

## 半導体の歴史

— その26 20世紀後半 超 LSI への道 —  
1980年代 インテルの戦略転換(1) DRAM からの撤退株式会社フローディア  
代表取締役社長おくやま こうすけ  
奥山 幸祐

今年も千葉市美浜区中瀬の幕張メッセにてセミコン・ジャパンが開催された。セミコン・ジャパンは、半導体製造装置・材料の国際展示会であり、毎年12月に幕張メッセで開催され、今年の開催で36周年を迎えている。1970年代から1990年代頃の日本半導体が盛況であった頃は、足の踏み場もないほどの賑わいであった。日本半導体の良き時代を経験してきた先輩の話では今年の会場の様子を見て「会場の大きさが例年の2/3程度と小さく、入場者も往年に比べて格段に少なく寂しい思いをし、隔世の感であった」との事である。現在の日本における半導体産業の衰退を目の当たりにしたようである。世界半導体のトップ5に入るのはNAND Flash製品を手掛けている東芝のみであり、新たに半導体製造設備に投資できる日本メーカーは東芝1社のみと言う今日の状況を現わしている。その様な環境の中での展示会では入場者が少なく、閑散とした会場となるのも致し方ない。今まさに、半導体装置の販売先は海外にシフトし、日本の半導体製造業は落日を迎えている。

半導体製造装置の開発は半導体製造メーカーと表裏一体となって進められるものである。この為に、日本の半導体製造メーカーが活力を持っている時代には、世界に先駆けて半導体製造装置の新技术開発を行えるチャンスが多かったが、半導体製造の中心地が国外となることにより、次第に製造装置や半導体材料の開発の中心も国外へとシフトしてゆくものと考えられる。

日本メーカーが世界の半導体をリードしたのは1970年代後半から1990年前半までである。その期間は日本の各メーカーが64kbit DRAM製品を発売した1979年から、米国のインテルがMPUの売上で半導体売上高が世界一になる1992年までの13年程度であり、韓国が64MbitDRAMで70%のシェアを獲得する1996年には日本メーカーは得意なDRAM

においても急激に力を低下させてゆく。1979年以前は、米国がリードし、その後13年間程度は日本がリードするが、1992年以降、米国、そして新興国の韓国、台湾が今日までリードを保ってきている。なぜに、日本が13年程度の期間しか業界のリーダーとして君臨出来なかったのかは諸説あるが、これから述べる、1980年代前半のインテルの戦略転換を顧みること、その一因を垣間見ることができる。そこには、インテルのDRAM事業における苦闘の末の撤退と新たなマイクロプロセッサ(MPU)事業への資源の集中投資、そして業界トップを勝ち取るための戦略と戦いがある。日本のメーカーを中心とした競合メーカーから追い上げられ、DRAM製品の市場シェアを殆ど失いながらも、MPU製品の寡占化を推し進めることで新たな市場領域を開拓し、業界他社を寄せ付けない位置を築いてゆく。DRAMでのコモディティ化による価格競争に埋没されてしまった経験から、MPU事業では寡占化を積極的に図り、MPU製品の価格の決定権を掴み続ける。その10年後、日本メーカーが同じようにDRAM製品において新興国に追い上げられ市場シェアを急激に失って行く。1歩後ろを走っていたサムスン電子などの韓国メーカーが1990年代に急激に力をつけ、価格競争を仕掛けられた日本メーカーは、数年でこの市場から脆くも崩れ去って行く。インテルのMPU戦略の様に、DRAMから新たな事業への転換を果せたのは東芝のNAND Flash製品の事業のみである。しかしながら、この事業も寡占化を図ることができず、韓国の競合他社、サムスン、ハイニックスとの競り合いが続いている。

