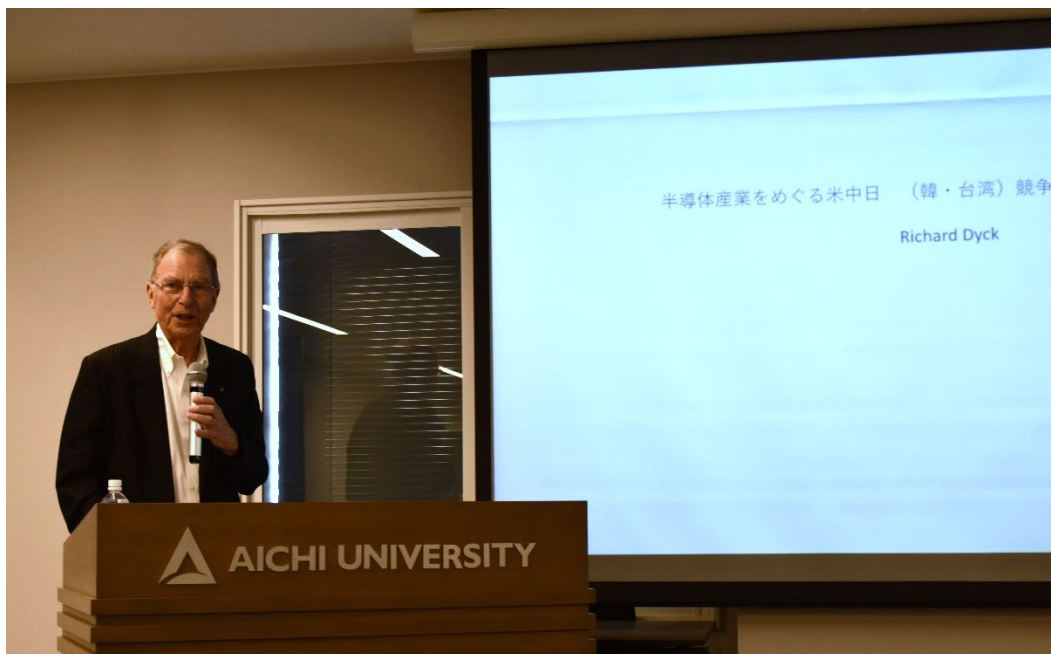


第2回エズラ・ヴォーゲル記念フォーラム
「アジア研究の過去・現在・未来（そのⅡ）」
〈基調講演〉

半導体産業をめぐる米中日競争のフロンティア

リチャード・ダイク
(Richard Dyck, ハーバード大学アジアセンター顧問)



ご紹介いただき、ありがとうございます。私はまず、今の米中関係と半導体産業の関係について解説したうえで、なぜ半導体によって貿易摩擦が起こるのか、それをどう考えたらいいのかについてお話したいと思います。

