

超 L S I 共同研究所の思い出とその後の歩み

垂井康夫

元超 L S I 共同研究所所長

はしがき

1975年の頃、IBMがフューチャーシステムに1MDRAMを使うらしいと云う噂に対応して、1976年3月に通産省補助金を得て、当時の日本のコンピューターメーカー7社により超LSI技術研究組合が設立されました。1MDRAMを含む具体的な製作技術は各社の研究所で行われましたが、基礎的共通的部分を研究する為に各社から約20名位ずつを集めて共同研究所が設けられ、私が研究所長を務めました。

このようなライバル企業を集めての大規模な共同研究は世界でも初めてであり、共同研究所の成功を見て欧米では共同研究所を参考にした研究所が出来、その後の半導体研究の大きな流れとなりました。然るに、日本においてはこの種のプロジェクトは16年間行われませんでした。その理由は米国が超LSI国家プロジェクトを脅威とみなし、米国の国家の安全の問題として敵視したからです。

超LSI共同研究所は今年2020年に解散40周年を迎えます。その機会に共同研究所同窓会誌を作りませんかと云う千葉文隆さんの提案から始まり、私も40年近くの間、研究所員を始め、どなたにも話したことの無い私の周りで起こった事を、今なら良いだろうと考えて思い出を書きました。その他元研究所員から集まった原稿を製本して335頁の『超LSI共同研究所物語』という本として昨年の同窓会で配られ、国立国会図書館にも蔵書登録され、“アマゾンの電子図書”からも出版致しました、以下に示しました、はしがきにつづく私の論文はこの本からの引用です。ちなみに、ここに引用しました部分はこの本の約1割に当たります。

この機会に、私の思い出に蛇足を付け加えさせていただきます。根橋専務は研究組合の中心で、武者ぞろいの7社を良く纏めて通産省に橋渡しされました。共

同研についても、私が研究管理能力があることは、10年前の超高性能電算機プロジェクト以来良くご存知で、私さへ管理しておけば共同研の研究は大丈夫と考え、あとは5社からの研究員の融和を図れば良いと懇親をはかり、共同研の成功に導かれました。

唯一、根橋さんが見落としていたのは、アメリカの怖さではないでしょうか？米国では国が勝手に動くのは規制するようになっています。米国では与論が重要なのです。有名な‘真珠湾を忘れるな’の標語で日本をターゲットにして与論を掻き立て、ものすごい工業力と勇敢な兵士を生み出したのです。

超LSIプロジェクトに対しては、アメリカの安全保障という旗頭の下で与論を掻き立て、共同研が終わった1980年に**国防省**が超LSIプロジェクトをフォローした**VHSIプロジェクト**を立ち上げ、法律を整備するなど万全の体制を整えて、1987年にアメリカでは未だあり得なかった**アメリカ政府とUS basedの半導体メーカー共同によるSEMATECH**が誕生します。その後、SEMATECHは国防省のみでなく、商務省、エネルギー省、環境省、NSFなどの政府機関の他、産業界、大学、国公立研究所と連携をとって一丸となって進めました。超LSIプロジェクトの方はその気はなかったのですが、この米国の対応を見ると超LSIプロジェクトはミニ真珠湾だったような気がします。

ですから、IEEEから私に共同研の話をして欲しいと云う招待講演の時、根橋専務に、技術委員会を説得して許可を得て欲しかったのです。米国から話して呉れと云うのは絶好のチャンスで、こんな機会はその後ありませんでした。共同研の細かい技術ではなく、全体像を示せば、少し安心して与論が代わった可能性があったと思います。全体像を見せずに時々凄い国内新聞発表をやるので、不安感を煽ったきらいがあります。

見学もそうです。どれかの新聞発表の機会に米国の新聞記者に見学させて、共同研の廊下を一回りさせれば、その狭さに安心してレポートを送ったに違いありません。

上に述べたような米国の反応に伴って、有形無形の圧力あるいはソントクが通産省にはあったのだと思います。その内容は知りませんが、結果として共同研の後の通産省半導体デバイスプロジェクトが16年間出来なかったという冷厳な事実がそれを証明していると思います。

1990年の超LSI研10周年の同窓会で根橋専務が超LSI技術研究組合の成功宣言をされました。「今まで組合が失敗だったという話はどこからも聞いたことがない。だから、超LSIプロジェクトは成功だったと思って良いのではないか。」と云う様なお話しでした。この持って回った言い回しは上の様な状況に対する根橋さんの反発だった様な気がします。

はしがき及び私の論文は元々同窓会員に向けて書いてありますので、会員は良く知っている共同研の成り立ち、組織、その成果などについては触れていません。同窓会員以外にも見ていただく為にはこれらも必要だと考え、アマゾン電子図書及び紙の本／第2版（追補版）の発表におきましてはこれを補うために電子デバイス産業新聞での連載の一部を「追補」として転載されています。この部分も今回以下に引用させて頂いております。

更に、最近日本半導体の敗因について色々と論じられています。中には日米半導体摩擦について言及していないものもあります。しかし少なくとも1990年代位までの日本半導体産業の衰退には日米半導体摩擦が大きかった事、その発端は超LSI技術研究組合にあったと思います。この事を示した電子デバイス産業新聞での解説も追補に加えました。

超LSI共同研究所の成果などについては、この40年近い間に色々と出版されています。ここでは纏ったものとして、私の編／著で恐縮ですが、以下の3つを文献として紹介させて頂きます。

(1) 垂井康夫編『超LSI技術』オーム社、1981年3月

共同研究所は1980年3月に終了したが、その成果を纏めて置くと良いと云うことで出向者の内四十六名を著者として執筆していたが、1年後に完成した。共同研究所での技術成果が最も正確に詳しく述べられている。編集幹事は飯塚隆、中村琢磨、奥泰二、鳳紘一郎、清水京造、右高正俊の諸氏であった。

(2) 垂井康夫編著『半導体共同研究プロジェクト』工業調査会、2008年12月、

超LSI共同研究所の成功を見た米国、ヨーロッパでは、共同研究がよいと云う事で、次々と共同研究が始まった。日本でも十六年の休止期間を経て始まった。

このあたりを明らかにしておきたいと考えていたが、私が常務理事をしていた武田計測先端知財団でその機会を得て出版することが出来た。有能な著者を得て、超LSI共同研が元祖である事を明らかにすること

ができた。著者には財団に転職して頂いた相崎尚昭、三浦義男の両氏も加わっている。

(3) 垂井康夫著『超L S Iへの挑戦』工業調査会、2000年4月

この本は、「半導体産業新聞」が、トランジスタ発明からの50年の間に日本で何があったかを記録しようと、一年ごとに、私の監修で「日本半導体50年史」を掲載した。これと一緒に私が毎年何をしていたかを掲載した。この私の分を纏めたものである。

今振り返ると、私は共同研までは、共同研のために準備をして来たみたいで、共同研後は、超L S Iと一緒に生きて来たような気がしている。

その様なことで、大分書き尽くされていますので、今回は今まで出版もされていないし、お話しもしていない、私の厳しかった立場などの所から、以下に書き始めたいと思います。

1. 紀尾井町 福田屋

昭和五十一年に超エル・エス・アイ（以後L S I）技術研究組合が設立され、共同研究所もスタートして、暫くたってから、研究組合を構成するコンピューターメーカー五社、富士通(株)、(株)日立製作所、三菱電機(株)、日本電気(株)、東京芝浦電気(株)と、これをグループ化した二社、すなわち、(株)コンピューター総合研究所、日電東芝情報システム(株)の各社長と研究組合の根橋専務理事、垂井共同研究所長、あと何人かによる顔合わせ的な会合が行われました。

会場は紀尾井町の福田屋でした。政財界に多く使われるという料亭のたたずまいに、小生、恐る恐る入って行きました。ところが、宴会が始まると、根橋専務が、私に「社長さん方にお酒をお酌して回りなさい」と指示されたのです。

私としては、国立研究所育ちでそんな経験もないし、私の好みにも合わないし、更に決定的な事は、私が三十歳の頃スクーターで砂利道を走っていて、転倒して大腿骨を骨折し、膝関節も痛めていたので、膝をついてお酒をついで回る事は出来なかったのです。

すると、帰りの専務理事付きのハイヤーのなかで根橋専務から厳しく叱責されました。「なぜ言った通りにしなかったのか」と云うのです。その時、私はその激しい叱責に対して、その激しさに押されて、自分の身体上の欠陥をあげて、弁解するのに凄くためらいを感じて、何も言えずに終わってしまいました。

