

〈調査報告〉

半導体製造装置企業A社の受注・納入業務と人材育成

上 田 智 久
夏 目 啓 二

キーワード

半導体産業
納入業務
半導体製造装置
FPD 製造装置
人材育成
サポート体制
受注業務
技術者の移動

調査概要

国内大手半導体製造装置企業に対し、表記のテーマにてヒアリング調査を行った。インタビューを通じて貴重なお話を聞くことが出来た。なお、今回のヒアリング調査は、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤C）「日米 ICT 多国籍企業とアジア ICT 企業との研究開発に関する国際比較」（研究代表者：夏目啓二 2010年～2012年）による研究の一環として実施したものである。ご対応いただいた皆様には深く感謝申し上げます。なお、調査報告書の作成にあたり、Ⅰ. は、夏目と上田が担当し、Ⅱ. 以降のヒアリング調査は、上田が担当した。

Ⅰ. 半導体産業と製造装置企業

半導体は家電製品はじめ、自動車産業や医療の現場など、様々な分野で利用されている。半導体は、現代の社会を支える重要な産業と言える。そして、こうした半導体を製造する際、熟練・未熟練の労働者・技術者も然る事ながら、製造装置も極めて重要な役割を担っている。半

導体産業が誕生した初期、製造装置の大部分は半導体企業内部で製造されてきた。しかしながら、日々技術が進歩する中、製造装置に対する研究開発費は膨大な額となり、現在では半導体企業にとって代わり、製造装置産業がその開発・製造役割を果たしている。

このような環境の中で、現在、半導体企業が新規に装置を購入する際、単純に製造装置を買い入れているわけではない。既に納入実績のある装置を追加で購入する場合と異なり、新規で購入する場合は2年～3年の月日を要する。長い時間をかけ要件定義を行い、また、複数の装置企業が競争し合う中で基準を満たした企業にのみ発注が決定するのである。非常に激しい競争環境の中で、受発注が行われている。

このように半導体企業から半導体製造装置を受注した製造装置企業は、顧客の半導体企業の要件定義にあわせて製造装置を開発・製造し、顧客企業に製造装置製品を納入する。しかしながら、半導体製造装置企業は、製造装置製品を単に納入するだけではない。納入し、前後の工程にある製造装置との複雑な調整が数週間～1か月に渡り行われる。したがって、装置企業が各半導体企業に同様の装置を納入したとしても、各社によって調整が異なるため、標準化されているわけではない。また、納入業務が終了した後も、納入した装置に不具合が発生すれば即座に対応できるよう、24時間体制でエンジニアを各支店に待機させている。このような形で製造装置企業は、装置の受注・納入業務を行うだけでなく、実際に使用される中でも常に納入を受けた半導体企業と密接な関わりを持っている。

さらに、次世代の製造装置を開発するため、各半導体企業で納入した際の細かなデータが生かされるよう、自社内部で情報の共有化が進められている。各半導体企業のニーズに繋がるデータであれば、次世代の製造装置に反映されていく。これが、半導体製造装置企業の一連の業務プロセスである。このように製造装置業界では、顧客である半導体企業との間の製造装置製品に関する情報共有が重要であり、完成品の単なる受注と納入では業務プロセスが完結しない業界構造をもっている。換言すれば、半導体製造装置業界の製品は、ブラックボックス化された製品＝単なるレシピ付製造装置製品ではないのである。

そこで半導体製造装置業界において、いかに製造装置企業が製品の受注・納入・研究開発を進め、さらに人材の育成が図られているのかについて、詳細なヒアリング調査を行った。以下は、ヒアリング調査をまとめたものである。

Ⅱ．製造装置の納入業務

製造装置の設置・納入業務は、「スタートアップ・エンジニア」と呼ばれる技術者によって行われる。1台の製造装置を納入する際、3人～8人程度で業務が遂行される。製造装置を納入する業務期間は、短いケースであれば約1週間～2週間である。長いケースになると、1ヶ月以上かかることもある。製造装置の納入にあたっては、工場で完成した製造装置を一度分解し、それを顧客の工場に運び再度組み立てる。その際、顧客の工場内で単に製造装置を組み立てるだけでなく、他社（前後工程の装置企業）との擦り合わせも重要になる。また、製造装置を起動させるためには、電気やガス、そして水なども必要になる。そのため、製造装置を「設置完了」するまでには、様々な業者との擦り合わせを行わなければならない。「設置完了」とは、顧客との契約に基づき規約通りに製造装置が起動することを意味する。

