考察：最先端パッケージング・実装技術

第三回　実装関連企業の変遷と産業構造の変化

有限会社エー・アイ・ティ
加藤（かとう）　凡典（かずのり）

1. はじめに

第一回、第二回では実装技術とパッケージング技術についてまとめてみました。この第三回では実装に関連した企業と産業構造の変化について考察してみます。産業構造という言葉をネットで調べてみるとコトバンクでは“一国の産業全体の中での産業間の関係”とされています。一方経済産業省には産業構造審議会という組織があり、自動車、繊維など個別の業種についていろいろな審議や提案を行っています。ここでは半導体産業の変遷とそれに伴うパッケージング関連企業の動向をまとめて産業構造と呼んで考察することにします。

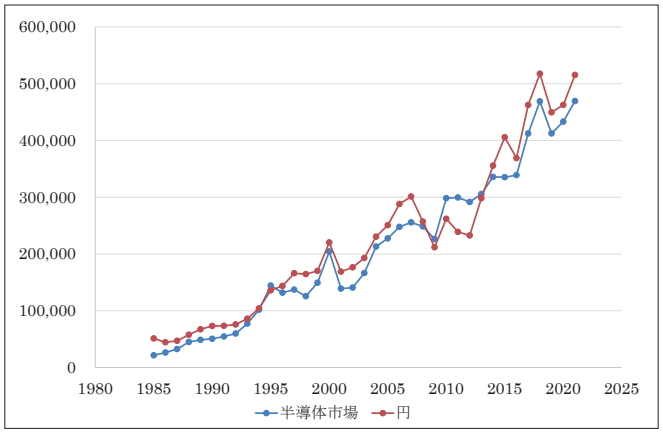
経済学者でもアナリストでもない筆者がデータと経験そして人から聞いた話、実感などに基づいての記載なので、間違いや異なった解釈・意見、あるいは用語の使い方の間違いもある、ということ前提で読んでいただきたいと考えています。また企業名も書かせていただきますが正式名称ではなく略称となっている会社名（(株）等はすべて省略させていただいています）も多いこともご理解いただいたうえでご一読ください。

2. 半導体産業の成長と規模感

WSTS（WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS: 世界半導体市場統計）が公表した US$ ベースと円ベース換算の世界の半導体市場をグラフ（添付資料1）にした。半導体市場はドルで表示され、為替レートは常に変動していることは意識しておく必要がある。（為替レートは年平均で1985年が最安値で238.5円 /$　1995年が最高値で94.1円 /$）昨年末の NEDIA 主催の専門講座でみずほ証券のアナリスト山本氏が半導体産業の位置づけとして GDP 比で話されていたので、同様の見方をしたのが添付資料2である。半導体産業だけを見れば確かに成長を続けているが、世界の GDP 合計の中では2000年の0.6% をピークに0.5% 前後で推移している。ある意味では半導体産業は特別な成長産業ではなく、日本電産の永守社長の言われる通り、装置の一部品である、ということも理解しておくことが大切である。また世界の人口の増加についても頭に入れておかないといけない。携

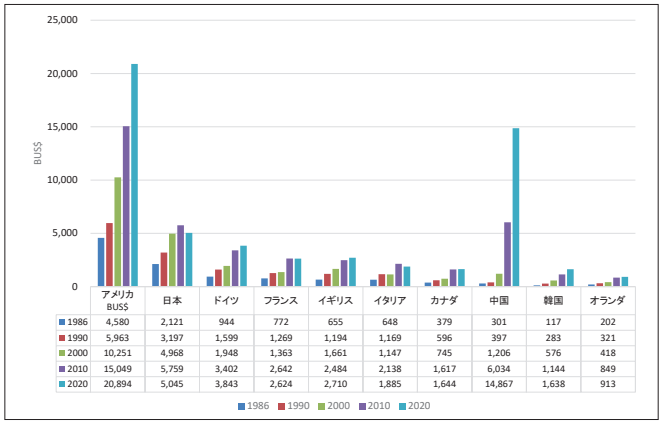
添付資料１　WSTS 世界半導市場推移

MUS$（円表示は縦軸は1億円）



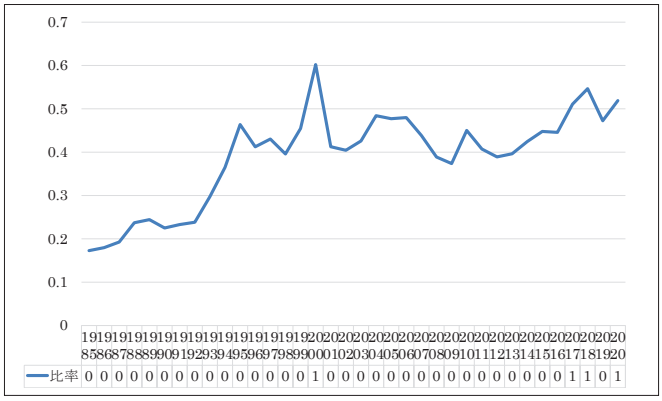
添付資料２　主要国 GDP 推移

注　US$ 換算のため日本はマイナス成長に見えるが円ではプラス成長

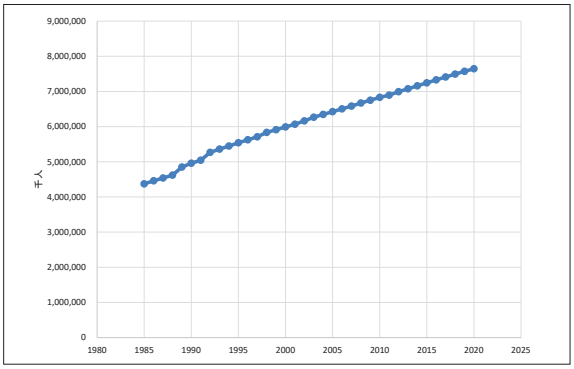


	アメリカ BUS$	日本	ドイツ	フランス	イギリス	イタリア	カナダ	中国	韓国	オランダ
1986	4,580	2,121	944	772	655	648	379	301	117	202
1990	5,963	3,197	1,599	1,269	1,194	1,169	596	397	283	321
2000	10,251	4,968	1,948	1,363	1,661	1,147	745	1,206	576	418
2010	15,049	5,759	3,402	2,642	2,484	2,138	1,617	6,034	1,144	849
2020	20,894	5,045	3,843	2,624	2,710	1,885	1,644	14,867	1,638	913

添付資料３　半導体市場 / 世界の GDP　%



添付資料４　世界の人口推移（単位千人）



帯電話の生産数が1.5億台を超えた1998年の世界の人口は58億3500万人、2020年の人口は76億4600万人、そしてこの間に生産された携帯電話（含むスマホ）は238億台である。2020年の人口の丁度3倍の数の携帯電話を22年間で生産したことになる。電子機器としてのスマホが問題なく使用できる期間を6年とした場合、2015-2020年に製造されたスマホは84億台つまり世界の人口よりも多い、ということである。

3. 企業の持っている文化と半導体産業

日本における半導体産業は総合電機メーカーが製造を開始した時から本格化した。1970年に大阪万博が開かれたときにシャープはパビリオンを出さず、その資金を半導体やディスプレイに回す、ということが言われたが日本の電機メーカーが半導体ビジネスに参入を本格的に検討し始めたのが1960年代前半だと思われる。半導体製造に参入した日本の電機メーカーは3つに大別できた。電電御三家あるいは電電ファミリー（NEC、富士通、沖）、重電（日立、東芝、三菱など）そして弱電（松下、ソニー、シャープ、三洋など）である。著者は上記のすべての半導体部門とビジネスや標準化委員会などで付き合いがあったが、上記3つのグループには企業文化という観点でグループごとの共通点も多くあった。

また財閥、三井、三菱、住友など旧財閥に属する会社群があり、それぞれの文化が存在する。同じ DRAM の半導体で世界を席巻した東芝、三菱、富士通などは干支ではないが重電三井、重電三菱、電電古河ということができ、日立は久原財閥をもととし、日立グループを作り上げてきた。一方松下や三洋、シャープは松下幸之助、井植歳男、早川徳次という創業者が事実上戦後大企業に成長させた企業で財閥系とは異なる文化を持っているといえる。