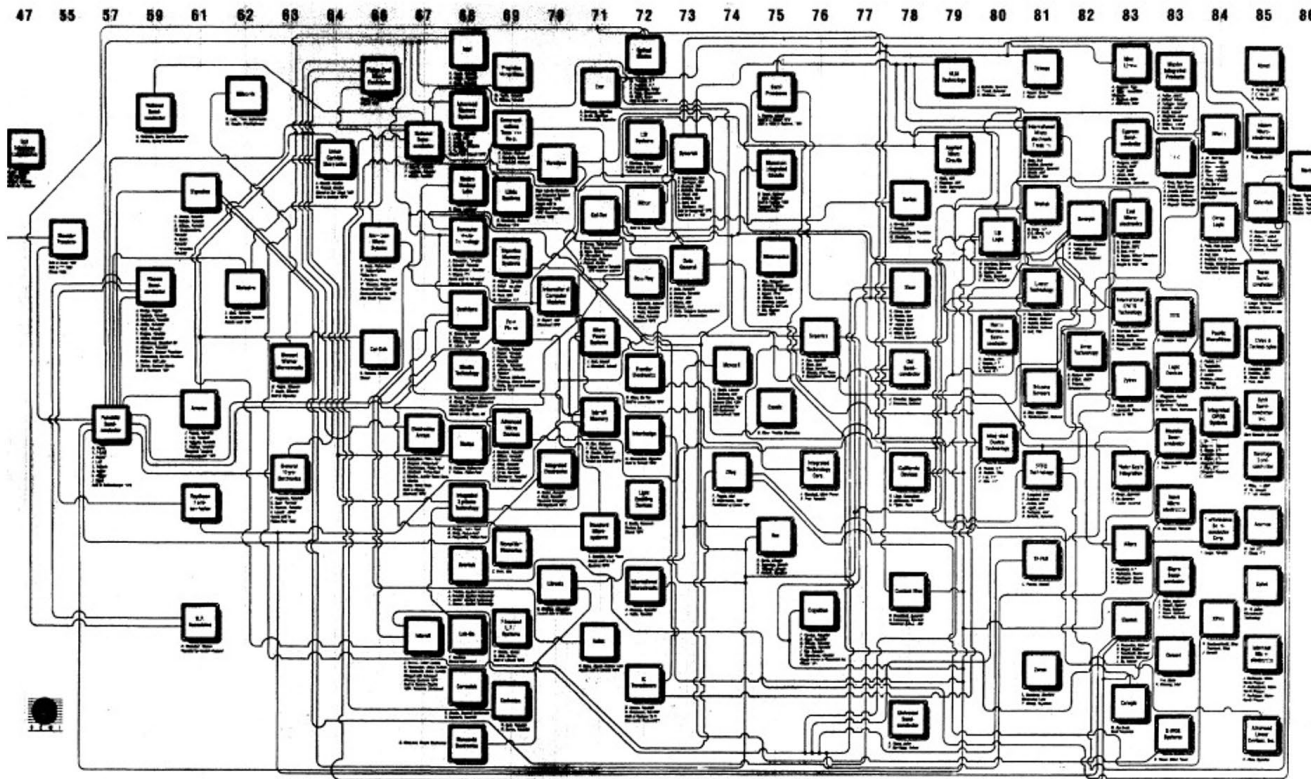
まず冒頭に、李春利先生と衛娣先生がエズラ・ヴォーゲル先生の蔵書リストをきちんと整理し、徹底的に分析していただいたことを大変感謝しております。私はヴォーゲル先生の最初の Ph.D. です。その時から大変お世話になってきましたので、この愛知大学でやっていただいていることを、本当に感謝しております。とても感動します。本当にありがとうございます。



実は國分良成先生がこの前、東京・日比谷のプレスセンター（日本記者倶楽部）でご講演になり、それを聞かせていただきました。その際に、ベンジャミン・シュウォルツ（Benjamin Schwartz, 史華慈）先生の本を話題に取り上げられました。私も大学院時代に、シュウォルツ先生にお世話になっていたもので、それで、もう一回先生の本を読み直しました。読み直したら、今の中国、今の習近平を、どう考えたらいいのかについて、ますます分からなくなってきました。また、ぜひいろいろ教えていただければ幸いです。

私のハーバード大学の博士論文は半導体産業に関する内容でした。1975年に博士論文を提出しました。当時、半導体と集積回路は、まだ初期段階にあり、その集積回路の技術を一つのテーマにし、それをレンズにして、日米の国際比較などを行いました。その後、半導体生産の中心が日本から韓国にシフトしたり、日本から台湾にシフトしたりして、それぞれの国の開発や生産の実態などを分析していたのです。

SILICON VALLEY GENEALOGY



- 1986**
- # 1 NEC**
- #2 Toshiba**
- #3 Hitachi**
- #7 Fujitsu**
- #9 Matsushita**
- #10 Mitsubishi**

December 20, 2002

2

出所：SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International), 1986

半導体産業：「ジャパン・アズ・ナンバーワン」の時代

この図は、字が小さくて見えにくいけれども、約 80 年間にわたる半導体の歴史を示しております。半導体が本格的に発明されて市場に出たのは 1950 年頃の米国です。約 80 年間の歴史のなかで、最初の 40 年間は日本とアメリカ、この 2 カ国の貢献は非常に大きいです。ただ、作り方や生産体制、そして産業構造などが随分違うように思います。

アメリカの半導体産業の最初の 40 年間は、主にシリコンバレーにおいて、どういう会社が現れて、どういう会社が半導体を作り出していたのかというのが主な関心事でした。アメリカではスタートアップ方式が主流でした。スタートアップ企業ができて、少し立ち上がって、また、そのスタートアップ企業を買収されたり上場したりして、場合によっては、ひ弱な会社として消えてしまったりして、新陳代謝がわりと早いです。

