盤が、より容易に構築可能であることすら示唆される。<sup>14</sup>

実際、STマイクロ・サンディエゴ工場の製造課長であるRavitch(2002)によれば、技能者の装置・プロセスに関する高度な問題解決能力を別とすると、同工場においても、UMCJに極めて

<sup>13</sup> この種の本源的な意欲の存在を、認知心理学ではintrinsic motivation(内発的動機付け)の視点から説明する。

<sup>14</sup> このような考え方は、最近の「末端の人々にすら自律的な判断を任せつつそのために必要な情報を発達したネットワーク網を活用してリアルタイムにフィードバックし、彼らの英知をも効果的に結集してダイナミックに進化していく組織」としてのKnowledge Centric Organization(KCO)やNetwork Centric Organization(NCO)という概念を彷彿させる。この点については、同僚の西口敏宏氏とのディスカッションに負っている。なお、KCOやNCOについては、例えば、下記のHPなどを参照されたい。[http://www.chips.navy.mil/archives/00\\_apr/kco.htm](http://www.chips.navy.mil/archives/00_apr/kco.htm)



類似した効率的な生産システムが実践されている。また、同種の実産システムが、UMCJを遙かに凌ぐ高度なCIMシステムを導入している台湾TSMCにおいても実践されている。<sup>15</sup> より具体的には、現場の(女性)オペレーター達が、“単純な着工作業しか行わない台湾のオペレーター”といったイメージに反し、自らの判断を伴う各種の進捗管理業務<sup>16</sup>を行っていた。この点での、彼女たちのレベルは、我が国同業他社の一般技能者を相当に凌駕している。<sup>17</sup> そして、このことを裏打ちするかのよう、TSMC出身の優秀なオペレーターのうちの少なからざる人々が、他社に生産管理者として異動していくということであった。<sup>18</sup>

これらの点に関し、我が国製造業では、同業他社のみならず他業種においても、未だに組長レベルの人々に体化したアナログ風の生産管理アルゴリズムに強く依存した生産システムを導入しているメーカーが少なくない。あるいは、高度なCIMが導入されている場合でも、ラインの生産効率という視点のみに目を奪われてしまい、そこに携わる人々の内発的動機付けを促進するツールとしての重要性に思い及んでいないことが多い。その証左として、生産現場で採用されている情報開示・フィードバックループの多くが、進捗管理に長けた『組長』レベルまでしか到達していない。ところが、装置・プロセスの高度化・複合化・ネットワーク化の急速な進展は、対峙すべき複雑性のレベルを数段上昇させると共に大量の情報をも生み出すことによって、上記の(竹槍的)アルゴリズムやフィードバック・ループに頼るだけでは的確な情報処理・意思決定ができない状況を出現させつつある。にもかかわらず、我が国の多くの企業・組織が、このような状況を前にして手をこまねいており、その結果、全体最適につながらない部分最適化がはびこりつつある。我が国製造現場の競争力が低下してきている大きな要因の一つも、そこにあると思われる。この点についても、他社は、UMCJから学べることが多い。

## B. 「目で見える管理」のための充実した生産管理指標

UMCJにおける生産管理指標の充実振りは、末端のオペレーターレベルで頻繁に参照されている部分を知ることによって一目瞭然となる。それらは、(後述する)『達成率表』(図2参照)と『WIP(仕掛在庫)レポート』(図3参照)に示される指標である。同社では、彼(女)らにとって、作業開始前に必ず双方に目を通すことが日課になっている。そうすることによって、自工程や前後工程の進捗状況、自工程で行うべき作業内容や優先順位、自工程へのWIPの流入・流出状況などを把握するためである。<sup>19</sup>

上記『達成率表』は、工場全体・(エリアをいくつかまとめた)ブロック・エリア・シフト・工程(装置)・品種(ロット)別に1時間毎に作成されている。<sup>20</sup> 例えば、工程毎の達成率は、次のようにし

<sup>15</sup> 筆者調査による。

<sup>16</sup> 例えば、装置間の繁閑を考慮した着工順序の微調整や装置がダウンした際の代替機の種類など。

<sup>17</sup> なお、TSMCにおいては、UMCJ流の技能者による高度な問題解決能力は、オペレーターと共に3シフト勤務に携わるEEやPEによって別途担われている。