よく護送船団といわれるように鉄鋼、銀行、電機など“産業”というくくりで見るとビジネスの形態や参入製品など海外から見ればみんな同じことをやっているように見えることも事実だった。添付資料5には日本が半導体における世界のシェアでピークであった1988年、その12年後の IT バブル崩壊の前年である2000年、そしてさらに10年たった2010年のランキングである。ランク入りする日本企業数と国内外問わず社名が変わっている企業も多いことがよくわかる。

添付資料５　半導体出荷額 Best 20

	1988	2000	2010
1	NEC	INTEL	INTEL
2	東芝	東芝	Samsung
3	日立	TI	東芝
4	Motorola	Samsung	TI
5	TI	NEC	ルネサス
6	富士通	ST	Hynix
7	Intel	Motorola	ST
8	三菱	Infineon	Micron
9	松下電器	Philips	Qualcomm
10	Philips	Micron	Broadcom
11	NSC	三菱	エルピーダ
12	SGS	日立	AMD
13	AMD	Agere	Infineon
14	三洋電機	現代	ソニー
15	シャープ	富士通	パナソニック
16	ソニー	AMD	Freescale
17	沖	松下	NXP
18	Samsung	IBM	Marvell
19	AT&T	シャープ	Mediatek
20	Siemens	ソニー	NVIDIA

アメリカでは1911年創業の IBM（International Business Machine）は名前の通り事務機器からスタートし、1928年創業の Motorola（Motor ola= 音）はカーラジオの生産からスタートし半導体製造も手掛けた。ヨーロッパにおける Philips は1891年にオランダで電球製造から、Siemens はドイツで電信機の製造からスタートした会社で、これらは上記1980年台の日本の半導体メーカーと氏素性は似通っている。

半導体でシェアの高い INTEL、Samsung、TSMC、Qualcomm、NVIDEA、Micron などは半導体製造を目的にスタートした会社であるといえる。

興味深いのは TI である。TI は前身があり1930年に石油探索会社としてスタートしているが、キルビー特許で有名なキルビー達を有し、半導体製造会社へと転身した。 注目すべきはその海外展開であり、1968年日本テキサスインスツルメンツを設立し、美浦、鳩ケ谷、日出に前工程、後工程の工場を設立した。また1979年にフィリピン・バギオに後工程工場を作り、ドイツやフランスにも工場作っている。TI は1981年から2022年シェアの Top10に入り続けている。TI の企業としての戦略とその実践と日立、NEC、東芝、三菱などの1990年代に各社が考えていた将来に向けた戦略・実践との違いは検証してみる価値がある。

添付資料６　半導体生産額　Best 10　推移

	1981	1986	1989	1990	2000	2010	2020
1	TI	NEC	NEC	NEC	INTEL	INTEL	INTEL
2	Motorola	東芝	東芝	東芝	東芝	Samsung	Samsung
3	NEC	日立	日立	Motorola	TI	東芝	SK Hynix
4	Philips	Motorola	Motorola	日立	Samsung	TI	Qualcomm
5	日立	TI	TI	Intel	NEC	ルネサス	Micron
6	東芝	NSC	富士通	富士通	ST	Hynix	Broadcom
7	NSC	富士通	三菱電機	TI	Motorola	ST	TI
8	Intel	Philips	INTEL	三菱	Infineon	Micron	キオクシア
9	松下電子	松下電子	松下電子	Philips	Philips	Qualcomm	Infineon
10	FCI	三菱電機	Philips	松下電子	Micon	Broadcom	STMicroelectronics

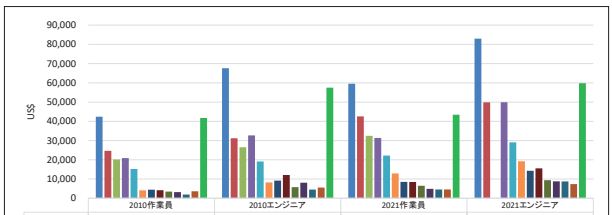
日本の半導体産業の構造はまさに垂直統合型であった。半導体だけでなくプリント基板製造にも同様の要素があった。総合電機メーカーや電電ファミリーが自分たちの民生用、産業用の電気・電子機器を製造するためには先端のプリント基板が必要であり、半導体が必要であった。国内でそうしたプリント配線板や集積回路が入手できなかったためにすべてを自社で製造する自前・垂直統合型の構造が成立していた。プリント配線板製造に関しては市場の拡大は確実であったが、当時はめっきなどの表面処理による労働集約的な製造であり廃液や危険化学物質を用いることもある製造であることなどから別会社化が進むと同時に、多くの専業メーカーが設立された。(本連載ではプリント配線板、ディスプレイ、パワー半導体、ディスクリートなどについてはほとんど触れないが、プリント配線板に関しては現在世界で2,300社前後の企業があり、円換算で8兆5000億円/年程度のプリント配線板とパッケージサブストレートを製造していると推定できる大きな産業である。)

半導体の後工程は利益率が低くかつ自動化が難しい、ということからほとんどの半導体メーカーが前工程と同じ工場内ではなく、地方工場あるいは地方の子会社や関連企業で行うことが多く、県の産業誘致や工業団地の造成に対応して地方への進出が多く見られた。低賃金と保税によるメリットから東南アジアに子会社を設立し人件費を抑える半導体企業もある程度の数はあった。日本国内でこの企業に部品やプロセスを提供していた下請け企業が売り上げが減ることを避けるため、あるいは誘われる形でその得意先の海外工場の近くに進出することも見られ、タイ、マレーシア、フィリピンなどの日系半導体企業の海外工場の近くにかなりの中小企業が進出した。国内ということで判断すれば都会より地方工場のほうが、とくに自治体の誘致を用いたほうが大都市近郊の製造工場よりはコスト面でのメリットは大きく、かつ地方に雇用を提供するという大きな役割を果たしており、意味はあった。しかし地方の会社は親会社－小会社あるいは得意先－サブコンという関係で景気変動のバッファに利用されたり、積極的な工程改善や自動化が進まなかった地方工場も多くあったことも事実である。

JETROは毎年世界の職種別のワーカーの月額賃金と企業が支払う年間のトータル経費を調査し、公表している。製造業のワーカーの年間一人当たりの賃金実負担の2009年度と2020年はオーストラリア（42,414 ⇒ 59,519US$）台湾（15,200⇒ 22,204 US$）中国（4,107⇒ 12,923 US$）タイ（4,449 ⇒ 8,531US$）マレーシア（4,197⇒ 8,644US$）ベトナム（1,903 ⇒4,571US$）フィリピン（3,606⇒ 4,549US$）となっている。中国の賃金が上昇を続けているのは間違いないが、それでも2020年のワーカーの賃金実負担額は日本の約1/3程度であり、ベトナムやフィリピンは日本の1/8程度となっている。

労働賃金や税金などで大きな差がある地域で製造を行っている同業外資の企業との競争に勝つためには、同じ地域に進出するのか、品質なのか、生産性なのか、それ以外の付加価値なのか、という議論と実践が必要であったと考えている。

添付資料７　JETRO 調査　年間労働賃金総負担（単位 US$）



	2010作業員	2010エンジニア	2021作業員	2021エンジニア
オーストラリア	42,414	67,590	59,519	82,965
韓国	24,646	31,178	42,541	49,851
香港	20,174	26,515	32,435	
シンガポール	20,852	32,658	31,380	49,915
台湾	15,200	19,114	22,204	29,031
中国	4,107	8,262	12,923	19,199
タイ	4,449	9,197	8,531	14,287
マレーシア	4,197	12,068	8,466	15,566
インドネシア	3,454	5,748	6,502	9,381
インド	3,213	8,070	4,885	8,765
ベトナム	1,903	4,520	4,571	8,707
フィリピン	3,606	5,544	4,549	7,359
横浜	41,757	57,486	43,427	59,785

