

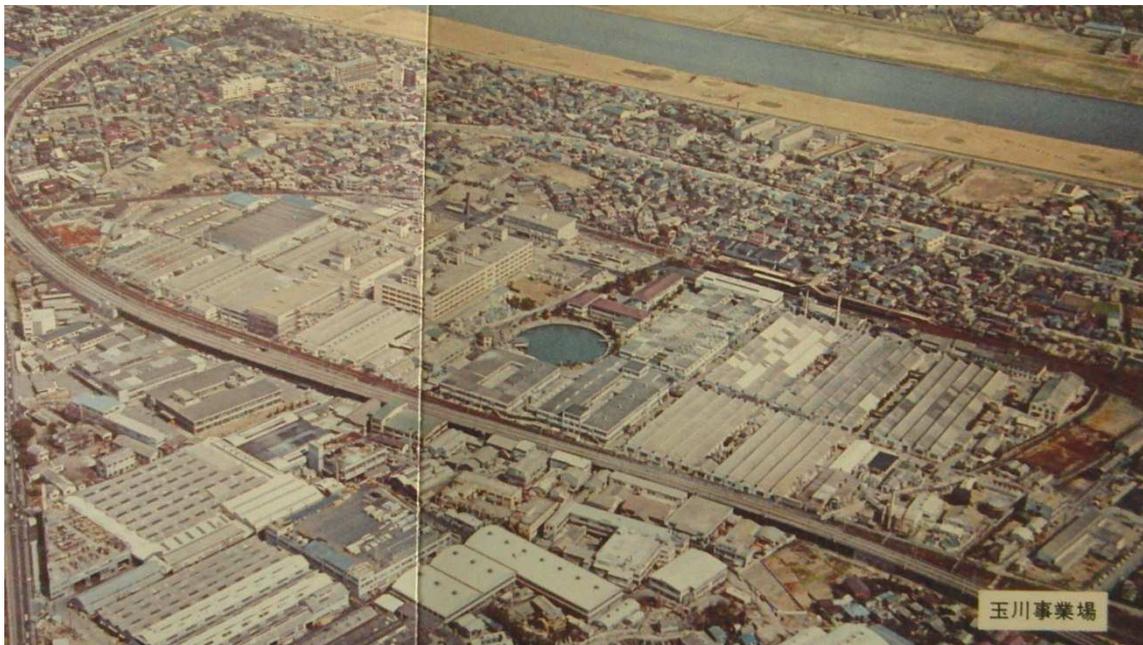
# メモリの開発ものがたり

～ひた走った世界一への道 NEC メモリ開発および製品・市場展開～

長見 晃

## 1. はじめに

東急東横線の武蔵小杉駅から降り立って、東京銀行と東京機械の塀の間の道を進んで中原街道を越えて辿り着く NEC の玉川事業場、入社したのが1971年、タイムカードの朝8時30分以前の打刻を目指して何人もこぞって走り込んだ原風景がある。



昭和44年(1969年)当時の NEC 玉川事業場

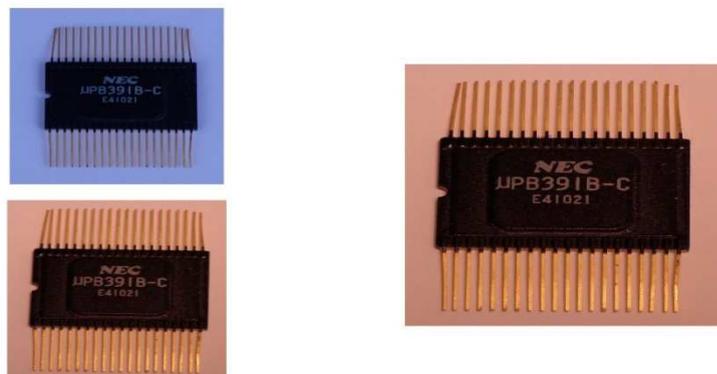
それから40年余りの月日が過ぎて、時代も大きく変わり武蔵小杉駅からの上の道筋に今は高層マンションがいくつもそびえ立っている現実があり、幼いころの一瞬に変わって驚かされる紙芝居の絵の切り替わりの感じ方である。

NEC で最初に配属されたのが電子デバイスグループの集積回路事業部である。その中の回路技術部門の 1 グループ、メモリグループにて DRAM(Dynamic Random Access Memory)の回路設計の担当を命じられて、ここから半導体、そして半導体メモリとのお付き合いがスタートしている。以来、1980年代の半ばまで256K ビット製品までの回路設計、商品企画を行った。直接製品の設計関係を受け持ったのはここまでで、1980年半ば以降は応用技術部門、SRAM & ROM メモリ設計および信頼性品質管理部門、それからメモリから広がって営業・マーケティング部門と進む間に業界活動(EIAJ[現 JEITA]および SEAJ 各 2 年出向)を挟むという NEC での業務経緯となってい

る。諸先輩が諸々の経験を積み重ねて築いてこられた流れ、歩みのなかの 1 分野の一部の時間軸に過ぎないが、我が国の高度成長の真っ只中、DRAM をはじめとするメモリが引っ張って、1980年代後半から1990年代はじめまでNECの半導体は販売高ランキング世界一の座を獲得することになる。小生の目の範囲ながら、直接製品に関わって熱くまっしぐらに進んだ、今となっては結構昔を思い起こして、その頃を中心に表わしていきたいと思うが、如何せん頭の方のメモリが正確かどうか、あるいは認識不足が多々重なるかと危惧しているところである。世界に乗り出していったあ頃の熱気、興奮、スタンスというものをなにがしか伝えたく、共有したく思うところである。

