

### 日本半導体メーカーの品質管理：1960年代 ～80年代前半を中心に

金, 容度 / パク, ヘスク / KIM, Yongdo

---

(出版者 / Publisher)

法政大学経営学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

経営志林 / The Hosei journal of business

(巻 / Volume)

41

(号 / Number)

1

(開始ページ / Start Page)

17

(終了ページ / End Page)

33

(発行年 / Year)

2004-04-30

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003316>

# 日本半導体メーカーの品質管理

— 1960年代～80年代前半を中心に —

## 金 容 度

### 目 次

1. はじめに
2. 品質管理組織の整備過程
3. 集団的な取組み：構成員間の協力
  - (1) エンジニアとオペレータの協力
  - (2) エンジニア間の協力
4. 工程別の品質管理活動
  - (1) 前工程の品質管理：清浄度管理を中心に
  - (2) 後工程の品質管理：自動化との関係を中心に
    - ①「マシーン管理」の必要性の台頭とそれへの対応
    - ②不良多発工程及び材料の問題への対応
5. 終りに  
インタビューリスト

### 1. はじめに

本稿の目的は、日本の半導体産業の成長期にあたる1960年代～80年代前半をとりあげ、日本半導体メーカーの品質管理の実態を明らかにすることである。

最近になって日本の企業システムの問題点を強調する議論が流行っている。しかし、企業システムの特定のサブシステムを全体と切り離した形で議論される傾向が強いように思われる。企業システムの構成要因、及び構成要因間の結合構造のすべてに大きな問題があるとは誰も思わないからであろう。

とりわけ、日本企業の生産システムが機能障害を起こしたことを綿密に実証した研究はない。日本の生産システム、そして、その中で蓄積されてきた技術力がまだ強靱さを保っていることを反映しているに違いない。日本の企業システムの問題点がとりざたされている今こそ、強靱さを維持し

ているものづくりの仕組への再論が必要であるかもしれない。

90年代半ばまで日本企業の高いパフォーマンスを背景に「日本型」生産システムの特徴やその形成過程についての研究が盛んに行われてきた。その中でも、戦後の日本の生産システムの重要な特徴として品質管理の仕組及びその歴史について多くの関心が集まり、研究も蓄積されてきた<sup>1)</sup>。

周知のように、戦後日本企業の品質管理体制は、アメリカから輸入された制度の日本への適応の事例でもある。当初より先進的な制度が日本に存在したところか、先進的な制度を輸入せざるをえないという遅れた立場にあったのである。しかも、日本企業が、品質管理の体制、特徴を作り上げるに有利な状況が続いたとも思えない。どちらかという、厳しい状況に晒されていたとみた方が妥当である。つまり、日本の品質管理の仕組は、内外からの様々な試練や課題に立ち向かい、試行錯誤を繰り返しながら、輸入された制度を磨き上げた努力の産物である。決して有利な条件の下で作られたものではない。従って、今の障害、問題点を克服するための手がかりを探る上でも、戦後の日本企業の経験ないし歴史に学ぶべきところは少なくないはずである。本稿で戦後日本企業の品質管理の形成、洗練の歴史を再論する理由が、まずここにある。

研究史からいうと、戦後の個別産業の品質管理についての研究は、いくつかの組立産業に偏っている傾向がある。すなわち、部品メーカー、素材メーカーの生産現場での品質管理についての掘下げた分析は相対的に少ない。多くの組立製品に組み込まれ、石油危機後、日本のME（マイクロエレクトロニクス）化を牽引し、リーディングインダストリーの一角をなしてきた半導体産業<sup>2)</sup>についても、研究事情は同様である。本文で詳しく分

析されるように、欧米企業と日本企業の間には品質管理への取組みが著しく異なり、それが日本の半導体産業の競争力強化と結びついていたと思われるが、同産業の成長期の品質管理を社会科学的に分析した研究は、今のところ存在しない。そこで、本稿では、日本の半導体産業の成長期における各社の品質管理実態を分析する。

利用する資料は、当時、NEC、富士通、東芝、日立の大手半導体メーカー4社で、主として、品質管理、及び製造に携わったエンジニアへのインタビュー記録に依拠する。インタビューは、2000年4月～2003年2月に行われた。また、2003年5月に、インタビューに対して電子メールで追加的な質問を行い、返信メールを拝受したが、これも補助的な資料として活用する。ただし、紙幅の制約のため、本文の中でインタビュー資料を利用して記述する場合にも、原則的に、インタビューの日付、およびインタビューのお名前などを一々明記することは避ける点を、予め断っておきたい。インタビューリスト及び、電子メールでの返信のリストは、論文の末尾を参照されたい。なお、インタビューへのご協力をくださった方々に、深い感謝の礼を申し上げます。

次いでに、論文の構成についてであるが、2では日本の大手半導体メーカーが品質管理組織を整えていく過程を概観する。3では、日本企業の品質管理の特徴である集団的な取組みが半導体産業、企業でどのように現れたかを検討する。4では、より具体的に、半導体の生産工程、つまり、前工程と後工程における品質管理活動をそれぞれ検討する。前工程については、主として清浄度管理を中心に論じ、後工程については、日本の半導体製造の重要なできごとであった自動化との関係を中心軸にして分析を行なう。

## 2. 品質管理組織の整備過程

日本の半導体産業が急速に成長するに伴って、各社は製造部隊とは独立の組織として品質管理（あるいは品質保証）の組織を設ける必要性を迫られた。組織の名称、品質管理業務の分掌等は企業によってやや異なったものの<sup>3</sup>、独立の組織として品質管理組織を設けて、拡大させていったと

いう点では、日本の大手半導体メーカーは似通っていた。

日本の半導体メーカーの品質管理組織の主たる活動は、大別して三つであった。すなわち、第1に、新製品の品質設計に関する活動、第2に、量産製品の品質維持に関する活動、第3に、ユーザーに品質・信頼性を保証する活動、というふうに分けることができる。

第1の活動には、サンプルチップや新しいプロセスに関する品質認定、決められた品質水準に基づく品質設計及びデザインレビュー、信頼性技術の開発、信頼性資料の作成と配付、等が含まれた。そして、こうした活動は主に図1の開発・設計と量産試作段階で行われた。

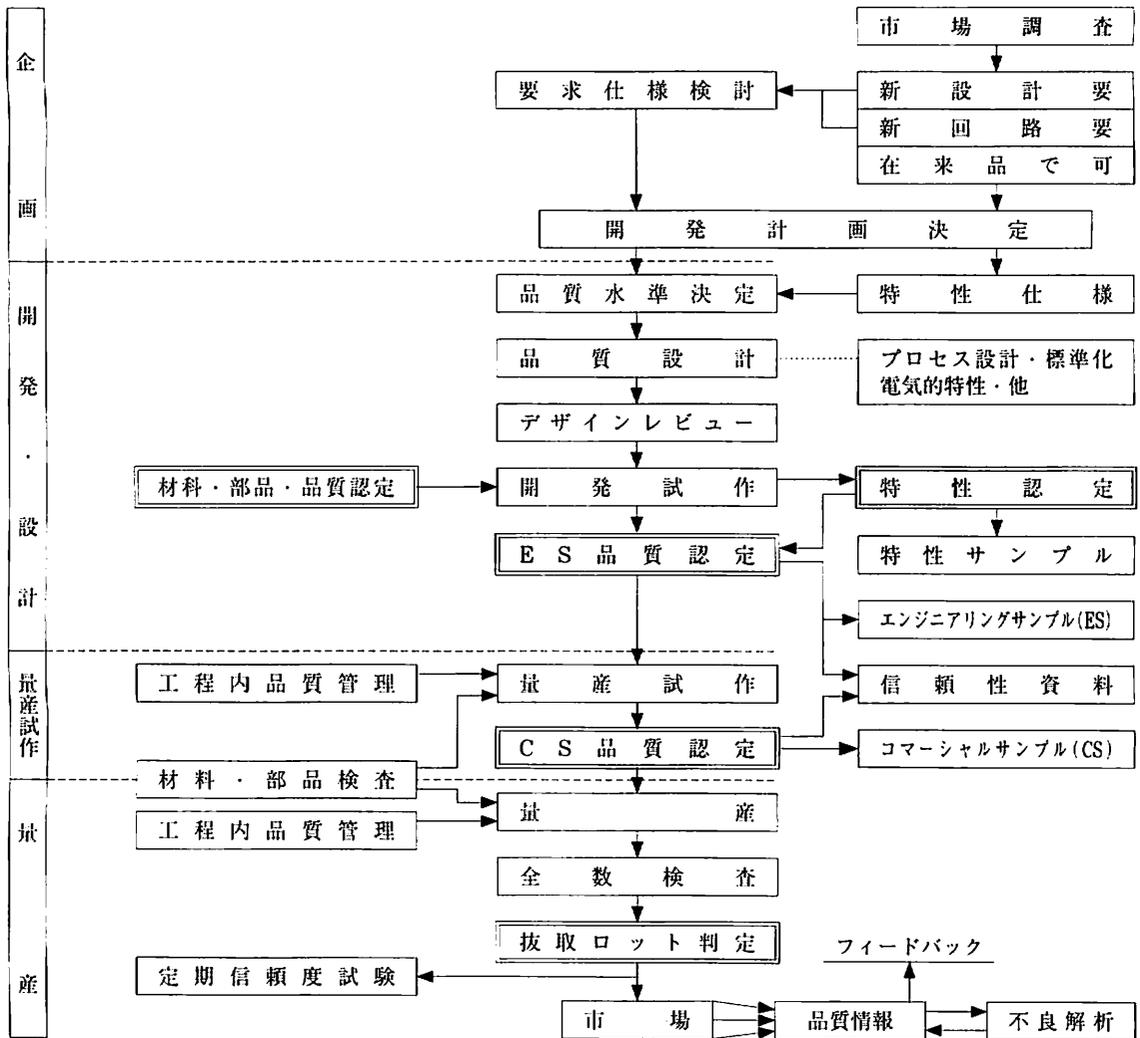
量産段階で行われる第2の活動は、検査を中心とする工程内品質管理（Process Quality Control=PQC）であり、図1に示されているように、材料や部品の検査、全数検査及び抜き取りロット判定、などを含んだ。この第2の活動を担った主体は、日立の例では、PQCグループと呼ばれる組織であるが、PQCグループの活動は部材の供給メーカー、及び一部工程を下請するメーカーとも関わりをもった。それゆえ、PQCグループは、社内の製造部門のみならず、関連会社や協力会社等も統括する形で品質管理活動を行わなければならないとされる。