ただし設置完了したとしても、直ぐに顧客が高い稼働率や歩留率にてデバイス製造を出来る

わけではない。特に最先端の新製品デバイスを製造する場合などでは、設置完了を終えた段階での歩留率は数十％程度のこともある。それをいかにして迅速に、100％近くまで歩留率を高めていくのかが、デバイス製造において大きな課題となる。課題を解決する際、基本的には顧客が独自に製造装置のプロセスをチューニングし、歩留率を改善していくことが前提となる。しかしながら、中には装置性能に依存するケースもあり、半導体企業と装置企業の技術者が協力して改善することによって、歩留率の高い製造装置へとチューニングしていく。なお、既存デバイスの製造ラインを増設する場合には、当初から高い歩留まり率を達成することができる。

装置企業が、顧客からの製造装置に対する要望（基本的な機能や製造装置の設計変更など）に応えていくことで、迅速に性能・稼働率・歩留率の向上が可能になる。従来、装置性能の向上が装置企業の役割とされてきたが、昨今では徐々に歩留率を上昇させることについても、重要な役割を担うようになってきている。1980年代半ば頃までは、装置を納入した後、半導体企業側からハード的な要望のみが装置企業側へと知らされるだけであった。しかし昨今では、顧客がどのような意図で製造装置への要望を行うのかについても、当初から伝えられるケースが多くなった。その結果、迅速かつ的確な改善が行われるようになってきている。

半導体製造の工程は約500工程あるため、顧客側のエンジニアもデバイスを製造する当初、「どこに問題があるのか」ということを把握しきれないケースもある。500工程ある中では、必ずしも一つの工程が歩留率に影響を及ぼしているとは限らない。こういった中で、要望の意図が把握できていれば、納入した製造装置の範囲内ではあるが、素早く対応することが出来る。ただし、顧客が持つ固有の競争力に関わる技術的な問題である場合は、現在でも「なぜそのような要望を求めるのか」ということについては、伝えられないことが多い。

Ⅲ. 納入業務におけるスキルの習得と人材の育成

顧客の満足を得るために必要な人材のスキルは、少なくとも自社の製造装置に精通していることである。スキルを磨くためには、人材育成のカリキュラムをこなすだけでなく、現場に出向きそこで覚えることが望ましい。実際に装置の製造工場において、ものづくりを経験すれば、自然と製造装置に関するスキルを身につけることが出来る。そのために、今回ヒアリングを実施した企業の新入社員は、まず製造工場勤務することになる。その他にも装置企業の社員は、顧客に提供する製造装置の前工程と後工程にも精通していなければならない。前後の工程を把握していなければ、顧客の要望に対して的確に伝えることが出来ないからである。

もちろん現場での経験だけでなく、人材育成のカリキュラムも重要であり、各社独自に人材育成のカリキュラムをもっている。どの企業にも共通して言えることは、個人の経験年数やスキルに合わせた幅広い教育プログラムを用意している点である。その中身を見ると若手育成コース、プロフェッショナルコース、マネジメント育成コース、次世代リーダーコース、グローバルコミュニケーションコースなどといったプログラムがある。

若手育成コースでは、入社3年までを義務とし、仕事の基礎（心構え、知識）を学ぶ。プロフェッショナルコースでは、高度なデバイス技術を習得するために、大学講師や社内講師から専門知識を教わる。マネジメント育成コースでは、経営戦略に対応した組織運営のスキルを修得していく。次世代リーダーコースでは、選抜社員を対象に行われる。ここでは主に、意思決定の基礎となる経営哲学を真に理解するため、経営者層との徹底した対話がなされる。最後に、グローバルコミュニケーションコースでは、語学の習得だけでなく異文化交流が可能な人材の育成が行われる。このような座学と実地の両面から、自身が今後必要となる知識を習得してい

くことで、体系的な人材の育成を図っている

また、この業界に限らないが社員の活力が競争力の源泉であると捉えられ、各社いろいろな方法でモチベーションを向上する為の施策が行われている。特にこの業界には、シリコンサイクルと呼ばれるものがあり、景気の変動が激しいため、従業員のモチベーションを維持していくことは重要な課題である。各社、創業時の起業精神の浸透や企業風土の醸成などに努力している。ある会社では、会長自らが現場をまわり、直接対話や議論するなどの活動も行われている。