2009年日本政府の事業仕訳で、ある国会議員が日本のコンピュータ技術開発において「なぜ、トップを取る必要があるのか？ 2番でもよいのではないか」と言ったことがある。これまでの半導体業界の生存競争は、「生き残るために執拗にトップを狙い、勝ち残らなければ淘汰され、トップを狙う過程でのみ生き残る術を身に着ける」ことを示しており、生き残るための厳しさが窺える。そこには、半導体のキーアプリケーションを的確に当て、それに向けた効率的、且つ大胆な資源の投資による寡占化戦略がある。そして、それによって勝利したものだけが、将来に向けた次の戦略が可能となる。前述の国会議員の「2番でもよいのでは」が通じないのが、現代社会のグローバルな生存競争

であり、むしろ、その国会議員が追及すべきであったことは「その技術は、真にキードライバーとなる技術なのか、そこに資本投資する価値があるのか」であったように思う。技術の価値を正確に捉え、国の将来にとって価値あるものに国の資本を集中投資し、産業を育成してゆくことで国全体に富を生み出すことは、国家の重要な役割である。国民の人気を取る為、国費を費やしている様な政治を行っている間に国力を大きく低下させ、グローバルな国際競争下で勝ち残れなくなりつつあるのが日本の現状と思われる。ひとつのパイを分け合うにも、パイが小さくなってしまえば分け前は小さくなる。パイを大きくすることに目を向けずに分け前のみ目が行ってしまう。これまで、それなりに大きなパイを持てたことによる幻想を持ち、パイが小さくなっていることに何気なく気付いているが目を向けない。2012年の日本の貿易は6か月連続の赤字で、先月の11月のみで1兆円弱の赤字を計上している。明らかに日本の貿易は下降を辿っている。原材料を輸入し、それを加工して輸出する貿易で成り立つ国家としては危機的状況と言わざるを得ない。大幅な円高是正を手始めに、企業力強化を急がねばならない。

近代の日本では、明治維新後や終戦後のそれぞれ40年間程度の時期が、明確にその役割、「富国策」を日本国家が果たしており、それが現在までの日本の繁栄を築いている。政府と企業の護送船団と揶揄されながらも、国力を大きく伸ばした時期である。両時期ともに、日本が貧しく困窮を極めた時代であり、その様な時だったからこそ成し得た繁栄であったとも言える。教育に力を注ぎ、国外に目を向け、良いものは良いと思う謙虚さがあり、良いものは貪欲に取り入れ、工夫を施し、自分たちの物とする。それを繰り返してきたのが、その良き時代である。腹を空かしながらも、何時も夢を見て、前へ前へと進む。その様なハングリー精神が満ち溢れていた時だからこそ成し得た奇跡的な発展であったとも思われる。双方とも大凡40年程度であることは、この40年が単一民族で構成される日本社会のシステムが硬直化するまでの時間、所謂、劣化寿命とも言えるかも知れない。官公庁、会社それぞれにおいて判断の的確さで劣り、実行のスピードが遅くなっている。システムが劣化しているのである。この劣化は従業員を非正規社員化することで雇用費を下げる様な策で補えるものではない。これは労働力の質の低下を引き起こす。むしろ、政策や経営判断するシステムの改革が必要と考えられる。日本国内の多くのインフラも凡そ50年程度の年月が経ち、老朽化による劣化寿命に近づいている。日本社会の繁栄は戦後40年間ほどで築かれ、その後20数年間を謳歌しながらも、次第に社会が硬直化する中で今日を迎えている。明治維新、太平洋戦争後に続く、3度目の改革が必要な時期に入ってきているようにも思われる。過去の2回とも、改革のきっかけはアメリ

カを中心とした欧米による外圧であったが、今や中国や韓国などの近隣諸国が外圧となりつつある。外圧を受けると目をさまし強くなる民族であるかどうかを試される時期に来ている。