第3の対ユーザーに関わる活動は、QAというグループが担当した。具体的には、最終検査、クレーム処置、ユーザーに対する品質及び信頼性の説明、市場からの品質情報の収集とフィードバック、等が重要な活動であった。

次いでに、代表的な日本半導体メーカーの事例から、こうした品質管理活動を担った組織の整備過程について検討しておこう。

まず、日立についてであるが、日立はトランジスタ事業の草創期の50年代後半にすでに武蔵工場トランジスタ研究所の中に品質管理課という組織があった<sup>4</sup>。68年2月には、武蔵工場品質管理部に昇格され、その中に品質管理課、部品検査課、化学分析グループという三つの下部組織が新たに設けられた。76年には、名称が品質管理部から検査部へと変わったが、その後再び元の品質管理部へと名称変更された<sup>5</sup>。品質管理を担当した人員

図1 日本半導体メーカーの品質管理体系（日立の例）

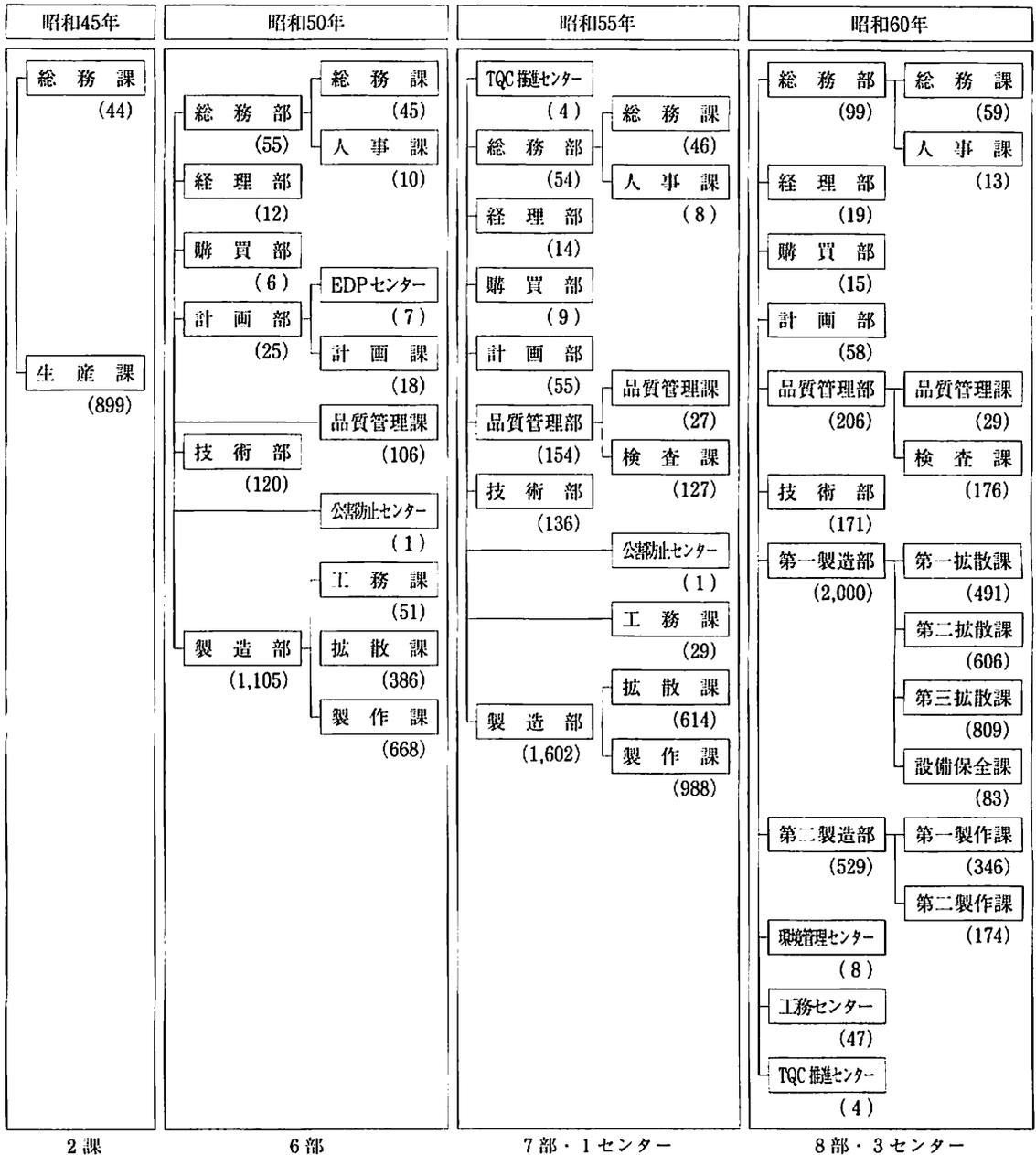


出所：日立製作所半導体事業部・武蔵工場「日立半導体30年史」1989年，79頁。

推移については纏まったデータがない。ただし、インタビュー、業界雑誌等によると、70年頃に、武蔵工場品質管理部の人員は半導体事業部のそのの8%に当たる700名を超えており、60年代から70年代にかけて日立の半導体事業部の従業員のうち、品質管理部の人員の比率は7%~10%を維持したとされる<sup>6</sup>。そして、品質管理部の中に、すでに述べた三つの活動に対応する形でいくつかの課が設けられ、各課各々、何十人~100人が所属していた。課別の人員数においては、最終検査を担当する課の人員が最も多く、その次に、量産工程の工程内品質管理を担当する課、材料や部品の受入

れ検査を担当する課、設計部隊の順であった。次いでに、NECで半導体の品質管理活動を担った組織についてであるが、同社の半導体生産の中核であった九州日本電気、山形日本電気（以下、九州NEC、山形NECと略する）の例をみておこう。

図2 九州 NEC の組織変遷



注：( ) は人員。

出所：九州日本電気「九州日本電気20年のあゆみ」1990年、30頁。

図2によれば、九州 NEC の創業早々の70年には、まだ品質管理専門の組織はなかったが、75年には製造部や技術部等とは独立の組織として品質管理課が設けられていた。さらに、80年には、品質管理課が品質管理部に昇格され、その中に品質