Ⅳ. 迅速な稼働と顧客情報の共有化

製造装置を納入する業務の中で、半導体企業が求めるニーズにはミクロ的なものとマクロ的なものがある。まずはミクロ的なものであるが、複数の顧客に同様の製造装置を納入するとしても、各顧客によって要望は異なる。したがって、各顧客に納入した際に受けた要望については全て記録し、その後に追加受注があった場合、既に前回受けた要望（課題）を解決した製造装置を納入するようにしている。次にマクロ的に見ると、製造装置を日々進化させていく中で、顧客が求める共通のニーズもある。この点については、製造装置の開発・設計段階において基本プロセスとして体系化させることで、迅速な稼働へとつながるような製造装置の改善が行われている。

具体的には、スタートアップ・エンジニアが実際に顧客の工場で製造装置を納入し、その際に受けた要望を開発・設計の担当者に伝え、常に情報を共有化する。製造装置を納入する際に顧客から聞いた情報は、全て自社内部にフィード・バックするような体制をとっている。フィード・バックする中で他の顧客にも通じ、直ぐにでも改善すべき点については、納入を受けた顧客にその情報を伝える。また、「改善通知書」を発行し、納入済みの装置についても改善を行うことがある。その中で次世代の製造装置の開発・設計につながる情報があれば、開発・設計のエンジニアの判断によって、反映さ

れていくケースもある。その結果、新たな基本プロセスを組み込んだ製造装置が開発されることによって、基本プロセスが最適プロセスへと近いものに進化していく。

製造装置内部は、標準部分とカスタマイズ部分の2つに大きく分けることが出来る。もともと製造装置は受注生産であり、顧客の要望ごとに設計された製造装置を納入していた。しかし1990年代から、標準部分を中心にカスタマイズ部分を付加する形で製造装置が生産されるようになった。標準部分は全ての顧客に通じ、それに対してカスタマイズ部分は、全装置の2割程度であり、ここが顧客ごとに異なる。この点については、先にも指摘したように共有化された情報の中から、全顧客に重要な技術情報であれば製造装置の研究開発に反映させることで、カスタマイズのパーセンテージは日々減少している。

もし仮に、全ての顧客が同様の工程で同じデバイスを生産するのであれば、製造装置の生産体制は大量生産型になる。しかしながら現実には、各顧客によってデバイスの設計、工程ラインやプロセスが異なるために、共通した製造装置を全ての顧客に納入することはできない。したがって、製造装置の生産体制としては、変量生産型になる。

V. 製造装置の受注プロセス

顧客に対して完成した製造装置を納入し、設置完了していくことは重要な作業である。しかし、それ以前の段階から顧客満足を得ることが出来なければ、製造装置の受注にまで至ることはない。先にも述べたように、製造装置にはカスタマイズ部分が存在するからである。製造装置を生産するにあたり、カスタマイズ部分については、納入以前に顧客との話し合いによって決められる。まず、受注に至るまでの初期段階としては、顧客に標準化された製造装置を貸し出し、実際に顧客がそれを使用することで製造装置の評価を行う。その中で色々な要望があり、それをクリアした段階で初めて見積もりを提出

することが出来る。逆に、評価の段階で顧客を満足させるだけの機能を提供することが出来なければ、受注・生産には至らない。

納入以前の評価段階をクリアすることができ、受注契約が成立した後、初めてスタートアップ・エンジニアが顧客の工場に出向くことになる。そして製造装置の設置完了が済み、装置は稼動していくのである。顧客が新規に製造装置を購入する際には、1年～2年程度の評価期間を設けている。この期間中にコンペが行われ、購入する製造装置が決められていく。製造装置は、一台数億円するため顧客も時間をかけて評価し、どこの装置企業に発注するのか慎重に選択していく。

今回の大震災(3.11)でも、生産能力回復への不安から、競合へと顧客が流れるのではといったことを不安視する声が一部の投資家からあった。しかし受注契約に至るまでに、半導体企業側においてもかなりのコストが発生しているため、受注先を他の企業へと容易に変更することは出来ない。顧客が持つ製造ラインの前後関係、また500工程ある中で、ある部分だけを他社に変更すれば、正常なラインを確保できない危険性が生じるからである。その他にも、製造装置企業ごとに製造装置の大きさも異なっているため、配置する場所やスペースも問題となる。製造装置を入れ替えるということは、工場のレイアウトそのものが大きく変わってしまうことを意味する。評価期間中に半導体企業の要望をクリアするためには、営業の社員だけでなく、プロセス評価グループ、開発グループなど一体になり、改善を重ねビジネスを進め、ようやく契約をとることが出来る。当然、競合他社も同様の活動を行うので、評価期間は激しい競争になる。