日本の再復興を可能にするためには、外圧による緊張感によって活力を取り戻すことしか無いのかも知れない。隣国である韓国は日本と同様に単一民族であるものの、日本と異なり、北朝鮮との南北問題、国内に抱える東西での社会対立の問題など、常に国内外に激しい対立とそれによる緊張感を持つ国である。この緊張感がこの国のサムスンを始めとした企業の発展の原動力と無関係ではないように思われる。この様な緊張は同じく隣国の台湾や多民族国家で中華思想を持つ中国も同じである。さらに、これらの国は政治状況の影響から経済発展は日本に比べて10年から20年遅れて開始されている。それだけ、経済立国としては若い国であり、社会組織の硬直化が日本より進んでいないのも活性化の原因と思える。韓国や台湾の大統領制を取る政治制度も硬直化を起しにくい組織かも知れない。大統領が変わる度に、行政組織が一新されるためである。韓国、台湾の2国は、既に日本の半導体産業を抜き去ってから16年経過しており、中国も遅ればせながらその後が続くと思われる。また、これらの国の企業は、過去の日本よりも強力な、政府との護送船団を組んでいる強みを持つ。税制を含む補助制度、労働賃金、為替など全ての面で日本企業よりも有利な環境のもとで企業活動が可能である。これらの環境は価格競争が優先されるコモディティ化された製品で勝ち残る上で重要な因子となる。

一方、歴史も短く、新たに移住してきた多民族から形成される米国では必然的に多種多様な価値観が醸成、融合し合い、それぞれ自由な発想を持つ人々が競い合う風土の文化が形成されている。この文化が、新しい産業を生み出す原動力になっていると考えられる。半導体製品は、言うまでもなく単なる電子回路であり、この電子回路を最も多く売り上げることができる最終製品、所謂キーアプリケーションに適用されることで、そのアプリケーションの大量生産や高性能化に伴い回路の大規模化や高性能化などの技術発展が図られる。キーアプリケーションを手にした者だけが、その過程で大きな利益を得て、業界に君臨してゆく。逸早くキーアプリケーションを掴み、そのアプリケーションに適合した電子回路を供給し続けることが半導体製造をリードし続けるためのひとつの方法である。この新たなアプリケーションを生み出す機会を多く持つのが多民族国家の米国である。それが今日の米国の繁栄を築き上げてきている。日本においても、これまでの稿で記載してきた様に、トランジスタラジオや電卓などで一時的に半導体業界をリードしていた時代があるが、米国で生み出されたキーアプリケーションは大型コンピュータ、パーソナルコンピュータ

(PC)、スマートフォンなどであり桁違いの多量の半導体製品の需要を生み出している。1970年代に大型コンピュータを元に繁栄していたのはIBMであったが、1980年代から1990年代前半でインテルが、MPUによるコンピュータのスケールサイジングによってその座を奪い、1992年に半導体売上が世界一になると、近年まで20年間、その座に君臨することになる。

そして、独自の経営手法で力をつけてきたサムスン電子がスマートフォンへの対応で、他社に大きく差をつけ出しているのが今日である。重要なのは、キーアプリケーションの出現に乗り遅れず、一番に掴み取り、それを維持し続け、可能であれば寡占化を図る事で価格の決定権を握ることなのである。インテルはMPUと言う独自技術を生み出し、それがPCと言うキーアプリケーションとマッチし、MPU産業の寡占化を図ったが、サムスン電子は、自分自身で独自技術を編み出す事よりも、むしろ、キーアプリケーションにターゲットを絞り込み、必要な技術は外部から短期間で導入し、自社技術に転化し、コモディティ化された製品市場の中で独自の資本投資、市場開拓の手法に力を入れることで市場シェアを拡大しながらトップの座を確保してきた強靱さを持った企業である。DRAM、Flashのメモリ製品とスマートフォンなどの分野で世界トップの座を確保している。2012年現在では世界トップ20社に入るまで成長し、最近では豊富な資金で独自技術開発を進め、得られた結果は学会発表を控えることで独自技術での寡占化を狙いだしているとも言われている。そう遠くない日にサムスン電子がインテルの座を奪う日が来ることも現実となるかも知れない。

