

半導体関連産業を考察する

～半導体とは？半導体関連産業を取り巻く環境とは？～

はじめに

最近、新聞やテレビなどのマスメディアで半導体関連企業の再編・統合、売却といった記事が散見される。ここ九州は「シリコンアイランド」と呼ばれ、国内でも半導体関連産業が集積している地域であり、本県には世界的なリーディングカンパニーである大手半導体関連企業が進出し、重要な役割の一端を担っている。しかしながら、「産業のコメ」と呼ばれるほど重要性が高く、我々も普段から半導体という言葉は何気なく耳にして使っているが、半導体とは何かと問われれば明確な答えに窮すかもしれない。

本レポートでは、我々の身近にありながら、その実像を掴んでいるとはいえない半導体にスポットを当て、本県の基幹産業の一つである半導体関連産業への理解を深める一助としたい。

1. 「半導体」について

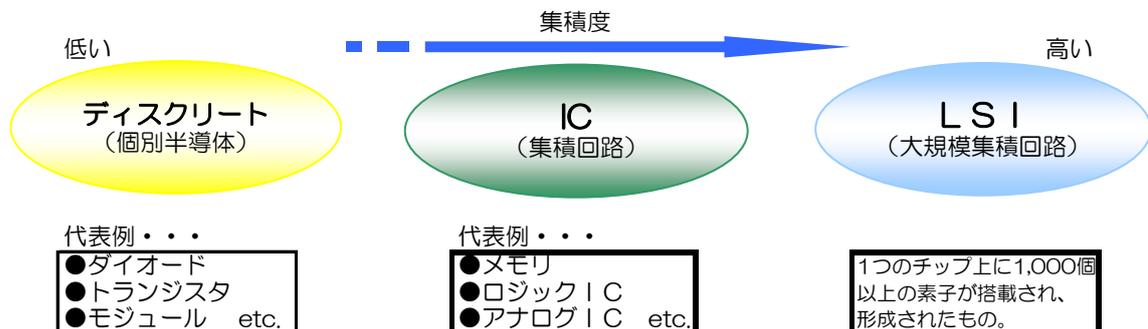
(1) 半導体とは？

「半導体」という言葉を聞いたとき何を思い浮かべるだろうか。人それぞれではあるが、多くはパソコンや薄型テレビ、携帯電話などに搭載される電子部品を思い浮かべるのではないだろうか。実は「半導体」には以下に述べる2つの定義がある。1つは、「物質としての半導体」である。電気を通しやすい（抵抗率（ $\Omega \text{ cm}$ ）が 10^6 より小さい）「導体」と電気を通さない（抵抗率が 10^8 より大きい）「絶縁体」の間に位置する物質を「半導体」と呼び、この「半導体」は不純物が添加されることで電気制御に有用な特性を発生する特徴がある（原材料としてはシリコン（ケイ素）が一般的）。もう1つは、トランジスタなど半導体素子単体や、それらが集積したIC（集積回路）を総称したものとして「半導体」と呼ばれている。我々が普段思い浮かぶのは後者のイメージであると思われるが、それもまぎれもなく「半導体」なのである。

(2) 電子部品としての「半導体」

さて、ここからは後者の電子部品としての「半導体」に焦点を当てていきたい。「半導体」はディスクリートと呼ばれる個別半導体からIC（集積回路）、LSI（大規模集積回路）という順に電子回路における素子の集積密度が高まっていく（図表1）。ディスクリートとは集積度が低く単一機能を有す半導体であり、ダイオードやトランジスタなどが代表的である。またICとはトランジスタなど複数の素子を1つのチップ上に集積したものであり、その中でも特にICの集積度を高めたものをLSIと呼び、1つのチップ上に1,000個以上の素子が搭載され形成されている。また機能面での区別により、記憶装置であるメモリ（DRAM、ROMなど）、演算処理装置であるマイクロプロセッサ（MPU）、画像認識機能を持つ撮像素子（イメージセンサなど）、など多くの種類に分類されることになる（図表2）。