■オーストラリア ■韓国 ■香港 ■シンガポール ■台湾 ■中国 ■タイ ■マレーシア ■インドネシア ■インド ■ベトナム ■フィリピン ■横浜

垂直統合という場合、電機メーカーの一社の中での垂直統合ということだけでなく、連結対象の関連会社、地方の子会社、そしてそれらに装置や部品を納める会社や一部加工を請け負う下請け会社など含めて三次元垂直統合のピラミッドを形成していたのが日本の半導体産業の構造であった。一方アメリカでのIDM＝Integrated Device Manufactureという表現は半導体製造をプロセスごとに設計、前工程、後工程、テスト、販売までをすべて行う会社をさし、水平分業の構造は、設計のみ =Fabless、前工程のみ =Foundry、後工程 =OSAT、テスト専業、販売会社などに分かれていてそれぞれが複数の顧客を持っている、という構造である。さらに製造する半導体はCPU、DRAM、Flash Memory、Analogなど各社専門性をもっているのがアメリカの半導体産業の構造であり、日本のそれとは大きく異なっている。

アメリカでは最終電気・電子機器を販売する完全な一貫メーカーは一時のIBMくらいであった。一方ヨーロッパの半導体メーカーは日本に近い構造であったが、大きな違いは後工程＝パッケージングの大きな自社工場を東南アジアに持っていたメーカーもあった、ということである。韓国メーカーも日米欧とは異なった歴史と構造を持っている。Samsung電子はDRAMの製造からスタートし、携帯電話や液晶ディスプレイと事業分野を広げていった。元となっている三星という財閥は1938年に創立され、貿易、製糖、肥料などのビジネスも行っていた。金星グループは1958年にラジオの組み立てからスタートし、日立やAT&Tとの協業で半導体も早くから製造していた。しかし半導体部門はうまくいかず、現代と経営統合しHynixとなったがやはり経営はうまくいかず、SKグループに組み込まれた。ただSamsungもSKHynixも1997年のIMF管理以降は外資が大量に流入したため、現在株主は外資のほうが多くなってい

る。（SK グループは韓国の4大財閥の一つ。SKHynix の株は SK テレコムが20.1% 程度それに国民年金公団10.6% の株式を所有しているのみ、Samsung 電子も三星関連の株主は21.2% 国民年金公団11.1% でともに外資が50% を超えている。）

日本の半導体がアメリカを抜き、世界一の売り上げシェアとなったのが1986年である。この前から日米半導体摩擦、日米半導体協定など今でも広く語られる日米間の知財や開かれた市場などの議論が行われた。世界で初めて DRAM を製品化した INTEL が1985年に DRAM から撤退し、当時は苦渋の選択であったといわれているが、半導体産業の将来をみた企業としての戦略を考えた場合、投資を MPU に集中することは正しい選択であった。また Intel は MPU の価値と利益率を維持するために、チップセットや DRAM を標準化し PC の価格は下がるが Intel の MPU の価格が下がらない仕組みをつくり、本来得意先であるはずである PC メーカーに Intel inside という表示をする、ということまで認めさせた。いいものは高く売る、ということが下手な日本企業にとって前記 TI と INTEL の企業経営の戦略の詳細とそれを導く組織・人員・業務内容は解析しなければいけない。

日本の場合1995年頃から半導体メーカーの数が大きく減少し、合併や M&A が頻繁に起こってきた。典型的な企業はルネサスエレクトロニクスやエルピーダメモリである。（国内半導体産業の衰退や再生、各種国プロ、さらに最近の文科省、経産省、内閣府の動きについては本題ではないのでここでは詳細の記載は避ける。）

4. 半導体産業の過去20年間に起こったこと

上記半導体製造企業の減少以外にここ20年間で日本の半導体関連産業構造として起こってきたこと、そして産業構造に変化をもたらした要因を挙げると下記のようなことが言える。

1. 日本国内製造工場数の減少

20年間で一貫工場、後工程工場数はともに4割程度に減少した。後工程の工場としては204工場から78工場へと大幅に減少した。ただ前工程については逆に10% 程増加している。これは大規模工場ではなく、化合物半導体やパワー半導体などの中－小規模の工場が増えたからである。

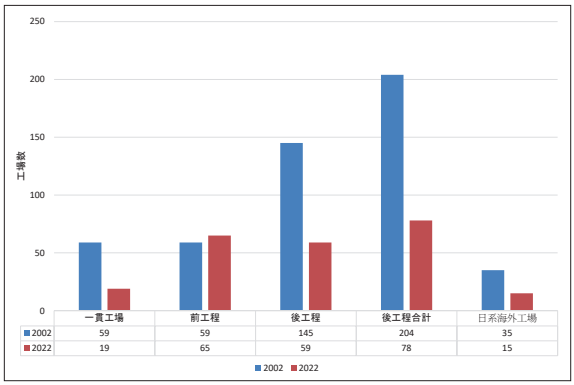
2. 日系半導体企業の海外製造工場数の減少

日系の海外工場も35から15へと6割減少した。

3. 海外アウトソーシング及び海外 EMS の増加

EMS という産業の出現はパソコンのマザーボードの OEM と同様自然の流れである。2000年代のノート PC メーカーはそのマザーボードの実装の90% 以上は台湾と韓国のマザーボード製造メーカーに委託していた。これは先端の高価な実装機を内製のために購入・稼働させる人件費を含

添付資料８　2002年及び2022年国内工場数比較



めたコストと OEM する場合のコストを比較し、さらにプリント基板はじめ多くの部品の調達（時間と輸送コストを含む）を考えれば当然である。とくに PC は機種変更時や4月－ゴールデンウィーク、クリスマス－年末・年始の商戦むけと年間を通して季節ごとに生産数の波が大きく、高価な実装機を導入し内作あるいは関連企業で実装することは人の手配や装置の稼働率などを考えるとメリットが少なかった。一方マザーボードメーカーや EMS は生産性を最大限にすることと人件費を減らすことに集中し、さらに資材購入も大量発注ということで低く抑え、最先端の必要な装置を購入し続けることもできる。EMS は研究開発はほとんど行わず、Proven Technology を用いて先端実装機、検査機、機械加工装置に集中投資できることで低コスト化と得意先の増加、利益率の向上を図ることができる。（ただし開発に手を出したくなるのは当然で、開発に資金を使いだすとその EMS はうまくいかなくなる。）

EMS ビジネスは1990年代後半に始まり、Solectron, SCI,

添付資料９　ノートパソコンのマザーボードの OEM 関係

2002年　ノート PC の Mother Board OEM 関係

Compaq	Quanta　Inventec　Arima　LG　Mitac
IBM	Wistron　LG
DELL	Quanta　Compal　Wistron
HP	Quanta　Compal
GW	Quanta　Samsung
Apple	Quanta　Elite
NEC	Arima　FIC
Toshiba	Inventec
Fujitsu	Samsung
Sharp	Quanta　Mitac
Sony	Quanta　Asustek

Celestica, Jabil,　Flextronics というようなところがメインプレイヤーとなっていった。またプラスチック部品やコネクター製造でスタートした鴻海が OEM さらに任天堂や Apple の組み立て製造を行うことで一時は従業員100万人を超えるともいわれる巨大企業に成長した。この EMS についても世界はもちろん、国内でも存在感のある日系企業は誕生せず、逆に日本国内で大きくなった外資もない。