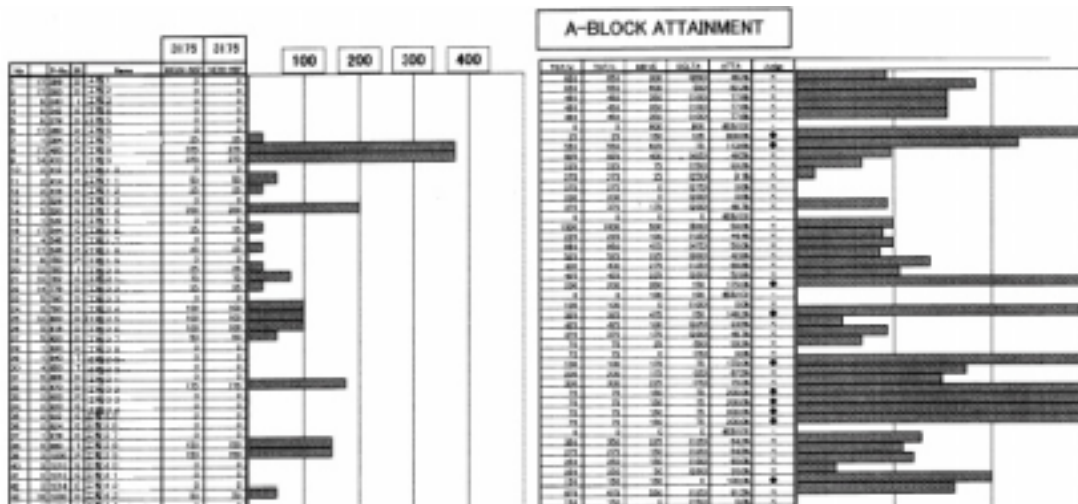
<sup>18</sup> 同社某FabのCIM担当課長への聞き取りによる。

<sup>19</sup> この意味では、これらの表やレポートは、TPSでいう“かんばん”の役割を果たしているとも言える。

<sup>20</sup> 達成率の改訂は、1時間毎になされる。先のTSMCでは、これらの指標が、リアルタイムに改訂されていた。なお、達成率指標の考案は、先述の同社製造担当執行役員である土屋氏である。

て計算される。まず、同工程を通過する品種毎の計画処理ウェーハ枚数 (= 計画 MOVES) に対する実処理ウェーハ枚数 (実現 MOVES) の百分比を求る。次に、この数値が100%であれば当該製品種に「1」の判断を、それ以外の値であれば「0」の判断を下す。そして、工程毎の達成率とは、「1」と判断された品種数が当該工程中の全品種数に占める百分比として定義される。『達成率表』には、計画 MOVES、実現 MOVES、達成率に加えて計画 WIP 値と実現 WIP 値が一覧表示されているので、オペレーターは、自らの目標値の達成状況や造り過ぎの状況を品種毎に即座に認識できる。さらに、『WIP レポート』には、実現 WIP 値が、工程全体に対してだけでなく、各工程で扱う品種 (含むホットロットや実験ロット) が処理順序毎にブレイクダウンされた形で明示されている。そのため、前後工程でのラインバランスの乱れの有無や処理予定の品種などが、オペレーターにもすぐ分かるようになっている。

図2: 『達成率表』の実例 (同表の一部のみ掲載)



注意) 上記の『達成率表』は、ブロック別に作成されたものの一例である。

図3: 『WIP レポート』の実例

| 工程No | 工程名  | MOVE<br>TTL | WIP<br>TTL | WIP<br>実値 | 品種1 | 品種2 | 品種3 | 品種4 | 品種5 | 品種6 | 50 | 100 | 150 |
|------|------|-------------|------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 0010 | 工程1  | 0           | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0020 | 工程2  | 0           | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0030 | 工程3  | 0           | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0040 | 工程4  | 100         | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0050 | 工程5  | 100         | 7          | 0000      | 7   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0060 | 工程6  | 125         | 125        | 0000      | 0   | 100 | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0070 | 工程7  | 125         | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0080 | 工程8  | 125         | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0090 | 工程9  | 150         | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     | 22  |
| 0140 | 工程10 | 200         | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0150 | 工程11 | 215         | 23         | 0000      | 0   | 23  | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0160 | 工程12 | 100         | 125        | 0000      | 0   | 125 | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0170 | 工程13 | 15          | 25         | 0000      | 0   | 25  | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0180 | 工程14 | 15          | 20         | 0000      | 0   | 20  | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0190 | 工程15 | 15          | 0          | 0000      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |
| 0200 | 工程16 | 15          | 25         | 0000      | 0   | 25  | 0   | 0   | 0   | 0   |    |     |     |

注意) 例えば、上記の工程6では、ある時点で実現 Moves (第4欄) 並びに実現 WIP (第5欄) が各々125と1

という。

00であり、後者の内訳は品種1(第6欄)が100という風に読める。また、右端には、各工程別のWIP状況が図示されている。

もちろんのことであるが、生産性の向上(あるいは、TPS流の原価低減)は、「目で見える管理」を可能とする基盤を準備するだけでは不十分である。そのためには、人々の自律的な改善・学習意欲を効果的に結集する仕組みが必要となる。この点に対処するため、UMCJでは、生産現場において、a)サイクルタイム短縮がいかに大切なものであるか、b)その達成には各工程での平準化生産が不可欠であるが、そのために各自は何をしたらよいか、といった点について末端のオペレーターレベルにまで実に丁寧な指導が行われている。このような指導のエッセンスは、以下のようにまとめることができる。

