

# NEC 半導体開発の夜明け

八幡 恵介

## 1. 黎明期—ダイオードとトランジスタの研究開発

### 1)ベル研究所

米国ベル研究所でショックレー、バーディーン、ブラッテンの3名が点接触型トランジスタの開発に成功した1947年当時、日本では当然真空管を使った機器が製造されていた。NECの技術者たちは新しい知識を求めてBSTJ(Bell System Technical Journal-1922-1983)など情報源をアメリカ文化センターから借り出すしか方法がなかった。数名のグループで当時使われていた湿式のコピー機(青焼きと呼ばれた)でコピーして輪読で勉強したものだ。Semiconductorを半導体と訳し、NECで新しい事業として半導体開発部がスタートしたのは1958年のことである。

### 2)NECの初期

大澤寿一博士が事業部長、長船廣衛博士が開発部長としてシリコン(Si)マイクロ波ダイオードの量産、続いてゲルマニウムトランジスタを成長型、合金型の2種で試作し、量産した。合金型ゲルマニウム(Ge)トランジスタは米国ジェネラルエレクトリック(GE)との技術提携で量産に入り、トランジスタラジオなどに使われた。この間長船博士はベル研究所やGEの半導体事業へ出張して、前記ショックレーらと交友を契っている。GEとの技術提携以前にはGeアロイトランジスタを試作するためGeウェーファをサンドペーパーで薄く研磨しなければならず、そのため指紋が消えてしまったとの笑い話が残っている。

長船博士は備前長船氏の末裔で、「昔は刀鍛冶、今は半導体屋」というのが口癖であった。研究心の旺盛な長船博士は満足な実験設備のない中、なんとか半導体の研究を始めたいとの思いを捨てきれなかったと後になって述懐されている。廃棄寸前の機器を修理して使ったり、電流計と電圧計を組み合わせて簡単な測定器を自作したりしたとのことである。

当時の実験室は玉川事業所の31工場にあり、電子管工場に比べれば近代化されていたが、典型的な実験室で、各技術者が勝手に使いやすいようにレイアウトしていた。最先端の半導体開発という位置づけからか、実験室の中は自由な雰囲気満ちており、仕事上の徹夜の際など缶詰を実験用のガスバーナーで温めるなどしたものである。ある時など温めた缶詰を開けたところ中身が吹き出して、実験室に食料が飛び散ったこともあった。巡回中の守衛に見つかってひどく叱られたものである。徹夜に必要な理由で、経費で寝袋とエアマットを購入したこともあった。実験のための防音室は静かで、床にごろ寝するよりは、はるかに快適だった。後述する徹夜の連続の際は仮眠の場所は防音室と決めていた。

### 3)ゲルマニウムからシリコンへ

1960 年まで半導体はゲルマニウムが全盛であったが、アメリカでは早くもシリコンの優勢を見越した動きが出ていた。NEC は高周波ダイオードでシリコンの結晶を使っていたが、その量産段階でいろいろな問題があり、解決に技術者の時間を費やす結果となり、シリコントランジスタの開発は出遅れた感があった。長船博士はゲルマニウムからシリコンへの転換を急ぐ必要性を逸早く提言され、開発にハツパをかけられた。その結果 1962 年には技術者を集中的に投入してシリコントランジスタの開発が始まった。シリコンは表面を酸化膜で覆い、選択的に酸化膜を除去する方法が取れるため、アメリカでは選択拡散によって素子間を絶縁し、複数の素子を作り込む集積回路の開発が始まっていた。ロバート・ノイスはフェアチャイルドセミコンダクタ社を設立して集積回路事業を始め、テキサスインスツルメント(TI)、モトローラなどのベンチャー企業と競って日本への進出を狙っていた。当時は国内産業保護のため外資に対する規制があり、米国の会社が進出することはできない仕組みになっていた。米国からはこれに対する不満から圧力がかかり、TI は外圧を利用して独自に日本国内で開発と生産を行う交渉を進め、ソニーに技術供与することを条件に両社折半出資で進出を果たした。これにより TI の特許が公開されることとなった。当時の通産省との交渉で、合併設立 3 年後にはソニーが保有株式をすべて TI に譲渡することで TI 社の言い分が通ることとなったのである。