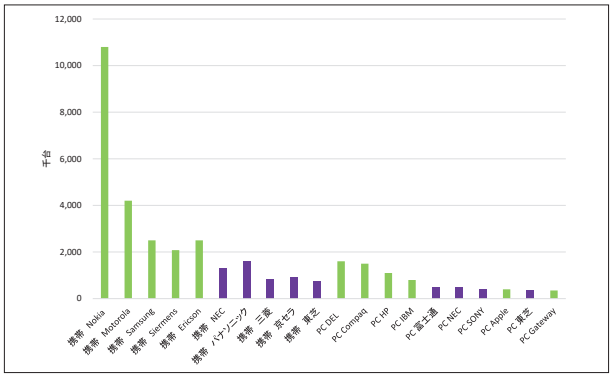
4. 日本の PC 及び携帯電話メーカーは世界展開はもともと狙っていなかった？

PC 及び携帯電話に関してはせっかくの技術と部材・装置メーカーもそろっていた日本のメーカーが世界で存在価値を維持できなくなったのはまとめると次のようになる。

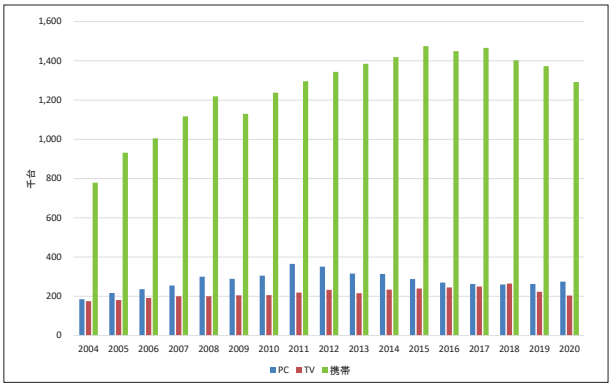
1. PC も携帯電話も国内市場を日本の多くのメーカーが取り合い、海外展開はほとんど考えていなかった。（海外メーカーのような大量生産は考えていなかった。）
2. OEM/OSAT を用いるようになってからも、最先端の量産は日本で行うことで生産技術のブラッシュアップと継続した特許の取得を行わなかった。
3. 半導体や IT の先端を行っているつもりでありながら、製造工場の IT 化、自動化、少量生産でも低コストで製造する生産技術を確立しようとしなかった。

5. 携帯電話、スマホ市場の急速な増加と組み立て生産拠点の変化と電子部品

添付資料10　2001年月産携帯電話、ノート PC 生産台数比較（単位千台）



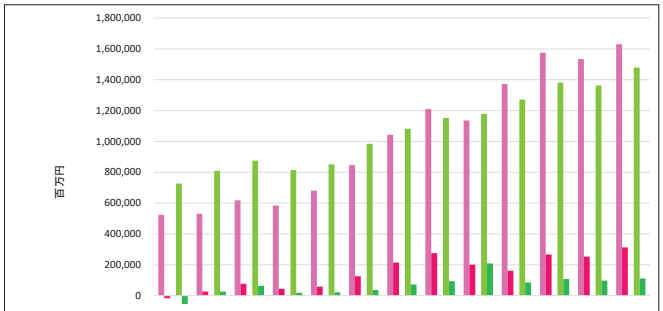
添付資料11　携帯電話（含むスマホ），TV，PC（含むサーバー）出荷台数推移（単位千台）



民生品で実装技術をリードしてきたスマホについてはスマホメーカーだけでなく、日本の優れた技術と部材を供給した中小企業の出番も減ることになってきたのが2005年頃からである。Apple などは生産能力の小さいメーカーは始めから取引の対象にならなくなったからである。大量生産では中国での組み立て量が急増し世界の工場となり、現在はベトナムなどでの組み立ても増加している。

一方いわゆる電子部品、とくにスマホで大量に消費するキャパシターを中心とした電子部品はサイズがもともと小さく、大量生産を行ってきた村田製作所が Front end Module とどの Module とメトロサークとよぶ液晶ポリマーを用いた製品で世界での存在感を強め、維持している。村田製作所は2014年に1兆円を超えた大企業であり、もともと世界でビジネスを行って来た企業であると同時に、製造している製品が小さいため製造工場も半導体製造やスマホの組み立て、太陽光パネルのような広い敷地と床面積が不要である、というところが技術力と同時に大きな強みになっている。村田製作所は昨年11月に3年間で設備投資総額6,400億円（これ以外に IT インフラ、環境などの戦略投資2,300億円）を発表し、2兆円企業への成長の絵を示したが、リーマンショック後の2008年から2013年迄の6年間の年平均の設備投資は約600億円であり、巨大投資で成長したわけではない。（2014年からの7年間の平均設備投資額は年約2,150億円と増加）

添付資料12　村田製作所と TDK の業績比較



		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
村田製作所	連結売上	523,946	530,819	617,954	584,662	681,021	846,716	1,043,542	1,210,841	1,135,524	1,371,842	1,575,026	1,534,045	1,630,193
	連結営業利益	(16,287)	26,730	77,485	44,973	58,636	125,891	214,535	275,406	201,215	162,146	266,807	253,247	313,240
	設備投資額推定	654	229	568	684	777	682	1012	1725	1586	3066	2916	2816	1967
TDK	連結売上	727,400	808,858	875,737	814,497	851,575	984,525	1,082,560	1,152,255	1,178,257	1,271,747	1,381,806	1,363,037	1,479,008
	連結営業利益	(54,305)	25,774	63,842	18,687	21,648	36,616	72,459	93,414	208,660	85,633	107,823	97,870	111,535

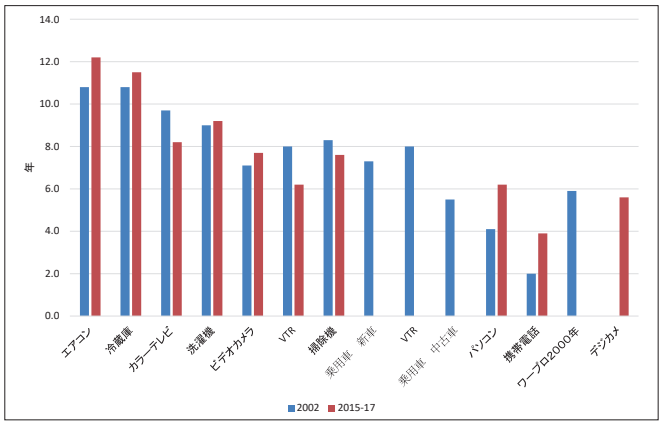
村田製作所 連結売上　連結営業利益　設備投資額推定　TDK 連結売上　連結営業利益

6. 携帯電話の普及率と買い替えサイクル　⇒　他のデジタル家電と大きな差

携帯電話の普及と短い買い替えサイクルは日本の実装関連企業には様々な影響を与えた。デジタル家電は家庭単位での購入であり、（場合によれば一人一台もあるが）、そして機能の向上もそれほど急速ではなかった。しかし携帯電話の場合新機種投入サイクルも短く、小ロット多品種短開発期間となり部品や部材の製造メーカーは負荷が大きい割に利益率は低くなる傾向が強くなった。例えば充電器は仕様も多く、携帯購入時に同梱されるもので、日本のメーカーは各社独自の仕様により、機能やデザインの競争を行い、それをサポートする多くの中小企業が存在していた。しかし現在充電器のコネクターは標準化がすすみ、Type C が標準で新規購入時には同梱されないこともある。そして標準化された部品には生産能力の高い限られたメーカーしか

参入できない構造になりつつある。

添付資料13　電気機器・乗用車買い替え年数



7.　Memory の急速な容量増加とメモリーメディアの進化

Flash memory の容量の増加と低価格化は短時間で進んでいる。このためポータブルのメモリーメディアも形態（フロッピーディスク、CompactFlash、MO、CD-ROM、SDCard、MiniSD、microSD、DVD、SSD、HDD など）も大きく変わり、参入している企業も変わってきた。HDD は寡占化が進み、フロッピーディスクは姿を消した。いまの35歳以下の人では知らない人も多いフロッピーディスクは2002年で15億枚／年ほど製造されていた。当時は Samsung、ミツミ、SONY、NEC、TEAC、アルプス、松下、シチズンなどがフロッピーディスクを製造していたが、SDCard などに乗り換えていったメーカーもあれば、メモリーメディアから撤退したメーカーもある。