## 2. DRAM への取っ掛かり …1970年代前半

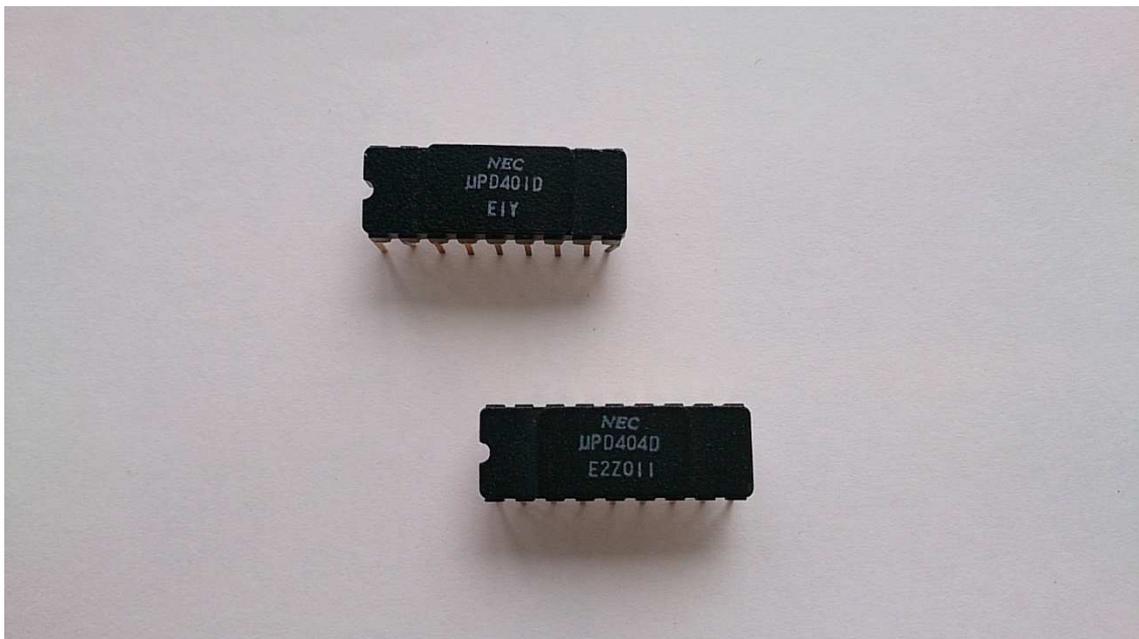
最初の仕事は、もちろん見習い期間でもあり、慣れないはんだ付けを駆使してのディスプレイ回路動作確認や評価用テストでのデータ取りなどである。製品としては、すでに出来上がったものとして、144 ビットのメモリセル、およびその周辺回路機能などが個別の IC としてあって、それぞれの評価、選別などを受け持った。同じ玉川地区内に選別・検査ラインがあって、交替制で年若い作業者が数多く働いており、仕様書を発行して作業をお願いするとともに、異常があれば駆けつけるという日々である。ここでも現在ではすっかりなくなってしまった当時の川崎の工場地帯の原風景がある。夜、寮までの迎えのバスに賑やかに乗り込む若い女性たち、一方、こちらは仕事を終えた後の夜の部の宴会である。車座になってみんなで手拍子、酔いが回るなかはっと気づいて駆け込んでいく終電車。これもその後時代の洗礼を受けて中身、スタイルは変わっていくものの、基本は同じで延々と続いていく半導体人生の過ごし方となっていく。こちらの方も触れ始めるとあれこれきりがなく、肝心の取り組んだ仕事に触れなければならない。上に示す 144 ビットのメモリセルというのは、大型コンピュータの主記憶装置を半導体を使って高速化したいというコンピュータ事業部側の要請があって、N チャネル MOS 型 6 素子セルの 144 ビットメモリが作られたもので、通産省大型プロジェクトのバッファメモリとしての成果になったとのことである。



144ビットメモリの外観

本格的な DRAM としては、512 ビット DRAM の特性評価の一員として参画というのがスタートとなっている。この製品は、大容量化するため、セル面積を占める負荷 MOST が取り除かれ、4 素子セルの 512 ビットダイナミックメモリとして大型コンピュータ部で作られたもので、NEC のコンピュータ事業部の一部が採用した、日本で最初の DRAM ということになる。

ここで当時メモリで先行する米国インテルについて簡単に触れるが、同社は1969年に最初の製品、3101 Schottky bipolar RAM をリリース、そして MOS SRAM(static RAM)を打ち上げて、1970年10月に1Kビット P チャネル MOS DRAM、1103を発売する。この製品が、それまでコンピュータメモリとして使われていた磁気コアメモリを急速に置き換えていった経緯があった。Intel の成功をみて、我が国の半導体各社はこぞって DRAM ビジネスに参入する。NEC は高速性の点から N チャネル MOS に長らく取り組んできており、1971 年から 1972 年にかけて 1K ビット NMOS-DRAM を開発、その製品化を促進していった。NEC 集積回路設計本部メモリ部は高速に適する N チャネル MOS を使い、外部クロック 1 本からチップ内部で必要な動作タイミングのすべてを発生させる制御の簡単な単一クロック型に改良して 3 素子セルの 1K DRAM を 1 年遅れで発表した。コンピュータ側にとってボード変更になる NEC の 1K DRAM は全く採用されなかった経緯がある。