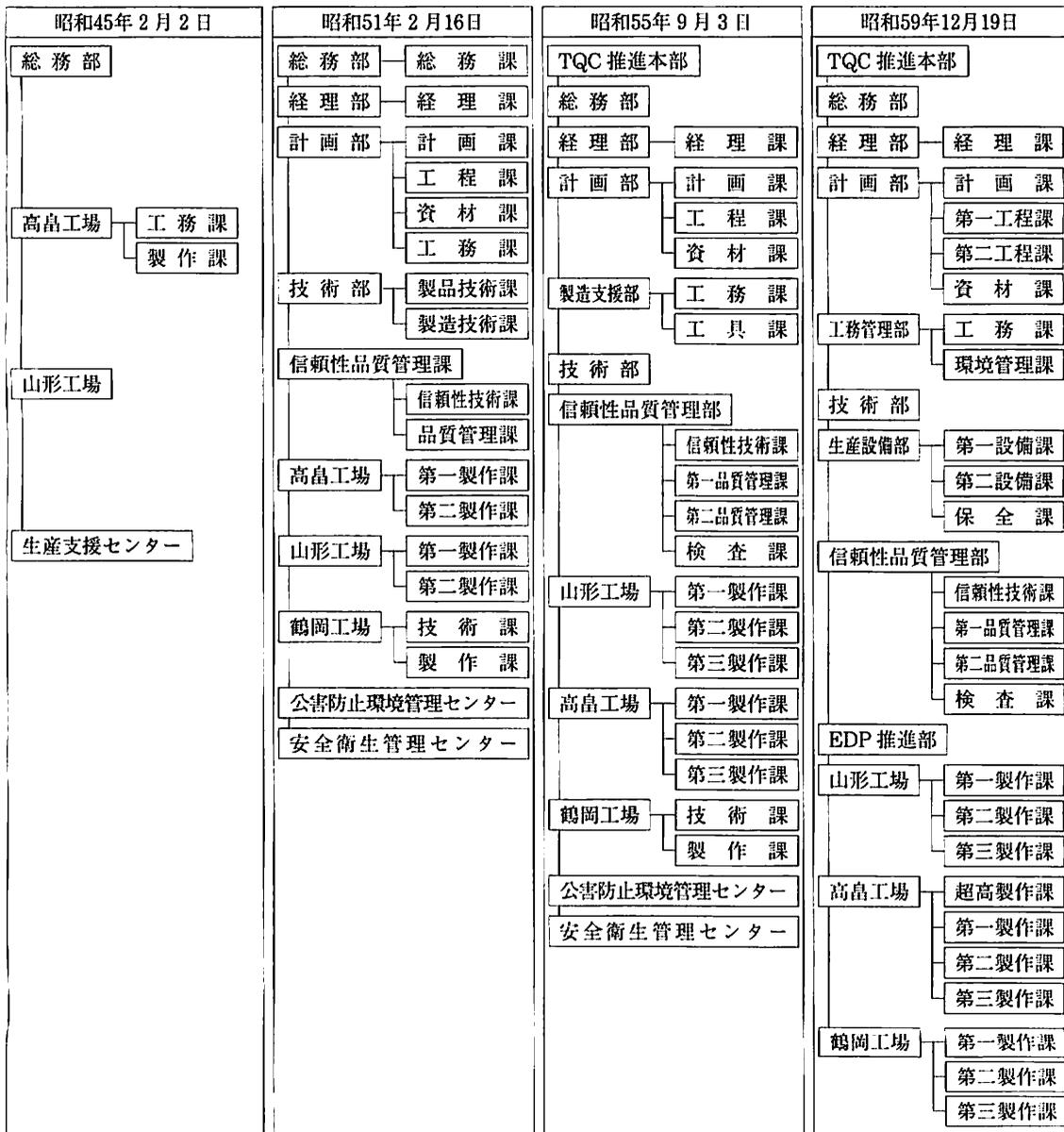
管理課と検査課の2課が設けられた。品質管理組織の人員数は、75年の106人から、80年と85年には154人と206人に増えており、これは、各年の九州 NEC の総従業員の数それぞれ8%、7.6%、6.5%に当る(図2)。同比率では、前述の日立とそれ

ほど変わらないといえよう。

山形 NEC の場合にも、九州 NEC と類似した品質管理組織の拡大が見られる。図3によれば、70年時点では、独立の品質管理組織がなかったが、76年に信頼性技術課と品質管理課からなる信頼性品質管理部が設けられた。また、80年には、信頼

性品質管理部の中に検査課が新設された上、品質管理課も第一品質管理課と第二品質管理課の二つに分けられた。そこで、NEC 半導体事業の品質管理組織は、特に、70年代を通じて拡大されたことが推測できる。

図3 山形 NEC の組織変遷



出所：山形日本電気「山形日本電気20年史」1984年、110～111頁。

東芝半導体事業の品質管理組織は、事業部の開発拠点の組織と量産工場の中の組織という二通り

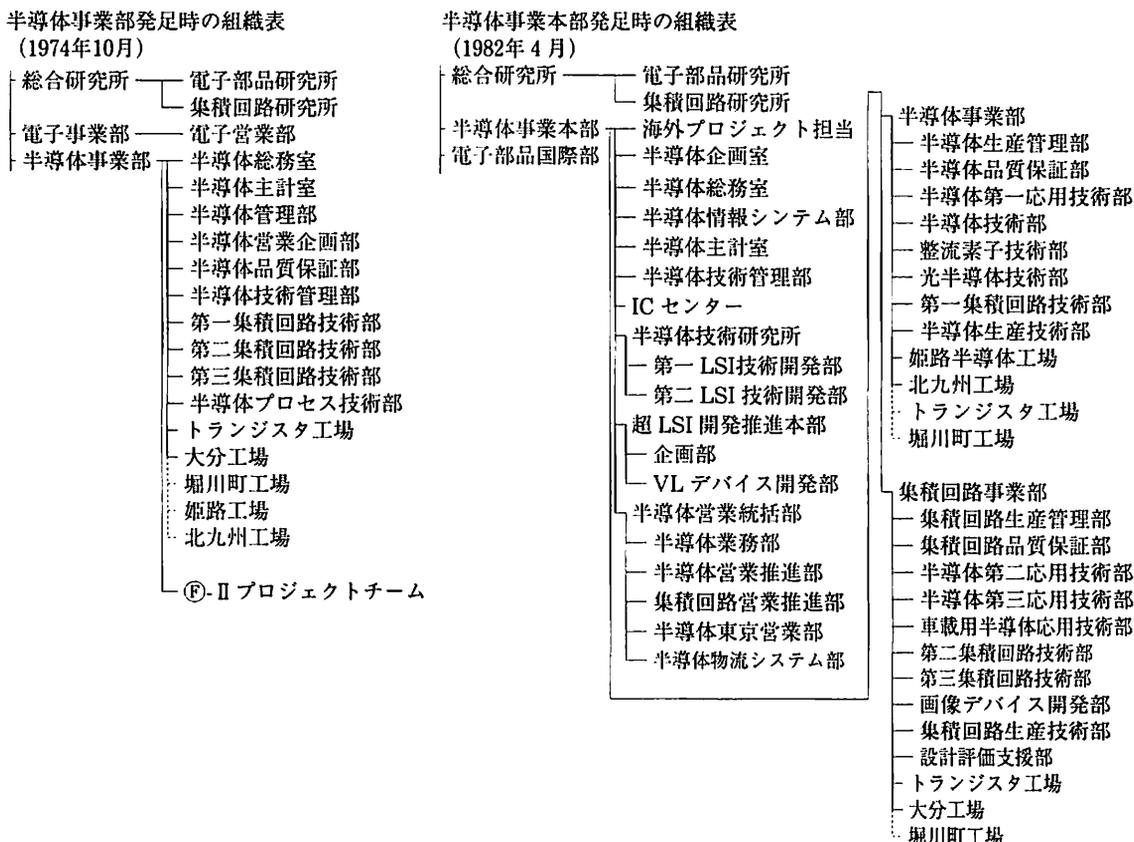
であった。まず、事業部レベルの組織についてであるが、同社の半導体事業は、62年まで管球事

業部、74年まで電子事業部に属しており、したがって、74年に半導体事業部が独立するまで半導体の開発拠点の品質管理部隊も、管球事業部長、あるいは、電子事業部長の直轄組織であった。例えば、60年代初頭まで半導体の品質管理を担ったのは、電子品質管理部の中の半導体担当であり、68年には、集積回路技術部の中に信頼性担当というポストが設置された<sup>8</sup>。いよいよ74年に半導体事業部が新設され、同事業部長直属の半導体品質保証部が誕生し、さらに、82年の半導体事業本部の発足に際しては、半導体品質保証部に加えて集積回路品質保証部が新設された<sup>9</sup> (図4)。

一方、量産工場では、58年に川崎に新設されたトランジスタ工場の検査課が品質管理業務を担当していたが、63年に、同検査課が品質管理課に改編された。さらに、70年4月に、同課は品質保証

部に昇格され、この品質保証部の下部組織として、サービス技術担当、信頼性管理担当、品質保証課等が設けられた。品質管理課が、この時期に品質保証部に拡大、再編された背景には、半導体の需要分野の拡大によって、新製品の品質設計に関連する業務と、ユーザーに品質、信頼性を保証・認定する業務がその重要性を増したことがあったとされる。品質管理部隊の主な業務をそれまでのように量産製品の品質維持に限定することができなくなったのである。80年代に入ってから、量産工場の品質管理組織の整備がさらに進み、83年4月に、従来のトランジスタ工場の品質保証部が多摩川工場品質保証部へと拡大された上、85年4月には姫路工場と大分工場にも半導体品質保証部が設けられた。

図4 東芝の半導体事業の組織変遷



出所：東芝半導体事業本部「東芝半導体事業35年史」1991年、220頁。

さて、品質管理組織に関するもう一つの論点として、開発拠点と地方量産拠点間の関係がある。そ

れについて述べておこう。当時の大手の日本半導体メーカーにとって、開発拠点は新製品の品質管

理を担当し、地方量産拠点は量産段階の製品の品質管理を担当するという役割分担がほぼ固まっていた<sup>10</sup>。例えば、東芝は、開発拠点では新製品の品質管理に集中し、量産工場では量産製品の品質管理に集中するという役割分担をはかった。富士通もほぼ同様であったとされる。たとえば、70年代の場合、新しい半導体製品の品質管理は川崎の開発拠点の信頼性技術部／信頼性保証部が担い、量産チップの品質管理は、会津若松工場の品質管理部が担当していた。