後から考えて、あれは、根橋さんの私が社長さん方に可愛がってもらえる様にと云う親心だったと思いました。従って、私は膝の欠陥をお話しして、了解を取るべきだったと反省していますが、その時までに私と根橋さんの間に、それと言える様な親しさが出来ていなかったのが残念だったと思っています。

ただ、社長さん方とは、私なりに良好な関係を続けられて、私の四年間の共同研に於ける貢献が認められている事は、その後の接触や、後で述べるC&C賞の受賞や寄付講座の開設などの機会に認めて頂いていたと、今も感じています。

2. ある委員の訪問

研究組合には、運営委員会、技術委員会などが設置されていました。共同研が始まって数日後のことでした。技術委員会の一人の委員で、7社の内の1社の常務取締役が私の所を訪れました。彼が開口一番云うには「垂井さんは今までお役人だったから、その様に付き合ってたが、これからは違いますから宜しく・・・」と云う様な事を言って、他の話は殆どなく、帰られました。

事実、私は電子技術総合研究所からの休職出向で、給与の額は公務員給与に従って支給されていましたが、そのお金は7社の資金から出ていました。すなわち、この訪問は私に給与の出所の違いをはっきりと認識させるものでした。更に、この委員の意見は、すぐに次の章で述べる研究発表・見学に影響を与え、厳しい立場に立たされる事となるのです。

この委員の方は、その神経質な性格のためか、プロジェクトが終わって数年後に亡くなったと伺いました。他の委員の方々、特に技術委員会の多くの方とは、それまでも付き合いが多かったし、それ以後も変わらぬお付き合いで、現在でも年賀状のやり取りをしています。

3. 研究発表・見学

研究発表・見学は、月一回開かれる技術委員会で検討、承認することになっていた。しかし、学会への発表は国費の入ったプロジェクトとしては、ある程度社会的な義務の様なものであるし、見学も研究員が外国に行った時に見学させてもらう事もあるから、余り閉ざす事は国際問題にもなるからと云う事で、必

要で適切な見学と成果の学会での発表は出来る様にと、しばしばお願いした。

その結果、学術的成果については、学会に発表しても良いと云う許可を得たが、見学については、最後の共同研の解散の時まで許されなかった。この点もその後の日米半導体摩擦に影響したと危惧している。例えば後で述べる第二研究室の新聞発表の後、外国の然るべき人に第二研の装置を見せ、あと廊下を一周させれば、その狭さに安心感を覚えたに違いない。

研究組合が出来てから、米国では、何か日本では国のプロジェクトで超 L S I を始めたらしいと云うことで、何をやっているのかと云う疑問が出始めていた。それが大きく膨らんで問題となって来たのは、1977年（昭五十二年）5月29日に行われた共同研第二研究室の成果、可変寸法矩形ビーム描画の新聞発表の後からである、これは、学会発表ではなく、国内新聞発表であったので、外国メディアにとっては不便で、正確な伝達は期待出来ない。そのせいか、よりセンセーショナルに受け取られた面があると思われる。これが学会発表であれば、公開の場であるからその場で質問をして、納得して、それが伝わって行くと思われるが、それが無いので、余計に何を目標しているのか米国内で疑問と反発の渦が大きく巻き始めた。なぜ研究組合は学会発表よりも国内の新聞発表を重視したのか？ それは恐らく、国際摩擦よりも、補助金に対する成果発表と云うことで、国内が対象だったからだと思われる。その思いは、次の米国講演の一件でより強くなる。

米国における「日本の超 L S I プロジェクトは何をやっているのか？」と云う与論の渦が私に向かって来た。すなわち、1977年12月にワシントンで行われる、IEEEのIEDM（国際電子デバイス学会）の最初に行うゼネラルセッション（全体会議）で超 L S I 共同研究所の話をして欲しいと云うのである。

IEEEは米国の電気、電子の両学会が合同したもので、そのホームページによると「The world's largest technical professional organization」と述べられており米国内外でこの分野は元より、全般的にも与論に大きな影響力を持つ組織である。その内のIEDMは電子デバイス分野で最高の権威の中の一つの学会である。

私は1962～1963年にスタンフォード大学のJ. L. モル教授の所に国費留学をし、その時に開発した新しいデバイスの成果を持って米国内の研究機関を歴訪した。其の後も何度か訪米して知人も多かったのもので、あの Y. Tarui が共同研所長になったのだから、きっと全貌が分かると思ったに違いない。した

がって、ここで差し支えない範囲で共同研の話をすれば米国の疑問と反発をある程度収められると思い研究組合内でお願いした。

「研究組合概要にもあるように、5つの研究項目の全て共同研が基礎を担当して、グループ研の実用化研究が外に漏れない様な盾の様な役目を持っており、共同研の差し支えのない部分を話しても、超LSI製作のノウハウが漏れる訳ではない。更に共同研の予算は組合全体の一割強であるから、その点からも限定的である。」などと述べて、根橋専務理事に切々とお願いした。

しかしながら、研究組合で相談した結果として共同研の話は許されなかった。それが7社の意向で、根橋専務が7社寄りなのか、あるいは根橋さん自身が攘夷派だったのかは、判らない、攘夷派だった様な節もある。昔、攘夷派は国内では格好よかったが、艦砲射撃を受けたのである。

結局、私は孤立無援となり、論文題名も「日本におけるLSI及びVLSI研究」と云う形で日本における学術発表論文を編集した迫力のないものとなった。

一方、米国側の受け入れはというと、今回の私の米国内の全行程は、CIAの尾行付きであった。これは後ほど確認された。何か私の弱みを見つけようとしていたみたいである。米国政府も待っていたのである。

IEDMでの講演は1977年12月5日、ワシントンのシェラトンホテルで行われた。講演は学会の最初の部分のゼネラルセッションであったが、私の講演の直前に続々と人が集まり、廊下にも随分入り切れない人が見えた。六百人位集まったのではないかと云われた。

私は日本での最近の発表を紹介した後、技術委員会で決めて頂いた「超LSI共同研究所も学術的成果は発表する。一緒にマイクロエレクトロニクスの未来を探求しよう。」と結んだ。

しかし、気持ちは「超LSI共同研究所は超LSIの**基礎的・共通的分野**、特に微細加工装置とシリコン結晶を研究しており、いずれも将来商品化されたら皆さまに供給可能となります。」位は云いたいと思っていました。

その場は旧知であった座長のマクレイ博士が質問は技術的なものに限ると予告してくれたので、質問もその範囲に収まって、注目の研究所の所長が来て話をしたこと自体は好感を持ってくれたようであった。

結局、私は、私自身の厳しい立場を乗り越えて、命令に従って講演をこなした

のであるが、それが私へのストレスで終わっていれば、それで良い。しかし、それが日米半導体摩擦、それに続くDRAM全滅など、日本半導体デバイス工業の衰退を導いた一因になっていると考えると残念でたまらない。

その後も国内新聞発表は続き、1980年3月の共同研解散に近づくと、より頻度を増し、合計十六件に達した。これに対応するかのように、米国内で日本の超LSI国家プロジェクトに対抗しなければならないという与論が高まって来た。

米国では国防が優先する様で、国防と言えど誰も文句を言えないらしい。そこで、まずはこれが動いた。共同研究所が解散した1980年に米国国防省がVHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) なるプログラムを立ち上げた。テーマとしてはIC材料、リソグラフィー、パッケージ、テストなど超LSIプロジェクトに対応するもので、一億ドルが投じられた。



共同研クリーンルームを視察中の自民党情報産業振興議員連盟の先生方。左から2人目が小泉純一郎代議士、次が根橋専務理事、小淵恵三代議士、一番右が筆者である。

話は戻るが、IEDMでの講演後、ベル研からフェアチャイルドに移ったアーリー効果で有名なジム・アーリー博士が「日本は政府と企業がうまくやっているが、米国では法律上それが出来ない。米国は政府と企業が争うことによって成長する社会である。米国では弁護士の数が日本の二十五倍で、争うことによって社会が動いている。」と

IEDM 1977



Dr. MacRae to Dr. Tarui: The best restaurant is right here.