5.　半導体関連産業の構造変化はなぜ起きるのか

半導体産業の構造変化はなぜ起こり続けるのかを少し考察する。

5-1　新規参入企業の存在（なぜ半導体関連ビジネスに参入するのか）

企業が半導体及びその関連ビジネスに参入する理由には次のようなことがあげられる。

1. 半導体が自社製品の製造に必要な部品だから
   日本電産が1月26日に役員人事を発表し、永守会長は半導体は日本電産の生産する装置のパーツであるともコメントしている。
2. 競合との差別化を図るための独自の半導体を作るため
3. すでに関連技術のインフラを持っているから
4. 部材・装置メーカーにおいては得意先が半導体関連ビジネスに参入したから
5. 半導体産業が儲かるビジネスだから　←　日本では成功例はほとんどない
   INTEL は1968年に半導体製造のために設立され、TSMC は1987年に UMC は1980年に前工程の受託をビジネスとして設立された。しかし日本の半導体メーカー、材料・装置メーカーで半導体産業が利益を生むことが明確になった1970年以降に半導体で儲けるために設立された企業は極めて少ない。

5-2　なぜ半導体産業の変化が激しいのか

半導体の産業構造の変化は他の産業と比較し変化が激しい産業といえる。この理由には次のようなことがあげられる。

1. 半導体市場そのものに山谷がある。
   半導体市場の一つの目安となるのは WSTS の公表値である。昔からシリコンサイクルとよばれるほぼ4年ごとに景気の波が訪れるといわれていた。実際には必ずしもその通りではないが、1億台を超える電気製品がテレビのみであった時期、そしてパソコン（情報端末、デスクトップ、ノートブック、サーバーの合計）でも1億台／年を超えたのが1999年（2005年でも1億6千万台であった）でこれらの購入時期に季節性や数年間の波があった。例えば4年ごとのアメリカの大統領選挙、オリンピック、サッカーワールドカップはこのサイクルに関係している。しかし携帯電話が出現し、世界中に無線通信のインフラが整った1998年にその生産台数は1億台を超え、2005年では4億6千万台になると、事実上シリコンサイクルは有名無実となった。今は生産能力と発注量、在庫量の関係からの山谷や品種ごとの需要供給のバランスが崩れることで山谷が起こる。2001年の IT バブル崩壊はこの需給バランスも大きく関係している。
   また前工程の先端ラインを新たに作るためには数千億円から2兆円の投資金額と2-3年の時間がかかる。後工程の装置でもワイヤーボンダーの納期が2年近くかかる時もあり、設備投資を決定した時期の市況予測と設備が稼働し始めた時の市況に乖離があることが決してまれではない。
2. 製品の変化・進化が激しい
3. 市場の拡大
   東南アジアの途上国にとって最も人気があり、無理してでも買ったものが中古でもカラーテレビであった。1990年頃のフィリピンでは、発電機を動かして何人もの子供たちが集まってテレビを見ていた光景を見た。こうした光景は各国の電気や住居そして一般庶民の収入の増加につれて次第に市場が広まっていく過程であった。しかし携帯電話についてはその市場、つまり地域、購買層が大きく変わった。現在工場のワーカーの給与が300ドル程度の東南アジアの若いワーカーが1,000ドル前後の iPhone を持つようになっている。このように従来の家電や自動車・

二輪車とは全く異なった市場が携帯・スマホによって形成されてきた。さらにコロナ禍においてスマホがワクチンの証明や遠隔医療、行動履歴などに用いられ電子マネーをふくめスマホの携帯が必須になりつつある。セキュリティなど含めスマホ以外のツールが新たに出現する可能性もあるが、ここ数年はスマホが必需品として用いられることは確実であるが、スマホも従来の買い替えサイクルとは異なってくると考えている。

4. 過剰発注と過剰在庫

半導体不足が盛んに言われているが、製造キャパの不足では少なく、偏在や在庫そして新規発注品の納期などの問題が結果としてエンドユーザーにとっては“半導体が足りない”“半導体がないから製品が作れない”ということになっている。

5. 半導体の進化と半導体のもつ能力当たりの単価の低下のスピードが速い。

6. 寡占と巨大企業の出現

日本だけでなく、世界中でM&A 、撤退が盛んに起こり、半導体メーカーの寡占が進んでいる。

このため、設計やソフトを除き、ベンチャーや新規参入の壁は厚くなっている。しかしGAMMA（GAFA+M）はその豊富な資金と人材でデータセンター、EV など既存のメーカーや技術にとらわれず新たな電子デバイス産業構造を短期間で構築する可能性が高いと考えている。

6. 半導体実装関連企業の変遷

半導体パッケージング・実装技術については第一回、第二回で解説してきたが、いくつかの代表的な製品について2000年頃と現在、つまり20年間にどのように変化してきたのかを整理してみる。なおSEAJ が装置メーカーの団体であり実態は十分知っていると思われるので、材料を中心に変遷をまとめることとする。

添付資料14　2000年代前半の　後工関連企業例

リードフレーム	新光電気　三井ハイテック　大日本印刷　Samsung Techwin(韓) 住友金属鉱山　凸版印刷　日立電線
セラミック基板	京セラ　日本特殊陶業　住友金属エレクトロデバイス
プラスチック基板	イビデン　日本特殊陶業　新光電気　Compeq（台）　日本サーキット
TAB テープ	新藤電子　三井金属　カシオ計算機　日立電線　3M/住友スリーエム
Agペースト	Ablestik(米)　住友ベークライト　日立化成　京セラケミカル
ボンディングワイヤー	田中貴金属　住友金属鉱山　日鉄マイクロメタル　三菱マテリアル　タツタ　K&S（米）
封止材	住友ベークライト　日立化成　日東電工　信越化学　京セラケミカル　松下電工
BGテープ	リンテック　三井化学　日立化成　日東電工　古河電工
ダイシングテープ	リンテック　日東電工　古河電工　日立化成
バックグラインド装置	ディスコ　東京精密　住友精密
ダイシング装置	ディスコ　東京精密　岡本工作機械　ラップマスターSFT
ダイボンダー	キャノンマシーナリー　芝浦メカトロニクス　渋谷工業　新川　東レエンジニアリング 日本電産トーソク　ルネサス東日本セミコンダクタ
ワイヤーボンダー	K&S(米)　カイジョー　ASM Pacific（Singapore）新川　芝浦メカトロニクス Oerlilcon ESEC（スイス）
樹脂封止装置	アピックヤマダ　TOWA
テープ貼り機	タカトリ　日東電工　リンテック
フリップチップボンダー	東レエンジニアリング　タカトリ　パナソニックFA　渋谷工業　アスリートFA　大橋製作所
実装機	パナソニック(九州松下+松下電器)　サンヨー　ヤマハ発動機　富士機械　ジューキ

1. リードフレームは特殊な産業構造

半導体のパッケージングにおいて2010年頃まで最も市場が大きかったのがリードフレームである。（日本で最初にリードフレームを作ったのは1964年大日本印刷の16ピンDIP であったとされている。）その後60年が経過し、リードフレーム製造メーカーやその役割分担、生産拠点は大きく変化し続けてきた。

リードフレームに携わるメーカーはまず大きく二つに分けることができる。一つは半導体メーカーから直接受注するメーカーで、もう一つはそのメーカーから加工、部材や金型、薬品の発注を受けるメーカーである。

a. 総合リードフレームメーカー（プレス、エッチング、めっきの製造能力を保有）
代表例　新光電気工業　三井ハイテック　住友金属鉱山

b. プレスリードフレーム一貫メーカー（プレス、めっきの製造能力を保有）
代表例　日立電線　日電精密　後藤製作所

c. エッチングリードフレーム一貫メーカー（エッチング、めっきの製造能力を保有）
代表例　大日本印刷　凸版印刷

d. プレス専業

e. エッチング専業
代表例　日本フィルコン

f. めっき及び後加工

g. めっき専業

h. 後加工専業

i. 検査専業

リードフレーム製造にかかわるサプライチェーンを構成するのは製造装置を除いて下記のように多岐にわたっている。

a. リードフレーム素材メーカー

リードフレームの特殊事情の典型が素材である。日本がDRAM で世界を席巻した1990年ころは42合金（鉄 - ニッケル合金）がDRAM 用リードフレームには用いられていたが、当時の名前で日本鉱業、ヤマハ、日立金属の3社がメインサプライヤーであり、デバイスメーカーによってはメーカー指定もあった。さらに複雑なのは銅合金である。銅合金メーカーごとにより優れた特性の銅合金を開発競争し、多くの銅合金が市場に出た。デバイスメーカーもパッケージにより図面に単数あるいは複数の銅合金を指定し、さらに板厚もパッケージにより異なり0.15mm, 0.20mm 0.25mm など複数の板厚が現在でも使用されている。リードフレーム用銅合金を1990年頃製造していたのは、神戸製鋼所、三菱伸銅、三菱電機、オーリンメ