また、半導体製造装置事業に限らないが、グローバルに事業を展開する上でシェアは重要な要素である。シェアNo.1になることは、単に売り上げの向上だけでなく重要な意味を持つ。シェア率の向上は、様々な顧客のニーズや将来のトレンド把握することに繋がる。これは将来

の開発や事業戦略に欠かせない情報となり、マーケット・リーダーの地位を継続する上で重要な要素である。そのために、各社はシェアNo.1を目指している。

VI. 製造装置の進化と人材の移動

半導体企業から、製造装置企業へと移動してきた技術者は存在している。正確な人数は把握できていないが、少なからず人材の移動が起きている。技術者のタイプとしては、プロセス・エンジニアや、インテグレーション・エンジニアなど多岐にわたっている。装置企業としては、顧客満足度を高め、競争力を強化するには、実際にデバイス製造を行っていた技術者からデバイス工場の中で、何が起きているのかを把握する必要がある。ここには、製造装置の日々のメンテナンスなども含まれる。顧客が何を重視しているのかという、深層部分を理解するには、顧客側の技術者にしか知り得ないところが多くある。製造装置側の目線ではなく、実際にデバイスを生産している側から見たときに、どのようなニーズがあるのかを知ることは、今後の納入業務や製造装置の研究開発にとって重要である。

前述した通り、現在の半導体工程は約500工程ある。半導体企業にとって、工程数の削減や新しいプロセスへの挑戦は、コスト削減やリードタイムの向上、デバイスの性能向上などで競争力を高める重要な課題である。しかしながら、現在の製造工程は非常に複雑化していることから、全工程を理解している技術者は少ない。複雑化する工程の中で、安易に工程数を削減しようとし、製造装置の台数やプロセスを見直した結果、弊害が生じる危険性もある。したがって、うかつに工程を削減することは出来ない。

また、ある工程で使用した装置を他工程で再利用することはコストの削減につながるため、重要な課題ではあるものの、それには改造やプロセスのチューニングといった作業が伴い必ずしも容易ではない。特に最先端のデバイス生産用新規ラインにおいては難しい。したがって、

そのような場合、多くの顧客は新規に高価な最先端の装置を調達し、ラインを立ち上げる。最先端デバイスの生産ラインの立ち上げには多くの課題があり、新規装置をラインに並べたほうが他工程の装置を再利用するよりも、迅速かつ効率的に生産できる。デバイス製造は、年々複雑になっているため、今後はさらに製造装置側から顧客の真の問題を把握するのが困難になる。それを補うには、半導体企業におけるデバイス製造に従事していた技術者の持つノウハウが、装置企業にとって重要になる。現場で即生かせる知識を持った経験者（半導体企業の熟練者）の採用は、装置企業にとって大きな意味を持つ。

しかしながら、顧客によっては財政状況の問題から、数億円もする高価な製造装置を工程数に応じて何十台も購入する余力がない半導体企業もある。世界的に有名な半導体大企業であっても、厳しいグローバル競争の中で、コスト削減に対する負荷が年々大きくなっている。今後は更に工程削減や装置の再利用が進むと予想され、それに対応することは装置企業にとっても重要な戦略になると思われる。

VII. 半導体製造装置と FPD 製造装置の差異

昨今、太陽電池やフラットパネルディスプレイ（以下、FPD）の海外製造装置企業は急速に成長している。海外の半導体製造装置企業、とりわけ韓国の製造装置企業はまだ育っていないものの、FPDでは変化が起きている。半導体の製造装置は、FPDの製造装置と異なった特殊性を持っている。FPDを製造するうえでの差別化要因は、これまでパネルの大型化が中心であり、半導体製造装置に比べると複雑さは比較的少ない。そのため、急速に製造装置の開発が進んできた。さらに先にも指摘したように、半導体の製造装置にはカスタマイズ部分があるため、こうした製造装置を他の企業へと納入することは出来ないが、FPDの場合それも比較的少ない。その他にも、常に微細化が求められ、工程数が年々増大する半導体製造装置に比べる

と、比較的早期に生産ラインを立ち上げ、歩留まりを向上することができる。現在のところ、半導体製造装置はFPD製造装置ほど標準化は進んでいない。しかし、今後はFPDと同様に変化していく可能性が高いと思われる。