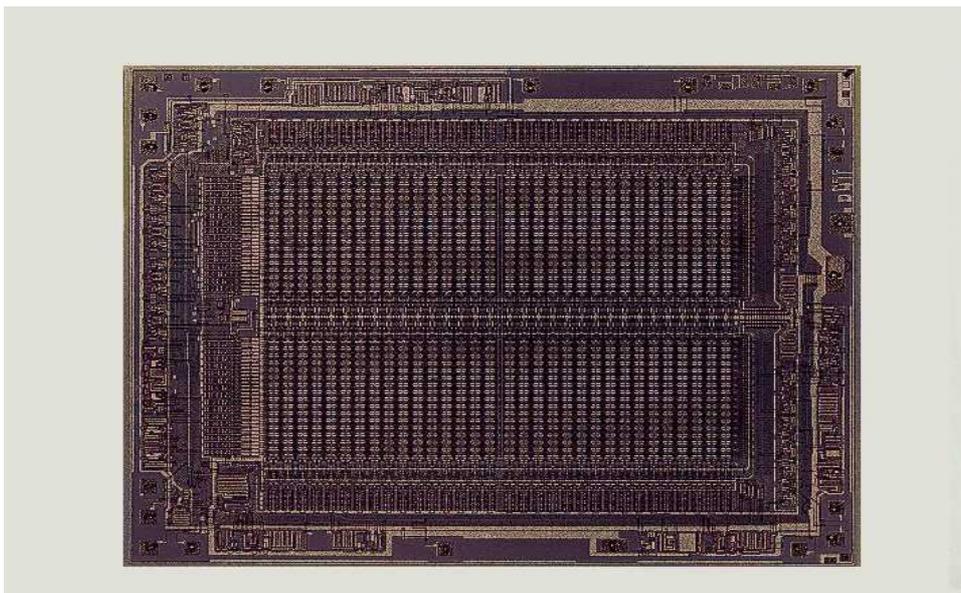


512ビット DRAM(上)と1K ビット DRAM の外観

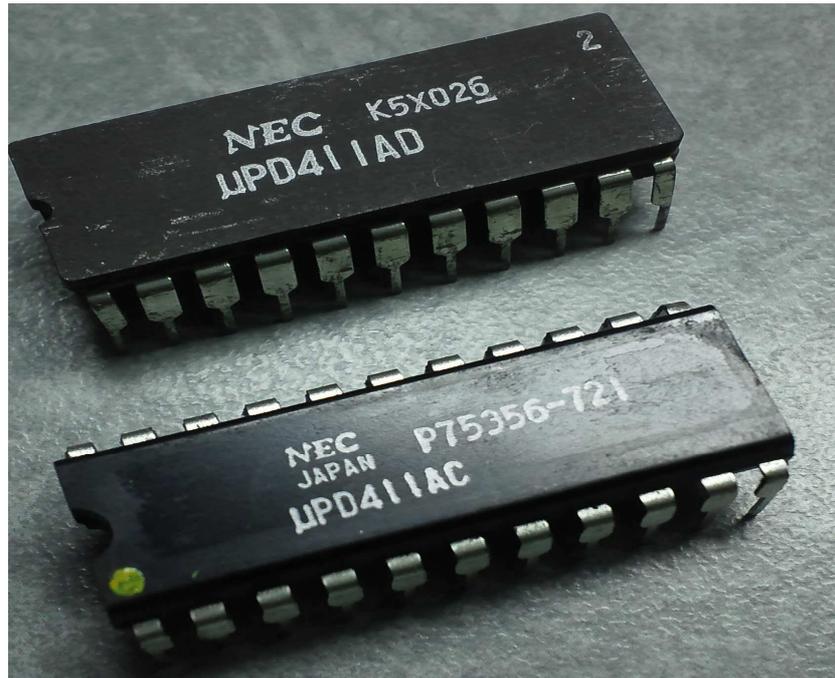
当時、メインフレーム、オフィスコンピュータなどコンピュータシステムが結構大きな容積、場所を占めて熱を発していたことがあり、NEC の中でもコンピュータ部門と定期的な開発のフェーズ合わせを打ち合わせていたが、メモリセルビット容量 4 倍化、高速化、そして低消費電力化がお決まりの要求事項として挙げられていた。この流れは、1980

年代までは続くことになるが、インテル社の Gordon Moore 氏が唱える Moore の法則 (…半導体の集積密度は 18~24ヶ月で 倍増する)の考え方をすでにこの頃意識させられた覚えがある。1K DRAM の次は、4K DRAM という各社の取り組みとなり、3トランジスタセルから今日の 1 トランジスタセルへ転換して先陣を切ったのが米国 Texas Instruments(TI)で、1973年に発売している。さらにこの年には米国 MOSTEK が、ボード上の実装密度を上げるためアドレスマルチプレックス方式を採用した 16ピンパッケージの 4KDRAM を発売した。メモリセル方式やアドレスマルチ方式などの仕様面で米国メーカーに後れをとる中、TI や MOSTEK の入手した製品の徹底的な調査を行い、それこそ追いつけ追い越せの習得である。入社してすぐの Fairchild の半導体教本、そして実務に入って米国各社 DRAM 製品の解析と、米国からは半導体のお手本、取り組み方をいろいろな切り口で教わった、と今も脳裏に残る当時の強烈な思い、実感である。

このような先陣争いのなか、NEC の 4K DRAM は、作りなれた N チャネルということで、高品質・高速な製品に仕上げることができ、爆発的なヒット製品となっていく。1974年 11月に米国 TI 社、インテル社の製品との互換性を有し、かつ優秀な性能をもつ 4K DRAM を開発、全世界へ発表し、米国では 1975年に設立した NECMIC 並びに NEC America を通じて販売を開始した。当時日本の IC、特に LSI は米国に比べ 2~3年遅れているといわれ、日本から米国へ LSI を輸出することはまったく考えられない時期であったが、NEC の 4K DRAM は爆発的に売り上げを伸ばしていった。これに到達するまでには、社内のコンピュータ部門に加えて、国内、海外顧客の品質試験をクリアするよう回路、評価テスト、デバイス・プロセスの設計および製造条件を検討する日々を要したが、米国駐在あるいは現地のメンバーの方々の働きかけと相まって功を奏し、Honeywell から認定が得られて、米国市場での最初の本格的なビジネスになっている。