1980年代のインテルは前稿まで述べたDRAM製品で急激に追従してくる日本の半導体メーカーに恐怖を感じながら、「半導体製造技術で日本企業に出来るものは自分たちにもできる。」と考え、それまでのDRAMメモリメーカーと言う地位を捨て去り、その製造技術をMPUの寡占化戦略に特化してゆく中で、半導体の生産手段に工夫を凝らし、膨大な設備投資を行い続ける。これにより、MPU製品を単独で顧客へ供給し続けることができる体制を築くと共に、MPUの性能を示すクロック周波数の高速化では他の追従を許さない位置を確保する為に、常に一歩先んじた高性能MOSFETなどのデバイスを開発し続けることで、1990年代初頭から今日までの20数年間を半導体製造メーカーとしてトップの座を守り続ける。他社が追従できないデバイス技術を用いた高性能MPUをインテル単独で全世界に供給し続けることを可能にする努力を今日まで続けている。キーアプリケーションが大型コンピュータからPCに切り替わるタイミングを逃さず、PCを構成するためにはインテルのMPUが欠かせないと言う寡占化を図ることで、チップ価格の決定権を握り続けたことが、この戦略を確実なものとし

ている。このMPU戦略は、創業当時に自ら生み出したDRAM製品の事業から1980年代半ばに完全撤退し、インテルの持ち得る資産をMPUに集中投資することで達成されてゆく。インテルのDRAMからの撤退は1984年に計画され、1985年から1986年にかけて実施される。256kbit製品を最後に、インテルはDRAMから完全撤退する。

### III インテルのDRAM

DRAMが大型コンピュータのコアメモリとして、インテルでゴードン・ムーアらによって最初に開発されたことは「半導体のはなし16」にて記載し、インテルにおけるDRAM事業からの撤退については「半導体のはなし18」に記載したが、再度振り返って見る。インテルは1970年に1kbit DRAM 1103を発表し、1972年までに1103は世界一の売上高を誇る半導体となる。この年のイン



ゴードン・ムーア

テルの売上高2,340万ドルの90%以上を占めるまでに成長する。インテルは、次世代に向けたプロセス技術開発を他社に先駆けて積極的に行い、各世代で先行利益を確保する戦略を実施してゆく。更に、創業期から、歩留まり向上に挑戦することで、プロセス技術が次の世代に移行するに従い、ウェーハ歩留まりは向上し続ける。また、ウェーハの大口径化を図ることで生産性が上がり、1970年代初頭は、インテルが事実上の単独サプライヤーとなる。この間、インテルはDRAMを技術開発ドライバーとして利用する戦略を展開し、最新のプロセス技術はDRAMを使って開発され、その後他の製品に転用される。

しかしながら、4kbit製品で新興会社のモステックがDRAMの設計に周辺回路を組み込み、顧客がチップ上でメモリ管理ができるようになって来ると、インテルはこれによって、4kbitの世代の市場シェアをモステックに奪われる。モステックの周辺回路によるメモリ管理は、ユーザーの使い勝手を良くする。このモステックの改良により、DRAM製品の設計技術はインテルの寡占化技術でなくなり、競合他社との共通技術になってゆく。それでも16Kbitの第一世代までは、上記製造技術の優位性を持って他社との差別化を多少なりとも維持している。

1970年代後半になって来ると、日本や米国の競合他社が、DRAM市場においてインテルの優位性を脅かすようになる。この頃になると競合メーカーも3年毎に記憶容量が前の世代の4倍になる次世代製品をインテルに対して遅れることなく開発するようになり、インテルの寡占化は完全に