そして、基本的な仕様が開発拠点で決められていたので、量産拠点、あるいは量産工場は、仕様の変更の裁量が相対的に限られていた。その意味では、中央集権的な色彩が濃かったといえよう。例えば、NECでは、開発拠点の玉川工場の信頼性技術部隊と品質管理部隊が仕様書を決めており、この仕様書に従って、地方の量産拠点の品質管理部門が詳細な細部仕様を決めた。基本仕様は開発拠点で決められたのである。NECの開発拠点は、品質仕様書により地方の量産工場（製造分身会社）をコントロールしており、それゆえ、70年代までは「玉川サイドの意向が強い時代」であったといわれる<sup>11</sup>。

富士通の場合も、仕様書を始めとして、工場運営全般について開発拠点が量産工場をコントロールしており、量産工場の品質管理部隊は、本社が決めた事項を充実に遂行することを第一の課題としていた。組織の面においても、80年代前半まで会津若松工場の品質管理部隊は本社品質保証統轄部の傘下組織に過ぎなかった。品質管理の組織そのものが中央集権的であったのである。武蔵工場が開発拠点と主力量産工場を兼ねていたという点で、日立は、日本の大手半導体メーカーの中で異質的であった。但し、関連会社との関係からすると、武蔵工場の品質保証部が、関連会社の品質保証部隊を統括、指導しており、関連会社のパトロールチェックをも武蔵工場の品質保証部が主管していた。中央集権的特性がかいまみられる。

### 3. 集団的な取組み：構成員間の協力

半導体の品質管理活動においてはエンジニアが主導的な役割を演じる場面が多かった。例えば、

仕様書に従って品質検査を行う際のチェックポイント、及びデータの活用方法をオペレータに指導したのはエンジニアであった。また、製造ラインでトラブルが起きたとき、チップの不良如何の最終的な判断を下したのもエンジニアであり、かつ、その不良原因の解明においてもエンジニアの貢献が大きかった。品質検査のデータを多く保有していたのは、エンジニアであったからである。それに、不良の原因が解明できた場合も、どのようにその解決に取り組むかを主としてエンジニアが決めた。このように品質管理活動においてエンジニアが大きな役割を果たしたことは、技術進歩が激しい半導体産業の特性に負うところが大きいように思われる。

しかし、半導体の品質管理活動において欧米企業と比べ、日本企業の重要な特性はなかったかという疑問が直ちに浮かび上がる。もしかりに、各国の半導体メーカー間の品質管理活動の相違が存在するならば、それは、かならずしも産業の特性という要因だけでは説明できない何かがあったということになる。

実際、品質管理組織が整えられていく中で、日本半導体メーカーの品質管理活動に際してエンジニアとオペレータ間の協力が多く見られた上、その傾向、立場を異にするエンジニアの間の協力も頻繁に現れた。品質管理部門のエンジニアやオペレーターはもとより、他の部署ないし他の機能を担当する構成員まで巻き込んで品質管理活動が行われたのである。集団的な取組みといえる特徴である。実は、この現象は日本の半導体メーカー限らず、戦後の日本企業で広く見られた<sup>12</sup>。本稿では、この集団的な取組みを日本半導体メーカーの特徴として重視したい。これらの点を踏まえて、本節では諸構成員の協力を焦点を合わせてその実態の解明を試みる。

#### (1) エンジニアとオペレータの協力

すでに述べたように、品質管理活動を進める上でエンジニアの役割が大きかったが、人数的に圧倒的に多かったのはオペレータ、あるいは現場労働者の方であった。例えば、70年代の九州 NECの品質管理部ではオペレータが7割で、エンジニアが3割であった。同じ時期の日立の半導体事業

部の品質管理部隊でも、オペレータとエンジニアの比率は、九州 NEC とほぼ同じであったとされる。

これだけ高い比率を占めるオペレータの協力を抜きにして、品質管理が十全に行われるわけにはいかなかった。半導体チップの品質を製造過程あるいは生産過程で作り込むためには、オペレータの協力が欠かせなかったのである。その限りで、オペレータの協力も日本半導体メーカーの品質管理のキー・ファクターといえよう。そこで、オペレータの協力の中身を具体的に見ておこう。

まず、NECの事例では、エンジニアが作成した仕様書とおり作業を行なったにもかかわらず、生産に不具合が発生する場合も少なくなかった。その際、現場で直接作業を行っていたオペレータが、不具合の原因について詳しくだったので、不具合の原因の情報をエンジニアへフィードバックする形で協力し続けた。また、東芝でも、半導体の品質管理を担当するエンジニアは、不良の防止のために常に現場のオペレータの意見を聞き回ったとされる。現場のオペレータが現場のことを一番よく知っているのも、彼等の意見を聞くのが不良防止のための最も手取り早い方法であると認識されていたからである。三菱電機の実例では、熊本工場製造課の某 QC サークルは、後工程の配線不良の解決のために、かつ、ダイボン不良の対策として、装置のメンテナンスを担当する「テクニシャン」だけでなく、技術スタッフ、つまりエンジニアにも働きかけ、相互に協力を重ねたといわれる<sup>13</sup>。

品質管理活動における緊密な協力が可能になったのは、日常的な活動においてエンジニアとオペレータの間に頻繁な接触や共同作業が行われたことに負うところも大きい。例えば、夏季休暇や冬季休暇、あるいは工事が終了した休暇明けの前日に、エンジニアとオペレータと一緒に工場や装置を防塵シートで覆ったり、片づけたり、清掃をしたりする作業を行った。また、クリーンルーム内の日々の清掃等もエンジニアと現場作業者が一緒に行った上、職場行事にもエンジニアと現場作業者が一緒に参加した。

なお、生産現場の小集団活動が活性化され、それを品質管理のシステム内に取込んでいたことも、

日本の半導体メーカーの間の共通点であり、欧米半導体メーカーとの違いであった。日本の製造業に広く見られる QC サークル等の小集団活動が、日本の半導体メーカーにもよく観察されるのである<sup>14</sup>。

日本の半導体各社の小集団活動は、QC サークル、小集団プログラム、MMM（無駄、むら、無理）運動<sup>15</sup>あるいは MI 運動、HR（High Reliability）運動など様々な名称で呼ばれたが、その内容はほぼ同じであったように思われる。各社の事例について少し立ち入ってみよう。九州 NEC の小集団活動は、製造部の係単位で行われ、76年「問題解決訓練」、77年度以降は「QC チーム活動」とそれぞれ称された。山形 NEC は、70年代後半に入ってそれまでの「個人別目標管理」を解消する代りに、4人～6人からなる QC サークルの普及を図り、そのサークルの数が、78年に、271、82年10月に、440に達した<sup>16</sup>。それに伴って、改善提案の件数もうなぎ登りになった。

日立半導体事業の小集団活動で先行したのは、やはり半導体主力工場の武蔵工場であった。武蔵工場では71年～75年、第1段階の小集団プログラム計画が施され、主として教育に力が注がれた。75年9月からは個別作業場レベルまで小集団活動が導入され、76年、MMM 運動へ展開された上、77年には提案制度もスタートした<sup>17</sup>。富士通半導体事業部の提案活動とグループ活動は全社的な HR 運動の一環として行われたが、この際の HR 運動は、ボトムアップの改善活動が中心であった<sup>18</sup>。三菱電機熊本工場の例では、78年にそれまでの ZD（Zero Defect）運動を小集団活動に改称し、小集団活動の活性化を図った結果、80年、同工場の製造課だけでも、20の小集団グループができたといわれる。主な活動は、6カ月をめどに職場のテーマを取上げ、改善活動を進めることと、体験の発表会で報告することであった<sup>19</sup>。

このように現場に詳しいオペレータの自発的な協力があつたからこそ、日本の半導体メーカーには「不良品の生まれる工程を徹底的に改善することによって、不良品の出ない工程を作る。すなわち、品質を（生産過程で）作りこむ<sup>20</sup>」ことが可能になったのである。そして、品質を生産過程に作り込むということは、品質管理において不良発

生後の対処より、不良の事前防止を重視するということを意味する<sup>21</sup>。これは、事後検査中心の品質管理を重んじていた半導体メーカーとのもう一つの相違点でもあった<sup>22</sup>。

## (2) エンジニア間の協力

一般に、品質管理において日本企業の集団的な取組みをもっともよく象徴するのはTQC（全社的品質管理）であろう。TQCとは設計、製造、販売、企業のトップ、ミドル、現業の全員が、体質改善という目的をもって品質の向上にあたるものであるが<sup>23</sup>、品質管理の手法が最初に導入されたのはアメリカよりであった。しかし、周知のように、アメリカ型の品質管理は品質管理スタッフが主体であったが、日本に定着する過程で全員参加型のTQCに変形された。実は、品質管理のもう一つの流れとしてアメリカより導入されたZD運動も、アメリカでは現場労働者、ないしオペレータが主体であったが、日本で定着していく過程では全員参加型に変わった。品質管理における集団的取組みが日本企業の間にかかなりの一般性をもつ現象であったことがわかる。