4K ビット DRAM のチップ写真



4K ビット DRAM の外観

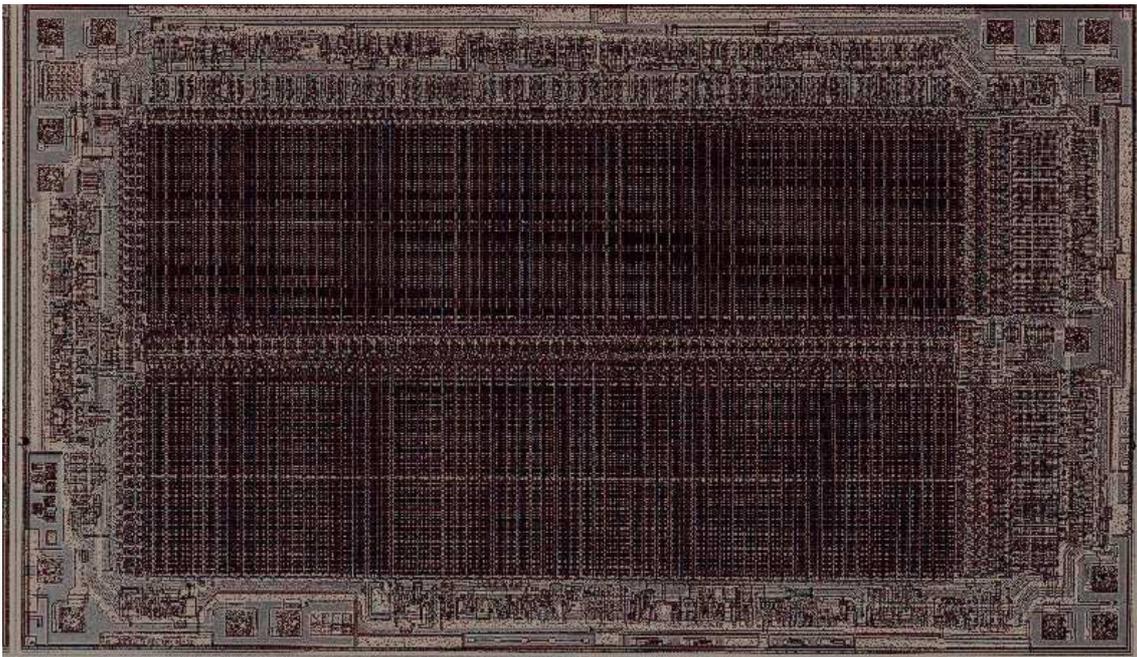
この頃、Hewlett-Packard 社が各社の DRAM 特性・品質評価を比較した結果を発表し、NEC の 4K DRAM は動作マージンが広く最高の評価を得て、これが大きく後押しして世界標準の NMOS という位置づけが確立されていく。この 4K DRAM は 22 ピンで他にはインテル社、モトローラ社、TI 社が出しており、並んで 18 ピンの TI そして 16 ピンの MOSTEK などがひしめき合う市場状況のなか、NEC 品は世界 DRAM の一角を名実ともに占めるように成長していった。

### 3. 世界に向けた製品展開 …1970年代後半から1980年代前半

いくつかの製品仕様(スペック)が併存した 4K DRAM の状況から、分かりやすく仕様の一本化を目指す機運が世界的に高まってきて、16 ピン 2 クロック(RAS、CAS)マルチアドレスの MOSTEK 方式スペックが優勢になり、メモリセルは大容量化を図る優位性から 1 トランジスタ型に固まってきて、16K DRAM 以降これが定着することになる。1976 年ごろ、MOSTEK が引っ張る形で 16K DRAM 市場が広がっていった。

NEC の 16K DRAM は、世界に打って出た 4K DRAM の余勢をかって、続いてすぐに市場に参入し、大手顧客の品質評価の関門に挑める数少ないベンダーの一角に入っていた。この頃は、四半期毎であったか、DRAM の容量別ベンダー別出荷数量ランキングのデータが Dataquest(当時)から発表されて、他社に負けてはならじと関係者それぞれ一喜一憂しながら日々取り組んでいる。16K DRAM から 64K DRAM とこのデータを見ながら、NEC など日本メーカー各社が横並び競い合いながら世界ラン