崩れ、DRAM 供給メーカーの中の1メーカーにすぎない立場になる。特に、1970年代後半からの日本メーカーの勢いが増してくる。この頃になると、製造工場への設備投資が数倍に跳ね上がり、すべてのプロセス技術に関して競争優位を維持しようとする採算が取れなくなり、半導体製造メーカーの限られた生産高では、新しい特殊な半導体製造装置の開発に必要な投資が不可能になってしまう。次第にプロセス技術の開発の担い手が半導体製造メーカーから装置メーカーに移ってゆく。この事は、装置メーカーが、半導体製造メーカーが持つプロセス技術のノウハウを共有化させることで半導体製造メーカー間のプロセス技術が平準化して行くことを意味する。日本では「半導体のはなし21~24」に記載した超エル・エス・アイ技術研究組合、特にその中の共同研究所の存在がプロセス技術の平準化に大きな役割を果たす。この影響もあって、日本には数多くの装置メーカーが育ち、これらのメーカーが半導体製造メーカーと深く結びつくことにより、日本のDRAM製造メーカーは製造能力の強化に集中することができるようになる。この時点では、これらの装置メーカーの動きと相まって、「半導体のはなし19、25、26」に記載した様な、日本の半導体メーカー独自のDRAM技術としてメモリマツ部の回路構成、メモリデバイス構造やプロセス技術の開発や工夫などもあり、DRAM製品はすでにインテルの独自製品ではなく、コモディティ製品へ急激に移行して行く。このコモディティ化は、更に10数年後にはDRAM製造の主役が日本メーカーから韓国メーカーに移行してゆく原因にもなる。

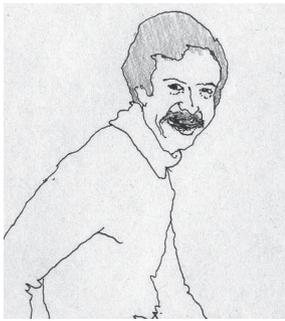
更にインテルのDRAM事業を不利にしたのは1976年のDRAM技術開発判断であり、16kbit世代での5V単一電源対応の開発である。競合各社が1976年の16kbit製品発売後、次世代64kbitの開発に向かっている中、インテルは、次世代開発よりも16kbit製品で5V単一電源対応の開発に多くの資源を投入する。独自技術を活かすことで他社との差別化を図ろうとしたのである。この5V単一電源製品は1979年に完成するが、日立や富士通などの競合会社は、この年に64kbit製品を発売することにより、顧客は16kbitの5V単一電源製品よりも4倍容量の大きい64kbit製品に流れて行く。このインテルの判断ミスが、64kbit製品からの開発スケジュールを競合他社から1年遅らせてしまう事により、インテルは市場におけるシェアを急激に失ってゆく。1974年度82.9%、1975年度45.6%であったものが、コンパクトの攻勢にあった1976年度は19%、翌年の1977年度20%、1978年度12.7%、そして各社が64kbit製品を発売し、インテルが16kbitの5V単一電源製品を発売した1979年度は5.8%と大きくダウンし、翌年に64kbitを発売したにも関わらず1980年は2.9%となり、DRAM市場におけるインテルの存在は風前の灯となる。この結果、インテルは1970年にDRAMを最初に開発したメーカーであるが、10年後の1980年の

