

低炭素社会構築に伴う東北地方・電子／デバイス関連産業の
ビジネスチャンスに関する調査報告書

2011年7月

財団法人 東北活性化研究センター

目次

はじめに	2
1. 調査のフロー	4
2. 省エネグリーンデバイスの市場動向.....	4
2. 1 パワー半導体	4
(1) 市場動向.....	4
(2) アプリケーション動向.....	6
(3) パワー半導体の種類と参入企業.....	9
(4) 関連サプライチェーンの状況.....	26
2. 2 LED 照明	34
(1) 市場動向	34
(2) アプリケーション動向	41
(3) LED照明の種類と参入企業	43
(4) 関連するサプライチェーン	47
2. 3 有機 EL 照明	57
(1) 市場動向	57
(2) アプリケーション動向	60
(3) 参入企業	61
(4) 関連サプライチェーン	63
3. 東北地域における省エネグリーンデバイス分野のビジネスチャンス.....	65
3. 1 電子産業の集積状況.....	65
3. 2 東北地域における省エネグリーンデバイス分野のビジネスチャンス	67
(1) パワー半導体.....	67
(2) LED照明.....	73
(3) 有機EL照明.....	79
4. 東北地域における省エネデバイス分野の産業振興に向けた政策提言	81
4. 1 ビジネスチャンス活用に向けた方向性.....	81
4. 2 本テーマに関連する東北地域のポテンシャルについて	90
4. 3 産業振興策の実行内容について.....	92
参考資料	99
1. パワー半導体種別毎の状況	99
2. アプリケーション毎の状況	122
3. 委員会について	127
4. 参考文献	130

はじめに

この報告書は、財団法人東北活性化研究センターが実施した「低炭素社会構築に伴う東北地方・電子／デバイス関連産業のビジネスチャンスに関する調査」の成果を取りまとめたものです。

今回、省エネルギー関連のグリーンデバイス市場に関し調査を実施したのは、以下の理由から、この分野の産業振興が当センターの目的である東北地域の活力向上に寄与すると期待したためです。

第一には、この分野は、地域経済のパイを大きくするために必要な域外からの資金「外貨」を稼げる産業分野ということがある。域内人口減少、財政制約の高まりといった社会経済環境の中で、自律的経済構造の構築が東北経済にとって大きな課題だからです。

第二には、この分野は低炭素社会構築という大きな潮流の中で世界的に市場規模が拡大することが期待され、かつ、日本企業が強みを持つ分野ということがあります。たとえば、省エネのキーデバイスであるパワー半導体は、日本では家電、コンピュータ、自動車、鉄道など幅広い機器に使われていますが、これらの機器は世界規模で普及拡大が見込まれていますし、パワー半導体の搭載比率拡大も見込まれています。また、日本企業が強みとする製造技術やすり合わせが特に重要な分野であるため、日本企業が高いシェアを有しています。

第三には、要素技術の変化、新たな製品市場誕生などのためプレイヤーが固まっていな部分があり、新規参入の余地があると考えられることがあります。要素技術の面では、パワー半導体では次世代デバイスが注目されていますし、デバイスを使用する製品市場という面でも、例えば、パワー半導体についてはハイブリッド・EV等の環境自動車、再生可能エネルギーなどの市場の立ち上がってきたいいます。

第四には、東北地域の産業構造の特徴の一つでもある電子・デバイス産業の集積が、この分野の振興・集積に生かせるとの期待があります。電子・デバイス産業は東北の主力産業ですが、今回調査対象としたパワー半導体、さらにはLED照明も半導体結晶のなかで電気エネルギーが直接光に変わるというしくみを応用した光源であるため、半導体関連の技術と深い関係があります。

このような問題意識の下、本調査では、省エネルギー関連のグリーンデバイス市場拡大が東北地方電子・デバイス関連産業にどのようなビジネスチャンスをもたらすのかとともに、そのチャンスを生かすためにどのような戦略や環境整備を進めたらいいのかを検討しました。なお、ビジネスチャンスとしては、①東北地域に立地する省エネグリーンデバイス企業の事業拡大、②東北地域への省エネグリーンデバイス関連企業の誘致、③東北地域の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大、の3点を念頭においきました。

本調査報告書が東北地域の電子・デバイス関連企業及び研究機関、支援団体等に積極的

に活用され、東北地域の東北地域の活力向上と持続的な発展の一助となれば幸いです。

本調査の実施に当たりましては、東北大学大学院経済学研究科 西澤昭夫教授を委員長とする委員会を設置し、各委員・オブザーバーの皆様から貴重なご意見、ご指導を頂戴いたしました。また、ヒアリング調査では多くの企業の方々のご協力を頂戴いたしました。未筆ながら、ここに委員並びに関係各位のご協力に対して、心より御礼申し上げます。