各工程での生産の流れの変動幅(Variability)拡大<sup>21</sup>は、生産システム全体のラインバランスの乱れ(=非同期化)を引き起こすので、より多くのWIPが必要になってくる。ところが、そうしたWIPの増大は、上式の関係を通じて必然的にサイクルタイムの増大をもたらすので、結果的に生産量が減少しサイクルタイムが上昇してしまう。加えて、半導体の生産プロセスでは、同一のウェーハが複雑につながった工程の同一箇所を20~30回通過することが常であるから、このような傾向がさらに顕在化する。さらに、その他の条件を一定とすれば、ボトルネックとなっている装置のキャパシティが減少すればするほど、サイクルタイムが増大してしまい、生産量も減少する。そのため、長期的な意味でボトルネックとなっている装置のキャパシティを極力改善する不断の努力が不可欠となる。<sup>22</sup> さらに、生産の流れの変動幅の拡大は、計画値と実績値とを頻繁に乖離させることを意味するので、(長期的な意味での)ボトルネックの所在をより曖昧にさせ、ボトルネック・キャパシティの改善を遅らせてしまう。したがって、品種毎のボトルネックを事前に見極め対処することに意味を持たせるためにも、各工程での生産の流れの平準化(TPS流の平準化生産)が不可欠となる。

同社では、上記のようなサイクルタイム短縮・平準化生産を効果的に実践するために、先の『達成率表』と『WIPレポート』の利用に加えて、装置毎のガントチャートを随時ボトルネック発生箇所で作成し、付加価値を生む作業と生まない作業との峻別による各種のムダ<sup>23</sup>の排除、装置キャパシティの精確な見極めが行われている。UMCJの生産システムは、このような視点からも、TPSに極めて類似したものと言える。<sup>24</sup>

なお、上記のような試みを反映し、図4に見られるように、同社では、サイクルタイムが、同社

<sup>21</sup> このような乱れは、装置ダウンやプロセス・システムのトラブル、ホットロット・実験ロットの挿入、誤操作等々の様々な要因に起因するという。

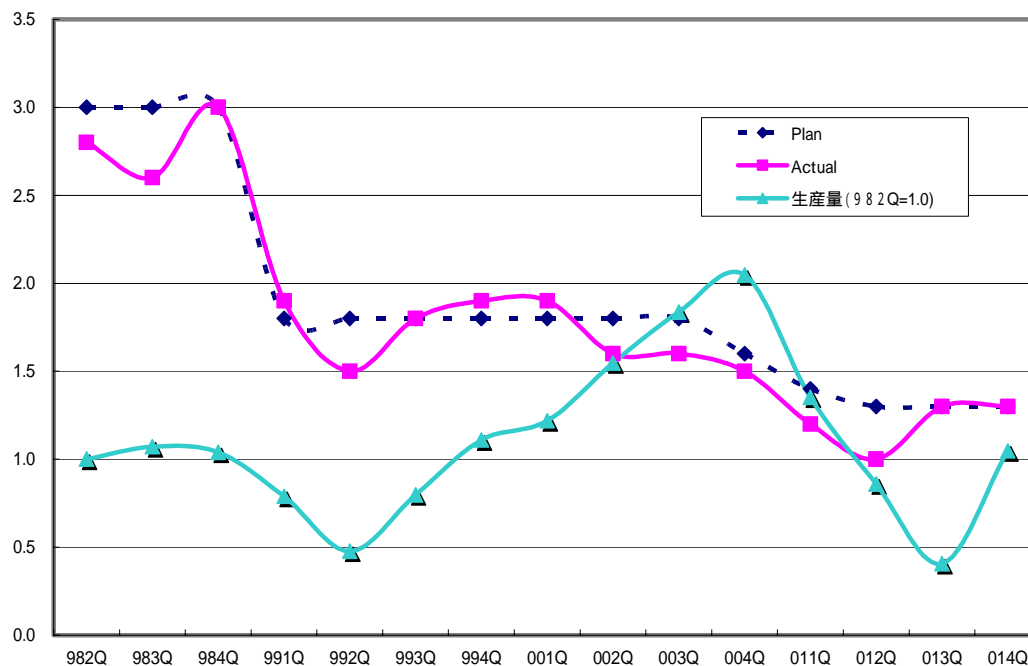
<sup>22</sup> 長期的な意味でのボトルネック工程は動かないが、ボトルネックとなる装置自体は、製品毎に異なってくる。

<sup>23</sup> トヨタ自動車(1975)で強調されるムダは、造りすぎのムダ、手待ちのムダ、運搬のムダ、加工そのもののムダ、在庫のムダ、動作のムダ、不良を造るムダである。

<sup>24</sup> 加えて、UMCJでは、できるだけキャパシティを目一杯に設定することによって、「装置を止めては大変だ」というような状況に自らを置いているという。言い換えれば、現場における改善活動の希少性がより顕在化する仕組みになっている。

設立の99年第1四半期以降に急速に低下している。また、フルキャパシティ下での生産量の増大局面(=2000年第1四半期~2000年第4四半期)<sup>25</sup>においても、サイクルタイムがコンスタントに低下している点は、同社の生産性改善が常に実現されていることを意味しており、注目に値する。