図表1 半導体の分類（電子回路集積度別）



図表2 半導体の分類例

カテゴリー		代表的なデバイス		概要
ディスクリート (個別半導体)		ダイオード		一方向にしか電気を流さない整流作用を持つ。
		トランジスタ		信号により電気を流したり止めたりするスイッチング機能や増幅機能を持つ。20世紀最大の発明の一つ。
		コンデンサ		電気を充電や放電することで電圧を一定に保つ。
IC (集積回路)	メモリ	揮発性メモリ	DRAM	電源が切れると記憶が消える特徴(揮発性)がある。コンデンサに電荷を蓄え、放出することで随時書き込み、読み出しを行う。パソコンのメインメモリとして一般的に利用される。
		不揮発性メモリ	フラッシュメモリ	電源が切れても記憶は残る特徴(不揮発性)がある。USBメモリ、携帯音楽プレーヤーなどの記憶装置として主に利用。最近ではHDDの代替としての利用も進む。
	ロジックIC	マイコン		デジタル機器や産業用機器の制御など特定の用途に絞ったロジックIC。
		MPU (マイクロプロセッサ)		コンピュータの中核であるCPU(中央演算処理装置)を一つのLSIで実現したもの。コンピュータの頭脳、心臓部。
		ASIC		特定用途向けに複数の機能を一つにまとめたオーダーメイドIC。
	その他	光デバイス	発光ダイオード(LED)	
撮像素子			CCD	画像など光情報を電気信号に変換する機能を持つ。高感度、高解像度、ノイズが少ない。ビデオカメラやデジタルカメラなどに利用。
			CMOSイメージセンサ	CCDに比べ、省電力かつ製造コストが低いことから普及が拡大。最近では画質も向上している。

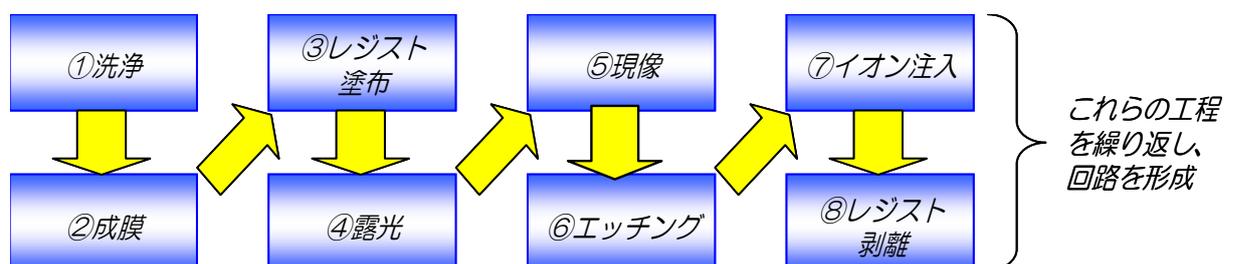
(3) 半導体の製造工程

「半導体」はどのように作られるのであろうか。ここからはその製造工程をみていきたい。半導体を製造する工程は一般的に前工程と後工程に分かれている。前工程とはシリコンウェハ(ICチップの製造に使われるシリコン製の薄い基板) に回路を形成する工程であり、後工程とは前工程によって形成された ICチップを一つ一つ切り分け、配線、樹脂封止、作動検査を行い製品化する工程である。製造工程は多岐にわたり、さらにその工程を何度も繰り返す必要があることから半導体の製造には2~3 ヶ月程度の時間を要すといわれている。

<前工程>

前工程については、①基盤となるシリコンウェハを洗浄する「洗浄工程」②ウェハ上に回路素材となる薄膜を形成する「成膜工程」③フォトリソ(感光液)を均一に塗布する「レジスト塗布工程」④回路パターンの転写を行う「露光工程」⑤露光された部分のフォトリソを溶かす「現像工程」⑥薬液やイオンにより露出した下地の薄膜を除去する「エッチング工程」⑦リンなど不純物を注入し、シリコンに電気的特性を持たせる「イオン注入工程」⑧不要なフォトリソを除去する「剥離工程」、以上の工程を繰り返すことで半導体素子が形成される(図表3)。