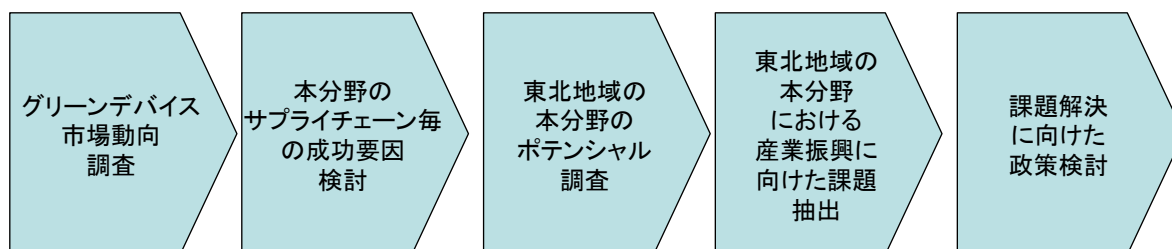
平成 23 年 7 月

財団法人東北活性化研究センター

1. 調査のフロー

一般に、グリーンデバイスの対象技術は、パワー半導体、LED 照明デバイス、有機 EL 照明デバイス、省電力ディスプレイ、各種省電力デバイス、超電導送電技術であるが、既に商用化、もしくは近い将来商用化が見込まれており、東北立地企業のもつ技術分野と関わりの深いパワー半導体、LED 照明デバイス、有機 EL 照明デバイスの 3 分野を重点的に確認する。同分野に対して、以下の手順で調査研究を行う。

まず、各分野の全体的な市場動向（市場規模やアプリケーションの内容、サプライチェーンの構造など）を文献調査などで整理する。次に、各分野のサプライチェーン毎の成功要因について、有識者やメーカーヒアリングなどを通じて検討する。これを踏まえて、東北地域の関連企業・研究機関の状況を踏まえて東北地域における同分野のビジネスチャンスを明確化し、そのチャンスを活かす上で克服すべき課題を整理すると共に、その課題解決に向けた政策を検討する。



2. 省エネグリーンデバイスの市場動向

2. 1 パワー半導体

(1) 市場動向

平成 22 年 6 月に策定された政府の新成長戦略では、有力な成長分野として「グリーン・イノベーション」が掲げられている。グリーン・イノベーション（環境エネルギー分野革新）の促進や総合的な政策パッケージによって、我が国のトップレベルの環境技術を普及・促進し、世界ナンバーワンの「環境・エネルギー大国」を目指す、というものである。蓄電池や電気自動車、発電所の省電力化、太陽光発電・風力発電の普及を目指すとしている。これらのいずれにも深く関係するのが、パワー半導体である。

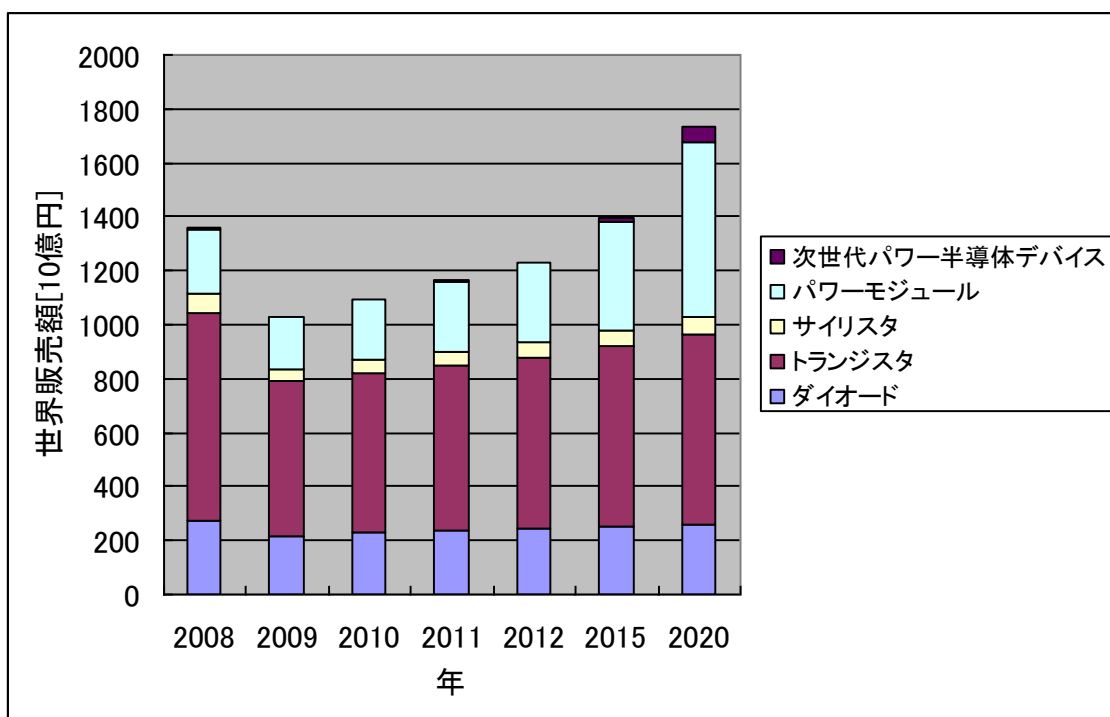
パワー半導体は、電源や電力を制御するデバイスの総称である。通常の半導体といえば、マイコン(CPU)やメモリなどの LSI が想像されるが、これらは「演算」や「記憶」などの働きをする半導体である。これに対しパワー半導体は、モーターを駆動させる、充電する、交流を直流にする、電圧を降圧するなど、電源(電力)の制御や供給を行う半導体を意味する。日常的に使われるエレクトロニクス製品や産業製品のエネルギー効率向上のために欠かせないデバイスである。応用機器の普及拡大と、応用機器におけるパワー半導体の搭載比率拡大が期待されるため、順調な市場成長が見込める。また、日本企業の中で世界シェ