図4:UMCJ 設立前後からのサイクルタイム(Mask-to-Mask)の推移



注意:サイクルタイムは、UMCJ 設立後に急速に低下している。また、生産量の増大局面(=2000年第1四半期~2000年第4四半期)においても、サイクルタイムがコンスタントに低下しており、注目に値する。

### C. ハイレベルな教育訓練システム

C/Tの短縮・平準化生産を効果的に実施するためには、上述の基盤・仕組みに加えて、実際に生産を担当する人々の問題発見・解決能力を高めることが不可欠となる。この点についても、UMCJでは、同業他社を圧倒する極めて包括的な教育訓練システムが導入されている。中でも同システムのレベルの高さを象徴的に示しているのは、装置技能員(MERM)と工程技能員(METS)という2種類の社内資格の存在である。<sup>26</sup> MERMは主にPMや装置ダウン時の突発対応を、METSは主にプロセス起因の問題解決や条件出し等のエンジニアの領域まで踏み込んだ高度な作業を行っている。

同社には、調査時点で、MERMが全技能者中の16%、METSが同9%(OSを入れると11%)存在していた。この数値からも、METSの高度さが類推できよう。実際にも、MERMは現場

<sup>25</sup> 聞き取り時に確認。

<sup>26</sup> 前者は Manufacture Engineering Repair & Maintenance、後者は Manufacture Engineering Technical Staff の略である。

で発生する装置関連トラブルの55%、MERMは現場で発生するプロセス(製品)関連のトラブルの80%を解決しているということであった。<sup>27</sup> 同業他社では、たとえ同種のテクノロジーを使用している場合でも、技能者がプロセス(製品)起因の問題を独自に解決しているようなケースは極めて稀だと思われる。そもそも、そういう権限も責任も与えられていないことが少なくない。

このように相当に高度なMERMやMETSであるが、両資格の取得者は、共に着工作業などのオペレーション作業を常に一定割合行うルールになっている。<sup>28</sup> このようなルールは、OSについて先述したように、技術革新スピードの急速な半導体産業においては、各自のスキルやノウハウの陳腐化を防ぐために不可欠なものだと思われる。

MERMやMETSの認定を受ける際には、はじめての場合には6ヶ月、その後は2~3ヶ月程度の間、エンジニアリング部門に行ってOff-JTでのインテンシブな研修を受ける。資格認定の際には必ず100点満点の必要のある必須項目と80点ほどで合格する選択項目とが設けられている。例えば、エッチングのMETSの必須科目と選択科目の一部を紹介すると以下のようになっており、認定水準の高さをうかがうことができる。

必須科目(一部):(メタル段差測定に際し)測定器の基本操作ができる。得られた測定値に対し、工程の持つバラツキか異常値かを判断できる。プロセスの異常か測定器の異常か分類できる。

選択科目(一部):(某社製酸化膜プラズマエッチング装置に関し)レシピ内容を理解でき各ステップの役割を理解している。ロットの異常か工程(対象装置)の異常か判断できる。適切なロット救済判断ができる。

もちろん、装置やプロセスが変わって要求レベルが厳しくなったりすると、それにもなってMETSやMERMへの要求レベルも変わってくる。そのため、MERMやMETSに認定されていても、装置やプロセスが変わると、認定のためにエンジニア部門で再教育を受けなければならない。その際、すべてできないと認定しないということではなかなか認定者が増えないため、アプライドマテリアル製の某装置といった具合に、少しずつでも認定を増やすような仕組みになっている。さらに、既存の装置でも、再研修で新しいことを覚えてくると、該当資格がプラスされていく。同じMERMやMETSでも、グレードの違いがあるのは、そのためである。

最後に、同業他社に比べて、製造部門内において技能者が追求できる仕事の幅が広く、各々の仕事の深さが深いことも同社の特徴となっている。より具体的には、製造作業技能、製造管理技能、装置保全技能、工程管理技能、製造企画技能という5つの異なった技能が設けられ、それぞれにA1~A4レベルのジョブグレード(後述)が設定されている。<sup>29</sup> 通常、新人の場合は、

<sup>27</sup> 例えば、某社の拡散炉・洗浄装置職場においては、UMCJと比べてテクノロジーがより先進的なものではあるものの、「現場で1週間に発生する問題全体を100とすると、現場だけで解決できているのは10~20%」(準組長レベル談)ということであった。

<sup>28</sup> METSは70%、MERMは40%程度のオペレーション作業を行う。

<sup>29</sup> オペレーション作業が製造作業技能、班長等に必要な管理・監督作業が製造管理技能、MERM関連作業が装置保全技能、METS関連作業が工程管理技能、OS関連作業が生産企画技能に対応すると考えて良いと思われる。