IEEEのニュースレターに載ったIEDMでの垂井の講演風景。座長のマクレイ博士がスライドの操作の説明をしている所であるが、写真の英文説明は米国流のジョークである。

言っていた。

ところが、この米国の慣習を変えるほど日本の超 L S I プロジェクトのショックは大きかったようである。米国内で争っていたのが日本に向かって来た。アンチトラスト法（米国における独占禁止法）の元でも政府の補助が民間にも出来る様に変えて、1987年にセマテック S E M A T E C H (SEmiconductor MAnufacturing TEChnology) が企業と国防省が各々一億ドルを投じてスタートした。（文献2）

4. 根橋専務理事

根橋専務理事の愛称はネバチャンである。すばらしく人懐っこい名前である。通産省で根橋さんは“人事の根橋”と呼ばれていたと云う噂を聞いた事がある。共同研究所の人事管理も大変見事であった。最初、私は「研究は任せる。」と言いつ渡された。その後、ほとんどその通りにして頂いた。私の所属した電子技術総合研究所は通産省傘下であり、私がこの分野での研究管理能力があるとの判断をして、私の共同研究所所長への就任を要望した通産省内の相談には“人事の根橋”さんが入っていない筈はない。だから、私に研究を任せたら、後は根橋さんに研究管理の必要性はないのである。

そこで、根橋さんにとって、研究所員は孫の様なもので、いくらでも可愛がれるのである。その一つとしてしばしば専務室で懇親会が開かれ、所員たちがご馳走になっていた。第六研究室の北川勝二（NEC出身）さんが専務室懇親会コーディネーターであったとの事である。私はお酒も飲めないで、ほとんど参加しなかったがストレスにはなった。

管理職の経験のある方なら判ると思うが、自分の直属部下が自分の上司としばしば懇親会を開いていたらストレスを感じると思う。感じない人がいたらお目にかかりたいと思う。私はその間、専務の「研究は任せる。」の一言を頼りに四年間を過ごした。

根橋さんは、ものすごく人生を見通した事を云う人であった。例えば「人は八十才を超えてくると、本能的な欲が少なくなってくる。そのとき残るのが名誉欲である。だから八十才過ぎに勲章をあげるのだ。」と云う。事実、八十才を超

えて九十才にも近くなると、体力も弱り、付き合いも減って来て、それが良く判るような気がして来る。先日テレビでやっていたが、同じ良い事をするにしても、人に目立たない様にゴミを拾う人よりも、弱っている老人を助けたり、困っている婦人の力になってあげるなどして、人に感謝されるようなことを続けている人の方が、余命が長くなる、という研究結果があると云う。私もこれからは人に感謝される様なことをやって行きたいと思う。

私は根橋専務に「人生を見通した様なお言葉が多数あるから、根橋語録を作りたい」と云ったら、真顔で「やめてくれ」と云われたので、正直に言われた通りメモを取らなかったのが、殆ど忘れてしまったが、人事の根橋の面目躍如の次の二つの言葉は忘れない。

根橋さんは超L S I に来るために通産省を退任した筈であるが、「通産の電電課長は、これから三代にわたって俺が決める」とおっしゃったのである。この結果は調べようがないが、そうだろうと思える迫力があつた。今一つ「人事は甘い蜜だ」というのもあつた。人事がもつ一つの断面を鮮やかに描き出した言葉だと思う。

根橋さんは、超L S I プロジェクトの後、なんと日本I B Mの重役となられた。元々、超L S I プロジェクトは「対I B M」としてスタートした訳だったから、皆が驚いた。その後、根橋さんから電話で「共同研の話の講演に来て欲しい」と言って来た。根橋さんの頼みでは仕方ないと講演に行った。その頃、他でも講演していたのと同じ講演だったが、帰ってから、頂いた講演料を見たら、他の場合の三倍位あつたのである。これに驚いていたら、早速、根橋さんから電話があつて、「講演料が多かつたろう。おごれ！」と云うのである。そこで、ご指定の高級お座敷天ぷらの予約を取り、超L S I の事務局全員をご招待した。はじめ“福田屋”に始まり、お座敷天ぷら“築地三ツ田”で終わった。

その後の根橋さんの所属については、あまり詳しくないが、恐らく日本I B Mは1期でやめられて、その後通産省に関係あるニューメディア協会理事長などの要職につかれて、一生を通産関係で幸せに過ごされたと思う。

5. 小林宏治社長の二つの言葉

超L S I 共同研がスタートした時の日本電気の小林宏治社長には、川崎市の宮崎台に新築した中央研究所の一角を貸して頂いたり、全般に渡ってプロジェクトを推進して頂いたが、直接声をかけて頂いた内で二つの言葉が非常に印象深く、今でも良く覚えている。

まず、その背景から述べる。私が共同研の計画に加わったのは1975年(昭五十年)10月に始まった五社と二つのグループと、共同研の研究テーマと、それらの相互関係を定める通産省の小委員会に私が委員長を命じられた時からである。

あらかじめ日本電子工業振興協会に研究者が集まって作った案もあったのだが、これは主として研究者が集まって作ったものなので、実働部隊の部長さんを集めると意見はなかなか纏らない。特に共同研が一箇所に五社の方を集めて研究しようとするので難しい。最大の問題はノウハウである。先進企業は共同で研究することによって、ノウハウが流出する事を恐れる。そんなことから、高価な輸入装置を購入して、時々集まって評価したらどうかと云う案などがでる。これなど果たして研究といえるかどうか疑問である。もちろん、真面目に共同研究を考えて下さる方もいらっしゃったが、とにかく最初は、研究的性格でないものに金を使う様な案が多く、議論はなかなか纏らなかった。

そこで、私は依然から別の事で考えていた「**基礎的・共通的**」と云う言葉(文献3)を使うことにした。すなわち、将来の超L S I の発展の根源となるように**基礎的**で、しかも各社に共通して役立つものを選ぼうと云うのである。そこで、**基礎的**であるから、それまでのノウハウを持ち込まねばならない必要が少なくなる。また**共通的**であることから各社に関心をもって期待してもらえるのである、この提案によって皆さまの納得と協力が得られた。この言葉が四年間を通しての標語となった。

翌年1976年、目出度く超L S I プロジェクトがスタートして間もない5月12日にホテルオークラで官界及び各社首脳を集めて創立記念パーティーが行われた。この時、日本電気の小林社長が私に対してとても意外な事を言われた。その言葉は、「ノウハウは開放します。」とおっしゃったのである。私がノウハウで苦労しているのを聞かれていて、この様に云って下さった事に大変感謝し

ている。しかし、部長さん方を集めると、そう簡単ではなかった。そこで私が社長の言葉を言ってしまうと、部長さんは当惑し、社長も迷惑すると思って、その後十年間、誰にも云わなかった。しかし、首脳陣のこのような決意は段々と下に伝わって共同研の構成と運営に大きな力となった。

二つ目のお言葉は1991年、小林宏治名誉会長が理事長をされていたC&C財団からC&C賞を頂いた時である。その時の表題は「日本の超LSI開発の草創期における技術開発および産業育成に対する指導的貢献」と云うもので、当時電電公社プロジェクトのリーダーであった豊田博夫氏と二人で頂いた。

この時の祝賀会で小林理事長は私に一言「お礼の気持ちです」とおっしゃって下さったのである。私としては大先輩だし、社会的地位も違う小林さんに十一年もの間、覚えて頂いて、更にこんなお言葉を頂いて本当に嬉しい気持ちとなった。小林さんは人の心を掴むことが出来る人だと思った次第である。

6. 東京農工大学へ出向

共同研が終了する前に根橋専務から、五社のどこでも就職を世話してあげるからと言って呉れと云われていた。しかし、私が希望した会社で急遽作って呉れたポストで長く勤められる自信がなかったので、丁重にお断りした。

共同研が終わって、私の足の手術、出向中に田無から筑波に移転した電総研への復帰、五社以外からのお誘い、いくつかの大学からの話など、本論でないから、省略する。

私の当時の東久留米の自宅から南へ約3kmの所に共同研に行く前に通勤していた電総研田無分室があった。さらに南に2km行くと東京農工大学工学部がある。ここの電子工学科に電総研の先輩がいたので、お聞きしたら教授ポストが一つ空いていると云う事なので、お願いした。教室会議で多少揉めていた様であったが、無事OKが出て、1981年10月から農工大へ移ることになった。

まず、研究からお話しすると、大学の実験室の広さ、予算などを考えて新しい技術で、プロセスの低温化にも向いていると思われた光CVDを取り上げることにした。光CVDでは光の波長によって、与える反応のエネルギーが選べる点から反応のメカニズムの解明にも学問的な深みもあると考えた。