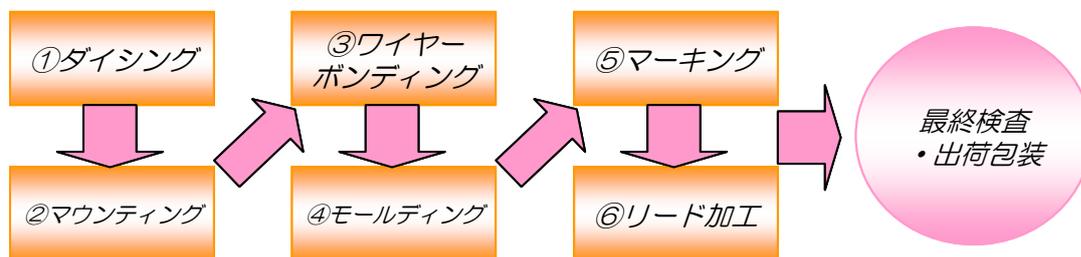
図表3 前工程



＜後工程＞

次に後工程とは、前工程を経て製造された①シリコンウェハをダイヤモンドカッターでチップ単位に切り分ける「ダイシング工程」②切り分けられたチップを金属板（リードフレーム）に固定する「マウンティング（ダイボンディング）工程」③チップとリードフレームを結線する「ワイヤーボンディング工程」④衝撃や水から守るために結線済みのチップ、リードフレームを樹脂で封止する「モールドイング工程」⑤成型されたチップ表面に製品名等を印字する「マーキング工程」⑥リードフレームから個々に分離させる「リード加工工程」を経て、最終検査を行い、出荷包装する工程である（図表4）。

図表4 後工程



2. 市場動向

(1) 半導体及び半導体製造装置市場

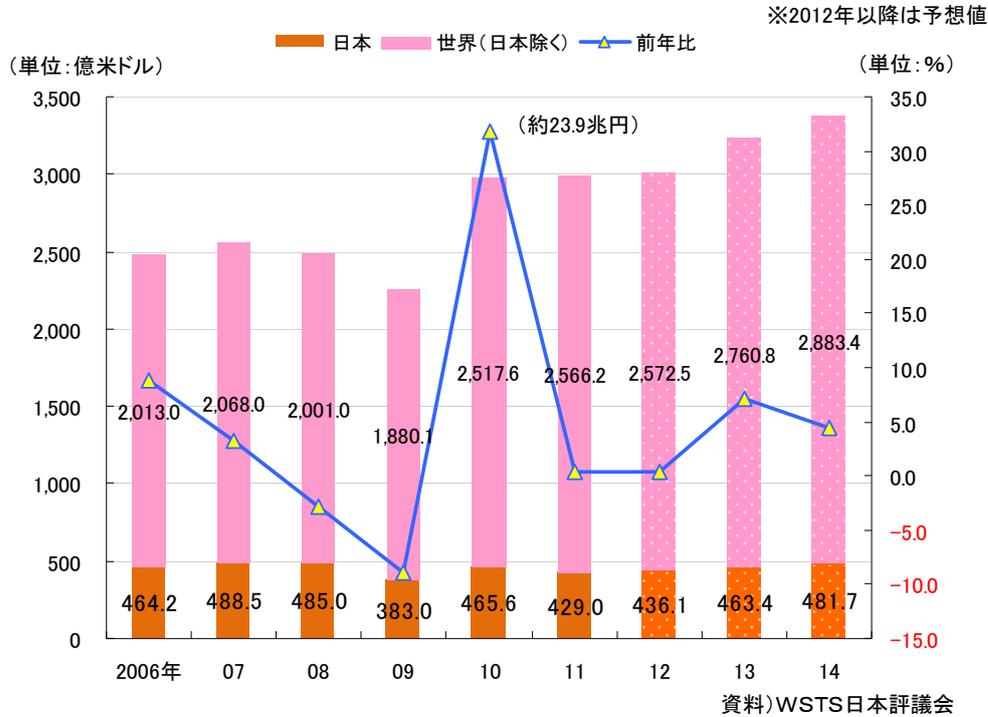
ここからは「半導体」の市場動向についてみていきたい。「半導体」に関わる市場としては、「半導体デバイス」市場と半導体デバイスを製造するための「半導体製造装置」市場がある。