製造作業技能(A1)から製造作業技能(A2)と上がっていき<sup>30</sup>、その中で優秀と目されればA3やA4にまで到達する。また、さらにキャリアアップしていく能力があると見なされると、製造管理技能、装置保全技能、工程管理技能あるいは製造企画技能へ自らの幅を広げていけることになる。そして、各自にそのような異動のインセンティブを与えるために、異動の際には、すでに獲得したジョブグレードを保持でき、より多くの種類の技能についてより深く獲得した場合、より大きなプラス評価を獲得できるようになっている。このような仕組みは、装置・プロセスの高度化・複合化・微細化の進展によって製造現場における技能者間の二極分化傾向がより顕著になってきている現状においては、各自のモラルを低下させないために不可欠だと思われる。

#### D. 問題解決プロセスの実際

先述のように、同業他社では、製造部門の技能者が、責任と権限とを移譲される形で製品関連のトラブルまでも解決しているケースはなかなか見られない。そのため、そのような状況に慣れ親しんでいる同業他社のEEやPEからは、「既知の問題ならまだしも、未知の問題が発生した場合では、技能者が本当に責任をとれるはずがない」といった反応が予想される。したがって、ここでは、未知の問題が発生した場合に、先のMETSやMARM達が、どのような対応をしているかを例示してみたい。なお、上記のようなPEやEEにありがちな反応は、そもそも「効率的な生産システムには、技能者とEE・PEとの相互補完性が不可欠である」という基本原理が十分に認識されていないことに起因すると思われる。実際、大切なことは、誰が責任を負うかではなくて、一致協力して迅速に問題を発見・解決しようとする雰囲気醸成されていることである。

聞き取りしたのは、フォトリソ・エリアにおいてコーター内に付属する搬送ロボットのアームが、未知の原因によってウェーハ裏面に接触し、そのことによって露光工程でデ・フォーカス(defocus)をもたらす可能性のある傷がウェーハ裏面に頻繁に出現したときの事例である。当該事例に関する説明は、トラブル処理に直接たずさわったSVから、トラブル発生後に整備された写真入りの標準作業書の提示を受けながら行われた。

上述のウェーハ裏面の傷は、最後工程の裏面に関する顕微鏡検査で発見された。<sup>31</sup> より具体的には、傷が、1ロット(25枚)のウェーハのうち2枚、5枚、あるいは9枚といった風に不規則に発生するという状況であった。そのため、当初は、どのような装置で傷が付いているのかがなかなか分からなかったという。したがって、当初は、サンプル検査から全数検査に切り換え、原因究明が行われた。より具体的には、まず、傷の状態が精査され、その結果、少なくとも、ロット毎に傷が付く枚数には規則性がないが、傷自体には、エッジ(端)の部分から6cmのところから3~4cmの傷が入るといった規則性が見出された。そして、そのような傷の形状・位置から、6cmから8cm程度の長さのアームを装備した装置が悪さをしているであろうことが類推された。

次に、傷の付いたウェーハを含むロットが、何月何日のどの装置によって処理されたかが調

<sup>30</sup> ジョブグレードを上げるのに必要な滞留年数は設定されていないので、基準を満たしていれば1年でも上げられる。

<sup>31</sup> なお、裏面の傷の深刻度についての判断は、通常、METSが行ったという。実際、色々な製品トラブルが発生した際に、そのまま後工程に流して良いか否かを判断するのはMETSの仕事になっている。ただし、判断に迷うような未知の製品トラブルの場合、品質保証部と相談し、そこが、判断する。また、最終的には、エンジニア部門にも相談・報告される。

べられ、上記の条件に該当する各種装置が逐次チェックされていった。その結果、コーターの搬送ロボット系のアームの不具合によってできた傷であろうということが確定されるに至った。加えて、傷自体は、コーターの搬送ロボットを固定するボルトがずれていたため、ロボットのアームが位置ずれを起こし、それが、ウェーハ裏面を擦るかたちで発生していたことが判明した。したがって、最終的には、位置ズレが起きないように調整を行うという形で問題が解決されるに至った。

このような問題の原因追及プロセスにおいては、常に、全体をSVが指揮する。例えば、この事例の場合、先のサンプル検査から全数検査に切り換えるなどの指示は、SVが行ったという。また、傷を発生させていた装置(=コーター)を突き止めたのは、フォトエリアの班長(ラインリーダー)であった。ただし、当該問題解決作業には、トラブルを発見したオペレーターも加わったという。さらに、搬送ロボットのアームに問題がありそうだということが判明した時点で、そのようなことについて詳しい MARM やEEに見てもらったということであった。さらに、このような問題解決プロセスにエンジニアが絡んだのは、上記最後の部分であるアームの調整段階であった。なお、UMCJでは、どこからどこまでが技術に権限と責任があるというような境界は定められていない。

最後に、UMCJでは、この種の未知のトラブルが発生した場合、それができるだけ再発しないように、あるいは、新たに同じ問題が発生した場合に誰がやっても迅速に問題発見・解決ができるようにするために、恒久対策が実施される。また、同時に、問題発見・解決のプロセスを記録した“トラブルシート”も作成される。この“トラブルシート”の作成は、トラブルを発見したオペレーターが、ラインリーダーのアドバイスを受けながら行う。<sup>32</sup> なお、説明を受けたSVなどによると、この恒久対策を練る部分が問題発見・解決プロセスの中でもっとも大変な部分だったということであった。このことは、UMCJにおいて、徹底した作業の標準化が行われていることを垣間見させてくれる。