大学では最初は学生もいない。そこで、この研究を立ち上げる為に、電総研でやっていた様に企業からの研究生を集めることにした。まず、電総研で研究生を延べ十人位をお預かりした所沢のシチズン時計研究所の中井哲所長を訪問することにした。すると、有り難いことに、その話を聞いて山崎六哉社長がわざわざ本社から見えており、一緒に私の話を聞いて下さり、協力を約束して下さいました。その方針に従って、私が大学に移るとほぼ同時に、研究生第一号として反町和昭氏を派遣して頂けた。

当時、光CVDの報告は極めて少なかった。シリコンの原料としては SiCl_4 の方が多いが、キレいそうで反応も判りやすそうなのでモノシラン SiH_4 を使った。モノシランは濃度が濃いと自然発火すると云われており、実際にも経験したが、それ程の切迫感はなかった。後にこの原料を使ったCVD実験中に方々で火災事故や爆発事故が起きてからは、管理が厳重になった。我々は注意深かったのも、安全無事故であった。

とにかく、この様な実験を反町氏と二人で、私もボンベを運んだり、配管をしたりして、無事研究室の立ち上げに成功した。その後も順調に進み、毎年六〜七社からの研究生、卒研生、マスター、その内からドクターに進学する人も現れて三十人位の研究室が始まった。研究の詳細とその効果については前記文献(3)を参照頂きたい。

話を戻して、人事などの面に移ろう。農工大に移って、まず驚いたのは教授室に電子工学が全く判らない文系出身のK女史が助手として待っていたのである。次に驚いたのは、電子工学科には東大電気出身の教授が三人いた。それは構わないのだが、その三人が、二対一で張り合っており、しかも電総研の先輩は後の一人の方であったのである。前の二人の方の一人の先生は「垂井先生が来てもK女史を付けておけば大して活躍できないだろう。」と云っていたと云う話を後になって聞いた。

人事の根橋さんに鍛えられているから、多少の事ではへこたれない。まず、先輩の先生にはお礼をしなければいけないから色々やった。例えば電総研時代から知っているカシオ科学技術財団の役員になって頂き、彼が定年の最終講義にはカシオの立派な電子楽器を持ち込んで、ご本人に演奏をして頂くと云う晴れの場を作った。争っていた他のお二人とそれ以外の先生にも辞を低く、なるべく争いを和らげるようにし、出来るだけお役に立てるようにした。

ある時、工学部長に時計台が欲しいと云われた。そこで、電総研に研究生とし

て来ていたシチズン時計の前川祐三氏が部長になっていたので頼んだら、彼自身が工学部の敷地を調べて、最適な場所と時計塔を考え、会社と相談して寄付してくれた。それは今でも工学部の一番の広場にあり、多くの職員、学生が朝夕眺めて大変良いシンボルとなっている。

色々と苦勞の甲斐があったのか、農工大に移って六年目の1987年に教授会で評議員選挙があり、私が選ばれて10月に就任した。評議員会は当時大学の最終的な意思決定機関であった。この選挙で、私は全然運動はしなかったが、電子工学科の先生方が他の各科に働きかけて下さった事で選ばれた。有り難い事であった。

その四年後の1991年には図書館長の選挙があり、またまた教室の皆様が全学に運動して下さって、全学で選ばれて8月1日から図書館長を命じられた。東京農工大学は明治七年に東京帝国大学農学部から別れて設立された東京高等農林と、同じく明治七年にその前身が発足した東京高等蚕糸の二つの名門専門学校が昭和二十二年の学制改革で一つになった大学で、歴史的に貴重な資料、図書が多かった。

K女史については少し頭を悩ました。国家公務員であるから、やたらに首を切ることは出来ない。労働組合もあるので、その様子も横目で見ながら、私自身で本人に、とても電子工学で仕事をする事は出来ない事を諄々と説いて、数年でお引き取り頂いた。その後の助手ポストには前の助教授と気が合わないで、一部屋に閉じこもっていた上迫助手に入って頂き、一緒に研究を進め数々の論文を共著した。私の定年後、上迫さんは電気工学科からスカウトされて助教授となり、更に教授となって定年を迎えた。

1993年3月に私は農工大の定年六十三才となり退官した。在籍期間は十二年と短かったが、色々と務めたので名誉教授にして頂いた。公務員歴四十二年と云う事で、9月には農工大、電総研の両方の方々が集まって盛大な退官記念パーティーを開催して頂いた。

7. 早稲田大学客員教授

私は1951年早稲田大学の電気工学科の卒業であるが、就職した電気試験所で半導体の研究をやることになったので、早大の通信学科、伊藤糾次先生とは

色々連絡をとっていた。共同研が終わる時も教授席のお話しがあつた。その後も連絡を絶やさなかった所、「共同研解散十一年経った今でも五社の有力者の内には、垂井さんの共同研での努力と貢献を忘れない方がいるから、寄付講座を開けそうだ。」というお話しがあつたので、是非にとお願いした。

寄付講座と言うのは、教員の給与、研究費、大学の諸経費を寄付頂けるもので、大変なことであるが、1993年4月に日本電気、三菱電機のご協力を得て、「三菱電機・日本電気寄付講座」による大学院の客員教授として早稲田大学に迎えられた。

共同研解散後、十二年から十八年、殆どふた昔まで私の努力と貢献を覚えていてくれて、大学に多額の寄付をして頂いたことは、私が共同研でやったことは良かったのだと自信を与えて下さいました。寄付を決断して下さいました方々に深く感謝している。

講義では「超集積デバイス」を担当し、研究テーマは1963年にスタンフォード大学留学中に世界で初めて実証した強誘電体メモリーを選んだ。スタンフォード大学の頃は強誘電体薄膜製作技術が未発達であつたので、ベル研から頂いた単結晶強誘電体の上に半導体薄膜を形成して動作を確認し成功した。しかし、この方式では集積回路としては作りづらい。農工大でCVDによる薄膜形成の技術に熟練し、強誘電体薄膜も少し実験を始めていたので、これを使ってLSI向きの強誘電体メモリーを作ろうと云うのである。

早稲田大学では助手は付かなかったが、幸いなことに農工大での研究生：平井匡彦、谷本智の両氏が連続して早大に派遣頂けるようになり、秘書の高見裕子さんも続けられる事となり、私としては割と気楽に母校での客員教授をスタートすることが出来た。

早稲田に移って直ぐの1993年6月に日本学術振興会の薄膜131委員会から強誘電体メモリーに関しての招待講演の依頼があつたので、強誘電体メモリーのスケーリング理論について講演した。我々の強誘電体をゲートとするトランジスタは微細化しても性能が落ちないのである。すなわち、スケーリング理論に乗るのである。このテーマは1994年のIEDMのゼネラルセッションでの招待講演にもなった。IEDMのゼネラルセッションは1977年以来二度目で、当時の座長だったマクレイ博士が控え室を訪ねてくれて十七年間の久闊を述べ合った。更にMOSトランジスタのスケーリング理論を最初に発表したIBMのデナルド博士も控え室を訪ねて呉れて、「スケーリング理論を発展

させて呉れて有難う」と云われた。

研究では1998年に、ここ数年目標として来たシリコン単結晶上に強誘電体薄膜をエピタキシャル成長させることに成功した。具体的にはシリコン単結晶上に単結晶セリアバッファ層を析出させ、その上に強誘電体薄膜であるPLZTを注意深い温度制御によって析出し、ついにシリコン基板と軸方向、回転方向とも良く合ったPLZTエピ膜の成長に成功した。この実験は平井匡彦氏によって行われ、素晴らしい成果である。平井氏はこの業績により早稲田大学より工学博士の称号を与えられ、その後オーストラリアの国立研究所で有機エレクトロニクスの研究を行っている。

8. 武田計測先端知財団

武田郁夫氏は1954年にタケダ理研を三人で創業された。私は1951年から半導体の測定の研究を始めたので色々と接触はあった。1960年代後半になってIC、LSIの発展が目覚ましくなると、武田さんはLSIテスターを是非作りたいと運動を始めた。その結果として、1968年、通産省の重要技術開発費補助金がタケダ理研に交付され、その開発装置の構成および仕様を決定する委員会が日本電子工業振興協会に設置された。その委員長に私が命じられた。幹事には林豊氏にお願いした。LSIとなると機能試験が重要になって来ると考えた。二人で相談して「**ダイナミック・ファンクション・テスト**」についての基本的な考え方をまとめて基本特許を出願した。タケダ理研はこの考えで装置の構成と仕様を決め、試作機を開発した。この装置はその後、タケダ理研から「**高速LSIテスター**」として発売され、その技術はアドバンテスト社に引き継がれている。これについては、アドバンテスト25年史に1頁位の説明がある。その後の50年史では半頁になっているが・・・。