同じ時期の日本は、どういう会社がやっていたかという点、この図に示されたように、1986 年に世界の半導体業界のトップ 10 の中には、日本企業が 6 社も入っていました。一番大きいのは NEC、2 番目は東芝、3 番目は日立、7 番目は富士通、9 番目は松下（現パナソニック）、10 番目は三菱となっていました。これはまさに「ジャパン・アズ・ナンバーワン」の時代で、トップ 10 の中には日系企業が 6 社も入っていました。その一方で、アメリカは逆にたくさんの会社を作っていますが、トップ 10 には入っていませんでした。これは日米貿易摩擦の一つの問題になっていったのです。

当時のインテル CEO のアンディ・グローヴ（Andrew S. Grove）氏が言っていたのは、日本は大手企業が半導体をやっているから資金力があるし、製造力、生産技術もある。アメリカはスタートアップ・カンパニーがやっているから、なかなか日本と競争ができないということです。これが不公平であるか不公平でないかという点、アメリカはすぐに不公平だと言うのですけれども、でも、これが始まりだったのです。

でも、今現在、日本の当時のトップ 10 企業の中で、NEC はもう半導体業界にいません。日立、富士通とパナソニックはもう撤退しています。三菱電機はパワー半導体を作っていますが、少量にとどまっています。東芝はメモリーの「キオクシア」という会社を売却して、上場を廃止しました。

だから、当時の日本の強みはどうなったのかという疑問が出てきます。これは少し大胆な結論で、活字にはしなかったのですけれども、NEC、日立、富士通、これは全部日本電信電話公社（Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation）、通称「電電公社」のファミリーです。戦後日本の経済の成り立ち、産業の成り立ち、通信技術の成り立ちに対しては、「電電公社」の貢献が非常に大きいのです。でも、「電電公社」は基本的にクローズドシステムだったのです。

数年前に、大変お世話になった佐々木元（はじめ）さんは一すでに亡くなりましたが一 NEC の会長までやられた方で、NEC のコンピューター開発と半導体開発に非常に大きく貢献された方です。佐々木さんと食事しながら、少しワインが入ったこともあり、「雲の上の存在」だった佐々木さんに聞く勇気が出てきました。「佐々木さん、どうしてファーウェイができたことが、NEC はできなかったのですか」と聞きました。というのは、ファーウェイ（Huawei）は当時、もうグローバルな通信機器の会社になっていたのです。し

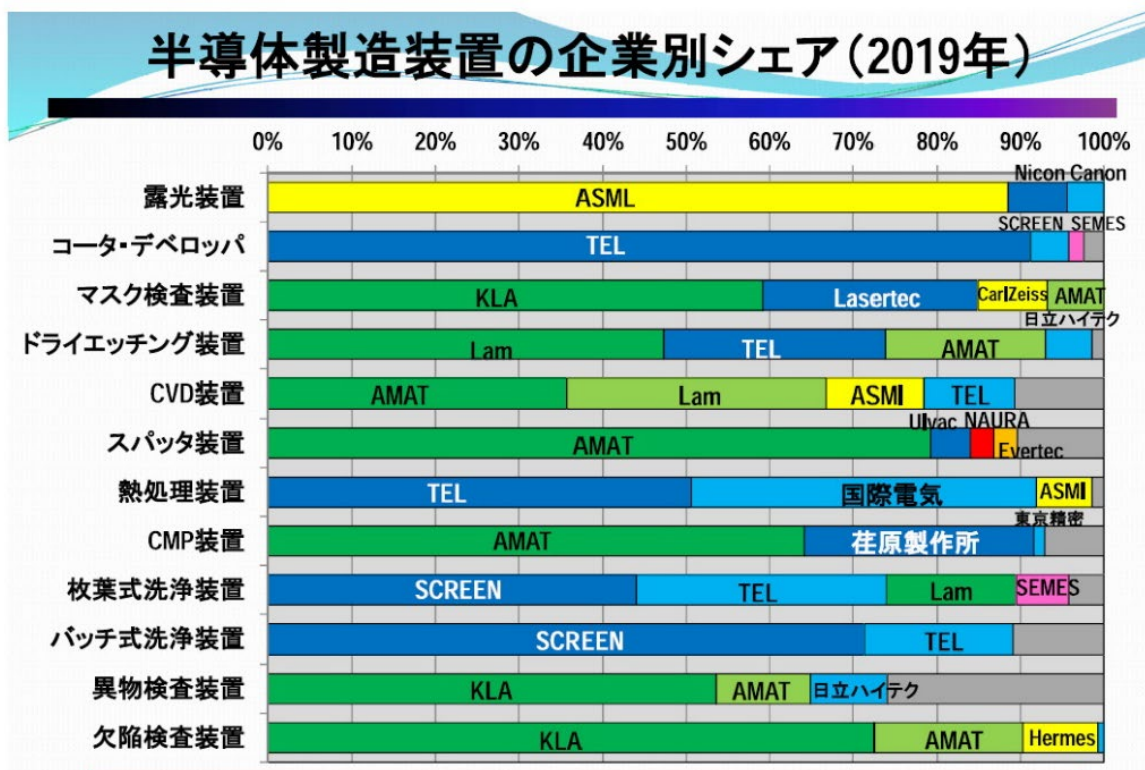
しかし、NECはグローバルな通信機器の会社にはなりませんでした。大きな会社、もちろん、天下のNECになったのですが、グローバルにはなりませんでした。