キングをこの頃時間とともにほぼ独占していく状況に気づくようになっていく。

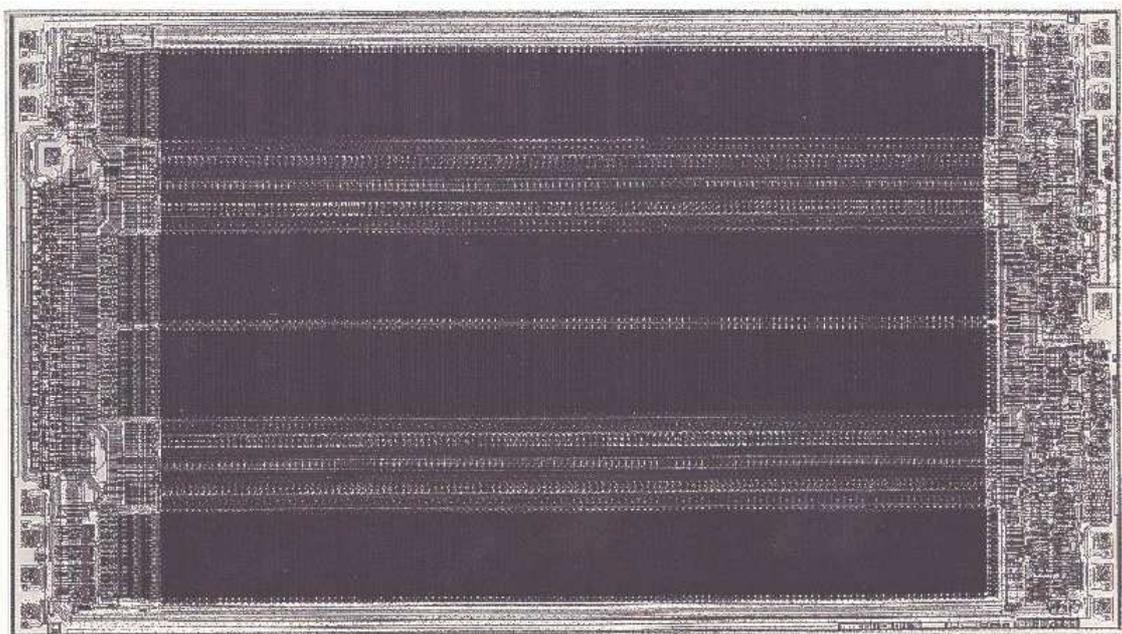


16Kビット DRAM のチップ写真

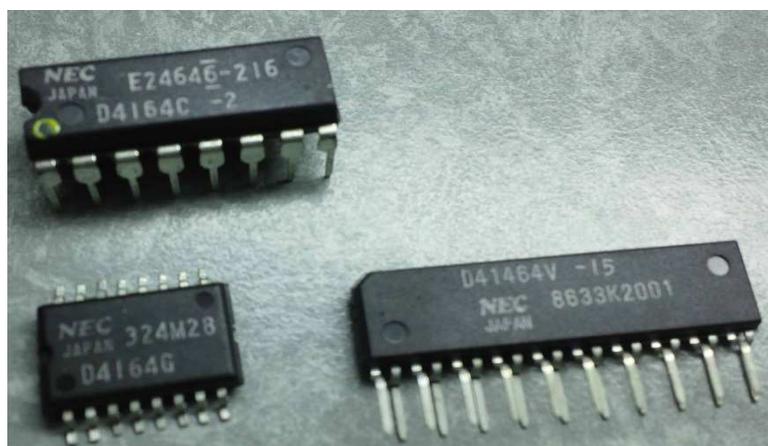
共通のスペックで競い合う基盤が出来上がっていった、電子デバイスの標準化を話し合う米国の JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council) の場に参加するようになった。JEDEC は 1958 年に設立され、EIA (米国電子工業会) の下部組織として活動している。いくつかの委員会に分かれ、半導体や電子部品の標準化を推進しているなか、DRAM Working Group が主要な関心の場となる。16K DRAM が量産段階に入ってから 64K DRAM のスペックが話題になる頃から小生も出席することになり、年に 4 回、当時は米国の各地で開催されていた。1980 年ごろであったか、比較的早い段階での出席と相成って、初回では日本勢は現地駐在の他社の方と 2 人だけであった。それから 1980 年代半ばにわたって少なくとも年に 2-3 回、米国の観光要素に事欠かない各地を訪れることになる。それこそ米国の東西南北、主要都市をカバーして、JEDEC 人脈を通して米国そして半導体業界の動きの一端に肌身で触れていくこととなっている。肝心の仕事のテーマの方は、64K DRAM のピン配列、nibble など高速高機能モード、5V 単一電源化など思い起こすが、世界的な各社 DRAM メンバーとの一大コミュニティのお付き合いがここから始まって、それぞれに多彩多難なその後の人生の経緯含みで現在まで至るものもある。ここでも米国および欧州の各社、そして我が国各社のメンバーの方々と、昼の委員会、そして夜のざっくばらんな交流と、恒例のペースとなっている。DRAM 設計一筋の日々から一気に業界人脈が広がった最初の機会と言えるものである。

1トランジスタセル採用、16ピンの標準化された仕様で 16K DRAM、64K DRAM が展開していくが、その開発について毎年 2 月恒例の ISSCC (International Solid-State

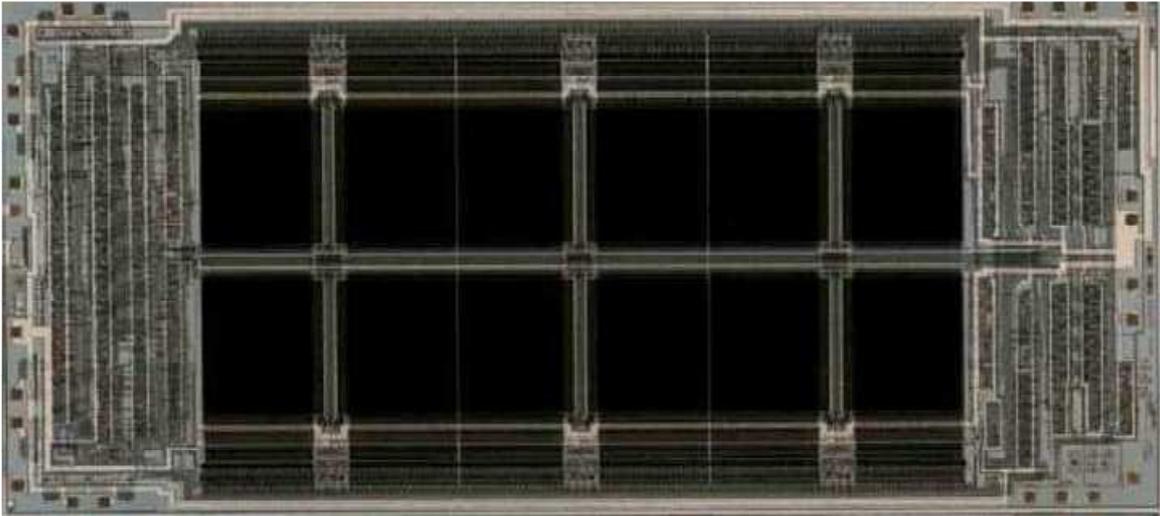
Circuits Conference)の場で、NEC は先陣を切る形で発表を行っている。Dataquest のランキングで触れたように、我が国内各社がしのぎを削って、DRAM セッションで年々集う勢いとなり、これが国内勢の一層の DRAM 世界シェア席巻につながっていく。開発チームの中にと日々製品の流れに追い回される現実の状況があり、1980 年代半ば以降の日米半導体摩擦に備える動きあたりからこの席巻ぶりをだんだんに知らされる実感が残っている。すなわち、気がつけばいつの間にか世界一という感じ方である。64K DRAMが 1980 年、256K DRAMが 1982 年、NMOS 1M DRAMが 1984 年、そしてCMOS化に切り替わる流れとなってCMOS 1M DRAMが 1985 年にそれぞれ市場投入されていく経緯のなかで、開発および評価に関わるいくつかのイベントの中から以下示していく。