ア上位に位置する企業も多く、日本の電子産業分野の中では競争力が高い領域であるといえる。

また、近年注目を浴びているのが SiC パワー半導体や GaN 半導体といった次世代パワー半導体である。Si パワー半導体の性能限界を超えることができ、その結果、従来活用が難しかった分野への適用が期待されている。

パワー半導体の 2009 年時点での世界市場規模は約 1 兆円となっている（下図参照）。リーマンショックの影響が現れたため、前年の約 1.3 兆円から大きく後退したが、その後、世界経済の回復に伴って堅調な成長が見込まれており、2020 年には 1.6 兆円を超えると予想されている。これらの予測には現在あまり普及していないスマートグリッド関連のアプリケーション（スマートメーターや効率的な電力需給管理など）分は含まれていないため、スマートグリッドの世界的な普及により 2 倍程度まで拡大する可能性がある。なお、他の電子部品の市場規模（2010 年）を見てみると、DRAM メモリは約 3.3 兆円、スマートフォンでの活用など、成長著しい NAND 型フラッシュメモリーは約 2 兆円、NOR 型フラッシュメモリーは約 0.4 兆円となっているが、こうした部品と比較しても、パワー半導体は主要電子部品の一角を占める市場規模であることがわかる。

パワーデバイス市場規模の推移



出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」

上記のグラフのセグメントに含まれるデバイスの構成は、以下の通りである。

ダイオード：整流ダイオード、SBD、FRD

トランジスタ：バイポーラパワートランジスタ、MOSFET

サイリスタ：サイリスタ・トライアック、GTO、IGCT

パワーモジュール：IGBT モジュール、インテリジェント・パワーモジュール

次世代パワー半導体デバイス：SiC-SBD、SiC-FET、GaN系、ダイヤモンド系

(2) アプリケーション動向

パワー半導体デバイスは、家電などの民生機器分野、自動車・電装分野、電鉄車両分野、情報通信機器分野、新エネルギー分野、産業分野に利用されている。例えば、エアコンでは、コンプレッサに組み込まれている交流モータの回転数を制御して温度を調節しているが、回転数を制御するためには、周波数が 50Hz もしくは 60Hz に固定されている家庭用商用電力を任意の周波数に変換させる必要がある。インバータによって任意の周波数に変換させることによって初めて、きめ細かい温度調節や省エネが可能になる。エアコンのインバータ化は大きな省エネ効果や CO2 排出量削減効果を期待できるものの、日本に比べ欧米や途上国で販売されているエアコンへの搭載率は低い。諸外国でもエアコンの省エネ化が求められるに従い、インバータの搭載率は上がっていくと見込まれている。インバータには、パワー半導体である IGBT モジュールが使われているため、エアコンだけで見ても、今後、世界中で IGBT モジュールの活用が進んでいくと考えられる。

世界のエアコン普及台数とインバータ搭載率



出典：アイサプライジャパン <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20100128/179734/?P=2>

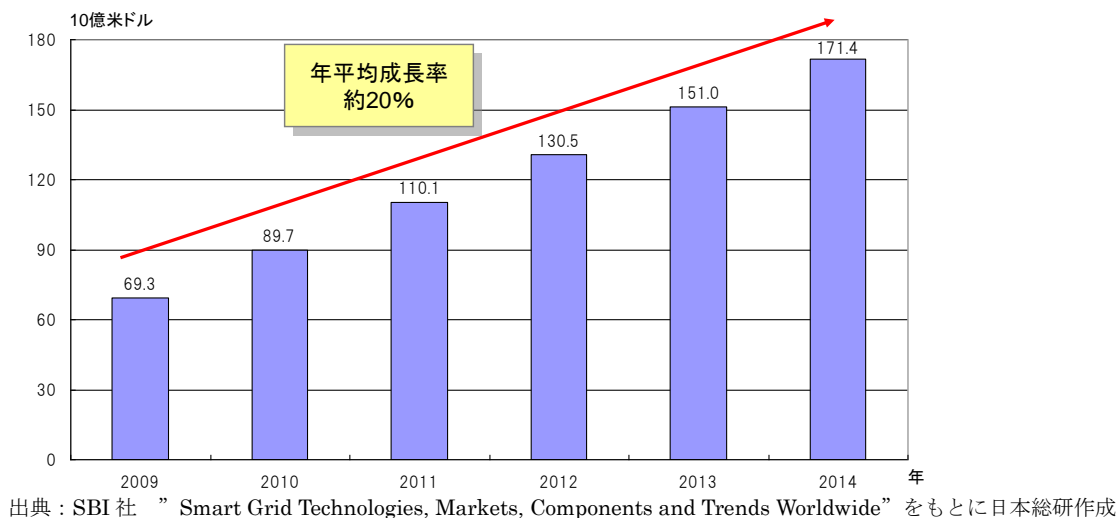
インバータのきめ細かい周波数制御機能は、エアコンだけでなく、洗濯機、蛍光灯、IH調理器などにも使われるようになってきている。蛍光灯では、蛍光管へ数十 kHz という高周波の電力供給を行うことで、蛍光灯のちらつきを減らすとともに発光効率の改善や調光が可能になる。コンピュータ関連では、インバータが 2 次電池とセットで無停電電源に使わ