## E. 品質を工程で造り込むことに徹した自主検査システム

同社製造部門のもう一つの特徴は、トヨタ流の「品質を工程で造り込む」ことに徹した自主検査システムにある。事実、同社には、QCエンジニアはおらず、諸工程内での検査は、現場の技能者達によってほぼすべて行なわれている。<sup>33</sup> その中で中心的な役割を占めるのが『スーパーインスペクター』と呼ばれる技能者達である。彼らは、ほとんどが先述のMETS資格を保有している。なお、スーパーインスペクターは、フォトとかエッチングとかを中心に、各直・エリアで最低でも2名が常勤しているという。もちろん、スーパーインスペクター以外に異物検査や外観(SEM画像)検査等を担当するグループも別途存在する。ただし、彼らはPI部門に属しているものの、製造部門の出身者であり、シフト勤務もしている。そのため、彼らと上記スーパーインスペクターとの能力差はないということであった。

同業他社にはさらに驚きであろうが、キラー・ディフェクトの症状が出た場合には、METS権限によって必ず装置が止められる。このような判断が可能となっているのは、高度なMETSの存在も影響しているが、後工程に流して良いか否かに関する製品スペックの徹底した標準化が行

<sup>32</sup> このようにして作成された“トラブルシート”は、共有ファイルとしてエンジニア部門もアクセスできるようにしている。

<sup>33</sup> 先述のように、製造部門内は、フォト、エッチ、拡散、薄膜、インプラ、CMP、検査のエリアに分かれているが、この中の検査に含まれるのは、WAT関連のみのメンバーである。

われていることが多い。事実、製品が同スペックを外れた場合、標準作業書にしたがってプロセスチェック、QCによるチェック等々が行われ、昼間であれば PE と共に、そして夜間や休日であれば METS 独自で原因追及が行われるという。<sup>34</sup> もちろん、それらのスペックを満たしていても未知の要因で不良品が後工程に流れていくということはあるというが、その際には、後工程に流して良いと判断したスーパーインスペクターの責任は追及されず、新たなより良い標準スペックづくりに活かされるということであった。この点も、「異常であることをだれにでもすぐ分かるようにする工夫としての標準化」、「標準作業は常に生きており、改善の余地をたくさん含んでいる」(トヨタ自動車(1975))といった TPS の思想に通じるものを感じられる。

なお、検査の際のサンプリング・ポイントやサンプリング方法を含めた検査用の標準作業指示書は、エンジニア部門によって作成される。ただし、製造部門の担当者は、同指示書に明示されている検査項目・回数・必要性・メリットに関する説明に自分たちが納得するまでは受け取らないという。トヨタ流の「付加価値を生まない検査は行わない」という原則を貫くためである。そして、実際にも、スーパーインスペクター (METS) は、作業指示書に示された検査項目・回数の削減要請などを行うことがあり、そのような要請をするための根拠をも、自ら測長 SEM を使った結果で示したりするということがあった。

#### F. 技能者・エンジニアの対等な関係とミッション・ゴールを共有する仕組み

UMC と同業他社とを比較した場合、特に驚く点がある。それは、製造部門と技術部門とが形式上のみならず実質的にも対等に扱われていることである。「技術者が現場主義に徹している」のは日本の十八番(おはこ)だとして疑わない人々の中には、この点について違和感を持つ人々が多いかもしれない。たしかに、自動車産業や工作機械産業などといった競争力の高い分野での調査では、この種の対等性を再認識させられることが多い。しかしながら、驚くべきことであるが、少なくとも筆者調査によれば、同業他社の半導体デバイスメーカーでは、エンジニアサイドに「(技能者は)我々の言うことを聞いていれば良いのだ」との意識が強いケースが少なくない。日鉄セミコンダクター時代においても、このような傾向が顕著であったという。

なお、上記の日本の十八番は、今や台湾メーカーのものとなっているかのようである。実際、台湾 TSMC や台湾 Winbond では、製造部門が「カスタマー」と、そして、フォトなどの処理モジュール担当エンジニアリング部門が「オーナー」と呼ばれ、後者が前者に対して最大限の(問題解決&御用聞き)サービスを提示するのが当然になっている。また、TSMC においては、EE や PE の人事査定の際に、エンジニアリング部内における評価だけではなく、製造部門からの評価がクリティカルであるという。<sup>35</sup> このような TPS 流の仕組みの中で、当然の業務と感じてシフト勤務に励む好奇心旺盛な EE や PE が、さらに Fab の生産性を向上させている。つまり、アイロニカルであるが、「日本の半導体産業の製造現場が、TPS に負けている」といった様相を呈しているのである。