VIII. 新入社員の人材育成と昇進制度

本社採用（大卒、院卒の場合）の人材であっても、まずは製造装置の知識を体得し、現場を知るために、3年間ほど工場での実地業務を行うように推奨している。ここでは、工場の従業員として設計や製造に従事する。そして実地業務が終了した後、採用時の所属先に復帰する。

営業部門の社員であってもこうした実地訓練を受けているため、ある程度の製造装置に関する知識と製造や顧客先での現場の実態を理解できる社員が育つ。その結果、顧客と迅速かつ満足するビジネスを遂行することが出来る。しかし、常に営業が単体で顧客とビジネスを行うわけではない。より具体的な話になると、設計や製造のエンジニアと共に顧客のニーズに対応していく。この際にも実地訓練、並びに人材育成カリキュラムで得たスキルが生き、営業の人材がコーディネーターとなり、ビジネスを進めていくことが出来る。そして高い成果を残すことによって昇進していく。今回ヒアリング調査を行った企業は、成果主義であるため上司と部下の年齢が逆転するケースも珍しくない。

IX. 顧客に対するサポート体制

顧客の工場に、製造装置を設置・納入するのはスタートアップ・エンジニアであった。スタートアップ・エンジニアにおける業務の目的は、製造装置を設置完了し、顧客が満足する稼働率を確保することである。製造装置が納入されたその後、メンテナンスや故障などの対応を行うのは、「フィールド・エンジニア」である。製造装置には、1年間の無償保証期間がある。無償期間中、あるいは期間外であったとしても、顧客先で故障が発生すれば即座に対応しなければならない。この業界では原則として24時間緊

急対応するバック・アップ体制が採られている。

24時間のバック・アップ体制は、国内だけでなくグローバルでも言えることである。一つの例として、韓国ではサムスンのデバイス製造工場がパソンにあり、各社緊急対応するために工場のすぐ近くにフィールド・エンジニアを待機させている。大きな装置企業の強みは、小さな会社ではできないサポートの拠点を多く持っていることである。とりわけ重要なエリアについては、多くの人材を配置するようにしている。この点は大手製造装置企業であれば、同様のバック・アップ体制をとっていると思われる。またサポートの体制が遅れ、顧客の製造ラインを止めてしまうと大きな責任問題にもなる可能性がある。24時間サポートするシステムは、顧客に対する信用といった点から見ても重要である。

X. ポストセールス事業の強化と 全社戦略

現在、半導体企業で稼働中の製造装置は世界全体で十万台を超えるレベルで存在していると想定される。この中には既に保証期間が切れている製造装置もあり、今回ヒアリング調査を行った企業では、こうしたものを対象にしたビジネスを強化している。製造装置の中には経年により故障する部品や消耗部品もあり、使用すれば当然パーツの交換が必要になってくる。消耗品の中には、1個で100万円台の高額パーツもある。したがって、メンテナンスは重要なビジネスに成り得る。

昨今では環境規制が強まることで、顧客側から既存の製造装置に環境に配慮した改善依頼を受けるなど、これまでとは異なるニーズが生まれている。そこで、各社、顧客に対して改善提案をするなどして、ポストセールス事業の強化を図っている。これまでもポストセールス事業は存在していたが、日本の装置企業はどちらかというと受身になりがちであった。そこで近年では、積極的に顧客へ改善提案や省エネ、保守契約の提案を行い、事業領域を拡大させている。

なぜなら、半導体企業の製造装置に対する投資の方法に変化が見られるからである。前工程でいえば、露光装置やエッチング装置などである。例えば、50ナノメートルの線幅に対応した製造装置であったものを、40ナノにも半導体企業は適応させようとしている。これは、「technology migration」と呼ばれるものであり、顧客は投資金額を極力抑える努力をする。

昔は新規ラインを立ち上げる際、日本の半導体企業はそれに合わせ、新しい製造装置を購入するケースが多かった。そして、納入した製造装置の実働性が確認されれば、追加注文を受けることが出来た。しかし現在、装置の研究開発費は膨大なために製造装置が高騰していること

もあり、半導体企業は全てを注文するのではなく、慎重に見極め、改善では次世代の技術に対応できないものにのみ発注するようになってきている。顧客の財務状況に応じて、時には中古品の製造装置を提案し、ニーズに合致したビジネスを行うこともある。顧客との関係を途切れることなく維持することによって、次の動向を把握し、顧客が望む製造装置を即提供できるようにしている。ポストセールス事業は半導体製造装置企業にとって重要な事業領域となって来ている。

(受理 2012年6月30日)