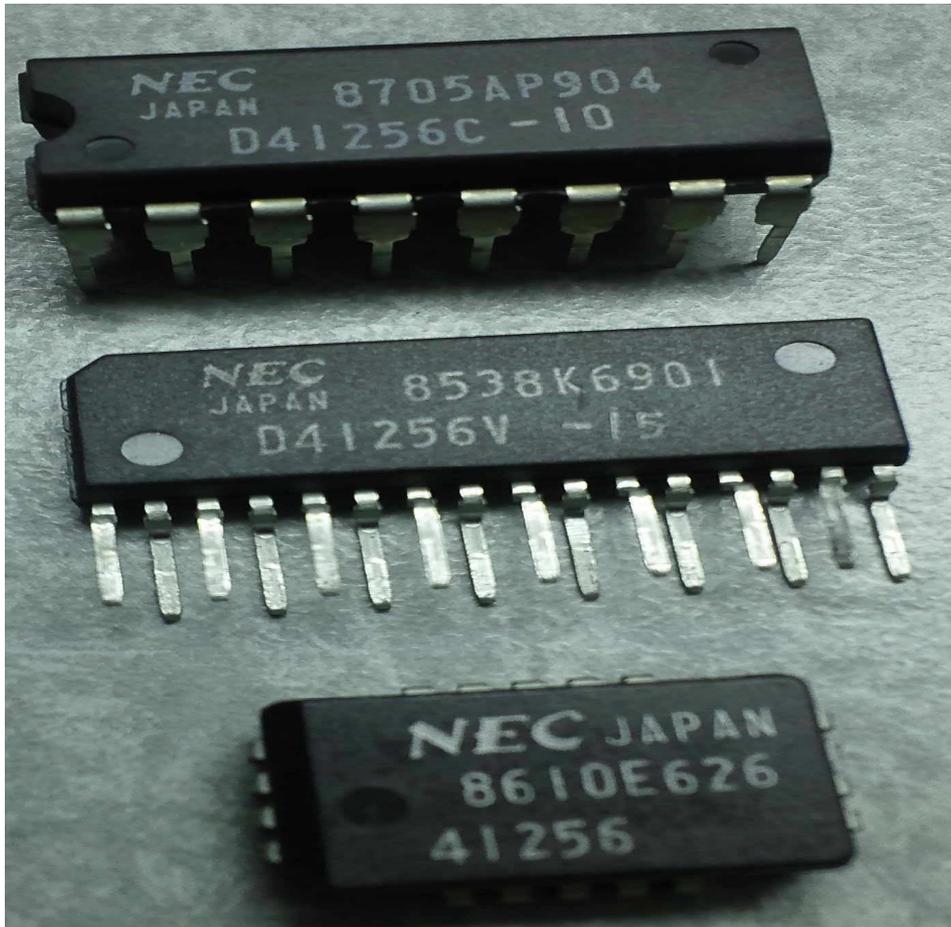
64Kビット DRAM のチップ写真



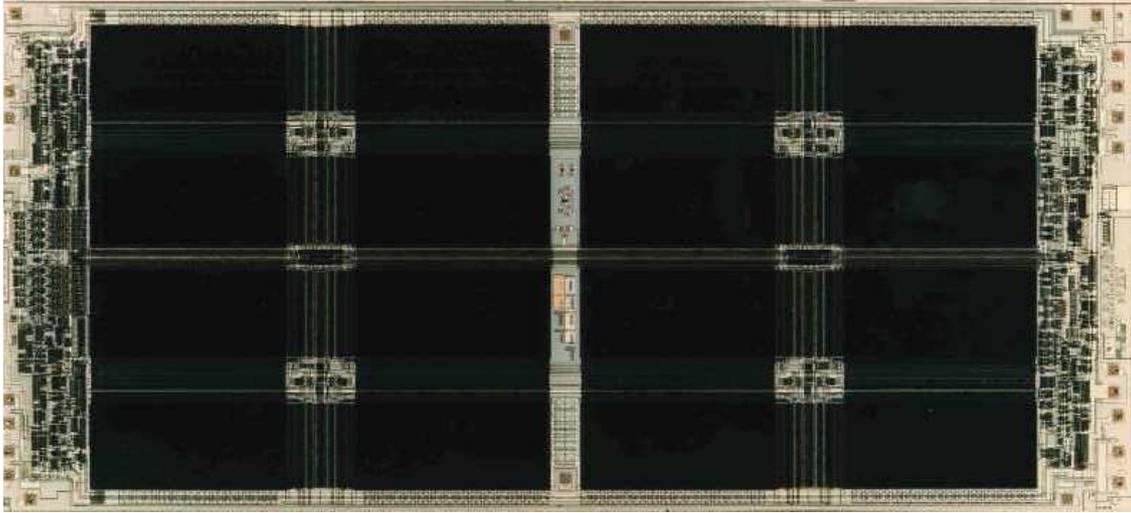
64Kビット DRAM の外観



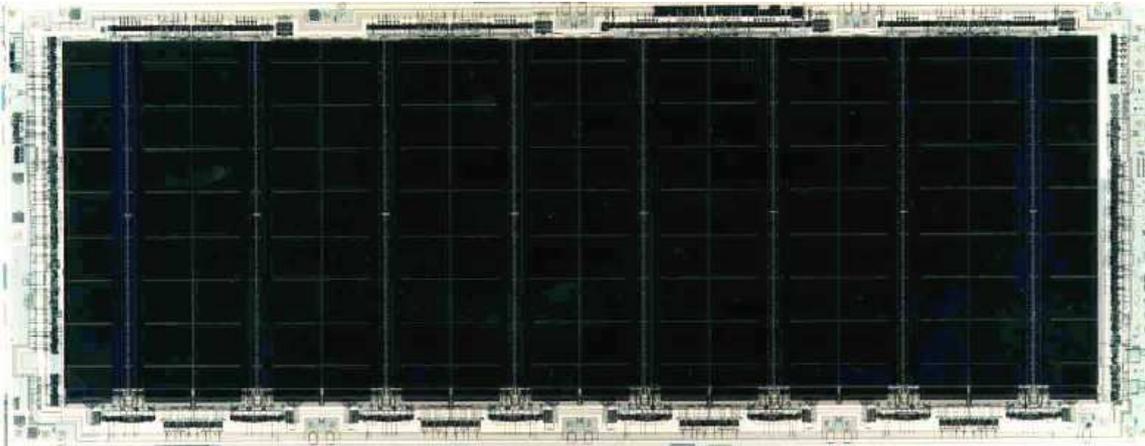
256Kビット DRAM のチップ写真



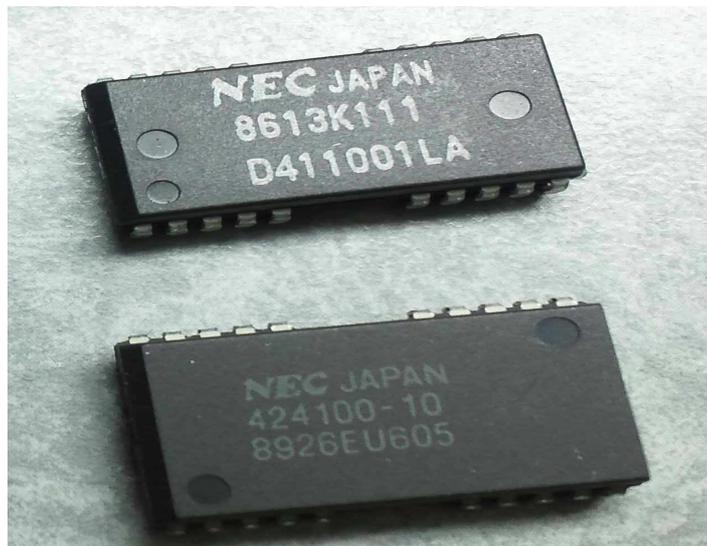
256Kビット DRAM の外観



NMOS 1Mビット DRAM のチップ写真



CMOS 1Mビット DRAM のチップ写真



1Mビット DRAM の外観

発端は1978年のこと、Intel社がInternational Reliability Physics Symposium(IRPS)においてアルファ線によりDRAMのデータが化けるといいうエラーが発生する、という論文を発表し、学会、業界に衝撃を与えた。強力な放射線が半導体の動作に影響を与えることは知られていたが、通常の使用状態で、放射線がLSI動作にエラーを惹き起こすことを示した最初の論文である。寝耳に水の感じで受け止めて、米国からの当時は遠かった連絡を何のことかといぶかったものである。早速にアルファ線源を手に入れておっかなびっくりの扱い方で耐アルファ線性評価なるものを行っていった。このとき、NECの4K DRAMは、3素子セルでアルファ線には結果的に強かったというデータであった。