タル、日本鉱業、古河電工等であった。エッチングリードフレーム一貫の事業を展開していた大日本印刷の工場には上記42材・銅合金のすべてのメーカーの素材（板厚の複数）が在庫されていた。この在庫されていた、という表現もこのビジネスにおいては重要で、エッチングの場合短納期品が多く、リードフレームメーカーは自社の責任で素材の在庫を持っておく必要がある。

b. プレス金型メーカー

c. フォトレジストメーカー
液体のレジスト、ドライフィルム、電着レジストなどを製造

d. フォトマスクメーカー
エッチングにおけるパターンや電着レジストを用いた部分めっきに必要なフォトマスクを製造

e. 薬品メーカー
めっきやエッチング、プレス品の脱脂などに必要な薬品を製造

f. テープメーカー
リードフレームの固定テープ、LOC テープ、QFN 用樹脂漏れ防止テープの製造

g. めっき治具メーカー

h. 後加工治具メーカー
リードフレームのめっき後の後加工（ダウンセット、先端カット等）用の治具・金型を製造

i. 梱包・包装材料メーカー

現在20年前と比較し、日本のリードフレームの産業構造は変化している。大手の一社であった住友金属鉱山は事業そのものを台湾の企業に譲渡し、大日本印刷と凸版印刷は限定した製品のビジネスに特化している。また日立電線はTAB を含めリードフレームビジネスから撤退しただけでなく、会社そのものが日立金属に吸収され、さらに日立金属もファンドに売却される計画がある。

韓国でも20年間でプレイヤーと構造が大きく変化した。韓国には Samsung と Amkor という大きな後工程工場がそれぞれ複数あるため、1990年代には SamsungTechwin、LG Micron、Poongsan Precision と生産能力の高いリードフレームメーカーと中小数社がビジネスを行っていた。（韓国内での内作が1980年代の国策でもあった。）しかし様々な理由で利益率が低下したことからフィリピンや中国への展開も行ったが、いずれも成功せず、結局この3社はすでになくなり、キャパのあるリードフレームメーカーは現在 Haesung DS 1社となっている。

台湾では住友金属鉱山が製造を行っていた。日立電線もマージし SH マテリアルとして製造を行っていたが、2016年リードフレームからの撤退を決定し長華電材に（一部パワー半導体用リードフレーム部門は界霖科技）に売却した。現在台湾で一番大きいリードフレームメーカーである CWTC（長華科技：長華電材の子会社）は昨年末も QFN リードフレーム製造能力の増強を発表している。その他 SDI、復盛などがリードフレームの製造を行っているがプリント配線板に比べるとそれほど存在感のある企業はない。また OSAT の最大手の ASE は高雄の工業団地に ASE Material という会社を設立し、1995年頃 QFP 用のリードフレーム製造を開始し、その後 BGA サブストレート製造も行うようになった。

アメリカの半導体メーカーでリードフレームの製造もおこなったのが TI と National Semiconductor である。TI はアメリカ Attleboro でプレス、エッチング、めっきを行う工場を持ち TI 向けの製造を行っていたが、2005年頃完全にリードフレームの製造はやめている。また現在でもリードフレーム製造をペナンで行っている DCI は、National Semiconductor がマレーシアペナンにパッケージの工場を設立した時にリードフレームのプレス、エッチング、めっき工場として併設したものである。現在株主はマレーシアの銀行系の財閥に変わっているが、DCI としてビジネスを続けている。

中国には一時日系、韓国系のリードフレームメーカーが工場を作ったがほとんど失敗に終わり、撤退した。現在、地場のリードフレームメーカーは50-60社あると思われる。

現在新光電気工業はマレーシアと中国、三井ハイテックは香港は撤退したものの、シンガポール、マレーシア、天津、上海、高雄、広東でリードフレームの製造を行っている。

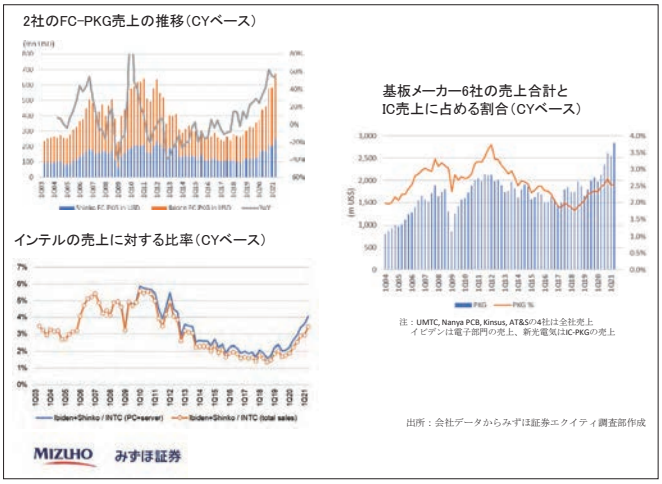
2. リジッドサブストレート

リジッドサブストレートの市場が伸び始めたのは2000年頃からであり、現在パッケージ部材としては最も大きな市場となっている。その構造はここ20年間あまり大きく変化していない。現在主要メーカーとされているのは下表の企業であり、大手メーカーとしては新光、イビデン、ついで AT&S, ナンヤ、キンサス、ユニマイクロンなどである。これらについてみずほ証券の資料も添付しておく。

添付資料15　リジッドサブストレート製造ランキングと生産拠点（プリント回路メーカー総覧　2021）

会社名	生産拠点
イビデン	大垣　フィリピン
新光電気工業	高丘　若穂　新井
富士通インターコネクトテクノロジーズ	長野
凸版印刷	新発田
京セラ	綾部　河内
AT&S（オーストリア）	重慶　マレーシア
ユニマイクロン（台湾）	台湾　蘇州
キンサス（台湾）	台湾
ナンヤPCB（台湾）	台湾　昆山
Avary（深圳）	深圳　泰皇島
サムソン電機（韓国）	世宗　プサン
LGイノテック（韓国）	亀尾
大徳電子（韓国）	安山
シムテック（韓国）	青洲　西安　茅野
和美（広東省）	広東省江門市

添付資料16　ハイエンドPKG向けサブストレート売上の推移：05-06年に付加価値拡大



3.　ダイアタッチ材

銀ペーストの構成は銀分2種、エポキシ、硬化剤、希釈材、消泡剤、伝導率向上剤などで各メーカーがブレンドしている。Hundy Hurman、Ferro（元デグサ）、Technic（元Chemet）徳力などから銀を購入している。シリンジ（1cc、5cc、10cc、30ccが一般的）に入れての出荷がほとんどであるが、封止樹脂と同様5℃以下、あるいは-5℃、-20℃、-40℃以下、という低温の保持の仕様のものがほとんどである。なお半田を用いた金属接合によるダイアタッチもある。

1990年代から海外ではAblestikが圧倒的なシェアを持ち、国内では住友ベークライトと日立化成が高いシェアを持ち、信越化学や京セラケミカル（東芝ケミカル）も一定のシェアを持っていた。

日立化成は昭和電工に吸収された形になっているが、この構図はあまり大きく変化していない。

4.　ボンディングワイヤー

ボンディングワイヤーのメインは金と銅であるが、銀線、アルミ線もある。金線は金を伸線することで所定の太さのワイヤーを作成する。銅線は表面にパラジウムを被覆することで酸化膜の生成の制御とボールの形成をしやすくしているものが多く用いられている。微量成分の添加による機械特性の制御がメーカーの技術力となる。