れている。

また、自動車でも、エンジン出力を最適に制御するために燃料供給や吸気システム、バルブの開閉、点火時期などを電子制御しており、これを動かすためのモータやアクチュエータを各種パワー半導体で制御している。また、パワーウィンドウや各種車載電装機器の制御にもパワー半導体は使われている。今後さらに伸びが期待されるハイブリッド自動車の DC-DC コンバータ、電気自動車向け車載インバータモジュールでも採用が見込まれる。パワー半導体の対象市場は益々広がっているといえるだろう。

スマートグリッド市場の拡大に伴うパワー半導体市場の成長も期待できる。米国では、様々な電力が同一電力網に流れ込み、相互に売り買いを行う仕組みの構築を想定している。その場合、電力の交通整理を行う電力ルータが必要になる。周波数の異なる電力を変換・調整すると同時に電力パケットを集め、一時的に蓄電したり、必要な負荷に伝送したりするものだが、ここでもパワー半導体が活用されるため、有力な市場になると考えられる。スマートグリッドの展開に伴い、送配電網の更新を計画している米国、新設需要がある新興国を中心に、新しい配電管理装置の導入に伴うパワー半導体の拡大も期待される。

スマートグリッドの世界市場予測



パワー半導体が搭載される、市場規模が大きく成長率が高い主要なアプリケーションを表にまとめたのが以下である。これらのアプリケーションの世界市場は順調の成長が見込まれるため、それに伴ってパワー半導体自体の順調な成長も期待できる。

アプリケーションごとのパワー半導体搭載動向

アプリケーション※	2010年 市場規模	2020年 伸長予測	パワー半導体搭載動向			総合評価
			既存 搭載数	次世代※※	評価	
冷蔵庫	8,900千台	133%	11	★	△	○
洗濯機	2,780千台	167%	22	★	△	△
ルームエアコン	113,200千台	164%	16	☆	○	◎
IHクッキングヒーター	2,120千台	131%	8	★	△	△
液晶テレビ	180,000千台	112%	15	☆	○	◎
ノートパソコン	201,550千台	143%	11	☆	○	◎
サーバ	8,100千台	108%	24	☆	◎	○
HEV駆動用インバータ	1,755千台	346%	26	★	△	△
EV駆動用インバータ	7千台	480%	26	★	△	△
太陽光発電用パワーコン ディショナ	1,205千台	235%	31	☆	◎	○
汎用インバーター	11,500千台	128.3%	18	☆	◎	◎

アプリケーション※：インバーター搭載のもの台数 次世代※※：

☆2015年前後に実用化の動き ★2020年までに実用化の動き *2020年以降実用化の動き

出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」をもとに日本総研編集

なお、東日本大震災で被災を受けた地域の復興メニューの一つとして、スマートシティの建設の機運がある。そこでは、分散型エネルギーシステムとして、太陽光発電などが多数活用される見込みである。そうしたエネルギーシステムにおいては、パワーコンディショナーやスマートメーターなど、パワー半導体が用いられる機器が多数入っていくことが想定される。また、東日本大震災後の電力需給切迫を受けて、各種電力機器についてもよりいっそうの節電機能が求められている。こうした省エネニーズを受けて、パワー半導体の活用が益々進んでいくことが見込まれる。

(3) パワー半導体の種類と参入企業

① 種類について

パワー半導体については、Si を活用した従来型パワー半導体と、SiC (シリコンカーバイド) や GaN (ガリウムナイトライド) を活用した次世代パワー半導体がある。また、それぞれで多様な種類のパワー半導体デバイスがある。ここでは、Si 系と次世代系それぞれのパワー半導体の種類と、参入企業について概説する。

(i) Si 系パワー半導体

2.1 でも説明したように、1 兆円程度の市場規模があるが、DRAM メモリのように単一種類のもので市場が形成されておらず、アプリケーションやその用途毎に適した多数の種類のパワー半導体によって構成されている。Si 系パワー半導体デバイスの中でも、単一機能を発揮するディスクリート半導体と、複数のデバイスを活用して特定の機能を発揮するモジュールとがある。パワー半導体に分類されるデバイスは、下表のように分類される。