佐々木さんがおっしゃったことは、なかなか面白かったです。

「ダイクさん、ファーウェイはグローバルスタンダードの技術に基づいて作らなければならない。なぜかという、中国は後発メーカーだから、中国の通信システムを作るためには、まず鄧小平の時代にモトローラを引っ張ってきたり、エリクソンを引っ張ってきたり、ノキアを引っ張ってきたりして、通信の会社を作った。国産メーカーが出てくると、エリクソン、モトローラ、ノキアと競争しなければならない。それはグローバルスタンダードで作らなければならない。しかし、NECは電電公社のスタンダードで作った。」

だから結局、日本は、「ジャパン・アズ・ナンバーワン」まで行って大成功を収めました。けれども、1950年代、60年代、70年代の日本は、考えてみれば、部分的には統制経済だったのです。

今、日立が上場子会社を売却したり、東芝が上場を廃止したり、NECがいろいろな会社を売却したりしているのは、統制経済の時代が変わったということで、違う体制でやらなければならないことを意味するものです。だから、日本は今、非常に変化する時期に来ていると思います。日本はそういうことを変える力がまだあります。だから、日本はまだ未来性があると思っています。



出所：OMDIA

一つ心配しているのは中国です。結局、ファーウェイがああいう体制になったのは、鄧小平や江沢民の体制の下にあったということで、つまり、中国がオープンであった時代だったのです。これから習近平体制の中で、ファーウェイがどうなっていくのかが、一つ懸念しているところです。

以上で見てきたように、残念ながら日本はデバイスメーカーとしては残らなかったのです。でも、半導体の製造装置メーカーの半分は米国系の会社、残りの半分は日系企業です。半導体を作るためには、日本の製造装置メーカーと素材メーカーと付き合いなければならぬのは事実です。のちほど、またこれについて説明いたします。

Japan as Number One の時代



出所：OMDIA

これは中国語のサイトから出て来ている表ですけれども、中央の折れ線グラフは日本のマーケットシェアであり、一方、タテの棒グラフは半導体デバイスのマーケットの伸びで、反比例の関係になっているのです。

「ムーアの法則」 (Moore's Law)

ところで、半導体を考える場合に非常に重要なことは、「ムーアの法則」 (Moore's law) というのがあり、技術が常に進化しているのです。「ムーアの法則」の進展については、どういうふうに説明するかでいつも苦労しているのですが、私はずっとこの業界とこの世界で暮らしているので、非常に強く感じているのです。