<sup>34</sup> なお、そのような原因追及が、必ずしも自工程で完結しない場合もある。その際には、例えば、フォトのスーパーインスペクターの場合、(最終的に)フォト工程ではなくエッチング工程に問題があるので、エッチング担当のスーパーインスペクターを呼ぶといった判断をするということであった。

<sup>35</sup> いずれも筆者調査による。



UMCJにおいて、製造部門と技術部門がいかに対等な関係にあるかを垣間見させてくれるのが実験ロット(=エンジニアリング・ロット)の実施方法である。同業他社と同じように、UMCJでもエンジニアが実験ロットを流す際には、製造現場に作業指示書による依頼がなされる。ただし、この種の依頼が半ば自動的に是認される同業他社とは異なり、UMCJでは、受け入れの是非が製造側によって判断され、必要性が薄いと判断された実験ロット依頼は却下される。また、たとえ受理されたとしても、実験終了後には、担当エンジニアによる当該実験で何が分かったかの報告会が両部門の責任者が参加する場で行われ、これといった改良・改善結果も示されなかった場合には、マイナスの評価がなされるという。実際、このような報告会の場では、「なぜ前の条件を活かしてこのようなことをやらなかったのか」、「各課で同じような実験を別々にダブって行っているようであるか?」といったコメントを製造側が行うことも少なくないということであった。<sup>36</sup>

同社における両部門の対等さは、処遇制度にもあらわれている。その中の最も特徴的な制度が、『ジョブグレード制度』である。ジョブグレードは、ノン・イグゼンプトがA1からA4までの4つ、イグゼンプトがE1からE5の5つのグレードに分かれている。<sup>37</sup>そして、所属部門が製造か否かにかかわらず、特定のジョブグレードを取得していれば、給料に差がつかない仕組みになっている。つまり、製造部門でA4グレードの技能者の給料や昇給額は、技術部門でA4グレードのエンジニアと同一となる。この点に関し、先のSVはイグゼンプト中のE1であるが、他部門の部長中には、E1やE2のジョブグレードの人々がいるということであった。また、同一グレードのノン・イグゼンプトであれば、夜勤手当や残業手当がある分、月間支給額については、技能者の方がエンジニアより一般的に高くなる。

両部門のシナジー効果を発揮するためには、上記の対等な関係と共に、技能者・エンジニアとが丸となって会社のミッション・ゴールを共有することが必要である。この点に関し、同社では、社長、製造・技術・人事・総務等々の担当取締役や購買部長をも出席する全員参加型の“製造朝礼”が重要な役割を果たしている。同朝礼では、まず、製造部長によって前日の生産状況や当日の生産計画についての報告が行われ、それに対して社長や製造担当執行役員から、鋭い質問が飛ぶという。

そして、計画値と実現値との間にクリティカルな乖離が生じていたりする場合、ボトルネックとなっている装置の状況、ダウンしている装置の復旧状況、ホールド・ロットの状況や総数ならびに各々のホールド理由、歩留まりが低いロットの種類や低い原因等々について担当責任者に回答が求められる。そのため、製造部門のみならずエンジニアリング部門等の担当者も、前日にクリーンルーム内で起きた主要な出来事について常に多大な注意を払っているという。さらに、朝礼終了後に、経営層自らクリーンルーム内で朝礼で示された点について担当者との対話することも多いということであった。

同社のミッション・ゴールを共有する仕組みとして対外的に知られているもう一つの制度とし

<sup>36</sup> 先のTSMC某ファブCIM課長によると、同じような状況が、製造中心主義のTSMCでも成立しているという。

<sup>37</sup> 調査時点では、製造部門におけるジョブグレード分布は、A1:44%、A2:28%、A3:15%、A4:11%、E1以上:2%となっていた。ちなみに、先のMERMにはA2やA3、METSにはA3やA4が多いという。

て、新株引受権(ストックオプション)<sup>38</sup>付与制度と四半期毎のスペシャル・ボーナス制度とがある。最後に、これらの制度の効果について触れておきたい。SV や製造課長への聞き取りによれば、ストックオプションについては、業績に応じた割り当てがなされることは社員間の共通の理解であるものの、具体的にどの程度の貢献をすればどの程度のストックオプションが付与されるかのルールは開示されていない。<sup>39</sup> そのため、労働意欲の向上にプラスにはなっているものの、意欲そのものへの効果はかなり漠としているという。他方、四半期毎のスペシャル・ボーナスについては、提示された目標を達成すれば、社員の皆が年収の一定割合のボーナスを受けられるというルールが明示されているため、皆のやる気がより多く結集されるということであった。特に、目標値が達成できるかどうかの瀬戸際には、皆の中に「もう少しだけ頑張れば！」とのねばりの意識が強く湧いてくるということであった。