半導体デバイス市場については、WSTS（世界半導体市場統計）の「2012年春季半導体市場予測」によると、2011年の世界の半導体市場規模は前年比+0.4%の2,995億ドル（約23.9兆円）となり、過去最高を更新した。地域別にみると、アメリカが+2.8%、アジア地域が+2.5%と前年実績を上回る一方、欧州が▲1.7%、日本が▲7.9%と低調に推移した。なお、2012年については欧州を中心とした世界経済の減速懸念から同じく前年比+0.4%に留まるとし、半導体市場規模を3,009億ドル（約23.8兆円）と予測している。以降、2013年+7.2%、2014年+4.4%と堅調な回復を見込んでおり、2014年までの年平均成長率は+4.0%と予測されている。

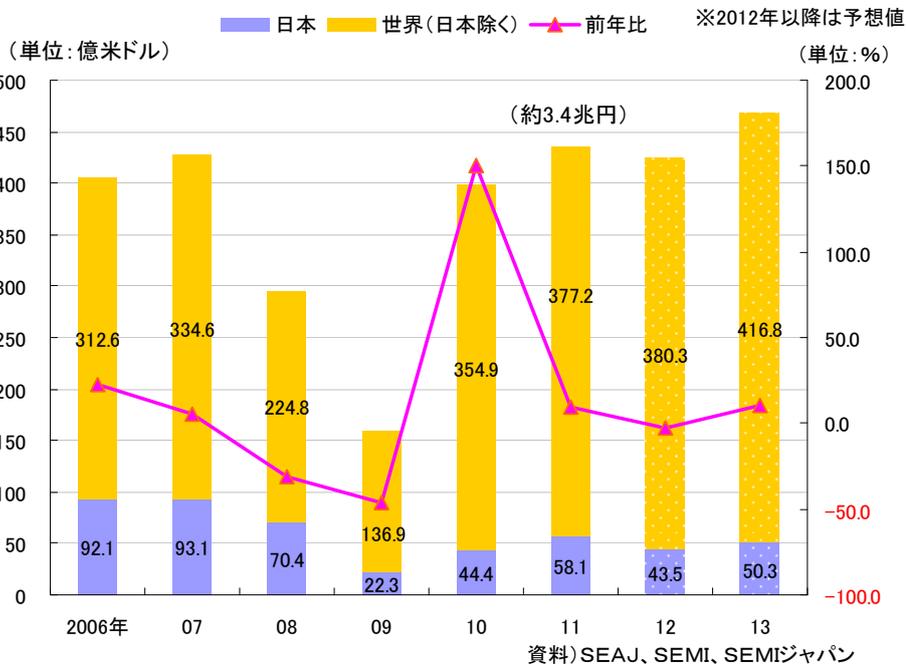
一方、日本の半導体デバイス市場の動向であるが、2011年は前述のとおり、前年比▲7.9%の429億ドル（約3.4兆円）となったが、同年3月に発生した東日本大震災、7月以降のタイの洪水といった天災によるサプライチェーンの寸断に加え、円高、外需不振が大きな下押し圧力となったものである。但し、2012年以降についてはプラス成長（2012年+1.7%、2013年+6.2%、2014年+4.0%）が予想されており、2014年までの年平均成長率は+3.9%（円ベースでは+3.7%）と予測されている（図表5）。

次に半導体製造装置市場の動向をみていきたい。SEMI（半導体製造装置材料協会）が発表した「半導体製造装置の年次市場予測」（2012年7月）によるとタブレット、スマートフォンなどの需要増加に伴い2011年の半導体製造装置市場規模は前年比+9.0%の435億ドルとなった。2012年は▲2.6%の424億ドルと予想されるが、依然として高水準の投資は続いており、2013年には467億ドルに達すると見込まれている。なお、2013年の地域別市場規模をみると韓国が121億ドル、北米が101億ドル、台湾が92億ドル、そして日本が50億ドルと予想され、この4地域で世界市場の8割弱を占める見込みとなっている（図表6）。