パワー半導体の種類

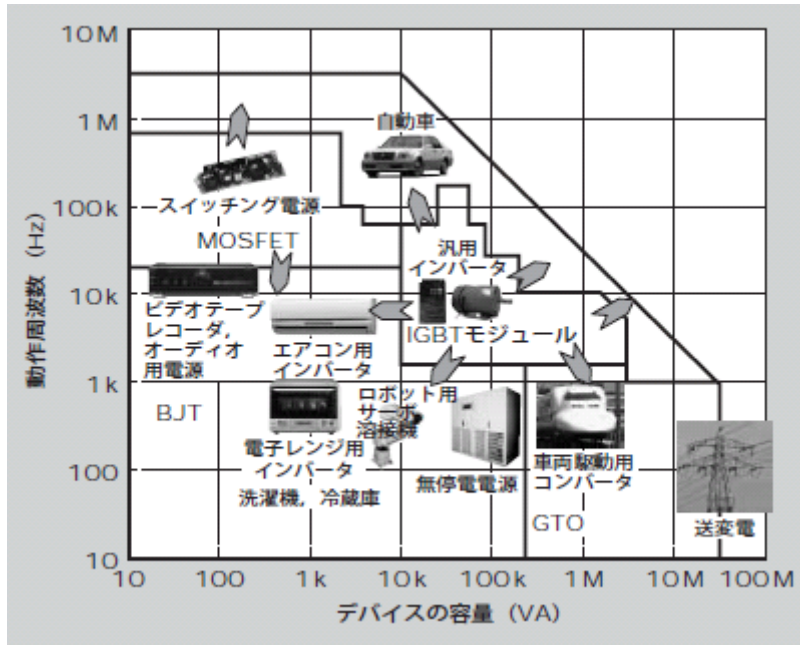
区分		デバイス名	概要
Si 系	ディスクリート	整流ダイオード	電流を一方向のみに流す整流作用をもつ。交流を直流に変換する。
		SBD (ショットキー・バリア・ダイオード)	整流作用をもつ。整流ダイオードと比較して高温化でも高速かつ高効率に動作。
		FRD (ファースト・リカバリー・ダイオード)	通常のダイオードより逆回復性が向上した高耐圧の PN 接合型高速整流素子
		バイポーラパワートランジスタ	電流増幅とスイッチング機能をもつ
		低耐圧パワーMOSFET	外部から電圧を加えることで電流の流れを制御。200V以下の低耐圧タイプ。
		高耐圧パワーMOSFET	外部から電圧を加えることで電流の流れを制御。200V以上の高耐圧タイプ。
		サイリスタ・トライアック	3端子の半導体素子で、電力量の最適化や突入電流防止のために用いられる
		GTO	ゲートに逆方向の電流を流すことでターンオフできるサイリスタ
	IGCT	ターンオフ性能が GTO よりも向上し、直列接続を必要とする応用機器には最適。	
モジュ	IGBT モジュール	MOSEFT をゲート部に取り込んだバイポーラ	

	ール		トランジスタ。耐圧性に優れる。
		インテリジェントパワーモジュール	インバータ駆動モジュールを対象。パワーデバイスの駆動回路の過熱や過電流、短路や制御電源異常に対して自己保護機能を有している。

出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」をもとに日本総研編集

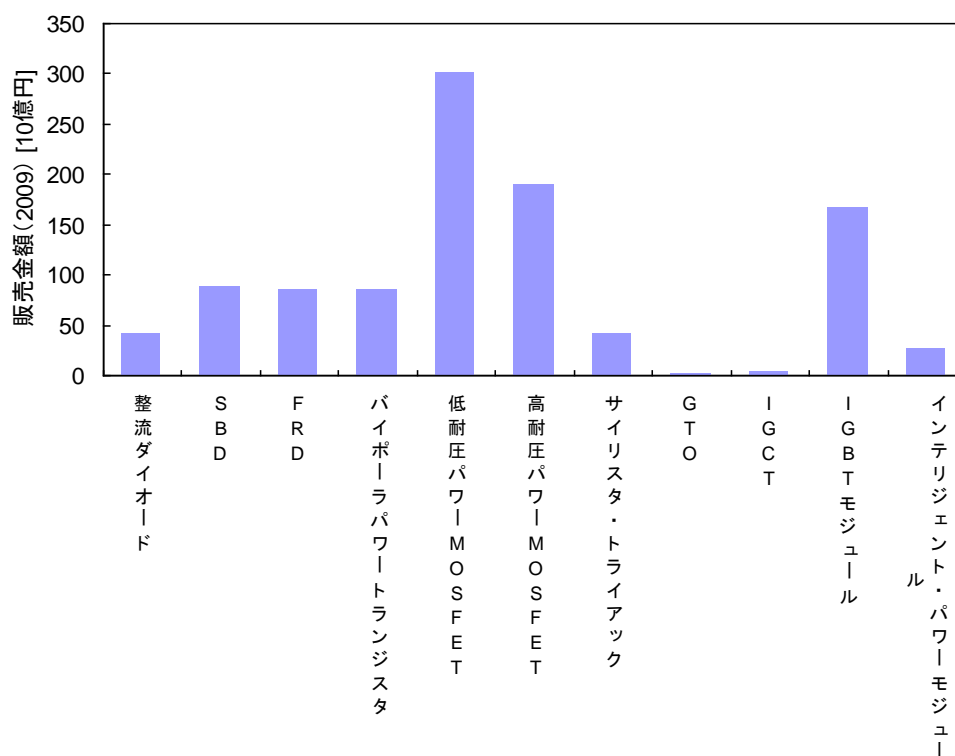
パワー半導体は、以下のようにデバイス種別によって動作周波数と出力容量が異なり、適用されるアプリケーション製品が異なる。出力容量の大きい用途には、GTO(ゲートターンオフサイリスタ)が用いられるが、送変電設備などが対象となる。出力容量は小さいが、動作周波数の高い用途には、MOSFET が用いられるが、オーディオ用電源などがその対象となる。その間の動作周波数と出力容量では、IGBT モジュールなどが用いられるが、電子レンジやエアコン用のインバータといった家電製品から、ヒートポンプ、無停電電源装置や車両電動用コンバータなど、幅広いアプリケーションが対象となる。

パワー半導体の容量・動作周波数とアプリケーションの関係



出典：富士時報 Vol.76 No.7 (2003)

種類別の市場規模は、以下の通りである。MOSFET の市場規模が大きく、次に IGBT の市場規模が大きい。



パワーデバイス種類別市場規模(世界)

パワーデバイス毎の販売実績 (2009年)