パッケージ樹脂材料に放射線物質が含まれない方向への改善が施されていった。この耐放射線性は、その後SRAMやロジック製品にも波及して現在に至っている。256K DRAMから特にx1、x4、x16というビット構成、高速動作モード、システム機能搭載など市場ニーズを一層意識した製品展開に取り組んでいったが、小生は画像メモリの仕様開発を担当し、進めていってJEDECの場で世界標準化を行えている。我が国各社がほとんど横並び鎬を削ってDRAM世界市場を席卷していった勢いの成せる応援、支援というものを、このときも特に強く感じさせられている。大容量化、高速化、低消費電力化という基本的な展開に加えて、メモリを中核にシステム機能を搭載していくシステムメモリという展開軸が出来上がっていった。

もう1つ、一刻一秒でも早さを競ったものとして特許出願がある。小生の場合、1K DRAM、4K DRAMの米国製品の調査がまずあって、工夫、改善の日々、競い合う他社の動向に注目しながら出願件数のノルマ達成に向けて、あれこれ取り組んだのが率直なところである。センスアンプ、タイミング発生回路、ノイズ除去、リフレッシュ方式はじめDRAM技術の要所についてまさに先陣争いである。他社との特許侵害係争も市場拡大とともに増えていって、小生の場合1990年代後半に証言にWashington D.C.に向いている。先端技術の粋を競う分野すべてに共通する状況と思う。