図表5 世界半導体市場の推移



図表6 世界半導体製造装置市場の推移



こうした状況下で、最近特に「シリコンウェハの450mm化」が話題となっている。半導体業界ではシリコンウェハの大口径化により、一度に生産する半導体生産個数が増加し、製造コストを抑制することが可能となる。そのため、現在のシリコンウェハの最先端である直径300mmから450mmへの大口径化が一つの鍵となっており、半導体デバイスメーカーのインテル（米）が半導体製造装置メーカーであるASML（蘭）に最大41億ドル（約3,260億円）の投資を発表、さらに世界第2位の露光装置メーカーであるニコンに対しても数百億円を出資するとしており大口径化した製造装置開発と次世代の露光装置の開発に取り組む予定である。また、ASMLにはサムスン電子（韓）や世界最大のファウンドリ（半導体受託製造専門企業）であるTSMC（台）も出資を予定している。450mm化により前述のメリットはあるものの、ウェハの大型化や微細化に対応する装置の開発には莫大なコストが必要とされ、製造装置メーカーからは利益確保の面で厳しいという声も聞かれる。またデバイスメーカーにとっても量産に向けた投資が可能な企業は限られることから競争力格差の拡大も予想され、市場動向に影響を与えるとみられる。

(2) 半導体デバイス・半導体製造装置メーカーについて

ここからは各市場を形成している主要企業についてみていきたい。まず2011年の半導体デバイス市場ランキング（図表7）をみると、トップ3は順にインテル（米）、サムスン電子（韓）そして東芝と続く。また東芝以外の日本勢としてルネサスエレクトロニクスが第5位の位置にあるが、同社は現在経営再建の真っ只中にある。また今年2月に国内唯一のDRAM専門メーカーであるエルピーダメモリ（DRAMシェア世界第3位）が会社更生法を申請したことも記憶に新しく、企業再編、工場の縮小、撤退などが続いており1980年代には世界シェアの5割超を占め隆盛を誇った日本勢は厳しい状況にある。

一方、勝ち組としてインテル、サムスン電子の存在がある。トッププレーヤーであるインテルは、従来はDRAMなども手掛けていたが現在では主にMPUを中心に製造・販売しているデバイスメーカーであり、2位のサムスン電子の倍近くの売上規模を持つデバイス界の巨人である。特に「Pentium」「Core」シリーズなどパソコン用CPU（中央演算処理装置）では大手メーカー製パソコンの多くに採用されており、MPUでは世界シェア約8割を握るという圧倒的な業界トップの地位を占めている。

第2位のサムスン電子は、韓国経済を代表するサムスングループの中核企業かつ韓国最大の総合電子機器メーカーである。1969年に設立後、半導体事業は着実に成長を続けており2002年以降世界第2位のデバイスメーカーのポジションを確立している。特にDRAMやフラッシュメモリなどのメモリ分野に圧倒的な強さを持つ。また同社は「半導体」部門だけでなく、世界トップクラスのシェアを誇る「家電製品」、「携帯電話」部門を有す。デバイスに加え、それを搭載した携帯電話、情報端末や薄型テレビなどの市場に出回る最終製品までカバーしており、日本を含む世界各国で同社の製品は知名度を高めている。

日本勢である第3位の東芝であるが、同社の半導体部門をセクター別でみるとディスクリット、システムLSI、メモリの3部門に分かれる。その中でも特にメモリの比重が高く半導体部門売上高に占めるシェアは5割を超えており、その原動力は1987年に同社の舛岡富士夫氏が発明したNAND型フラッシュメモリである。NAND型フラッシュメモリは不揮発性メモリと呼ばれるもので、USBメモリやメモリーカード、最近では携帯電話や携帯音楽プレーヤーの記憶媒体として利用される機会が多い。製品シェアはサムスン電子に次ぐ世界第2位である。

次は半導体製造装置メーカーであるが2011年のランキング（図表8）をみると、トップ3はASML（蘭）、アプライドマテリアルズ（米）、そして東京エレクトロンとなっている。デバイス市場とは異なり、製造装

置市場では日本勢の健闘が光る。大日本スクリーン製造、ニコン、アドバンテストが上位10社に含まれ、それ以外では日立ハイテクノロジーズ、日立国際電気なども15位までに入り存在感を示している。苦境が伝えられるデバイスメーカーとはやや事情が異なる。日本勢のシェアは3割強を占め、米国勢の4割強を合わせれば半導体製造装置市場の8割近くはこの両国が占有している状況にある。

そうした環境の中で、現在、業界トップに立つのはオランダに本社を置くASMLである。同社は製造装置の中で、シリコンウェハー上に半導体の回路設計データを転写する露光装置（ステッパー）を販売しており、露光装置市場でも堂々のトップの地位にある。なお、露光装置は極めて高価（1台当たり数億～数十億円）であることも特徴である。