出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」をもとに日本総研編集

主なアプリケーションにおける、パワー半導体の採用傾向を示すと、以下のようになる。特に整流ダイオード、MOSFET、IGBTなどは様々な分野に広く採用されている。

主なアプリケーションにおけるパワー半導体採用傾向

		Si系												
		ディスクリート								モジュール				
		整流ダイオード	SBD	FRD	バイポーラパワートランジスタ	MOSFET	IGBT	サイリスタ	トライアック	GTO	ダイオードモジュール	サイリスタモジュール	MOSFETモジュール	IGBTモジュール
民生	冷蔵庫	◎					△		◎			◎		◎
	洗濯機	△					◎		◎			◎		△
	ルームエアコン	◎	◎											
	IH クッキングヒーター	◎	△			◎	◎		△			☆		△
	液晶TV	◎	◎			◎						◎		
	プラズマTV	◎		◎		△	◎							
	ノートパソコン	◎	◎				◎					◎		
情報	サーバ					◎					◎	◎	◎	
	小容量UPS	◎									◎			◎
自動車	HEV 駆動用インバータ	◎	◎	◎										◎
	PHEV 駆動用インバータ	◎	◎	◎										◎
	EV 駆動用インバータ	◎	◎	◎										◎
	HV/PHV/EV 用 DC/DC コンバータ		◎			◎								
電鉄	電鉄用インバータ													◎
新エネ	PV パワーコン	△	△	◎	△	◎						△	◎	◎
	風力発電パワーコン										◎		◎	
	燃料電池パワーコン		◎										◎	
産業	汎用インバータ	◎	◎	◎		◎					◎		◎	◎
	AC サーボドライバ	◎	◎	◎		◎					◎		◎	◎
	電動工具	◎				◎		◎	◎			☆		
	エレベータ	◎	◎	◎	△	◎							◎	

◎：標準搭載 △：オプション搭載

出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」
をもとに日本総研編集

なお、アプリケーションの市場動向とパワー半導体市場との関連詳細については、参考資料参照のこと。

(ii) 次世代パワー半導体

(a) 次世代パワー半導体の意義

従来の Si を使ったパワー半導体は、Si の物性で決まる理論的な性能限界に近づいており、飛躍的な性能向上を期待することが困難になってきた。そこで SiC、GaN などの材料を使った次世代パワー半導体に注目が集まるようになってきている。

例えば、電力変換の際のロスを減らすためにパワー-MOSFET の低抵抗化が求められているが、現在主流の Si 系 MOSFET では大幅な低抵抗化が難しい。そこでバンドギャップが広い半導体である SiC を使った低損失パワー-MOSFET の開発が進んでいる。

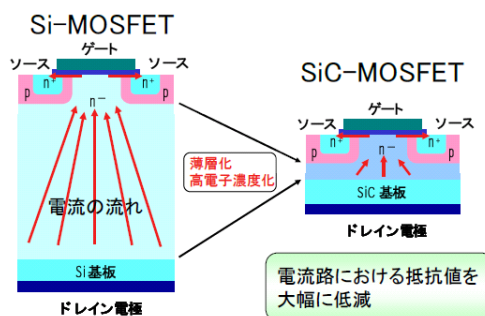
SiC と従来の Si の物理的特性を比較すると、バンドギャップが約 3 倍となることで熱的に励起されるキャリアが少なくなって高温動作が可能になり、絶縁破壊電界が約 10 倍になることで薄い半導体層で高電圧に耐えることができ、低抵抗なデバイスとなる。

半導体の物性値比較

	Si	SiC	GaN
バンドギャップ (eV)	1.12	3.26	3.42
電子移動度 (cm ² /v·s)	1,350	1,000	1,200
絶縁破壊電界 (MV/cm)	0.3	2.8	3
熱伝導率 (W/cm·k)	1.5	4.9	1.3
飽和ドリフト速度 (cm/s)	1.0 x 10 ⁷	2.2 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷

出典：松波弘之、「半導体 SiC 技術と応用」、日刊工業新聞社、2003 年 3 月

抵抗値を低減することで薄膜化を可能にする様子



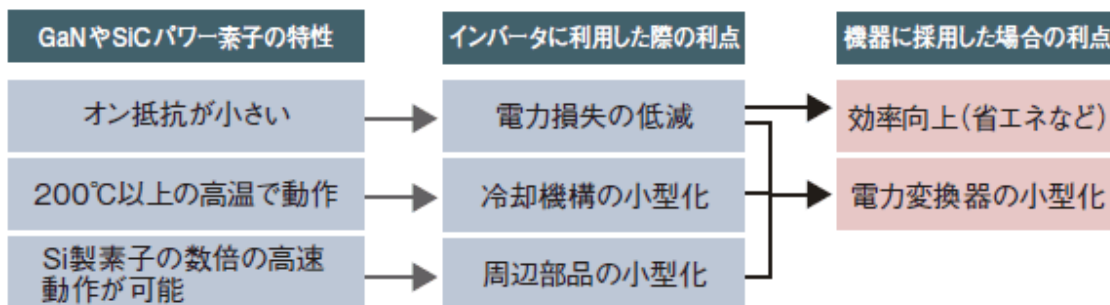
出典：三菱電機 (株) 高見哲也「SiC パワーデバイス技術」

熱伝導度が大きいことも高パワーでデバイスを動作させた時に発生する熱の拡散に有利で、高温動作と相俟ってデバイスサイズを小さくできる。

GaN デバイスは、SiC デバイスに比べても高周波特性に優れていることから、高耐圧/高速な製品を実現するものとして期待できる。特に高性能サーバやノート・パソコン、携帯