さて、日本の半導体メーカーも、70年代後半に、本格的にTQCを展開した。TQCによる品質改善の効果は、他産業より半導体産業において著しかったという主張すらある<sup>24</sup>。先述のTQCの定義からいうと、半導体メーカーがTQC活動を活発に行ったということは、品質管理に際してエンジニアとオペレータの協力だけでなく、エンジニアの中の諸グループの間の協力も多く見られたということを示唆する。

NECの事例を中心に品質管理に際しての、半導体エンジニア間の協力について述べておこう。60年代後半のNECは、信頼性に絡む品質問題が多く、やりこなすべき品質管理業務が広がった。そのため、品質管理部門だけでは手に負えず、技術部との密接な協力が不可欠であった。例えば、九州NECでは、品質管理の担当者と技術部の人々が定期的に「技術連絡会議」を開き、かつ、技術部、品質管理担当者、現場のオペレータが一緒になって現場を回り、問題点を発見、指摘するという「QCパトロール」<sup>25</sup>活動を行なった。また、当時、NECの半導体工場では、能力調査、あるいは

「工場診断」が行われたが、この仕事は品質管理部の技術者と技術部の技術者が共同で遂行した。

NECの半導体の開発・設計拠点においても、デザインレビューに際して、技術部のエンジニアと品質管理のエンジニアと一緒に問題を改善しようという意識が強かったといわれる。エンジニア全員が品質管理の担い手のような姿勢で品質管理活動を行い、工程チェック<sup>26</sup>という品質管理部門の機能を製造部所属のエンジニアが果たしたこともあった。

無論、半導体エンジニアの間に立場や意見の相違、対立がなかったわけではない。すなわち、設計エンジニアと製造エンジニアの間はもとより、製造エンジニアの中でも、製造部や技術部の製造エンジニアと品質管理専門のエンジニアの間には、それぞれ役割、立場、見解が異なった。

製造エンジニアの最優先課題はコストの節減であった。彼らは、チップの量産を早く立ち上げるために、あるいは、歩留りを早く高めるために、不良解析等の品質管理活動を行ったが、最終的な目標は、如何に安く利益を上げつつ量産製品を出すかであった。しかし、品質管理部門のエンジニアの立場は異なった。例えば、品質管理部門はユーザーとの接触が多かったため、社内だけでなく、ユーザーの要求に配慮する面が強く、しばしば「第3者的な立場」をとった。いいかえれば、ユーザーからクレームが出ないように、あるいは、ユーザーからの信頼を損なわないように品質を最優先し、結果的に、コストの面への配慮はおろそかになった<sup>27</sup>。そうになると、コストの節減をめぐる、一般的な製造エンジニアと品質管理専門のエンジニアの間に意見対立の可能性が高くなる。品質管理部門の厳しい検査に対する、製造現場からの不満、脅威の声も珍しくなかった。元品質管理部隊のエンジニアが、日常の時間のかなりの割合がエンジニア間の話し合いや議論によって占められていたと証言しているのも、このためであろう<sup>28</sup>。このようにそれぞれの担当エンジニアが責任をもって、お互い引くことなく主張し合ったから、協力の重要性が高まったともいえる。

ところで、品質管理部門のエンジニアの権限の強さは企業によって少しずつ異なり、特に、日立は、品質管理部門の力が強かったとされる。例え

ば、日立の品質管理担当者は半導体の工程検査ごとに現場に常駐して、問題が発見された場合、特別採用、シャットダウン、製造停止、出荷停止等を行なう権限をもった<sup>29</sup>。日立の半導体事業部では、基本的に設計、製造、品質管理の三つの部門が「三権分立」の上でバランスをとることを目指し、品質上の問題に対する最終的な決定には品質管理部隊の発言権が強かった。品質管理部門は各方面から品質についての情報が集まるところなので、品質関連の豊富なデータをもっていたからである。

「三権分立」を強調するということは、品質管理の推進を品質管理担当者だけの仕事と見做す欧米企業のプロフェッショナルリズム<sup>30</sup>に近い発想であり、その限りでは、日立半導体事業部の品質管理の姿勢は、日本の他社より米企業に近かったということが出来るかもしれない。ただし、日立もエンジニアとオペレータ間、諸エンジニア間の協力が多くみられたことから、米企業との相違も明らかである。

#### 4. 工程別の品質管理活動

半導体の製造工程は、大別して前工程と後工程に分けることができる。前工程とは、シリコンウエハに酸化膜を作り、そこに電気回路を作り込む工程である。後工程とは、完成したウエハ上の半導体チップを1個ずつ切り分け、良品チップをリードフレームに乗せ、チップ上の電極とリードフレーム上の電極を細い金線で接続する工程である<sup>31</sup>。この二つの製造工程の間には品質管理の仕方がかなり異なった。この点に注目して、前工程と後工程それぞれの品質管理活動について検討しておこう。

##### (1) 前工程の品質管理：清浄度管理を中心に

後工程は、いちおう酸化膜が作られてから行われる作業なので、清浄度管理はそれほど重要な課題にならなかった。しかし、前工程はすでに述べたように、酸化膜を作る工程なので、作業環境における高い清浄度の維持が極めて重要であった。いわゆる「クリーン度」の維持であるが、これが後工程と比較して、前工程の品質管理活動におけ

る最大の特徴であったということが出来る。

さて、半導体の前工程で不良が集中するところは二つある。一つは、作業者がピンセットで摘まんだことによってウエハにキズがつくというウエハ回りの不良であり、もう一つは、ウエハの表面の不良（汚染、もしくは、酸化膜の異常）である。

前者の不良は手作業の過程で発生するので、この類の不良を減らすために、手作業を減らす工夫が加えられた。例えば、搬送の自動化等によって、人がピンセットでウエハを摘まむ作業を省いていった。但し、搬送の自動化は必ずしも日本の方がアメリカより進んでいたといいきれない。例えば、ウエハの搬送制御をシステム化した最初のラインは、IBM East Fishkill 工場の QTAT ラインといわれる<sup>32</sup>。

一方、後者のウエハ表面の不良は清浄度の維持と直接関係するものが多い。そこで、このウエハ表面の不良について、もう少し詳しくみておこう。前工程において、80年代中ばにシリコンウエハ表面の最も重要な汚染源は人体分泌物であった（表1）。人が最も重要な汚染源であったことが示される。また、1980年において、半導体製造施設の発塵源をみると、作業者と作業環境（空調システムや水処理など）が重要であった（表2）。人と作業環境が二大の汚染源になっていたのである<sup>33</sup>。

表1 シリコンウエハ表面の付着物

付着物の種類	個数	比率 (%)
人体分泌物（ふけ、あか等）	23	46
繊維紛（無塵衣、下着等）	4	8
拭き取り材（治工具清掃用）	2	4
残存レジスト片	6	12
シリコン磁片、石英粉末	11	22
その他（膜の異常成長等）	4	8

資料：田丸啓吉・羽田祐一・小宮啓義編『超LSI工場最新技術集成第1編-FAシステムと工場レイアウト-』1986年、リア・ライズ社、139頁；同『第2編-最新プロセスと自動化-』1986年、147頁。

表2 半導体製造施設における発塵源寄与率の変遷

単位：%

	1980年	1985年	1990年
環境	40	20	10
製造装置	10	30	40
素材・資材	10	20	40
作業員	40	30	10

資料：田丸・羽田・小宮編、前掲書、『超 LSI 工場最新技術集成第1編』、174頁。

このウエハ表面の不良の防止に日本企業の積極性が際立っており、こうしたクリーン化技術の確立が日本の半導体産業の発展を支えた重要な功績の一つといわれる<sup>34</sup>。汚染源が作業環境と人の二つであっただけに、汚染源を減らすための努力も、この二つの方向に向けられた。

まず、作業環境についてであるが、この汚染源を防ぐために、空気と水の清浄度を維持できる施設を設けた。具体的に、空気の清浄度を高めるためには、クリーンルームを建設した。ただし、60年代においては、前工程の生産ラインの全部ではなく、特に高い清浄度が要求されるスペースだけをクリーン化した。「クリーンベンチ」とよばれる施設である。しかし、70年代半ばに入り、日本の半導体各社は、前工程生産ラインの全スペースをカバーする「クリーンルーム」の建設にとりかかった。例えば、74年、関西 NEC が、NEC グループではじめてオールダウンフロー方式の空調を採用した。九州 NEC も78年1月に稼働開始した第2 MOS 拡散ラインに清浄度グレード A の作業室を設けた<sup>35</sup>。東芝の場合、73年頃には、多摩川（川崎市）トランジスタ工場に完全なダウンフロー方式のクリーンルームを設置した上、大分工場でも75年から新クリーンルームの建設に取り組んでおり、日立も70年代後半に当時としては高水準のクリーンルームを建設した。