金のボンディングワイヤーについては田中電子と住友金属鉱山が高いシェアを持っていたが、銅ワイヤーについては日鉄マイクロメタルがシェアを伸ばしていると推定している。金ワイヤーについては金の価格が売り上げの大半を占めており、伸線の加工賃はあまり大きくないため、プレイヤーもシェアも20年間であまり大きく変化していないと推定している。

5.　封止材

エポキシ系の封止樹脂はエポキシ樹脂（1または2種）充填剤（シリカ1-3種）触媒（1または2種）シランカップリング剤（1または2種）難燃剤、離型剤、変性材を合成したものである。トランスファーモールドの場合得意先（メーカーではなく工場）ごとにタブレットの仕様やその容量が異なっており、封止樹脂を製造しているのか、タブレット加工や、梱包・包装・輸送（封止樹脂は5℃以下で輸送・保管する必要もある。）する作業を提供しているのかどちらかわからない、と揶揄されることもあった。また液状の樹脂はシリンジに入れて出荷する。

1990年代は住友ベークライトと日東電工が日本だけでなく、海外でも高いシェアを持っていた。こうした封止樹脂の製造メーカーは原材料を購入しブレンドして得意先の要求にあった封止材を製造している。例えば以前は低塩素の高品質エポキシは住友化学が製造しており、1993年に大規模な火災事故が発生した時には、世界中の半導体メーカーが封止樹脂の不足を懸念した。東日本大震災の時には東北にある触媒を製造している中小企業が被災し、封止樹脂の供給不安が問題になった。

日東電工は、1990年代は高品質品では世界1-2のシェアを持っていたが事業そのものを2012年に日立化成に譲渡した。この時点で世界一のシェアは住友ベークライトで約3割、日立化成と日東電工の合計のシェアは住友ベークライトに近付くといわれていた。しかし日立化成そのものが昭和電工に売却され、昭和電工マテリアルズとなっている。

なお注意しておかなければいけないのは市場の大きさである。リードフレームは2022年では2,100億円、封止樹脂は850億円程度とリードフレームの4割程度であった。プラスチックパッケージに関しては小型化も進んでいるため重量でのビジネスでありパッケージの数が増加しても市場全体の封止樹脂の重量は20年前より減少していると考えている。

6.　ダイシングテープ / バックグラインドテープ

ダイシングテープは基材となるポリオレフィンテープにアクリル系の接着剤を塗工し、離型フィルムとしてPETフィルムを積層している。上記封止樹脂と異なり、ウエハーの出荷面積が増加するとテープの使用量は増加する。

ダイシングテープはDAFという別機能を持つようになったため、高付加価値品も登場しているが、メインのプレイヤーも日本製のシェアが圧倒的に高いという状態も20年間大きく変化していないビジネスとなっている。

なおリンテックも日東電工も、テープ貼り機も製造しているのが一つの特徴となっているビジネスである。
（三井化学は現在、三井化学東セロがBGテープを製造している。）

7.　その他必要部材

パッケージング工程や実装機に投入するまでに必要な部材は上記主要部材以外にチップトレイ、キャリアテープ、マガジンなどがある。

8.　ダイボンダー

ダイボンダーメーカーは国内ではNECマシナリー、新川海外ではESECがメインベンダーとなっていた。ESECは日本支社を設立したり日本の商社を通じた営業活動を展開したがともに成功したとは言えなかった。NECマシナリーは1972年の設立時はニチデン機械という名前でNECグループだったが、2010年にキヤノングループ入りし、現在はキヤノンマシナリーとなっている。現在はASM（Pacific）が高いシェアとなっている。またMemory のDAF用ダイボンダーとしては旧日立系のフォスフォードが一定のシェアを持っている。

9.　ワイヤーボンダー

ワイヤーボンダーは日本市場と欧米とでメインベンダーは分かれていた。日本ではカイジョーと新川、海外ではK&S、東南アジアでは後発のASM Pacificが高いシェアを持つようになっていた。

10.　実装機

実装機は今でも日系の4社（ヤマハ発動機、パナソニック、Juki、Fuji）が世界での7-8割のシェアを持っているが、面実装が一般化した1995年頃はサンヨー、九州松下、松下、ヤマハ発動機、富士機械がメインプレイヤーとして毎年のように新機種を発表し、その技術を競っていた。その後三洋電機、九州松下、松下電器がいまはパナソニックとなった。2000年頃Siemensが日本市場への参入を試みたがあまり良い結果は得られなかった。

7. 日本の企業が持っている海外展開の壁と海外の企業の参入障壁

半導体パッケージング技術は1985年頃から2000年頃までその技術（規格やスタンダード作成を含む）と開発力は日本が非常に強かった。しかし国内でのパッケージ工場が減少するにつれ、シェアを落とし、事業を縮小・撤退する企業もかなりの数になり、開発力も標準化の影響力も次第に低下してきた。日本の中小企業（一部大企業も）は国内市場の減少に対応し、海外に販売を伸ばすことを積極的に行わなかった。（あるいは行えなかった。）

日本の企業の海外展開における特徴には次のようなことがある。

a.　海外展開は日系の得意先に対するビジネス目的が多い

b.　新規に海外得意先と取引を開始するための営業力がない

c.　輸出入業務や税金処理など中小企業にとっては負担が増える

d.　日本語と英語の壁がある

　ワイヤーボンダーについて面白い話を聞いたことがある。東南アジアのパッケージ工場でK&Sのボンダーを大量に購入したため、なぜ価格的には同等あるいは低価格の日本製装置を使わないのかという話をしたところ、作業員たちが日本製はマニュアルもディスプイに表示される英語も何となく読みにくく日本のメーカーを好まない、ということを言われた。文法も思考も異なる日本語をおそらく単に英訳したためだと思われる。このように英語による業務が不得手あるいは人材がいない、ということだけでなく、気づかないうちに日本人の思考形態や日本語で作られた仕様書・マニュアルなどが海外での営業活動の壁になっている場合も多い。

一方海外企業が日本メーカーに参入する際もいろいろな障壁がある。

a.　すでに出来上がっている系列や協力企業などの構造の壁

b.　日本語と日本の文化の壁

c.　企業ごとの説明できないようなビジネス文化にもとづく壁

d.　何となく日本企業みんなが持っている海外企業製は品質が悪いというイメージ

e.　欧米企業は簡単に　Discontinue（製造中止）をするというビジネスの仕方

8. これからの産業構造はどうなるのか

みずほ証券の山本氏は半導体産業は15年間サイクルになっている、としている。1985年から2000年迄の15年間は成長期、ITバブルがはじけ、リーマンショックや大震災があった2016年頃までの15年間は横ばい、そして2017年からの新たなステージの成長期に入った、としている。

半導体産業に関わる企業は前工程からデータセンターやスマホに至るまでのTotal Processを十分理解し、その中で自社の技術や製品をどう位置付けビジネスを展開するかを考えていなければいけない。また“日本”というくくりではなく、世界全体の様々な要因を俯瞰しながら産業構造を考え、日本の企業の立ち位置と何をすべきかを議論する必要がある。半導体や医療などにおいては常に技術の最先端を行く、知財を確保する、そして高品質のものは価値に見合う価格で売る、ということが日本のメーカーがその技術と産業をリードしていくための基本であると考えている。

これからの企業は自社の経営において、下記すべての要因を常にup dateしながらcase studyを繰り返し量産と開発を常に同時進行することが大切である。そして世界の協業他社に負けない製造現場の管理、事業企画などのAIシステムの構築を行っていかなければいけない。

1.　経済安全保障

2.　ロシア、中国などの国際情勢

3. 環境対応
4. 巨大企業 GAMMA の動向
5. 国内地域差並びに国ごとの税制や補助金の差
6. 為替レート
7. 自前 VS 分業
8. Intel inside　に見られるような各社の戦略の把握と解析
9. 標準化と規制
10. Traceability と模造品対策