「ムーアの法則」

1965年： 半導体集積回路に搭載されるトランジスタの数は
毎年2倍で増えていく

Sony TR6 Radio トランジスタ数： 6~8



1956年： ¥17,000

iPhone: トランジスタ数： 190億

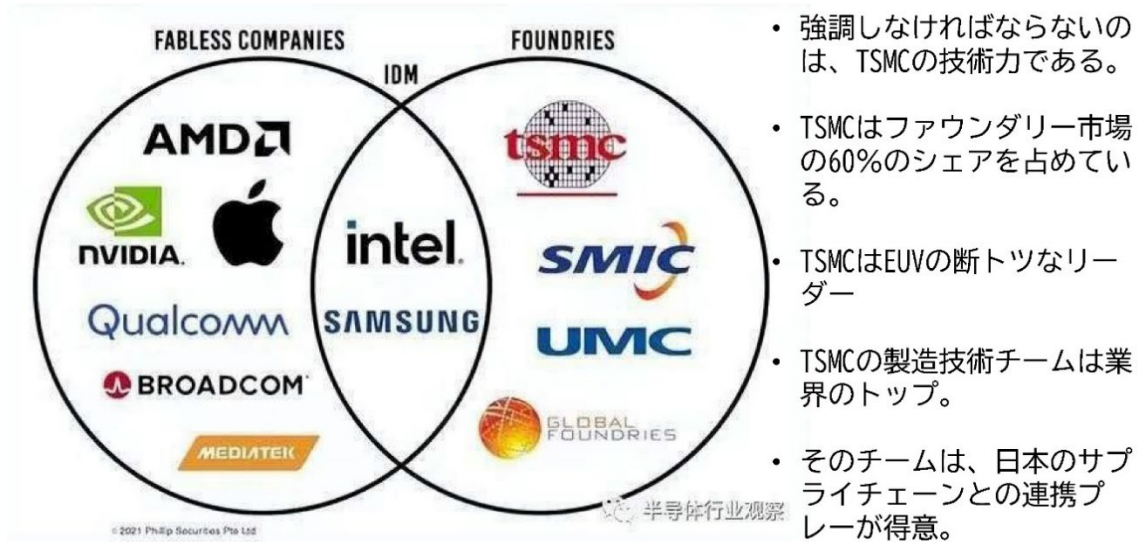


出所： 筆者の提供による

このスライドの左側は、1956年にソニーが発売した最初のトランジスタラジオ (TR6) です。これは、ソニーがアメリカから技術を導入して、なんとかして歩留まりを上げて、こういう一般消費者向けの新しい商品を世に送り出すようになったのが、1956年でした。この時のトランジスタラジオは、中にトランジスタの数は6個ないし8個でした。価格は結構高くて、1万7,000円もしました。ただ、1ドル360円の時代だったから、米ドルでは50ドルでした。つまり、50ドルだったら、アメリカで売れるトランジスタラジオの価格だったのです。

右側は現在のiPhoneです。「ムーアの法則」によると、集積回路に搭載されるトランジスタの数が毎年2倍で増えていくということで、毎年のように集積度が上がり、それが約80年間進化してきました。このAppleのiPhoneの中には、メモリーが入っているし、CPUも入っており、190億のトランジスタが搭載されています。これが「ムーアの法則」なのです。これらのものが一つのシステムになっており、これこそ半導体産業のすごく魅力的なところだと思います。

TSMC が日本のサプライチェーンを活用



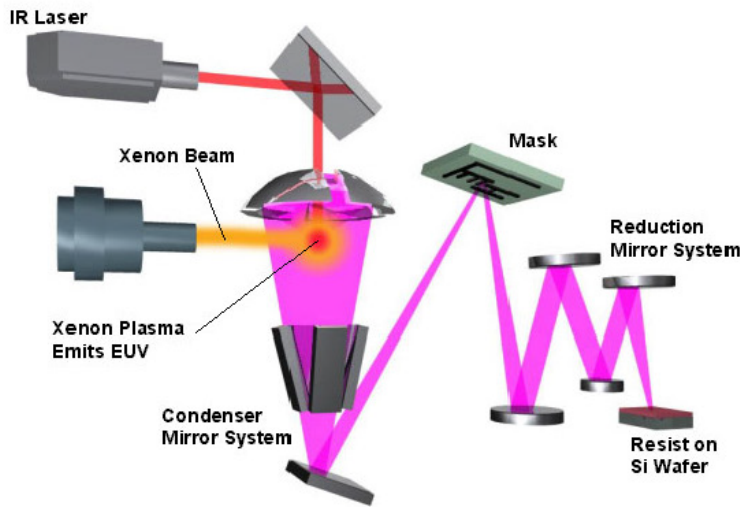
出所： Philip Securities, Pte

「ムーアの法則」により半導体産業の構造も変わってきており、これだけ複雑な半導体を作るのに非常に複雑な製造技術が必要なのです。

半導体の設計に特化している会社はファブレスとよばれており、また、半導体の製造に特化している会社はファウンドリーとよばれています。設計と製造の両方をやっているインテルやサムスンもありますが、これは逆に例外的です。

昔はもちろん日立、NECなどはここに入っていたのですが、今は、製造を専門的にやっているところがあり、特に TSMC が注目されています。今、熊本で工場を3つ、アメリカでも工場を3つ造っており、よく話題になっています。ファウンドリーの分野では、TSMC はマーケットシェアが圧倒的に高く、世界の 60%を占めています。SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation、中芯国際) は上海のファウンドリーで、頑張っているけれども、マーケットシェアがまだ小さいです。UMC (United Microelectronics Corporation、聯華電子) は台湾の企業で、GlobalFoundries はアメリカの企業です。