その後、アドバンテスト社の業績が拡大し、大株主であった武田さんは資産家となり、社会還元に思いを寄せられ、一件一億円の武田賞の創設を考える様になった。LSIテスターの開発草創期からの関係からか、武田さんから私に財団の常任理事依頼があった。私も、丁度、早稲田大学が終わった所であり、喜んで引き受け、1999年末から武田計測先端知財団の常任理事で電子情報部門の選考委員長として武田賞の準備に取り掛かった。武田さんの配慮か、私の給与はそれまでの、どの機関よりも多く、二倍を超えていた。ただしそれは後から述べる財政不振になるまでの二～三年の事であった。

かくして、2001年と2002年の武田賞の選考を行った。特に印象深かったのは2002年の青色発光ダイオードについてである。このテーマには既に幾つか賞が出ていたが、全て赤崎勇先生と中村修二さんのお二人だった。しかし我々が調べて見ると赤崎先生のドクターコースの学生、天野浩さんが重要な発見をしている事が判ったので、彼を入れて三名としたのである。

ノーベル賞では、この様に学生の弟子と一緒に受賞する事は無いので、ノーベル賞はついてこないと思っていた。ところが2014年のノーベル物理学賞はこの同じ三人に与えられたのである。私は、ノーベル賞は明らかに武田賞をフォローしたと考えている。

2001年の武田賞によって武田さんの名前が有名になった頃、私は委員会で時々会う東京大学の大規模集積システム設計教育センターのセンター長である浅田邦博教授から、「センターはあるけれど、建物がなくて困っている。50億円位だけれど武田さんに寄付をお願い出来ないだろうか？」というのである。

50億円はとても無理だろうとは思ったが、一応武田さんにお伺いを立てたら「結構です！」と云う返事に驚いた。そこから東大の



2014年のノーベル物理学賞を報じる毎日新聞の号外。
発表当日3人が集まる筈がない。この写真は2002年の武田賞の時のもの。写真の下には武田賞の日付が入っている。
読売オンラインではこの写真と武田賞の説明もありました。
ノーベル賞が武田賞をフォローした事はマスコミも認定？



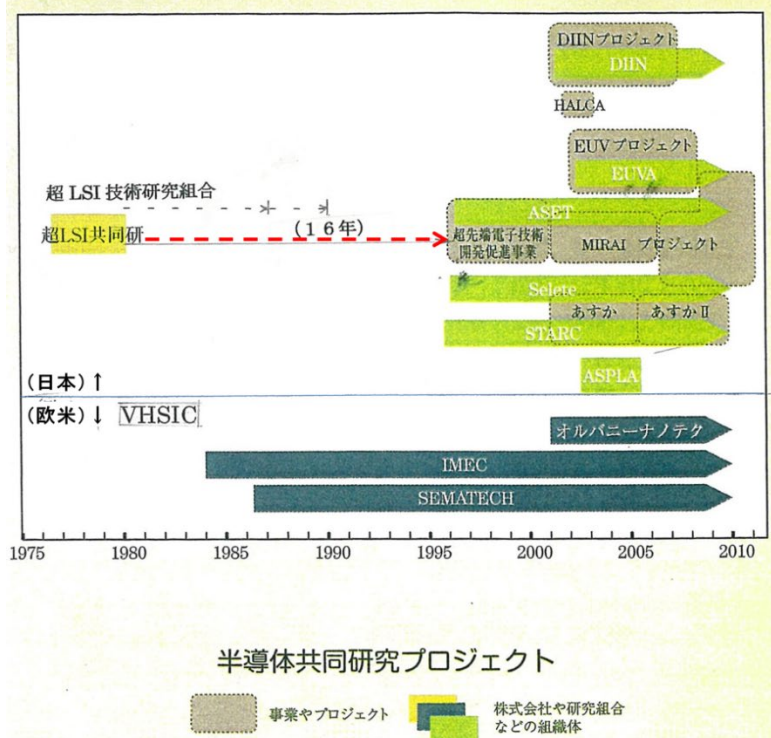
2018年安藤博記念学術奨励賞の表彰式で審査経過を報告している所。
安藤博氏は1919年に十六歳で多極真空管を発明し、特許を取得。その特許料などが、この賞の基金となっている。

「武田先端知ビル」が寄付される事となった。後で伺うと、40億円位になったとの事である。この話を聞いてか、東北大学の大見忠弘先生も武田さんの所に見えて寄付をねだっていた。これについても適当に付き合ったとの事である。

2002年の武田賞が終わった頃から財団の財政不振が伝えられ、2003年の武田賞は中止となった。財政不振の原因は詳しくないので省略するが、東大への寄付は大きかったと想像される。

武田賞が終わった後、私は武田賞に値する様な方のお仕事を本に纏めて出版して紹介するなどして、2016年まで引き続き常任理事を務めた。前記文献(2)の『半導体共同研究プロジェクト』はこの間に財団から出させて頂いた本である。

付 図



(上記の図は文献2から引用+α)

この図から判るように、超LSI共同研究所の成果が上がったので、共同研究と言う方法が良いと云う事で欧米では早速大規模の共同研究が始まった。にも拘らず日本では次の半導体デバイスプロジェクトが始まるまで、超LSI共同研の解散後、何と16年を要した。その原因は日米半導体摩擦にある、その原因の一端を本文で示したつもりである。

9. DRAM

超LSI技術研究組合の目的は、IBMの“まぼろしの1MDRAM”であったと思う。それなのに、今、日本のDRAMは全滅と云う状態になった。更に、付図に示す様に、共同研の成功を見て欧米では共同研究が盛んになったが、

日本では次のプロジェクトまでに16年かかった、その原因の一つは本文に示した事と、その延長線上にある姿勢、対応にあるのではないかと危惧している。

日米半導体摩擦の詳細については、あまり詳しくないが、1986年に「日米半導体協定」が締結され、「1992年末までに外国系半導体のシェアを20%以上にする」と約束させられた。この約束はぎりぎりまで達成されず、1992年第四半期に急増して、目標をクリアしたとの事である。相当な無理をしたので歪みが残ったと思われる。

その頃から韓国、台湾も立ち上がって、その後、サムスンはメモリー世界一、TSMCはシステムLSIで世界一になるのだが、その間、摩擦のターゲットとなったとは聞かない。要するにターゲットとなつては損なのである。

米国製品を20%買わねばならなくなった頃、ある会社の部長さんが、私に「それでもいいですよ。輸入途中の太平洋に捨てて来てもいいですよ。日本の製品の方が良いんですから。」と強気の発言をしていた。トランジスタを発明した米国のポテンシャルを考えない単純な優越感に危なげを感じた。何か戦前の雰囲気残渣を見る様な感じである。

もっと早い段階、80年代に日本のDRAMが世界一になった頃に、米国内で現地生産をするなど、手が打てなかったのかと残念に思います。NECは2000年に米国のローズビルで1G DRAMを含む工場を着工しましたが、遅かった様です。

自動車の場合、産業の歴史の違いもあるでしょうが幾度もの摩擦を乗り越えて未だに米国のシェアを保っているのは、強気一方ではない見通しと粘り強さにもある様な気がします。

今一つ日本のLSIは品質が良すぎて過剰だったのである。日本のDRAMの良品率、寿命の良さは色々の調査で確認され世界に轟いた時代もあった。日本人気質としてはこの方が安心である。しかし、その一面コストが掛かるのである。日本以外では、許される範囲の品質でコストを下げることに注力した様である。1986年の頃、当時、米国のマイクロンでのマスク枚数が日本の半分位だという事、製造過程のウェーハの雑な移動方法などが伝わって驚いた覚えがある。

この様な諸事情もあって、日本のDRAM各社が売り上げ不振になった。そこで、合併して、2000年にエルピーダメモリーを作り、安易なタスキ掛け

人事など詰まらない事をして、再び行き詰まってしまった様である。そこで困って2002年末に日本体育大学出身の坂本幸雄氏に社長を頼んだ。坂本氏は日本半導体製造装置協会などのご挨拶など伺ったところでは、元気で口は達者だけど、慎重さには心配がありそうな方であった。坂本氏は出身会社、学歴などを重視しないなどの改革で2009年まではシェアを上げたが、2010年に、それまでに悪化して来た金融危機、それに対する2009年の金融サミットに於ける財務大臣の発言、日銀の対応の不適切さなどによって、超円高となり経営が悪化し、結局マイクロンに買収される事になる。