添付資料17　パッケージ関連企業（装置、材料）にとってのチャンスとリスク

	チャンス	リスク
	PKGへの技術要求が高まること	PKGへの技術要求が高くなりすぎること
背景	コスト削減よりも、性能改善を優先	さらなる高速化/低消費電力化への要求
起こる現象	高コストでも高性能な技術を優先	規模の大きな半導体メーカーの内製
定量的な目途	5-10倍のコスト上昇は許容	シェア上昇による利益増
具体例	高価な半導体 （ウエハー単価2-4万ドル）が採用	TSMCのPKG（InFO）内製（過去） Intel/TSMCのRDL-インターポーザー内製（？）

出所: みずほ証券エクイティ調査部作成

MIZUHO みずほ証券

9. 第四回・最終回の予定

第四回（最終回）は次の二つのテーマについて考察する予定です。

1. 大量に電気を用いるデータセンタ - や前工程、パッケージングにおける廃棄物などの環境問題
2. 物理特性や加工限界を考え、これからの半導体製造におけるパッケージング、実装技術の役割とブレークスルーの可能性と日本の新しい半導体産業構造

10. 追加説明

10-1　後工程の自動化はなぜ困難か

ワイヤーボンダーメーカーの K&S とダイボンダーとワイヤーボンダーメーカーの ESEC がほぼ同時期、2000年前後、に東南アジアの新設パッケージング工場に自動化を提案し、トライしたが結局うまくいかなかった。最も大きな理由は1ウェハーあたりのチップの個数とワイヤーボンディングパッド数が相関もなく、極めて幅が広いためである。チップ数が多いとダイシングの時間とダイアタッチの時間は長くなる。しかしワイヤーボンディングの時間はパッド数に依存するため4ピンの時と40ピンの時ではボンディング時間は全く異なる。またチップが大きく1ウエハーには200個しかついていな場合、ダイシングとダイボンディングの時間は短いが、208ピンであればボンディングは41,600回必要となる。1000個の4ピンのチップが1ウエハーにあった場合は4,000ワイヤーとなり、208ピンは10倍のワイヤーボンディング回数となる。バックグラインドもチップごとに厚さが異なり、樹脂封止も1連の取り数によって生産性が異なる。工程ごとの歩留まりや特急品の投入、さらに治具や材料の交換などを考えると自動化工場を実現するためにはすべて装置を必要以上の台数設置する必要がある。

10-2 実装ラインの生産性と EMS

2000年ころのスマホなどのプリント配線板へ半導体・電子部品・コネクターなどを実装するための実装ラインは検査機能、リフロー炉など含めると1億円前後の価格であった。装置の自動化がすすみ、一人のオペレータで1-2ライン（2010年頃には1人のオペレータが3ライン操作）の操作を行っていた。ライン投入の最大基板サイズは例えば330mm x 250mm のようなサイズで携帯電話のような小型基板（当時の携帯電話のマザーボードは45mm x 100mm 程度が主流）だと15枚同時実装が可能となる。ラインタクトは15秒前後、両面の場合30秒前後なので、1分に30枚のスマホのマザーボードの実装ができる。1日20時間の実稼働とすると36,000枚の基板実装が可能となる。1台の先端実装ラインで1月100万基板実装ができてしまう。パソコンの場合（片面実装で2枚の片面の実装、15秒で2枚）20時間 /1日稼働とすると1日9,600枚、30日で28万枚の基板実装が可能となる。

このように最先端部品の基板実装を行う場合、小型のチップ部品の搭載や部品点数の多さから最先端の実装ラインを使用する必要があり、稼働率を考えた場合、携帯電話やパソコンメーカーが自社工場（含む子会社、下請け）で実装を行うよりは OEM あるいは EMS を用いることが正しい選択である。

ただし発注する側は実装ラインそのものの特性や問題点、実装後の品質、生産における品質保証などについて十分な知識を持っていなければいけないことは言うまでもない。

10-3　用語の解説

10-3-1　外注・協力企業に対する用語

半導体の製造に関しては子会社や協力企業という特定の得意先との関係だけでなく、下記のような言い方が用いられている。OSAT は20年程前から使われ始めた言い方で、以前はサブコン（Sub Contractor）あるいは Assembly House と呼ばれていた。すべての産業で言えることであるが、自分たちの仕事が下に見られることは避けたく、きちんとした役割を果たしている、という表示になっている。

OEM（Original Equipment Manufacture ）相手先ブランド製造

EMS（Electronics Manufacturing Service）電気・電子機器の製造請負

Foundry　半導体の前工程 = ウエハー上へ集積回路を製造するプロセスの請負

OSAT（Outsourced Semiconductor Assembly and Test）
半導体後工程（パッケージングとテスト）の請負ビジネス
受注条件にはいろいろあるがよくCLC=Cost Less Chipつまり半導体チップのみ支給され、あとはすべての材料費と加工賃をチップメーカーから受けることもある。
一方リードフレームや樹脂、ワイヤーなどはチップメーカーがそれぞれのメーカーに発注し、drop shipment, つまり商品は直接OSATに納入することも多い。
ODM（Original Design Manufacturing）
得意先から設計から製造までの発注をうけ、得意先ブランド名の製品を製造するビジネス

10-3-2

MPU　Micro Processing Unit
コンピュータの演算や制御などをつかさどるメインの半導体
Chipset
様々な機能をもつチップの集まり、という意味になるが、パソコンではMPUとメモリーや様々な信号のやり取りを制御する半導体。ノースブリッジ、サウスブリッジという2つのチップセットがMPUのそばに実装されている。
CPU　Central Processing Unit
中央演算処理をつかさどる機器の頭脳・心臓となる半導体。
スマホやタブレットではアプリケーションCPUまたはアプリケーションプロセッサーとよばれCPUとアプリケーション処理を一つの半導体として製造している。

11．添付図表

添付資料-1　世界の半導体市場推移
WSTSの公式発表値をAiTにてグラフ化
US$での発表値を年平均の為替レートで円換算とし、縦軸を1/100にして表示
添付資料-2　主要国のGDP推移
元データ　IMF World Economic Outlook Database
添付資料-3　世界の総GDPの中の半導体市場の占める比率推移
AiT作成
添付資料-4　世界の総人口の推移
元データ　IMF World Economic Outlook Database
添付資料-5　6　半導体メーカー売上ランキング
元データ　HIS iSuppli /Gartner Dataquest 発表データ
添付資料-7　国別年間実労働賃金　JETRO 日系企業実態調査結果から抜粋
添付資料-8　2002年及び2022年半導体工場数
産業タイムス　半導体工場ハンドブック2022年
プレスジャーナル　日本半導体年鑑　2002度版
添付資料-9　パソコン用マザーボード組み立てOEMとパソコンメーカーの相関
日経マーケット・アクセス・セミナー　2002年3月8日
添付資料-10　2001年におけるパソコンと携帯電話月産数
日経マーケット・アクセス・セミナー　2002年3月8日
添付資料-11　携帯電話　テレビ　パソコン（含むサーバー）出荷台数推移
日経マーケット・アクセス・セミナー、デジタル家電市場総覧、その他公表資料を集積し平均的な推定値をグラフ化
添付資料-12　村田製作所とTDKの決算比較　両社決算短信発表値
添付資料-13　主要電気機器、自動車の買い替え年数
内閣府消費動向調査より作成
添付資料-14　2000年前後の半導体パッケージング材料および装置の主要供給企業
電子ジャーナル　半導体工場・装置・設備　2007
電子ジャーナル　2003　半導体材料データブック
をベースにAiTにて作成
添付資料-15　主要リジッドサブストレートメーカーと生産拠点
産業タイムス　プリント回路メーカー総覧　2021
添付資料-16　ハイエンドパッケージ向けサブストレート売上推移
みずほ証券　山本氏　NEDIA 専門講座　2021年12月2日
添付資料-17　パッケージ関連企業にとってのチャンスとリスク
みずほ証券　山本氏　NEDIA 専門講座　2021年12月2日

＊この連載はカラーでSEAJのHPに掲載しています。
（https://www.seaj.or.jp/about/journal/）