DRAM市場では過去の存在となってしまう。

この様にDRAM市場では1970年代前半の先行者利益を稼いでいたインテルであったが、1970年代後半は競合メーカーの出現により、DRAMが寡占技術から共有技術と移り変わって行くことにより市場シェアを大幅に落としてゆく。しかしながら、1970年代後半のインテルの半導体製品全体の売上は、このDRAMシェア低下の影響を受け大きく低下したかと言うとそうではない。DRAM製品ではほぼ90%以上の売り上げを稼いでいた1974年度の売上高が1億3,550万ドルであったが、その後、大幅にDRAMのシェアを低下させながらも、4年後の1978年には売上高4億60万ドル、利益4,430万ドルを記録し、初めてフォーチュン500の一角に食い込んでいる(486位)。DRAMのシェアを大幅にダウンした1979年でさえも、半導体売上高が6億6,300万ドル、利益7,780万ドルと大きく伸ばし、フォーチュン500では368位と次第に躍進している。これは、DRAMの市場シェアが下がりながらも、世界的にDRAMの需要が爆発的に増加したことにより、DRAM出荷量としては、それなりに増加していた事もあるが、MPUの売上が1978年度から急激に伸びて来たことによる。1981年に一旦売上高、利益をダウンするが、1982年には売上高は過去最高を記録し、もう少しで9億ドルに届くまでになり、利益は税制の変更の影響が大きい3,000万ドルに伸び、MPUの売上高がDRAMのそれを追い越し、この時点で、インテルの主力製品はDRAMからMPUに切り替わることになる。インテルは新しいMPUはその使い方が難しいため、設計支援ツールを開発し、顧客に使用方法を教え、この支援ツールを販売し、その売上高は、しばらくの間、MPU本体を上回るほどであり、1980年代初頭には、MPU、EPROM関連の売上高は、インテルの売上高の大部分を占めるようになる。1970年代前半にDRAMの先行開発で得た利益を、MPUやEPROMの開発、製造、販売に振り向けることで1970年代後半からMPU、EPROM事業が独り立ちしてゆく。結果的にはインテルのDRAMは1980年代以降のMPU中心のインテル事業の礎を築く役割を果たしたと考えられる。

#### III DRAMからの撤退

インテルは半導体プロセス開発部門をDRAM、EPROM、MPUの3つの製品毎に分け、各拠点に開発部門を配置する。それまで、サンタクララの拠点で一緒に進めていたが、資源を巡る競争が起きたためである。DRAMがオレゴン州のポートランド、EPROMがカリフォルニア州のサンタクララ、MPUとSRAMはカリフォルニア州のリバモアに、それぞれ割り振られる。その上で、それぞれの事業への経営資源の配分ルールをつくる。これは、利益率の高いEPROM、MPUの新たな事業追求する上で、社内の限られた製造能力を競い合わせ、効率的な運営を図るためである。



アンディ・グローブ

複雑な計算を駆使してチップ 1 個当たりの製造原価を算出し、販売価格を使用することでチップ当たりの貢献利益率を計算し、この利益率が高い製品の製造のための資源を優先する事にする。1985年のチップ当たりの貢献利益率を挙げると、64kbit NMOS DRAM が-2%、64kbit CMOS DRAM が4%、256kbit CMOS DRAM が53%であるのに対して、

64kbit NMOS EEPROM が13%、256kbit NMOS EPROM が34%、そして、MPU286が86%、MPU386が84%となっている。DRAM では256Kbit DRAM が53%と高いが、コモディティ製品であるために、他社の CMOS 化が進むと直ぐに下がることが予測される。この様に、ルールを導入し、それぞれの製品群の価値を数値化し、価値あるものに資源投資してゆく方式を確立する。その結果、DRAM に対する製造能力の割り当ては徐々に減少し、このインテル内部での製造能力の配分ルールが DRAM からの撤退を加速して行くことになる。ファイナンス担当副社長は、DRAM への製造能力割り当てにより発生した逸失利益の金額の小切手を毎月作成して DRAM 事業の責任者に署名をさせることで、DRAM 事業に圧力を加えて行く。その結果、1984年には、DRAM 製造工場はオレゴン州ポートランドのファブ5の1工場のみとなる。

一方、研究開発費は依然として全体の1/3がDRAMに費やされてゆく。これは、開発をスタートさせた場合、途中で、または半分だけを開発すると言う事は成り立たない為である。開発費を削減する場合は完全撤退しか有りえない。この様な中で開発されてゆくと、新しい世代のDRAMが開発されても、十分な製造設備が確保されず、市場競争に勝てない状況になる。この為、製造能力の割り当てルールを変更しようとする努力が、DRAM 事業部からでてくる。そして、DRAM 製造工場のマネージャーから新たなDRAM 専用工場をつくるプランや、工場を改善しコスト面で、世界で最も競争力のあるDRAM 専用工場にするために8,000万ドルの投資をするプランなどが出される。しかしながら、これらの提案は承認されることはなく、割り当てルール通り進められる。