話を戻して、米国のターゲットになると云う点では、2018年には中国のハイテク産業育成策「中国製造2025」がターゲットになっている様である。これは相手が中国で、しかもテーマは核心に近い可能性があり、攻める方が問題のトランプ大統領で、日本も関係がある問題だが、どうなるのでしょうか？

10. まとめ

今や日本に残るデバイス事業、東芝メモリーのNAND、車載で発展の可能性のあるルネサスのマイコン、ソニーのイメージセンサーやその他の各社に頑張ってもらいたいと思う。共同研に集まった我々にとって、将来の気持ちの救いはないかを考えて見た。

DRAMなどはAI、IoTなどの発展で今後も活況を呈するだろう。しかし、この産業は、今や装置を揃えれば大量に生産出来る装置産業になりつつある。そこで、中国などが大規模な工場を作って量産を始めている。しかしながら、製造装置を作るにはそうはいかない。これは、共同研で開発した装置が今も発展していることから判る。すなわち、大量に作るデバイスについては、うま味が減るが、製造装置については、うま味は変わらないと思う。だから、共同研で開発した装置、同様にシリコンも当分発展して行くと思う。

共同研とは関係がないが、自動車のEV化でパワートランジスタの大幅な増産が期待されている。このデバイスは特殊なノウハウがあるため、外国勢はインフィニオン位で、日本では三菱電機、ローム、(出来れば東芝)などが注力している。これらパワートランジスタのほとんどは電子技術総合研究所で林豊博士、関川敏弘博士と共に開発、発表し、特許を取ったDSA MOSトランジスタの構造を使っている。この特許は各社が実施契約をして下さったが、東芝が

一番最初に大量のパワートランジスタを生産して下さったのである。

私は、今、武田計測先端知財団の評議員とカシオ科学技術財団理事と安藤研究所の理事で、安藤博学術奨励賞の審査委員長を勤めています。最後の審査委員長が一番仕事が多く、毎年4～5cmの厚みの応募書類を見て、委員会で若い教授達の意見を聞いて、表彰者を決め、表彰式で私が審査経過を発表するというものです。2018年の受賞者の一人は、マスター1年までに筆頭著者の学会誌のフルペーパーが三件あり、マスター2年でアイルランドでの国際会議で研究発表して賞を貰った二十三才の女性でした。萌芽性があるという理由で受賞しました。

私の一生を振り返ってみると、超LSI共同研までは『超LSIへの挑戦』(文献3)に書いたように、超LSIの為になる様な準備を色々として来たみたいで、超LSI共同研の後、陰になり陽になりして、そのお陰を受けたと感じています。特に早稲田大学での「三菱電機・日本電気寄付講座」は、陽のお陰で、共同研解散後十二年から十八年に渡って大学に多額の寄付を頂きました。厚く御礼申し上げます。

全般的には、五社の皆様、根橋正人専務理事、共同研の所員の皆様、東京農工大学の皆様、早稲田大学の伊藤糾次先生、武田計測先端知財団の武田郁夫理事長、電子技術総合研究所の傳田精一博士、馬場玄式氏、林豊博士、関川敏弘博士などなどの大勢の皆様にお世話になったお陰で一生を半導体～超LSIと共に歩むことが出来て幸せだったと感謝する次第です。

本文では共同研について研究以外の話を主にしたので、私の厳しかった立場の話が多くなったくらいがあります。しかし、任された研究の面では多くの優れた方々と楽しく、未知だった超LSIの基礎技術を開発できて、私の人生のピークを迎えさせていただいた楽しい思い出に満ちています。

そこで、最後にこの共同研・同窓会があって欲しい形として、『4研同窓会誌』のご挨拶にあった、次のフレーズを引用させていただきます。

「楽しい思い出は豊かな日々と心を支えます。居場所になります。お守りになります。」

完

追補

この本は超 LSI 共同研究所の 40 周年を記念して、執筆され、同窓会で配られました。すなわち、元共同研所員に読んでもらう為に書かれたものです。

そこで、巻頭の垂井の思い出には、共同研究所の成り立ち、組織、その成果などについて、触れていません。

この度、好評により、元所員以外にも配本出来る様な出版が計画されました。この場合には共同研の成り立ち、組織、主なる成果などの紹介も適切と思われます。

これを補う為、以下の最近発行されました産業タイムス社、電子デバイス産業新聞の連載の一部を転載させていただきます。

電子デバイス産業新聞 「超 LSI 共同研究所とその前後」

第 3 回、 2019 年 2 月 21 日 発行

第 4 回、 2019 年 2 月 28 日 発行

エピローグ 第 1 回、2019 年 9 月 5 日発行

「超 L S I 共同研究所とその前後」

執筆：垂井康夫（東京農工大学名誉教授）

第 3 回「超 L S I 技術研究組合①」

苦心した共同研究テーマの決定 「基礎的・共通的」が標語に

■概要

超エル・エス・アイ技術研究組合は、(株)コンピュータ総合研究所、富士通(株)、(株)日立製作所、三菱電機(株)、日電東芝情報システム(株)、日本電気(株)、東京芝浦電気(株)の 7 社が、将来のコンピューターシステム開発の要となる超 L S I 技術を開発する目的で 1976（昭和 51）年 3 月に設立された。工業技術院電子技術総合研究所と日本電信電話公社の協力を得て、ナショナルプロジェクト体制

で4年計画で進められた。

■共同研究所 ①研究組合と共同研のテーマの決定

私が共同研の計画に加わったのは、75（昭和50）年10月に始まった5社と2つのグループ、共同研の研究テーマ、さらに、それらの相互関係を決める通産省の小委員会に私が委員長を命じられた時からである。

あらかじめ日本電子工業振興協会に研究者が集まって作った案もあったが、これは主として研究者が集まって作ったものなので、実働部隊の部長さんを集めると、意見はなかなかまとまらない。特に、共同研が1ヵ所に5社の方を集めて研究しようとするので難しい。

最大の問題はノウハウである。先進企業は、共同で研究することによってノウハウが流出することを恐れる。そんなことから、高価な輸入装置を購入して時々集まって評価したらどうかという案などが出る。これなど、果たして研究といえるかどうか疑問である。もちろん、真面目に共同研究を考えて下さる方もいらっしやったが、とにかく最初は、研究的性格でないものに金を使うような案が多く、議論はなかなかまとまらなかった。

そこで、私は以前から別のことで考えていた「**基礎的・共通的**」という言葉を使うことにした。すなわち、将来の超LSIの発展の根源となるように基礎的で、しかも各社に共通して役立つものを選ぼうというのである。基礎的であるから、それまでのノウハウを持ち込まねばならない必要が少なくなる。また共通的であることから、各社に関心をもって期待してもらえるのである。

この提案によって皆さまの納得と協力が得られた。この言葉が4年間を通しての標語となった。

その結果決まった研究組合全体のテーマと共同研究所の担当分野を図1に示す。白色部分が共同研の担当である。微細加工と結晶の全部、そしてこの2つのテーマを進めるための最小限必要なプロセス・試験、デバイス技術を担当した。プロセス、試験、デバイスの3つのテーマについても、超LSIに必要な装置の開発は行った。設計技術は最も製品に近い分野であるので共同研ではやらないことにした。これについては後でメーカーの方から「ありがとうございます