電話機、有線通信機器といった分野での適用拡大が期待される。

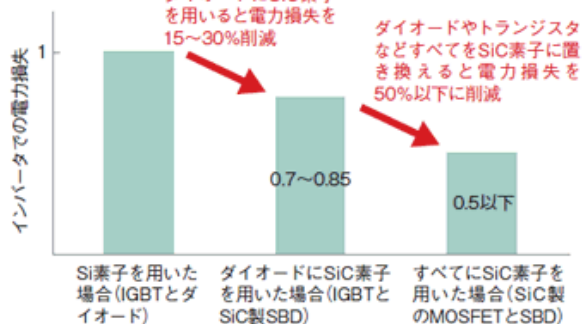
GaN や SiC で作製したパワー素子を利用することで、電力損失が小さくなるのは、オン（導通）時の損失とスイッチング損失を低減できることによる。



出典：ローム社ホームページ <http://www.rohm.co.jp/products/sic/gd/gd2.html>

例えば、インバータは、パワー素子にダイオードとトランジスタを利用するが、このダイオードを Si 製から SiC 製に置き換えるだけで、インバータにおける電力損失を 15～30% ほど低減できるとされ、民生家電、分散電源、ポンプ等幅広い機器の省エネ化にも貢献する。さらにトランジスタも Si 製から SiC 製に置き換えれば、電力損失は半分以下に低減できる。電力損失が低減した分、発熱量が減るので、電力変換器の小型化が可能になる。

SiC 素子の活用で省電力化と小型化が図られる様子

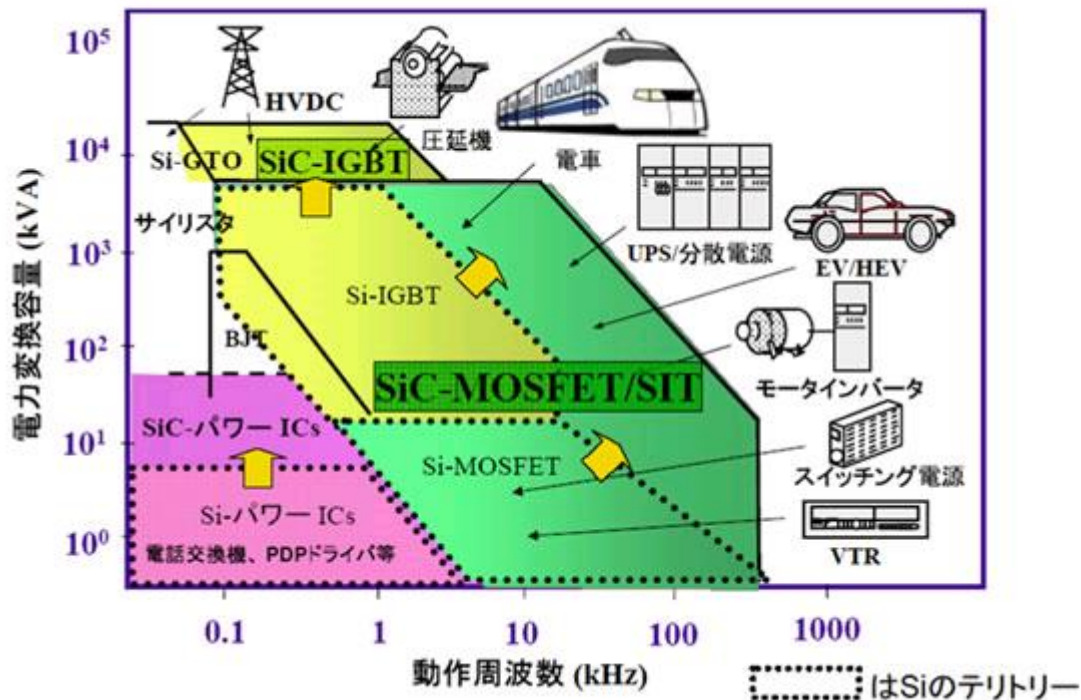


出典：ローム社ホームページ <http://www.rohm.co.jp/products/sic/gd/gd2.html>

また、高温動作が可能になれば、高温動作のパワーエレクトロニクスデバイス、例えば航空機や電気自動車向けの適用が可能になる。

その結果、以下のように、適用領域が広がることになる。

SiCの採用で広がる適用領域



出典：荒井 和雄、樋口 登「新規半導体の(SiC、GaN)のパワーエレクトロニクスへの展開」(季報 エネルギー総合工学 Vol29 No.3(2006.10))

適用範囲が広がれば、省エネ効果も拡大する。例えば、日本では総電力消費の約 50%がモーターで消費されていることから、各種モーターやエアコンなどでインバータ化やインバータの高効率化を推進すると、日本だけで原子力発電所 4 基分 (CO₂ 排出量 1000 万トン) の省エネ効果を期待できるとの試算がある。

なお、東北グリーンデバイス委員会の委員、ならびにパワーデバイスメーカーへのヒアリングに拠ると、電気自動車等について、将来的には有望な分野であるものの、今後、実績が積み上がる次世代パワー半導体 (SiC) については、安全第一の自動車メーカーの慎重姿勢を鑑みると採用は 2018 年以降になるのではないかという意見が寄せられた。