1983年に日本メーカーに対して64kbit 製品で後れをとり、製造コストの面でも競争力が無い事をカバーするために、ヒューズを用いたチップのレベルで冗長性を組み込むことや、付加価値を付ける為に CMOS 回路の DRAM に挑戦する。しかしながら、冗長性による不良チップ救済はヒューズの劣化性の問題を抱えてしまい、最終的には問題を解決

し、業界初の冗長性を備えた64kbit 製品となるものの時期的に遅延してしまい、大きなシェア確保には至っていない。CMOS 回路への挑戦は低消費電力とアクセスの高速化を狙ったものである。1984年に64kbit と256kbit の CMOS DRAM 発売することでプレミアム価格を持つニッチ市場を作り出し、DRAM 業界での存在感を保ちつつ、1 Mbit 世代で市場における主導権を取り戻そうとする意図で1983年から進められる。CMOS 化によりマスクが3層程増加し製造コストが余計にかかるが、これらの CMOS DRAM 製品は1984年に発表され、一般的な NMOS 製品の1.5倍から2倍の価格に設定され、DRAM 事業部は意識的にニッチ戦略を取る。インテルは幅広い客層に製品サンプルを提供し、多くのデザイン・ウインを勝ち取り、当初は成功ムードに包まれる。しかしながら、1984年後半に市況が軟化したことで、DRAM 価格が下落し、半導体メーカーはこぞって製品を市場に押し込もうとした為に、インテルの CMOS の優れた製品仕様はかすれてしまい、この年の後半には収益性が悪化してしまう。これによって DRAM 市場のシェア回復がならず、この市場で完全に足場を失う。この状況下でも、DRAM の生みの親である CEO のゴードン・ムーアはインテルの技術ドライバーとして DRAM を支持し続けていたが、COO のアンディ・グローブは DRAM からの完全撤退を決意し、インテルは1984年11月に次世代の1 MDRAM の開発を行わないと発表する。

1984年にプロセス開発においても重要な判断がされており、この判断も DRAM 撤退をし易くしている。提案したのは、技術部門の現場マネージャーのロナルド (ロン)・J・スミスである。カリフォルニア州のリバモアで MPU と共に開発されている SRAM の開発手法に対する重要な判断を行っている。SRAM は「半導体のはなし16、20」に記載したように、2つのメモリセル構造が存在する。NMOSFET 2個と PMOSFET 2個の6個のトランジスターで構成されるメモリセルと、よりコンパクトな面積にする為に PMOS 2個をポリシリコンで形成した負荷抵抗、またはポリシリコン MOSFET に置き換えたセル構造の2種類が存在する。専用 SRAM 製品として市場規模が大きなものは後者のセル構造を持つ SRAM 製品になる。メモリセル部の Si 基板表面上に PMOSFET を形成しないために NMOSFET 4個を形成するだけであり、PMOSFET の為の N 型ウエル拡散層を設ける必要もなくなり、メモリセルを大幅に縮小出来るためである。しかし、この構造では、高速動作に限界があり、プロセスも複雑になる為に、MPU 製品チップ上に搭載することは得策ではない。この為、NMOS 4個の SRAM セルを選択し、市場規模の大きい標準的な性能の SRAM 市場を狙う場合、MPU 用には、このセルとは別の NMOSFET 4個 + PMOS 2個のセルを並行開発しなければならなくなる。一方、MPU で使う SRAM セルの選択を行う場合、市