#### 4. まとめ

本論では、半導体デバイスメーカーの製造・生産技術部門のありべき再生・強化策を、UMCJの生産システムに探った。そして、その結果として、UMCJの強さが、装置関連のみならず製品関連のトラブルのかなりな部分を自分たちで解決できる強力な技能者達を保有している製造部門にあることが浮かび上がってきた。事実、同社では、夜間や休日起きた装置・製品トラブルのために長時間のホールド状態に悩まされ続けている半導体メーカーからすると垂涎の理想的な工場運営が実現されている。

上記のような強力な製造部門の出現を可能とさせている仕組みとして、以下のような点が指摘された。

- (1) 全体最適を明確に意識した職位・職階づくりがなされている。中でも、モジュール間にまたがるコーディネーション機能を行うSV、モジュールを統括するプレイングマネージャーとしての『組長』的班長、製造現場全体を鳥瞰しつつ製造業務の標準化・客観化に励む強力なOSの存在が重要な役割を果たしている。
- (2) 高度なCIMシステムを効果的に活用した「目に見える管理」が徹底して行われ、技能者達の Intrinsic Motivation(内発的動機付け)にうったえつつ継続的な改善意欲を生み出す基盤の提供に成功している。さらに、このような基盤を利用し、末端のオペレーターに至る人々の自律的な改善・学習意欲と英知をも効果的に結集する形で、生産性向上のためのサイクルタイム短縮の試みがきめ細かくかつ継続的に実施されている。
- (3) これらの基盤・仕組みの中で働く従業員への徹底した教育訓練投資が行われている。具体的には、PMや装置ダウン時の突発対応を行う装置技能員(MERM)や、主にプロセス起因の問題解決や条件出し等のエンジニアの領域まで踏み込んだ高度な作業

<sup>38</sup> 新株発行によるストックオプション付与は、直近では、2002年の4月に行われているが、HPで公開されている実施要領によると、「当社従業員727名に対して合計2448株(個別の従業員に対する上限は30株、下限は1株)をそれぞれ上限とする。」と明記されている。なお、株式分割前の株価を分割後に合わせて調整したときの同社株価の月別推移を見ると、最高値は2000年6月の約46万円であるが、執筆時(2002年10月平均)では、約8円弱にまで下落している。

<sup>39</sup> 実際にも、ストックオプションによる株式分割は、99年と2002年に行われたに過ぎない。

を行う工程技能員(METS)の出現を可能とさせている。その結果、MERMは現場で発生する装置関連トラブルの55%、METSは現場で発生するプロセス(製品)関連のトラブルの80%を解決している。

- (4) 後工程に不良品を流さないために、品質を工程でつくり込むことに徹した自主検査システムが導入されている。この自主検査システムは、キラー・ディフェクトが出た場合に、熟練技能者としてのMETS権限によって必ず装置が止められるほど徹底したものである。このような判断が彼らに可能となっているのは、高度なMETSの存在だけでなく、検査スペックに関する徹底した標準化に帰せられるところが大きい。
- (5) 技能者・エンジニアの対等な関係が成立していることに加え、会社全体のミッション・ゴールを従業員全体で共有する仕組みがビルトインされている。そして、それらを代表するものとして、所属部門が製造か否かにかかわらず特定のジョブグレードを取得していれば給料に差がない仕組み(ジョブグレード制)や、経営トップの強い意志を末端のオペレーターにまで伝える全員参加の“製造朝会”が実施されている。そして、四半期ボーナス制度と新株引受権(ストックオプション)付与制度が、それらの効果を補完している。ただし、後者の役割は、巷で考えられているほど大きなものではない。

以上のようなUMCの特徴はトヨタ生産方式を彷彿させるものであり、いわばその半導体版が実践されているかのような印象を受ける。あるいは、優れた企業に見られる共通の特徴ということであろうか。まさに、冒頭に引用した「今やこの産業も他の一般の製造業と同じく、徹底した効率向上のみがコスト削減、つまり利潤の増大の Key となってきたのである」との認識の妥当性を明示しているかのようなのである。

## 参考文献

- ・藤村修三(2000)、『半導体立国ふたたび』(日刊工業新聞社)
- ・日野三十四(2002)、『トヨタ経営システムの研究:永続的成長の原理』(ダイヤモンド社)
- ・小池和男・中馬宏之・太田聡一(2001)、『もの造りの技能:自動車産業の職場で』(東洋経済新報社)
- ・Ravitch(2002)、“Driving Factory Performance to the Next Level: A Case Study in Technician Performance Improvement Utilizing Online Reporting and Feedback,” Session 21, Presentation C in Eighth Annual ATESM (=Advanced Technological Education In Semiconductor Manufacturing) Convention & Workshops held in Conjunction with the Technician Performance Improvement Council (TPIC) Conference July 29 - August 2002 - Albuquerque, New Mexico.
- ・SEMATECH(1994)、Semiconductor Technician Training Workshop Presentation Materials, Technology Transfer # 94062403A-XFR
- ・STRJ(2002)、『半導体技術ロードマップ専門委員会2001年報告』(電子情報技術産業協会)。
- ・トヨタ自動車(1975)、『原価低減のためのトヨタ生産方式 - 基本編 - 』(社内限定版)