## 2. 集積回路(IC)の開発

### 1)フェアチャイルド社との提携

一方 NEC は GE との技術提携はゲルマニウムトランジスタの量産に限定し、フェアチャイルド社のプレーナー技術を使った集積回路(IC)で独占的技術導入に成功した。当時は IC に関する情報はほとんどなく、アメリカの文献に頼る他なかった。フェアチャイルド社は NEC 経由でセミナーを開催するなど積極的な市場開発にも乗り出し、NEC は他社に先駆けてバイポーラトランジスタと抵抗を集積した DTL(diode transistor logic) 数品種を開発し、発売した。

開発当初はルビレスと呼ばれるプラスチックシートを切り抜いてカメラで撮影し、IC の原版を作成したものである。その後アメリカのデビッド・マン社からフォトリピーターが発売され商社経由輸入して使うようになった。

フェアチャイルド社は IC の設計に関するセミナーを NEC と共同で開催し、後に NEC は独自にテキストを作成してセミナーを開催し、IC の設計者とユーザーの育成を行った。このセミナーは IC への理解を深めるために必要であり、また役立ったのではなかろうか。

IC を開発したはいいが、その応用についての知識は未熟だったからである。このことは NEC の技術者にとって貴重な知識の集積の機会にもなった。

## 2) 電子交換機用 IC の開発

一方、電電公社(現在の NTT)が電子交換機の開発をはじめると、半導体各社は繁忙を極めるが、通産省主導で大型プロジェクト実施のため組合を結成して技術を持ち寄り、分担を決めて開発を促進した。NEC は IC 開発の実績を認められて IC の設計開発を担当することになった。電電公社の通信研究所(通研)では電子交換機用の回路形式として DCTL(Direct Coupled Transistor Logic)が採用された。一旦開発が始まると開発技術者は寝る間も惜しんで働き、徹夜の連続であった。ある時期には技術部全員に徹夜の当番を割り振り、部長から新人までが交代で徹夜して開発を進めた。徹夜の主な理由は試作期間の短縮と高価なテスターを日中は現場で作業に使い、夜の空き時間を技術者が開発用に使うためであった。

## 3) IC テスター—フェアチャイルド社製 4000M

テスターはフェアチャイルド社製の 4000M と呼ばれる装置であった。あまりに高価なので、関連会社に同等のテスターを安く作らせようと、自社製のロジック回路を使用し、完成することができた。このテスターが威力を発揮するのは IC が量産段階に入ってからのことである。そのプロトタイプは技術者が手作りで開発し、一応動作を確認した上で、関連会社の安藤電気に製作を外注した。同社のドル箱に育ったことは言うまでもない。

電子交換機が完成するまでは 4000M1 台をフル稼働させ、故障すると夜中でも輸入と保守を行った東京エレクトロンの担当者に電話をかけ、大抵の場合は部品の交換で済むまでにこちらもテスターの中身に精通したものである。

## 4) 本部組織

NEC の組織は半導体開発部から本部に昇格し、集積回路設計本部と同製造本部の2本立ての組織となった。昭和33年に入社した大卒 10 名の大半がこれら2本部に配属となり、花形の部署といわれ、花の33年組とよばれていた。実験室での試作から工場への製造移管は玉川事業所から熊本県に新たに建設した九州日本電気へと行われ、数名の玉川からの出向者と九州大学などからの現地採用者とで技術陣を構成した。九州日本電気では従来型のラインに加えてクリーンルームを備えた新鋭ラインが設置され、NEC として初の無塵室となった。これが完成する頃には IC もバイポーラ型から MOS(Metal Oxide Semiconductor)型へと変化し、バイポーラ IC は D10 電子交換機用の他米国で考案された TTL(Transistor-Transistor Logic)数品種のみが継続し、汎用品は主として電卓、時計用に MOS が使われた。従来型のラインと無塵室で製造された製品を比較すると不良率が格段に下がり、IC 製造におけるゴミの影響が大きいことがわかった。製造ラインのゴミを収集してゴミの発生源を突き止める役割を果たしたのがゴミ子さんと呼ばれる女子工員で、これは当時の製造部長であった鈴木政男さんの発案で任命されたのである。これ以降の半導体製造ラインにはすべてクリーンル

ームを設置することになる。

### 3. 電子交換機に無くてはならぬ半導体

#### 1) クリーンルームの登場

電子交換機用の IC を量産するためには製品歩留まりを上げることが必要不可欠であった。従来型の製造ラインではそれが不可能であったので、NEC では思い切ってクリーンルームに投資することを決定した。従来型のラインに比べてクリーンルームは単位面積あたりの建設コストが数倍となり、果たして採算に合うのか不安はあったが、長船博士の後押しもあって稟議を通すことができた。