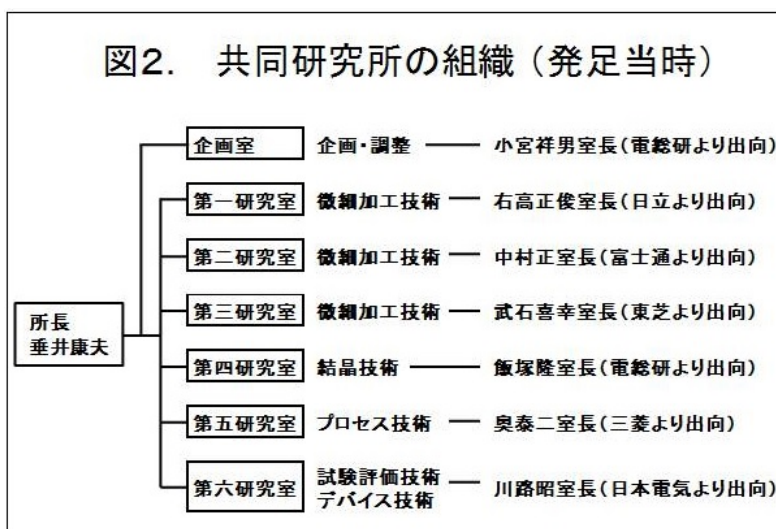


ました」と言われた。

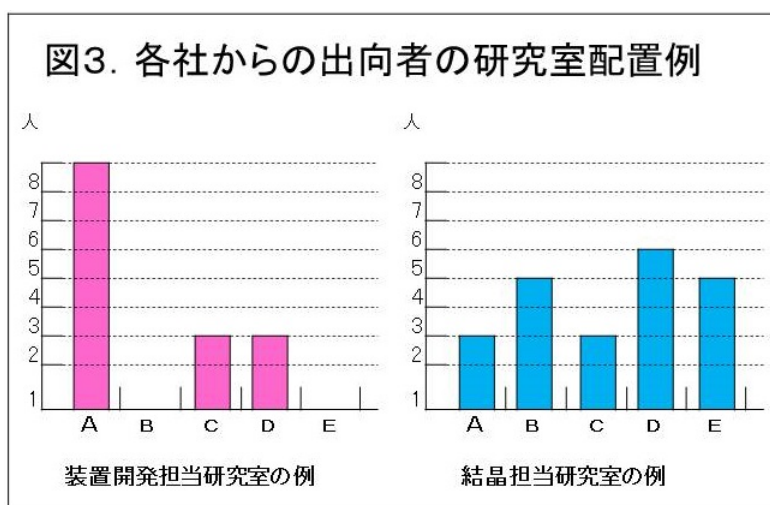
■共同研究所 ②人材の確保と配置

いかなる組織も、そこに集まる人によって成功・不成功が決まるから、各社に色々をお願いした。派遣する人について、早くから検討して、一番地位の高い人を派遣して下さったのは東芝であった。当時、総合研究所半導体集積回路研究所長であつ武石喜幸氏の出向を決めて下さったのである。その他の会社についても、あらかじめお目にかかる機会を作った。室長以下の人選は、各社からの室長が自分の会社から良い人を連れてきてくれるように努力してくれた。

問題は、各社からの出向者をどのテーマに付けるかである。「超LSIは微細加工が重要」として、各社これを希望した。しかし、それでは研究所が構成できないので、各社の電子ビーム装置についての実績から判断させていただき、微細加工の3つの研究室の室長は図2のように決めた。



次は研究室内の配置である。結晶技術は学問的な面が多いので、各社からそのような専門の方を派遣していただいていたので、それらの方を集め、室長は電総研からとし、図3のよ



うにアトランダムな構成となった。

一方、微細加工の研究室については、大きい装置、例えば電子ビーム描画装置などを出向元の親会社で行う場合、親会社の技術を十分に利用するため、図3のように、その会社からの出向者の数を多くして、微細加工研究室の室長を取れなかった会社の出向者を2入ずつ入れて、3つの微細加工研究室の情報がすべて入るようにした。

第4回「超LSI技術研究組合②」

共同研究が現代に残した3つの成果 装置・材料の国産化に成功

■共同研究所 ③共同研の成果

産業的な面からは、それまで輸入に頼っていた半導体製造装置を国内で製造できるようにしたのみならず、多くの外国に輸出できる装置を開発した点にある。主な開発した技術で、現在活動中のものは以下の3つである。

（1）電子ビーム描画装置

マスク描画装置は共同研からの発注が東芝機械を経由して、現在㈱ニューフレアテクノロジーで生産され、世界シェア70～80%とのことである。

ウエーハ描画装置としては日本電子㈱（JEOL）の可変ビーム描画装置がある。最近、電子ビームの数を多くするマルチビーム描画装置がオーストリアのIMS社により開発された。この $512 \times 512 = 26万2144$ 本のビーム発生装置と、日本電子の超高性能電算機プロジェクト以来、長年改良を重ねてきた描画機プラットフォーム（エアベアリング真空ステージ搭載）を組み合わせで発売されている。描画速度は、7nmパターンで6インチ標準マスクを描画したとき12時間以下とのことである。

マルチビームはニューフレアテクノロジーも開発中であり、3月に完成とのことである。



（２）ステッパー

ステッパーは共同研からニコンとキヤノンに発注され、その後両社によって商品化された。１９８０年代は両社によってほとんどの世界シェアが満たされたが、８４年にベルギーのフランダース地方政府によってIMECが設立され、同じ年に隣国のオランダでフィリップス社からのスピナウト企業としてASML社が設立された。

IMECとASMLは長年の戦略的パートナーシップを続けており、８４年にASMLの最初のKrF露光装置がIMECに出荷され、IMECの試作ラインに設置されて以来、世界中から来た研究者がこれを使用して、多くの情報がASML社にフィードバックされると同時に、研究者の派遣元への購入も進んだと考えられる。

先端機種、ArF液浸まではニコンとASMLが激しく競り合い、スペック上ではニコンの方が良い面もあったが、結局ASMLの方が優勢となり、次のEUVについてはASMLが独占している。

従来機種についてはニコン、キヤノンが活動中で、例えばi線ステッパーについては２０１６年実績でキヤノンが世界シェア５７％、ニコンが２０％で、キヤノンは１８年後半に宇都宮工場を拡充して、１７年度比１．５～２倍にしたようである。

（３）シリコンウェハー

共同研では１２５mmサイズへの大口径化であったが、微細リングラフィーで問題となるウェハーの反りと変形および微小欠陥の３項目を、当時のシリコンメーカー５社について測定・分析し、その結果をフィードバックした。

その後、日本メーカーが世界のシェアの過半を占めてきたが、現在、信越半導体が１位で３０％強、SUMCOが２位で３０％弱である。３位のグローバルウェーハズ（台湾）が東芝セラミックスのウェハー部門などを買収して、どんどん伸びてきた。

大口径化については、３００mmウェハー開発において、日本ではスーパーシリコン㈱が設立され、３００mmのほか００年ごろに４００mmまで作った。その１枚が写真に写っている。

現在、次期ウェハーは、４５０mmとされ、そのウェハーを使ったVLSI製造技術をオルパニ



ーナノテクに主要メーカーが集まって検討中である。残念ながら日本のメーカーは参加していない。

■共同研成功の理由

超L S I 共同研が成功した理由としては以下の3点、①電気試験所で生まれたシーズ（種）があったこと、②所長に研究室の構成、研究員の配置、研究および予算の使い方などを任されたこと、③構成員の協力が大変良かったこと、などが挙げられる。