第2位のアプライドマテリアルズは半導体製造工程における前工程の大部分をカバーする様々な製造装置を生産しており、最近ASMLに首位の座を明け渡したものの、依然として高い市場シェアを誇る。

ここで第3位にあるのが国内トップの東京エレクトロンである。ベンチャー企業として事業を開始して2013年11月に設立50周年を迎える同社はレジスト塗布装置（コータ/デベロッパ）では世界シェア8割を誇り、まさに寡占状況にある。熱処理成膜、エッチングなどにかかる装置についても強みを持っている。日本勢では他に、洗浄装置市場でトップシェアを誇る大日本スクリーン製造、露光装置市場でASMLに次ぐシェアのニコン、テスター（半導体検査装置）が強いアドバンテストなどがある。

図表7 半導体デバイスメーカーランキング（2011年）

単位：百万ドル、%

	企業名	売上高	シェア
1	インテル（米）	50,669	16.5
2	サムスン電子（韓）	27,366	8.9
3	東芝（日）	11,769	3.8
4	テキサスインスツルメンツ（米）	11,754	3.8
5	ルネサスエレクトロニクス（日）	10,650	3.5
6	クアルコム（米）	9,998	3.3
7	STマイクロエレクトロニクス（スイス）	9,635	3.1
8	ハイニックス半導体（韓）	9,388	3.1
9	マイクロテクノロジー（米）	7,643	2.5
10	ブロードコム（米）	7,160	2.3
-	その他	150,811	49.1
	計	306,843	100.0

資料) Gartner

図表8 半導体製造装置メーカーランキング（2011年）

単位：百万ドル、%

	企業名	売上高	シェア
1	ASML（蘭）	7,877.1	19.5
2	アプライドマテリアルズ（米）	7,437.8	18.4
3	東京エレクトロン（日）	6,203.3	15.4
4	KLA-テンコール（米）	3,106.2	7.7
5	ラムリサーチ（米）	2,804.1	6.9
6	大日本スクリーン製造（日）	2,104.9	5.2
7	ニコン（日）	1,645.5	4.1
8	アドバンテスト（日）	1,446.7	3.6
9	ASMインターナショナル（蘭）	1,443.0	3.6
10	ノベラスシステムズ（米）	1,318.7	3.3
-	その他（11-15位）	4,960.5	12.3
	計（世界上位15社）	40,347.7	100.0

資料) VLSI Research

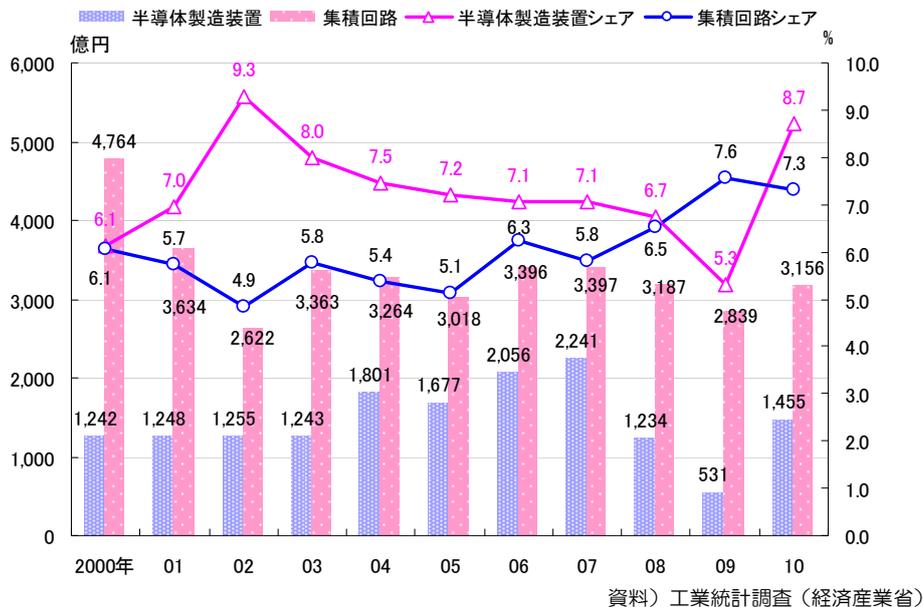
3. 熊本県の半導体関連産業

九州は「シリコンアイランド」と呼ばれている。これは、1960年代後半からの半導体関連企業の集積とともに半導体生産が拡大し、半導体関連産業が九州の基幹産業の一つとなり、全国的にも大きなシェアを有していることによる。九州経済産業局の集計によると 2011 年の IC 生産は、数量ベースで全国シェア 22.9%、金額ベースでは 29.6%を占めている。