#### 4. データが示す世界一 …1980年代後半から1990年代始め

256KビットまでNMOS DRAMの回路設計、商品企画に携わって直接製品を担当していた1980年代半ばまでは、日々出荷、流れに異常があれば処置対応、そして顧客に対する拡販あるいはクレーム対応と製品に纏わるすべての切り口で国内、海外の製造、営業部門との連携が必要になる。勢いつ飛び込みが入るかわからない品種担当業務と本来の設計業務とで忙殺されがちになって、なかなか市場のデータは耳にはするもののじっくり眺める余裕はなかった状況がある。

1980年代後半からの半導体業界そしてDRAMの推移の受け止めは、業界関連の各種データをより客観的に見れるようになったが、それにしても現在に至るまで何回かの認識のアップデートを要しており、現時点でふり返ってなるべくデータをもとに思い浮かぶままに以下表わしていきたく思うし、そうならざるを得ないところがある。

まずはこの期間で大きく立ち上がったのが、日米半導体摩擦のインパクトである。1986年に日本製半導体製品のダンピング輸出を防止する協定が日米間で締結されているが、この年の世界半導体サプライヤランキング・トップ10は、日本6社、米国3社、欧州1社という内訳になっている。コストデータ、Reference Priceなどの対応を要したことを思い起こすが、それほどまでに日本勢各社が覇を競い合って市場を席卷した結果ということと感じている。因みに、1980年代半ばでは日本半導体メーカートップ5社でDRAM売上高の約80%を占有していたとのこと。1988年には日本半導体メーカーの売上げが世界全体の49%を占めるというデータになっている。自動車に次いで日米貿易摩擦の標的となった所以である。1991年には日米間協定が改訂され、日本市場における外国製半導体のシェアを20%以上に引き上げることを目標とする条項が付け加えられている。この目標到達に向けて否応なく対応に当たった各社関係の方々の率直なお話、思いについて、小生も伺う機会を今まで何回かもてている。

このような市場状況にあった1986年から1991年まで、NECは世界半導体サプライヤランキングで首位の座を維持する結果となっている。前に述べた小生の入社以来辿った道筋、思いからすれば、繰り返しになるが、気がつけば世界一という実感である。我が国はその頃どうであったか、数々の山谷、イベントを経ながら経済の高度成長が最高潮、総人口もピークを迎えている。1986年から1991年の好景気期間が我が国のバブル景気を指すとされるが、まさにこの間のNo.1の座と改めての思いではある。その後のバブル崩壊、失われた何年という経済停滞ということで現在に至る激動の経緯があるだけに、殊更なことではある。

それでは、この1986年から1991年までの期間についてNECのDRAMのランキングの位置づけはどうか。1つの手にしたデータによると、この間1位から3位で推移しており、トップ3は日本勢で占めていたのが、1990年にSamsungが一角に浮上、1992年以降1998年の2位を除いて昨年、2014年まで首位を維持する流れとなっている。NECのDRAMは、業界再編を受けて2001年よりエルピーダ、そして2014年からはマイクロンとランキングのベンダー名で表わされる経緯は周知の通りである。NECの半導体事業グループはマイクロコンピュータ、ASICなどすべての製品分野をカバーして、いずれも世界のトップ圏内に入っており、1986年から1991年までの半導体ベンダーランキング世界一をキープする原動力となっている。NECのパソコンも世界をリードしてNEC社内においても半導体の売上げを大きく押し上げたこの期間でもある。

## 5. 今、振り返ってみて

1980年代半ばまでDRAM製品開発の最前線にいた小生の目でひた走った道を表わしてきたが、いつの間にか世界一の実感があった後、NECは1990年代終わりまでは、1992年から半導体ランキングのトップになって今に至るまでキープしている米国インテルに次ぐ立ち位置となっている。DRAMのランキングで見ても、1997年までは3位以内、1998年、1999年は4位という推移である。遡ると、4K DRAMの容量世代から国

内、そして海外の生産基地展開が繰り広げられ、生産対応そして顧客対応の支援で駆けずり回ることになる。国内の各拠点がまずあって、海外は1990年代始めまでにかけて米国、欧州、以降、アジアに広がっていく。1980年代後半以降は、製品開発以外の立場でDRAMを見てきたが、我が国のバブル崩壊の後も1990年代までは世界の一角を維持して熱かった時代という印象である。まだ全く慣れていなかった世界に目を遣って、DRAMで足場を国内各社競い合いながら築いていった1970年代後半から1980年代前半があつてこそ、1980年代後半以降1990年代に及ぶまでの半導体ランキングのデータが示すところという思いがある。小生は、我が国の半導体業界活動にもご縁をいただいて、1996年から2年間EIAJ(日本電子機械工業会:現在はJEITA)、そして2003年から2年間SEAJ(日本半導体製造装置協会)の事務局に出向させていただいた。1996年は日米半導体摩擦問題についてバンクーバー合意が交わされたタイミングであり、1997年からの世界半導体会議(WSC:World Semiconductor Council)開催に備えることになる。2000年代前半は我が国半導体業界が事業再編、再構築の激変の節目を迎えて、韓国、台湾の台頭が目立ってくるころである。詳細を繰り返すことはないと思うが、時代背景に伴う我が国半導体業界の移り変わりが今も走馬灯のように巡ってくる。「産業の米」と呼ばれる半導体も今や、「産業のエンジン」という色合いが濃くなっていると感じている。米国 Semiconductor Industry Association(SIA)は、2014年に米国半導体メーカーからの販売高は、グローバル半導体販売高全体、\$336 billionの半分以上を占めている、としている。これが今現在の現実である。半導体の重みをしっかり捉えるべきとするならば、我が国の半導体業界のプレゼンスのあり様はどうあるべきか、本当に考えどころと思う。小生の場合特に、1980年代半ばまでひたすらひた走った頃を思い浮かべて、今このとき一層感じるころである。

2015年9月