3-2 Nanometers



Hoya
 AGC
 Nuflare
 JSR
 東京応化
 Komatsu
 大日本印刷
 Toppan
 Lasertec
 TEL
 大日本スクリーン

出所 : Chris A. Mack: “Lithography for Nanofabrication”

7 Nano、5 Nano、3 Nano や、最先端の EUV リソグラフィ (Extreme Ultraviolet Lithography、極端紫外線露光装置) という言葉を聞いたりすることがあるかと思いますが、EUV を使いこなしているのは、今現在 TSMC だけです。インテルはもちろん EUV をやっているし、サムスンもやっていますが、部分的にはできるけれども、TSMC のほうが圧倒的に進んでいます。

TSMC はなにが進んでいるかということの説明いたしますが、EUV をやるためには光の幅が問題になるから、この技術が非常に複雑になっています。上の図に示されたように、これは ASML (ASML Holding N.V.、半導体製造装置メーカー、オランダ) のステッパーの中身であり、ASML のステッパーもよく話題になったりします。ASML のステッパーの光を、ウェハーにあてて、その 3 Nano のトランジスタをつくるには、ものすごく複雑です。これはすごく大事なことです、非常に複雑であるため、TSMC の製造技術グループでも ASML のステッパーを使いこなすには 10 年以上かかりました。

ここで一つ説明したいのは、TSMC が得意なのは、日本のサプライチェーンをよく解っており、日本のサプライチェーンをよく活用しているということです。

例えば、マスクの素材はホイア (Hoya) しか作れない。マスクの上のほうの部分は旭硝子しか作れない。マスクを作るには、東芝の子会社のニューフレア (Nuflare) しか作れない。フォトレジスト (photoresist) は JSR と東京応化、このレーザーの部分はコマツ (Komatsu) しか作れない。また、ミラーのマスクは大日本印刷とか TOPPAN しか作れない。検査するにはレーザーテック (Lasertec) しかできない。あと、東京エレクトロン (Tokyo Electron Limited、TEL) と大日本スクリーンなど、全部日系企業です。

米中対立と中国の半導体産業

今、バイデン政権は、この技術を SMIC とファーウェイ（Huawei）には絶対持たせてはいけなく、輸出してはいけなくと言っています。アメリカにはなぜそういう権利があるのか解らないけれども、でも、結局、ここで優れているのは TSMC の製造技術部隊であり、TSMC の製造技術部がちゃんとこれらをうまく動かしています。そして、TSMC と付き合い合っているのは、日本のサプライチェーンです。

さきほど、松下幸之助さんと國分先生もおっしゃっていたけれども、競争相手と考えるべきか、敵と考えるべきかということがポイントだと思うのです。愛知大学や東亜同文書院も、やはりほかの国の人と付き合い合っているときに“we”で考えるのか、それとも“they and us”で考えるのか。また、その共通点を考えるか考えないかというのが大事だと思うのです。

アメリカ人として、これはバイデンであってもトランプであっても、アメリカ側の、とにかくアメリカは今共通しているのは、中国の悪口を言うと誰も批判しないということですから。これは極めて危険です。でも、中国にも似たような傾向があります。これもまた極めて危険です。

去年は、石橋湛山が亡くなってから 50 周年ということで、いろいろな行事がありました。石橋湛山は早稲田大学の出身で、早稲田大学の大隈講堂でセミナーを開催しました。そのセミナーで、日本の某大使（元事務次官）にスピーカーになっていただきました。某大使は外務省では珍しく早稲田大学の出身です。ある早稲田大学の学生が当大使に対して、「今、アメリカと中国は非常に問題が多く、対立も多い。日本はその仲介役になれないか」という質問をしたら、当大使は「僕にとっては残念ながら、日本と米国は同盟国です。同盟国の関係にある国は仲介できません。」と答えた。