こうした事例から70年代半ばを境目に、本格的な高清浄度施設が相次いで設置されたことがわかる。そして、最初のクリーンベンチからクリーンルームへ進化し、かつ、クリーン化技術の日進月歩に支えられクリーンルームの清浄度が徐々に高まったことから、日本半導体メーカーの清浄度管理に積上げ的性格がみられたといえる。

作業環境に関わるもう一つの汚染源の水については、水処理装置への投資が活発に行われた。例えば、70年代半ば、東芝の半導体工場では、バクテリアやコロイドを完全に除去する超純水製造プラントが稼働されはじめた<sup>36</sup>。富士通は、70年代にオルガノ等の企業と密接に情報交換しながら、純水プラントを開発、導入していた<sup>37</sup>。ただし、富士通半導体工場の水処理レベルが格段に上がったのは、80年代半ばよりといわれる<sup>38</sup>。

他方、日本の半導体メーカーが、もう一つの汚染源の人についても、人体発塵の低減に努力を払ったことが示される。九州 NEC が、歩留まりの向上を図って、「ゴミ子」と呼ばれる、ゴミのデータを専門的に集める女性を現地採用したことは、有名な話である。また、無塵服の着用によっても人体発塵を減らした。表3は、無塵服を着ることによる効果の一事例であるが、それによると、無塵服を着ることによって、発塵が50分の1～100分の1に減っていることがわかる。

それに、人体発塵の低減のために、洗浄の自動化も進められた。前工程の中では洗浄作業の自動化が最も早くから進められ、80年代半ばの段階で、米国における洗浄自動化が日本より数年遅れる等、洗浄の自動化で日本の積極性が目立った。そして、洗浄の自動化も、前述の清浄施設の建設と同様に、積み上げ的行われた。例えば、77年頃から乾燥工程の自動化、78年頃から液給排の自動化、82～83年頃から完全無人化がそれぞれ行われた<sup>39</sup>。

では、なぜ、アメリカ企業に比べ、日本企業が清浄度管理に積極的であったのか。さしあたり三つの理由が考えられる。第1に、品質管理とコストの関係について、事業部のトップ、あるいは企業のトップの認識の差が日米企業間にはあったように思われる。すなわち、米企業は品質管理はコストを上げると捉えているのに対して、日本では品質管理はコストを下げると看取していたとされる<sup>40</sup>。実は、前述の TQC の発想の特徴が、適合品質の向上とコスト低下の両立にあることは、しばしば指摘されるが<sup>41</sup>、これが正しいとすれば、半導体メーカーの TQC 自体が、日米の半導体メーカーの認識の差を現しているといえよう。

第2に、日米間には半導体チップの欠陥についての考え方も異なった。米半導体メーカーは、自

表3 1人当りの発塵量

単位：1,000個/分・人

動作	粒径0.3ミクロン以上		粒径0.5ミクロン以上	
	普通作業服	無塵服	普通作業服	無塵服
立っているとき	543	13	339	5.6
座っているとき	448	14	302	7.4
尻の上下	4,450	49	2,980	18.6
上体の前屈	3,920	39	2,240	24.2
腕の自由運動	3,470	52	2,240	20.6
屈伸	4,160	63	3,120	37.4
足踏み	4,240	92	2,800	44.6
歩行	5,360	157	2,920	56.0

資料：田丸・羽田・小宮編，前掲書，『超LSI工場最新技術集成第1編』，139頁。

分が生産したものの良い面を強調する特徴があり、もし、不良が出たとしても、交換すれば済むという発想をもっていたのに対して、日本企業は、自らの製品のデメリットを重視し、できる限り、完全なものでなければ、出荷しないという考えが強かったといわれる。また、アメリカの場合、軍需用半導体の供給の経験の影響もあって、ユーザーが「許容する不良率」、あるいは「合格品質水準」があった。不良率が一定水準以下であれば、ユーザーがそれを問題視しないということである。つまり、ある比率までは不良が許されたのである。例えば、74年頃、松下通信工業で購入するLSIの受入の際、輸入品では1%以内の不良はクレームの対象にもならなかった。契約による限定責任的な考え方の典型である<sup>42</sup>。こうした限定責任的な考え方が、日本の半導体メーカーの間には極めて希薄であった。

第3に、日本の場合、国内の電卓用IC需要が早く立ち上ったことによって、MOS・ICへのシフトが早かった点である。MOS・ICは、米企業が得意としたバイポーラICに比べ、半導体の表面に不良が起りやすいので、ウエハ表面の品質管理が重要であった。このウエハ表面の品質管理の重要な内容が清浄度管理であったのである。

## (2) 後工程の品質管理：自動化との関係を中心に<sup>43</sup>

一方、後工程では、本稿の分析時期に限って、自動化がかなり重要なできごとであった。従って、

後工程における品質管理は、自動化との関わりが重要であった。

筆者の行ったインタビューによると、後工程の自動化によって品質管理を行いやすくなった面があった。自動化の主たる目的の一つが手作業への依存に起因する品質のバラツキを小さくすることであって、事実、自動化によって品質のバラツキはかなり小さくなったとされる。そうであるならば、自動化によって品質管理活動を行いやすくなったという諸証言は、当時の実態を比較的に正確に現しているといえよう。それに加えて、自動化によって「タイム・シェアリング品質管理」(Time Sharing Quality Control)が可能になったことも、品質管理活動を容易にした要因であるように思われる。「タイム・シェアリング品質管理」というのは、一定の時間ごとに品質をチェックすることである。自動化される前の段階に、特に後工程では人の手作業が多かったので、品質管理も「人を単位」にして行わなければならなかったが、自動化が進むことによって、時間を単位とする品質管理活動が可能になったのである。それに伴って、品質検査の方式が全収検査から抜取り検査へ変化するケースが増えた上、検査の回数も減少した。品質管理が行いやすくなったことが示される。

しかし、これは、自動化が品質管理活動に与えた影響の一面にすぎない。つまり、自動化は品質管理活動にこうしたプラス面の影響だけをもたらしたわけではない。手作業が多かった時代に築かれた品質管理体系を自動化時代にもそのまま維持

するには無理が伴ったからである。実際、自動化によって、品質管理上の新たな課題が提起された例が稀でなかったことは、当時のエンジニアの証言によってうらづけられる。以下では、自動化によって現れた新たな品質管理上の課題、それへの半導体メーカーの対応を見ておこう。

### ①「マシン管理」の必要性の台頭とそれへの対応

後工程に手作業が多かった時期には、品質の要素の中、現場作業者によって左右されるものが多かった。そのため、機械の状態の変化によって不良品が発生する場合にも、作業者がその変化に気づくことができ、早く対処することができた。

しかし、自動化が進むことによって、その自動化機械についての作業者の知識は限られるようになった。しかも、ほとんどの場合、導入される自動化機械が当時としては最先端のチップの製造のためのものであったので、機械についての作業者の知識不足という問題はより深刻になった。品質管理部隊も同様な問題点に直面しており、例えば、「どうやって設備能力を見抜いてその能力を引き出すか」についての知識は、ほぼ皆無であった。品質管理部隊にとって、自動化に伴い「設備がブラックボックスになり、何をしていたかが見えなし、分からなくな」ったのである。

そして、自動化が進んだ段階で、機械によるトラブルが起ると、その被害の規模が莫大になった。というのも、製造ラインが自動化されると、一度不良品が出始めた場合、あっという間に大量の不良品が作られ続き、一時的には100%不良が出るケースさえあったからである。また、機械の操作のミスだけでなく、些細な条件設定のミスによっても、大量の不良が出る恐れがあった。

それゆえ、品質管理部隊としては、自動化機械の状態をより徹底的に管理しなければならないという新たな課題を抱えるようになった。つまり、自動化以前の段階では、品質管理の業務の重点が1人々の従業者の作業ぶりを管理することにおかれたのに対して、自動化マシンの導入が進んでからは一台々の自動化機械の稼働状態を管理することに品質管理の重点がおかれるようになった。「マシン管理」活動のウェイトが急激に高まったと

いえよう。

具体的に、品質管理部隊は、自動化機械の稼働に際して、品質の変動やバラツキを機械ごとに管理することに注意を多く払い、品質管理のパラメータや管理項目の設定、及びチェックという、いわゆる「インプロセス」管理を強化した<sup>44</sup>。そのために、一般「作業員に対する」品質管理教育が重視された上、機械のチェック頻度を増やす例も現れた<sup>45</sup>。それに、前述で繰り返し強調した集団的な取組みが自動化への対応においても現れた。例えば、エンジニアと一般作業員がチームを組んで行う「パトロールチェック」という形で、前述の「タイム・シェアリング品質管理」を実施し、不良の予防を図った。こうした設備トラブルの事前予防をより洗練したのが、80年代に入ってから TPM (Total productive maintenance) 活動である。