日本で初のクリーンルームは 1970 年代に入ってからであるが、アメリカではテキサスインスツルメント社などが 1960 年代半ばに全面的に採用していた。半導体技術のライセンスンシーとして製造ラインの見学ツアーが許され、その壮大さに目を丸くしたことも懐かしい思い出である。

#### 2) 電子交換機用 DCTL

電電公社に納入された D10 型交換機用 IC の開発製造が徹夜の連速で行われたことは前述したが、電卓用 MOSLSI(大規模集積回路)の量産でも九州日本電気の製造ラインでカシオやシャープなど電卓メーカーの需要に応えるためには同様のことが行われた。納期に間に合わせないと営業担当者が工場までやってきて製品を催促するのである。その需要も波があり、オリンピックの開催に伴って市場の需要が高まり、終わると落ち込むといういわゆるシリコンサイクルが定着したのもこの頃からである。その後の 40 年間シリコンサイクルが続いた。九州日本電気では需要が落ち込み、製造ラインが暇になると工員たちは工場の空き地の草取りをさせられた。

### 4. 民生用、コンピューター用に広がる半導体

#### 1) 高速論理回路 ECL

これら民生用の IC の応用が先行する中、コンピューターへの応用が広がり、産業用のバイポーラ IC の開発も行われ、高速ロジックとして ECL(Emitter Coupled Logic)が製品化された。これで電卓や時計などの民生用 IC として MOS の製品系列、電電公社向けの DCTL、コンピューター用の ECL、と MOS とバイポーラのラインナップがそろったことになる。電子産業の進歩の速度は上がるばかりで、MOC 型も CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)の出現によって高速化が可能となり、産業用途にも使われるようになって行く。その後の経緯は現状に引き継がれていくが、それは黎明期を過ぎてからのことなので、別の機会に譲るべきであろう。ここではもう少し初期の動向について述べてみたい。

IC の応用として最大市場は記憶素子としての IC で、主として MOS 製品が使われた。

## 2) 大容量メモリー

NEC ではコンピューター用のメモリーとして 144 ビットの MOS メモリーが開発された。熊本にクリーンルームが設置される前のことであり、実験室での試作だったので、不良率が高くてなかなか使い物になる製品ができなかった。当時はウェーファの直径が 1.5 インチしか扱えなかったため、1 枚のウェーファから 1 個か 2 個の良品が取れば良い方だった。

量産ラインが完成してからはクリーンルームが威力を発揮し、144 ビットどころか 1024 (1k) ビットのメモリーが量産できるまでになった。半導体製造各社が競って大容量化を進め、4K、16K へと微細化が進み、一方でウェーファ口径も大型化して製品の収量が向上してコスト低減が図られ、半導体はコスト競争が激しくなっていく。NEC、東芝、日立など日本勢とインテル、TI、モトローラなどアメリカ勢はそれぞれ半導体に力を入れたが、日本勢が主としてメモリー製品、中でもダイナミックメモリーに特化したのに対して、アメリカ勢はコンピューターの CPU となるロジック製品に力を入れた。これはその後の世界競争力に大きな影響を与えることになる。

## 3) 日米の製品戦略

メモリー製品は製造プロセスがほぼ各社同様で、量産効果がコストに大きく影響するのに対して、CPU は回路設計に工夫が必要であり、コスト競争になりにくい特徴がある。このため、韓国や台湾のメーカーがメモリーに特化した戦略で追い上げてくると、日本勢は苦境に陥った。対してアメリカ勢は設計力に物を言わせ、真似しにくい製品系列を揃えたので、アジアのメーカーとのコスト競争にさらされることが少なかった。これは現在の半導体勢力地図が黎明期と大きく異なっていることにつながっている。日本勢が競争の中心であった 1980 年代には世界の半導体強豪はトップ 10 社の半数以上が日本勢で、1985 年には NEC は出荷高で世界 1 を誇るまでに至った。これには円高の影響も見逃せないが、その後の凋落ぶりとは対照的である。アメリカで生まれた半導体技術が日本勢によって磨かれ、さらに東南アジア勢によって低コスト化された結果が現状の勢力図となったものである。この間政治的な影響もあって、日米半導体戦争なども発生したが、これ自体で一つの歴史であり、別の機会に譲る。

2015 年 9 月