私は昭和 40 年（1965 年）に、早稲田大学に留学して、早稲田大学で初めてアメリカがベトナムのハノイで何をやっているのか、アメリカのことがいろいろと分かりました。また、アメリカの学生が騒ぎ出す前に、早稲田大学の学生がいろいろと騒いだりしていました。しかし、某大使がその発言をした時に、なぜ学生が騒がなかったのか、早稲田大学の学生もおとなしくなったのではないかと思います。



| Spring 2024 | Amounts in US\$M | | | Year on Year Growth in % | | |
|-----------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|-------------|-------------|
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Americas | 134,377 | 168,062 | 192,941 | -4.8 | 25.1 | 14.8 |
| Europe | 55,763 | 56,038 | 60,901 | 3.5 | 0.5 | 8.7 |
| Japan | 46,751 | 46,254 | 50,578 | -2.9 | -1.1 | 9.3 |
| Asia Pacific | 289,994 | 340,877 | 382,961 | -12.4 | 17.5 | 12.3 |
| Total World - \$M | 526,885 | 611,231 | 687,380 | -8.2 | 16.0 | 12.5 |
| Discrete Semiconductors | 35,530 | 32,773 | 35,310 | 4.5 | -7.8 | 7.7 |
| Optoelectronics | 43,184 | 42,736 | 44,232 | -1.6 | -1.0 | 3.5 |
| Sensors | 19,730 | 18,265 | 19,414 | -9.4 | -7.4 | 6.3 |
| Integrated Circuits | 428,442 | 517,457 | 588,425 | -9.7 | 20.8 | 13.7 |
| Analog | 81,225 | 79,058 | 84,344 | -8.7 | -2.7 | 6.7 |
| Micro | 76,340 | 77,590 | 81,611 | -3.5 | 1.6 | 5.2 |
| Logic | 178,589 | 197,656 | 218,189 | 1.1 | 10.7 | 10.4 |
| Memory | 92,288 | 163,153 | 204,281 | -28.9 | 76.8 | 25.2 |
| Total Products - \$M | 526,885 | 611,231 | 687,380 | -8.2 | 16.0 | 12.5 |

2024年@ ¥150

- 半導体市場は 90兆円
- 50%は中国で消費されている
- 世界自動車産業：540兆円 (6倍)
- 世界製鉄産業：240兆円 (2.6倍)

出所：Semicondor Portal

ところで、この表に示されたように、2024年の半導体産業全体の市場規模は約6,000億ドルです。6,000億ドルは現在の為替レート、つまり1ドル150円で換算すると、約90兆円になります。これが大きいか大きくないかということは別にして、自動車産業の市場規模はおよそ540兆円、鉄鋼産業の市場規模は大体240兆円です。しかし、半導体産業は90兆円しかありません。ところが、なぜ貿易摩擦の対象になっているのかが一つの疑問です。

半導体はどこで消費されているかという点、この表に数字が出ているけれども、大体、半分近くは、ここに“Asia Pacific”と書かれているように、日本は別にして、大体は中国で使われています。中国で使われているのは当たり前で、これらの物は全部中国で作られているからです。これらのものに使われている半導体は中国製のものもあるし、日本製のものもありますが、全体的には輸入しているものが多いです。習近平の考え方は、これだけ中国で使われているのだったら、輸入ではなくて中国で作るべきだということだと思います。

実際のところ、中国ではすでに半導体産業がかなり立ち上がっていて、作っていることは作っていますが、ただ、最先端のものはまだ作れません。TSMCが作っているような半導体は、中国ではまだまだできません。そこをどうするのかというのが一つの課題です。中国は、そこまで進展するか進展しないかということが今後の課題になります。

私が、半導体関係の仕事で中国に初めて行ったのは1980年代のことです。1980年代の中国はまだオープンな時代ではありませんでした。でも、半導体の工場は多少ありました。その時は全部国営企業ということで、国営企業を訪問して製造装置の注文をいただいて、契約を結ぶために北京まで行って交渉し、その後初めて契約を結ぶのです。その次はアメリカの商務省に行って、商務省の評価の許可が必要だからです。1つの装置を作るのに数か月かかっていたと思います。ようやく装置ができ上がって中国に出荷すると、まだ工場ができていないと言うのです。工場ができていないから、外にほったらかして錆が付いたりしていました。

このように、1980年代の中国では、まず半導体産業があり得なかったのです。1990年代になってから対外開放が進展し、鄧小平体制になってから、やっとこの国でも半導体ができるかなという感じがしてきたのです。外資系の半導体メーカーも工場をつくったりして、一部進展がありました。しかし、中国の半導体メーカーが今のTSMCまでいけるかいけないかについては、今現在、私は非常に疑問を持っているのです。