一方、導入された自動化機械の中には高価なものも多かったので、各社は、投資コストの回収を強く意識するようになり、そのため、機械の無理な稼働、そして、それによる設備の故障の可能性が高まった。すなわち、設備を無理に稼働する場合と、余裕をもって注意しながら稼働する場合を比較すると、故障率の差は顕著であり、それが製造歩留まりにも影響した。当然ながら、機械が故障すると、品質への悪影響が出ており、それゆえ、品質管理のためにも、自動化機械の維持・メンテナンス作業が重要になった。しかし、それを担う人材が品質管理の組織内では少なかったため、品質管理部隊が自動化機械の維持・メンテナンスを行うことはできなかった。別の組織、人材が必要になったのである。NECの例では、製造装置のメンテナンスは、技術部の中の設備保全グループと現場の中の保全グループが担当した。前者は当初から設備エンジニアとして採用された人、後者は現場のオペレータの中から移動した人がそれぞれ中心であったが、後者の現場のオペレータ出身が多数を占めていたといわれる。富士通では、半導体の設備技術部<sup>46</sup>が存在し、そこに「テクニシャン」と呼ばれる人達が属しており、彼らが自動化機械の維持・メンテナンスを行ったとされる。なお、内部の人的構成においても、NECと類似していた。つまり、最初から機械のメンテナンス業

務に携わった人と現場のオペレータ出身の人からなっており、大部分は現場のオペレータ出身であった<sup>7)</sup>。東芝では、製造部の中に製造装置のメンテナンス部隊があったし、日立の場合は、75年頃から、生産技術部の中にPM (Preventive Maintenance) グループが設けられ、自動化機械のメンテナンス作業にあてられたが、同グループの人達はベテランのオペレータの出身が多かったとされる。

彼らの業務は、機械のトラブルへの対応、搬送やハンドリングの維持・管理、定期点検、(トラブル対応や定期点検のための) 基準書作成、機械の改造・改良等、多岐に渡るが、トラブルが起きたときの対応だけでなく、自動化機械の定期点検を中心に事前的な故障予防にも取り組んでいたことは特記に値する。

#### ②不良多発工程及び材料の問題への対応

自動化に伴う品質管理上のもう一つの難題は、元々不良が多く出る工程があったことと関わる。製造プロセスの中で、各細部工程別には不良率の差があり、とりわけ、不良品が出る確率が高い工程があった。こうした工程の特性を十分に考慮しないまま、自動化を進めると、その工程から大量の不良品が発生してしまう。よって、不良が多い工程のインプロセス管理のためのデータ分析が重要になった。そして、これは優れて品質管理固有の活動であった。

後工程の自動化の推進速度が速すぎる場合、材料との関係が問題になるケースも続出した。自動化に伴って、半導体の製造に使われる材料と関連する新たな品質管理の課題も提起されたのである。例えば、半導体のボンディングに使われる配線材料の選定が悪い場合に、ボンディング工程の自動化を急速に進めると、「後になって品質確認をやったら、全部捨てなければいけない」という事態に追込まれた。それゆえ、最初からボンディング工程での新たな材料選定を含めて品質管理を行わなければならなかった。実際、こうした材料の選定、及び評価に中心的役割を果たしたのが品質管理部隊である。そして、こうした活動には半導体材料メーカーとの緊密な協力や情報交換も大きく寄与したとされる。

#### 4. 終りに

60年代から80年代前半にかけて、日本の半導体メーカーは、競って品質管理組織を整えていって、品質管理活動において開発拠点と地方生産拠点の間に、垂直的な役割分担もできあがった。

組織が整備されていく中の具体的な品質管理活動で、米企業と大きく違う特徴が見られた。第1に、エンジニアとオペレータの間に、かつ、諸組織のエンジニアの間に協力が多く見られた。集団的な取組みであり、TQC、ZD運動の定着過程で現れた日本企業特有の現象といえる。品質を製造工程に作り込むことを可能にしたのも、この集団的な取組みであった。もちろん、各自の立場、見解が常に一致したわけではなかったが、激しい議論の中で意見が調整されたので、品質管理活動の成果が高まった。第2に、前工程の清浄度管理にいち早く取り組んだこと、後工程で自動化の推進と連携する形で品質管理活動を行ったことも、日本半導体メーカーの品質管理上の重要な特徴であった。第3に、清浄度管理の推進において積上げ的特徴が見られ、これは、現場を重視する日本企業の積上げの技術進歩の仕方が、清浄度管理関連の設備投資にも現れていたことを示している。

他方、日本の半導体産業の成長期における品質管理活動は、次々と台頭する新たな課題への対応の連続でもあったが、こうした対応に日本企業は積極的であった。例えば、品質管理組織の整備や役割分担自体が新たな課題への対応であった上、後工程の自動化に伴う課題にも日本企業は素早く対応した。それに、前工程で要求される高い清浄度水準を維持するためには、巨額の投資が必要であったが、日本企業はそういった課題にも積極的に対応した。

最後に今後の分析課題を二点ばかりあげておこう。第1に、本稿では、主に企業内での品質管理活動やその組織を検討したが、実は、品質管理活動を行う上では、半導体のユーザー、半導体材料メーカー、半導体装置メーカー等との関わりも重要である。その意味では、本稿はかなり不完全な分析にとどまっている。従って、こうした品質管理をめぐる企業間関係の解明が次の分析課題になる。第2に、TQCでみられるように、品質管理

活動には、製造エンジニアだけでなく、設計エンジニアも携わってきた。それゆえ、品質管理活動は、設計と製造の関係やその変化というもう一つの重要な論点を解明する上で、貴重なプリズムにもなりえる。この分析課題にもチャレンジしてみたい。

- 1 たとえば、諺永欣三郎・野中いずみ「アメリカ経営管理技法の日本への導入と変容」（山崎広明・橋川武郎編「日本経営史4：「日本的」経営の連続と断絶」岩波書店，1995年，所収）；宇田川勝他「日本企業の品質管理：経営史的な研究」有斐閣，1995年。
- 2 この点については、拙稿「日本のIC産業の初期発展過程に関する研究：1960年代と70年代を中心に」東京大学大学院経済学研究科博士論文，2002年3月の序論で検討している。
- 3 半導体のユーザーに品質，信頼性を保証する業務を行う部隊を「検査部」と名乗る企業もあれば、「品質管理部」，あるいは「信頼性保証部」を名乗る企業もあったといわれる。また，新製品の半導体の品質認定業務を技術部が行う企業もあれば，品質管理部が行う企業もあった。
- 4 日立製作所半導体事業部・武蔵工場，前掲書，1989年，33頁。
- 5 日立インタビュー（2001年9月14日）：野澤祐輔氏；日立製作所武蔵工場「武蔵工場20年の歩み」1978年，42頁；日立製作所武蔵工場，前掲書，1989年，80頁；「品質管理」1970年，Vol21 No11，1970年11月，57頁。
- 6 70年代末から約5年間は，組織改編によって品質管理部門の人員の約9割を製造部の所属に移動させたこともあるという（日立インタビュー（2001年9月14日）：野澤祐輔氏）。
- 7 東芝についてのここでの叙述は，東芝半導体事業本部「東芝半導体事業35年史」1991年，198～199頁；東芝インタビュー（2001年8月2日）：石井省次氏；東芝（OB）の石井省次氏からの返信（2003年5月26日）に依拠する。
- 8 信頼性担当は，70年4月にトランジスタ工場で新設された品質保証部に吸収されたが，74年には，また，半導体事業部長直轄の半導体品質保証部に編入された。
- 9 89年10月に，集積回路品質保証部は半導体品質保証部に統合された。
- 10 ただし，開発拠点と量産拠点の地理的距離は，企業ごとに異なった。例えば，NECと富士通の場合，70年代に入ってから，開発拠点と量産拠点が地理的に離れるようになったのに対して，東芝は開発拠点の川崎に主力量産工場の一つも同居する形であった。
- 11 NECの最近の品質保証体系は，必ずしも中央集権的とは限らない。例えば，日本電気の半導体事業グループの品質保証部門は，半導体品質保証本部，製品担当事業部の信頼性品質管理部門，生産工場の信頼性品質管理部門の3段階に分けられ，それぞれの対等な役割が明確にされている（NEC「半導体品質／信頼性ハンドブック」1997年，6頁）。従って，開発拠点によって地方量産工場が強くコントロールされたこと自体が半導体産業の成長期に限っての特性であるという仮説が検証に値する。
- 12 諺永・野中，前掲論文，179頁。
- 13 「工場管理」第27巻第7号，1981年6月，87～89頁。
- 14 60年代前半にアメリカから導入されたZD運動が，当時の品質管理に大きく影響し，小集団活動はZD運動の一方法として行われた傾向があり，それゆえ，小集団活動は，60年代前半から一部の日本企業ですでに実施されていた。ただし，小集団活動は，70年頃よりZD運動と独立の活動になっており，とりわけ，小集団活動は，労働者の「自主性」をより重視するという面でZD運動と異なる（労働者調査研究会「小集団活動で搾取強める最初のZD企業－日本電気－」『労働運動』1978年10月，205頁）。
- 15 MMM運動，あるいはMI運動は，68年に帳票の削減等，VAの対象外の間接削減を目的に日立で始まった運動であり，オイルショック後は，各工場ごとに自主目標を設定しながら展開された。組織的には，本社及び各工場ごとに「MI推進センター」を設置する一方，各工場の職場内ではほぼ10人程度の単位でグループ化（小集団活動への全員参加）が行われた。その後，全従業員の原因意識の向上や改善提案の増加など，全従業員を巻き込んだボトムアップの節約運動へと発展した（『財界観測』1981年9月号，52頁）。