場規模の大きい標準 SRAM 市場を諦めることになるが、この SRAM 製品をプロセス開発のビークル製品とすることにより、MPU と共通のプロセス開発を効率的に行えるようになる。MPU を製造するためのトランジスタをメモリセルに整然と並べた SRAM メモリマットの不良解析を繰り返すことで、欠陥密度を把握しやすく、プロセス改善が効率的に出来るためである。ロナルド・J・スミスは当時を振り返り「私達は 4 個のトランジスタを搭載したプロセス技術の開発を中止した。MPU 386 の開発に集中できるようにするためであった。基本的に、私達は 386 事業のために出荷個数の大きい SRAM 事業を犠牲にした」と話している。この選択は、日本の半導体メーカーと対照的なできごとである。日本のメーカーは 1990 年代半ばまで NMOS 4 個の標準 SRAM 製品開発を続けて行き、あくまでもメモリ製品の製造メーカーであり続ける。ロバート・J・スミスのこの判断により、インテルの DRAM を含むコモディティ製品のメモリ製品事業に悪影響をもたらすことになる。アンディ・グローブは「1984 年の半ばまでに、数名の現場マネージャーは、メモリ製品事業の発展よりも MPU を含むロジック製品事業の発展を優先する新しいプロセス技術の採用を決定した。この決定はトップマネジメントの事業運営の余地を狭めることになった。そのため、MPU 事業を支持したわずかな人々が、386 が大成功するはるか以前のこともかかわらず、社内での議論に勝利してしまった」と後に回想している。

インテルは 1984 年 11 月に DRAM 撤退発表するが、それまでのインテルは DRAM 製品を最初に世の中に生み出したメモリ製造会社であるという自負が強く、DRAM での負けを認識し撤退することは簡単なことではなく、DRAM に対する思いが 1979 年以降 DRAM で低迷を続けながらも撤退の判断ができなかった一因でもある。また、売上では MPU が大きくなってきているが、DRAM 製品はメモリセルの単純なパターンが繰り返し配置された図柄である為に不良解析がしやすく、先端プロセス開発を牽引する製品として重宝してきている。これらが、DRAM を生み出した本人

であるムーアを中心にインテルの経営幹部の撤退判断を遅らしてきている。しかしながら、上記の様に、経営資源の配分ルールや SRAM をプロセス開発の牽引役にする判断などを中堅幹部達が進めたことにより、DRAM 事業からの経営幹部が撤退判断をし易い状況が作り上げられる。DRAM 撤退発表から、完全に撤退しきるまで 3 年の期間を要している。グローブは 1 年半かけて工場の閉鎖、人員整理、顧客への説明を行ってゆく。

DRAM 生産拠点であったポートランドのファブ 5 では、DRAM 開発チームの活気ある状態を保つために 1 Mbit の開発を翌年の春まで続けることになるが、1985 年の間に、製造設備投資に約 6,000 万ドルを投資し、ウェーハ口径は 4 インチから 6 インチに転換され、1  $\mu\text{m}$  プロセス技術の MPU386 開発ラインに切り替える為の設備強化が図られる。この開発チームは、常にインテルの先端プロセス開発を DRAM 開発で先導してきたチームであり、このチームを率いているサンリン・チョーはグローブがフェアチャイルドに在職している 1964 年に採用し、それ以来、一貫して高い評価をおいてきた人物である。この精鋭チームを MPU のプロセス開発に投入してゆく。

挿絵 奥山 明日香

#### 参考文献

- 1) ダイアモンド社発行 リチャード・S・テドロウ著、有賀裕子訳『修羅場がつくった経営の巨人 アンディ・グローブ 上』
- 2) ダイアモンド社発行 ロバート・A・バーゲルマン著、石橋善一郎、宇田理監訳『インテルの戦略 企業変貌を実現した戦略形成プロセス』

#### 次回

### 第28回 半導体の歴史

#### —その27 20世紀後半 超 LSI への道—

1980年代後半から1990年前半

インテルの戦略転換(2) MPU 戦略