本県には 1967 年 5 月に九州ではじめての IC 工場である三菱電機株の工場が開設され、以後九州日本電気株（現ルネサスエレクトロニクス株）、東京エレクトロン九州株、ソニーセミコンダクタ九州株（現ソニーセミコンダクタ株）など国内の半導体デバイスならびに製造装置メーカー等が数多く進出した。以降、それに伴う関連企業、地場企業の展開が進んだことで半導体関連産業の集積が高まり、現在に至る。

ここからは、本県の半導体関連産業を 2010 年工業統計調査（経済産業省）のデータを用いてみたい。半導体関連産業を「電子部品」部門と「半導体製造装置」部門の合計と定義した場合、製造品出荷額は 5,215 億円に上り、本県の製造品出荷額総計（2 兆 5,209 億円）の 2 割超を占めており、これは基幹産業の一つである「輸送機械」部門の 4,175 億円をも上回っている。また「電子部品」部門の核（部門シェア 8 割）となる集積回路は 3,156 億円、また半導体製造装置は 1,455 億円となっている。本県が全国の 1% 経済と呼ばれることを念頭に全国と比較した場合、本県の集積回路は 7.3%、半導体製造装置は 8.7% という非常に高いシェアを占めている（図表 9）。上記のことから半導体関連産業が本県の基幹産業の一つであり、全国的にも同産業にとって重要な地域であることは間違いのないといえるだろう。

図表 9 熊本県の集積回路、半導体製造装置の出荷額および全国シェアの推移



国際競争の激化、円高、世界景気の低迷といった背景から本県の半導体関連産業も厳しい状況にあるが、悲観すべきことばかりではない。例えば、ソニーセミコンダクタ(株)熊本TECではデジタルカメラなどに加え、スマートフォンなど携帯情報端末等の市場拡大に伴いCCDやCMOSイメージセンサの需要が高まり、生産の拡大が続いている。また三菱電機(株)パワーデバイス製作所熊本工場では電流を効率的に制御するパワー半導体に特化しており、中国をはじめとした新興国経済の成長に加え、省エネの観点からも需要が高まっている。ともに汎用品ではない付加価値の高い特徴あるデバイスに「選択と集中」したことが要因ではないだろうか。またコータ/デベロッパで極めて高い世界シェアを有す東京エレクトロン九州(株)など、本県には付加価値が高く、競争力のある製品を製造する世界的なリーディングカンパニーも立地している。県内では特にソニーセミコンダクタ(株)熊本TEC、東京エレクトロン九州(株)が開発部門と生産部門を集積する体制をとっており、リードタイムの短縮につながるなど相乗効果が表れ、付加価値の向上に寄与しているとみられる。

まとめ

半導体関連産業は、今後も拡大し続けていくと予想される。半導体は世界中のあらゆる家電や電子機器に搭載されており、その進化なくして新技術や新製品の開発は不可能である。経済の発展と半導体の進化は同じベクトルにある。例えば、今後成長が見込まれる分野としてエネルギー分野がある。国内では原発停止による代替電力の重要性が高まり、世界的にも環境問題などからクリーンエネルギーへの移行が求められている。ここでは新たな電力ネットワークであるスマートグリッドが活躍するとみられるが、スマートグリッドには様々な半導体の利用が確実視されているのである。

現在、日本そして本県においても半導体関連産業が置かれている環境は厳しい。しかしながら、今後も、市場拡大が続き、日本勢は永年の技術・ノウハウの蓄積を基に、生き残りをかけて付加価値の高い製品を生み出し続けるだろう。そこに本県の半導体関連産業がトップランナーとして大きな役割を果たすのは間違いなく、またそれを支えているのは本県の歴史、風土、そしてそこで育まれた人材であることが心強い。