## 32 日本半導体メーカーの品質管理

- 16 山形日本電気『山形日本電気20年史』1984年、51頁；『品質管理』Vol31 No 2, 1980年2月, 16頁；同, Vol34 No 1, 1983年1月, 55頁；『FQC』No.232, 1982年11月臨時増刊号, 28頁。
- 17 日立製作所武蔵工場, 前掲書, 1978年, 75頁；Davidson, W., "Small group activity at Musashi Semiconductor Works", *Sloan Management Review*, Spring, 1982, pp. 2 ~ 6。80年頃, 武蔵工場には360の小集団が存在したとされる。一般的に, 個人提案が基礎となる提案制度を, QCサークル形成後, 日本企業はグループ提案も可としたが, それは, QCサークルによる提案を受入れるためであったとされる(壽永・野中, 前掲論文, 186頁)。
- 18 富士通インタビュー(2001年7月31日)：吉岡秀敏氏, 福田猛氏。
- 19 『工場管理』第27巻第7号, 1981年6月, 82~85頁。
- 20 『財界観測』1980年2月号, 36頁。このような思想・行動は, 半導体企業に限らず, 戦後日本の加工組立メーカーに多く見られる。すなわち, 日本の組立メーカーは, ある工程内不良率を前提にした検査の最適化よりも, 工程内不良率そのものの低減, すなわち, 「品質の作り込み」と「作業内全数検査」(自主検査, 作業内検査等)を重視し, これが高い製品品質の源泉の一つとされてきた(藤本隆宏『生産マネジメント入門(Ⅰ)』日本経済新聞社, 2001年, 271, 273頁)。
- 21 福島清彦「IC産業と日米関係」『財界観測』1980年6月号, 39頁。
- 22 福島, 前掲論文, 39頁；日本電気半導体事業グループ, 前掲書, 1997年, 196頁。
- 23 壽永・野中, 前掲論文, 180頁。既述したZD運動, QCサークル運動, 品質管理教育等もTQCに含まれる。
- 24 大和証券経済研究所『日本電気の研究』1982年, 69頁。
- 25 日立の場合も, 「パトロールチェック」を行なったが, これは品質保証部のオペレータが機械単位で抜取検査を行なうことを指しており, NECのQCパトロールとは違う活動である。
- 26 工程チェックとは, 製造途中のチップの出来栄をチェックするとともに, 実際の製造条件が仕様書と合致しているかをチェックすることである(NECインタビュー(2001年8月27日)：五十嵐勤氏)。
- 27 例えば, 厳しい条件を設定して長寿命検査を行う場合, 時間をかければかけるほど, 不良品として判定されるものが増えるため, 検査歩留まり率が低くなり, チップ1個当りのコストが上昇する。
- 28 日立インタビュー(2001年9月14日)：野澤祐輔氏。
- 29 特別採用とは, ユーザーの要求するコスト, 納入期限に合わせるために, ラインを止められない場合に, ある期間内で, かつ, 条件付きで検査基準の緩和を認めることである。この際には, スクリーニングによって補完することが多いといわれる。シャットダウンとは, 機械を止める時間を約1時間以内にするものであり, 比較的早く問題が解決される場合に使われる。それより重い措置が製造停止, 出荷停止であるが, 問題の解決に1~2カ月がかかる場合もあったとされる。
- 30 石川馨『日本の品質管理』(増補版)日科技連, 1984年, 33~34頁。
- 31 菊地正典『半導体のすべて』日本実業出版社, 1998年, 74~75頁。
- 32 田丸・羽田・小宮編, 前掲書, 『超LSI工場最新技術集成第1編』, 15頁。
- 33 ただし, 同じ表2で85年と90年にはこの二つの発塵源の比重が低くなる代わりに, 製造装置や素材・材料の比重が高まっているが, これは日本半導体メーカーが70年代と80年代前半にかけて清浄度管理を強化した結果であるともいえる。
- 34 Okimoto D., et al (eds), *Competitive Edge: the Semiconductor Industry in the U. S. and Japan*, 1984, p.62；米山茂美・野中郁次郎「並行競争が生み出すイノベーション」『ダイヤモンド・ハーバードビジネス』第17巻第1号(1992年1・2月号), 87頁。
- 35 柳田邦男『日本の逆転の日(上)』講談社文庫, 1984年, 31, 36頁。
- 36 東芝半導体事業本部, 前掲書, 1991年, 63頁；『日経エレクトロニクス』1976年12月13日, 165頁；東芝インタビュー(2000年5月30日)：川西剛氏。
- 37 当時, 無塵室空調設備の代表的なメーカーとしては大気社があり, 水処理設備のメーカーとしてはオルガノ, 栗田工業, 荏原インフェルコ, 日本

練水等があげられる（『大和投資資料』1979年12月、65頁）。

- 38 良質の水は、各工程でウエハを洗浄することと薬品を溶くことに使われる（山口不二雄「IC産業の立地動向」『地理』Vol27 No6, 1982年6月、28頁）。
- 39 田丸・羽田・小宮編、前掲書、『超LSI工場最新技術集成第2編』、210～211頁。
- 40 大内淳義他「座談会－世界に競う日本のIC産業－」『通産ジャーナル』1982年2月、20頁。ただし、これはあくまで企業経営のトップ、ないし事業部のトップのレベルでの特徴であり、現場のエンジニアの間には、前述したようにコストダウンか高品質かをめぐって意見と立場の相違がみられた。
- 41 藤本隆宏、前掲書、『生産マネジメント入門（I）』、262頁。
- 42 『品質管理』Vol33 No6, 1982年6月、60頁；『財界観測』1980年2月号、36頁；玉置直司「インテルとともに－ゴードンムーア私の半導体人生－」日本経済新聞社、1995年、110～111頁。
- 43 ここでの叙述は、拙稿「日本のIC産業の歴史からみた品質管理と自動化の関係」『産業学会年報』（産業学会）19号、2004年3月、37～45頁に大きく依存している。
- 44 「ダイシング工程においても、その切り口をどうやって管理しようかと。大量に作ってから管理をするんじゃないかと、途中段階で何とか切り口をみえるように、自動化の中でもセンサーをつけて中止しようとか。そういう品質管理のパラメータをどうやって設定しようか、管理項目をどうしようかということに品質管理部隊の関与があったんです」（NECインタビュー（2001年8月27日）：五十嵐勤氏）。
- 45 NECインタビュー（2000年5月12日）：北村昭氏。
- 46 最近も日本の大手半導体メーカーの設備保全工は設備技術部に属している（富田義典『ME革新と日本の労働システム』批評社、1998年、229頁）。
- 47 保全部門と直接作業部門の間のローテーションが頻繁でない自動車産業（浅沼万里『日本の企業組織－革新的適応のメカニズム－』東洋経済新報社、1997年）とは対照的であるといえる。

## インタビューリスト

### （1）インタビューリスト

- ① NECインタビュー（1999年6月24日、2000年4月7日）：黒澤敏夫氏
- ② NECインタビュー（1999年12月27日、2000年3月1日）：菊地正典氏
- ③ NECインタビュー（2000年5月12日）：北村昭氏
- ④ 東芝インタビュー（2000年5月30日、同年11月27日）：川西剛氏
- ⑤ NECインタビュー（2000年6月1日、2001年2月9日）：遠藤征士氏
- ⑥ 富士通インタビュー（2000年6月3日、同年12月1日、2001年2月25日）：宮下真一氏
- ⑦ 富士通インタビュー（2001年7月31日）：吉岡秀敏氏、福田猛氏、青木強氏、小沢英明氏
- ⑧ 東芝インタビュー（2001年8月2日）：石井省次氏
- ⑨ NECインタビュー（2001年8月27日）：五十嵐勉氏、澤口厚三氏
- ⑩ 日立インタビュー（2001年9月14日）：野澤祐輔氏
- ⑪ NECインタビュー（2003年2月21日）：国吉敏彦氏

### （2）電子メールでの返信

- ① NECの五十嵐勉氏からの返信（2003年5月23日）
- ② 東芝（OB）の川西剛氏からの返信（2003年5月23日）
- ③ NECの澤口厚三氏からの返信（2003年5月24日）
- ④ 日立（OB）の野澤祐輔氏からの返信（2003年5月24日）
- ⑤ 富士通の青木強氏からの返信（2003年5月25日）
- ⑥ 東芝（OB）の石井省次氏からの返信（2003年5月26日）
- ⑦ 富士通（OB）の吉岡秀敏氏からの返信（2003年5月28日）
- ⑧ 富士通の宮下真一氏からの返信（2003年5月29日）

（注）（ ）内のOBは、電子メールを受取った日付を基準にする。