「エピローグ 第1回」

○【日本半導体の敗因】

○主要因の1つに「日米半導体摩擦」

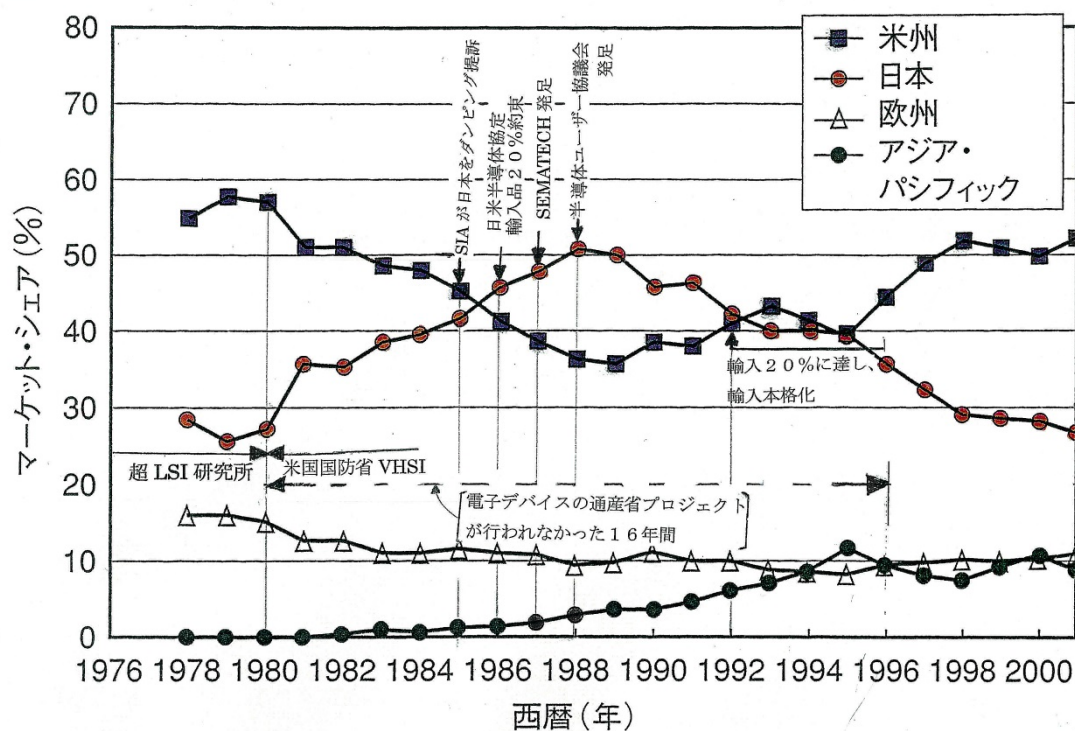
○日本製品の過剰品質と高コストも

本紙電子デバイス産業新聞で2019年2～4月（第2333～2342号）に10回にわたって掲載した東京農工大学名誉教授 垂井康夫氏の連載『超L S I 共同研究所とその前後』。そのエピローグを3回にわたってお届けする。



筆者の本紙への連載『超L S I 共同研究所とその前後』が始まった2月7日のすぐ後、2月18日の日本経済新聞に「日の丸半導体4つの敗因」という表題の記事が出た。そこでは、敗因に日米半導体摩擦に触れていないので、これは重要な項目が落ちていると考え、その根拠を示すべく図を用意して説明することにした。この図はもともと、1996年に開始されたS e l e t eの専務を務めた小宮啓義氏が発表したものに、筆者が必要な事項を書き加えたものであ

る。世界4地域のマーケットシェアの年次変化を示している。



〔出典: グラフは小宮啓義『日本半導体産業の課題』, 電子ジャーナル, p.8, 図1-1 (2004) 〕
 事項書き込みは垂井

半導体メーカーの国籍別市場占有率推移

■超LSIプロへの反発

連載で詳しく述べたように、超LSI技術研究組合が76年にできてから、米国国内で「この国家プロジェクトは何をやっているのか」という疑念が生まれ、その後、度重なる国内新聞発表による斬新な研究発表が次々と発表されるのに対応して、米国国内で疑念と反発が高まり、遂には国家の安全保障問題にまで発展し、超LSI共同研究所が解散した80年には、米国国防省による全額国費のVHSI (Very High Speed IC) プロジェクトが開始された。

このプロジェクトはHigh Speedと謳っているけれども、テーマとしては超LSIをフォローするものであった。マーケットシェアの図で、このVHSIの始まった80年を見てみると、マーケットシェアは2年前よりも低いくらいで、まだ貿易摩擦が始まっているわけではない。純粋に超LSI技術研究組合の脅威に対抗するものであることが分かる。

■日米半導体貿易摩擦

その後、超LSI共同研究所で開発した製造装置と超LSIグループ研究所

で開発した超 L S I の製造ノウハウを使うことによって、マーケットシェアは急速に増加を始める。85 年に 40 %を超えたところで S I A が日本をダンピング提訴するが、増加は止まらない。

翌 86 年に遂に日米半導体協定によって「92 年末まで輸入品を 20 %にする」という約束をさせられる。なぜこんな歴史に残るようなアンフェアな協定を日本が受け入れたか。米国は伝家の宝刀「国内包括通商法 301 条」を持ち出し、その発動をチラつかせたのである。すなわち、日本が必死になって超 L S I のノウハウを守ろうとしているところに、頭越しの艦砲射撃のように数量規制が行われたのである。

この協定の実行は大変だったようである。その後も図で分かるようにマーケットシェアは増え続け、88 年に 50 %を超えたが、輸入品を 20 %にするという約束は全く満たされなかった。そこでこの年、半導体ユーザー協議会を発足させ、輸入の促進を図った。この協定は大変不条理に満ちたものであった。しかし、約束は守らねばならないので、約束の 92 年第 4 四半期に強引に 20 %を実現した。相当な無理をして、歪みが残ったと思われる。皇后雅子さまはこのころ外務省にお勤めで、日米半導体摩擦に関しても首脳らの通訳などとして活躍されている。

■ S E M A T E C H の発足

この間、米国でも対日の共同研究所を作ろうと着々と準備を進め。87 年に米国における独占禁止法に当たるアンチトラスト法の下でも政府の補助が民間でも使えるように変えて、国防省と米国に本社を持つ半導体メーカーが 1 万ドルずつ投じて、S E M A T E C H (SEmiconductor MAnufacturing TECHnology) がスタートした。S E M A T E C H は日本に対抗するために始まり、当初はプロセス、デバイスを重点にスタートしたが、その後、日本の超 L S I 共同研究所と同様に半導体製造装置開発に重点を置いた。それが功を奏し、93 年には図で分かるように米国のマーケットシェアも回復し始めている。

そこで、95 年に政府資金援助は終了し、非米国籍企業の参加が認められるようになり、98 年には International SEMATECH を発足させ、共同で半導体製造技術を開発する世界規模のコンソーシアムへと発展した。

マーケットシェアの図では、95 年に日米のシェアは約 40 %で拮抗する。その後の変化は 40 %の線を基準にして、ほぼ上下対象になっている。すなわち、日本のシェアが減った分だけ、ほぼ米国のシェアが増えているのである。

■ 日本製品の過剰品質

このあたりの日本シェア減少の今 1 つの原因は、日本製品の過剰品質にある

と考えている。日本のDRAMの品質、寿命の長さは、米国の会社の試験によって一番良いと確認され、世界に轟いた時代もあった。日本人気質としては、この方が安心である。しかし、その反面、コストがかかるのである。日本以外では、許される範囲においてコストを下げることに注力したようである。

その代表が、後に日本のDRAMを買収するマイクロンである。96年当時、マイクロンでDRAMの製造に必要なマスク枚数が日本の約半分だという話が伝わり、驚いた覚えがある。この「許される範囲においてコストを下げる」という発想は日本にはなかったと思う。トランジスタ、ICと発明してきた米国には、このような新発想も生み出す多様性もあったということである。

このような諸事情もあって、日本のDRAM各社が売り上げ不振になった。そこで合併して00年にエルピーダメモリを設立したが、安易なタスキ掛け人事など、つまらないことをして、再び行き詰ってしまったようである。

そこで困って、02年末に日本体育大学出身の坂本幸雄氏に社長を頼んだ。坂本氏は日本半導体製造装置協会などのご挨拶などうかがったところでは、元気で口は達者だけど、慎重さにはいささか心配がありそうな方であった。坂本氏は学歴、出身会社などを重視しないなどの改革で、09年まではシェアを上げたが、10年にそれまで悪化してきた金融危機、それに対する09年の金融サットにおける財務大臣の発言、日銀の対応の不適切さなどによって超円高となって経営が悪化し、結局マイクロンに買収されることになる。

■サムスンなどの進出

上で述べたマーケットシェアの図で96年以降の日米の対称性のわずかな差は、韓国などのアジア勢の進出にあると思われる。サムスンの発展の歴史を見ると、米国、日本からの技術移転が多く見られる。

例えば、84年にはマイクロンから設計技術の移転が行われ、85年にはインテルが早々とDRAMの生産を終了し、その技術をサムスンに移転したという話がある。(注1) 日本からは、86年に当時最新鋭だった東芝大分工場の総括担当製造部長をスカウトして、大分工場と同じ工場を作らせたということである。

かくして92年にサムスはDRAM世界一となるのである。すなわち、世界一になるのが悪いのではなくて、日本はわざわざターゲットになって、米国の反撃に会い、その後発展できなかったのだと思う。

ところで、冒頭の4つの敗因のうち①コングロマリットの経営速度ではグローバルに通用しなかった。投資判断が常に何歩か遅れ、規模も小さく、競争からはじき飛ばされた、②グローバルに戦う企業にふさわしいトップの不在は、この図のどこであり得たのでしょうか。

（注１）その後、牧本次生様から教えて頂いた所によるとインテルは撤退後、フリーになった技術者を１００人以上の規模で長期間韓国に滞在させて支援し、韓国のDRAMシェアは日米協定が始まった８６年から急速に立ち上がったとの事である。

以上