一方、人命への影響が小さい、太陽光発電・風力発電のパワーコンディショナや、産業用モーター、業務用空調については、SiCの採用で、省エネ化・小型化が進めることから搭載の可能性は大いにあるというコメントがあった。産業用モーターについては、従来は設置スペースの関係からインバータ化が進んでいなかったが、SiCの採用で小型化が可能となるため、インバータ化の起爆剤となることが期待される。特に、経済産業省は早ければ 2012 年度から、産業用モーターを対象に省エネ規制を導入し、消費電力の効率化目標の達成をメーカーに義務付けることを目指している。そうなれば、産業用モーター分野における SiC 採用が早まること期待される。

また、GaN 系デバイスについては、パソコン・サーバ等の情報通信機器や、スイッチング電源については近い将来にも普及が期待される。

次表に示されているように、現時点では商業的に搭載されているアプリケーションはほとんどない。しかしながら、SiC-SBD、SiC-FET などは、2015 年までには搭載されるアプリケーションが増えてくると見込まれている。

次世代パワー半導体に対するアプリケーションの採用動向

		次世代パワー半導体			
		SiC 系			GaN
		S i C · S B D	S i C · F E T	S i C バ イ ポ ー ラ デ バ イ ス	G a N 系 パ ワ ー 半 導 体 デ バ イ ス
民生	冷蔵庫	★	*		*
	洗濯機	★			*
	ルームエアコン	☆	★		*
	IH キッチンヒーター	★			*
	液晶 TV	☆	★		☆
	プラズマ TV	☆	☆		*
	ノートパソコン	☆	*		★
情報	サーバ	☆	★		☆
	小容量 UPS	*			
自動車	HEV 駆動用インバータ	★	☆		
	PHEV 駆動用インバータ	★	*		
	EV 駆動用インバータ	★	*		
	HV/PHV/EV 用 DC/DC コンバータ	☆	★		
電鉄	電鉄用インバータ	☆	☆		
新エネ	PV パワーコン	☆	*		
	風力発電パワーコン	☆	☆		
	燃料電池パワーコン	*			
産業	汎用インバータ	☆	*		
	AC サーボドライバ	☆	*		
	電動工具				
	エレベータ	☆	☆		

◎：標準搭載 △：オプション搭載

☆：2015 年前後に実用化の動き ★：2020 年までに実用化の動き *：2020 年以降に実用化の動き

出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」

(b) 求められる関連技術の開発

SiC等の次世代パワー半導体の普及にあたり、周辺技術にどのような変化が求められるかを見てみる。まず、SiCのウェハ製造では欧米のCreeなどが先行しており、国内ベンダーの量産出荷は遅れている展開である。これには、SiCウェハ製造の難しさが関係していると考えられる。シリコンは1,400°Cで融解した融液から単結晶を種結晶として引き上げるチョクラスキー法を用いて単結晶を製造できるが、SiCは加熱によって分解してしまうため、製造には原料ガスから直接固体を作る昇華法を用いる必要がある。昇華法では大口径のウェハを得ることが難しく、結晶の成長速度も限られる。結晶欠陥の発生も多くなるため、高品質な材料を安価に得るには、今後のさらなる技術開発が必要とされている。

一方のGaNは、現在は基礎的な技術を確認している段階であり、量産はこれからの状況であるが、試作については多数の企業が開始している。

SiCなど次世代材料を用いたパワーデバイスはすでいくつかの企業から発表、商品化されている。SiC-SBDは製品化が比較的進行している。海外メーカーが先行しており、Cree社やSTMicroelectronics社（スイス）、Infineon Technology社（ドイツ）が量産出荷している。国内メーカーでもロームが2010年4月に製品出荷を始めており、新日本無線も同時期にサンプル出荷を開始している。一方、SiC-MOSFETに関しては表面酸化膜の形成に課題があるため実用化が遅れていた。ロームや新日本無線、デンソーなどが、製品化の計画や試作などを行っている。三菱電機はSiC-SBDのサンプル出荷に加えて、SiC-SBDとSi-MOSFETを組み合わせたハイブリッドモジュールを開発している。

SiCを用いたモジュールの開発では、素子だけではなくモジュールパッケージの改善も必要となる。モジュールの電気的特性を改善しなければ、スイッチング損失の低減などの性能向上分を発揮しきれないためである。

さらに、SiCパワー素子の実用化には、高速のスイッチングに伴うリングングに由来する放射電磁雑音（EMI）の低減も重要な課題となる。素子の改良はもちろん、ノイズ・フィルタ回路の工夫によって解決することが望ましい。このように、次世代パワー半導体の登場は、関連部材や回路のあり方も改善を要することになる。逆に言えば、それらの技術を獲得した企業にとっては飛躍のチャンスを得ることになる。

ただし、SiCなど次世代材料を用いたパワー半導体は、一部の用途で実用化が始まったばかりであり、上述の通りまとまった市場は現在では形成されていない。それでも、実際に製品が採用され始めてからでは出遅れてしまう可能性が高いため、今から先行した取り組みが必要になるものと考えられる。さまざまな課題が存在するが、素子そのものの開発を進めると同時に、電源装置を構成する制御回路や周辺部品の最適化にも取り組む必要がある。

② 参入企業について

(i) Si系パワー半導体

(a) 参入企業

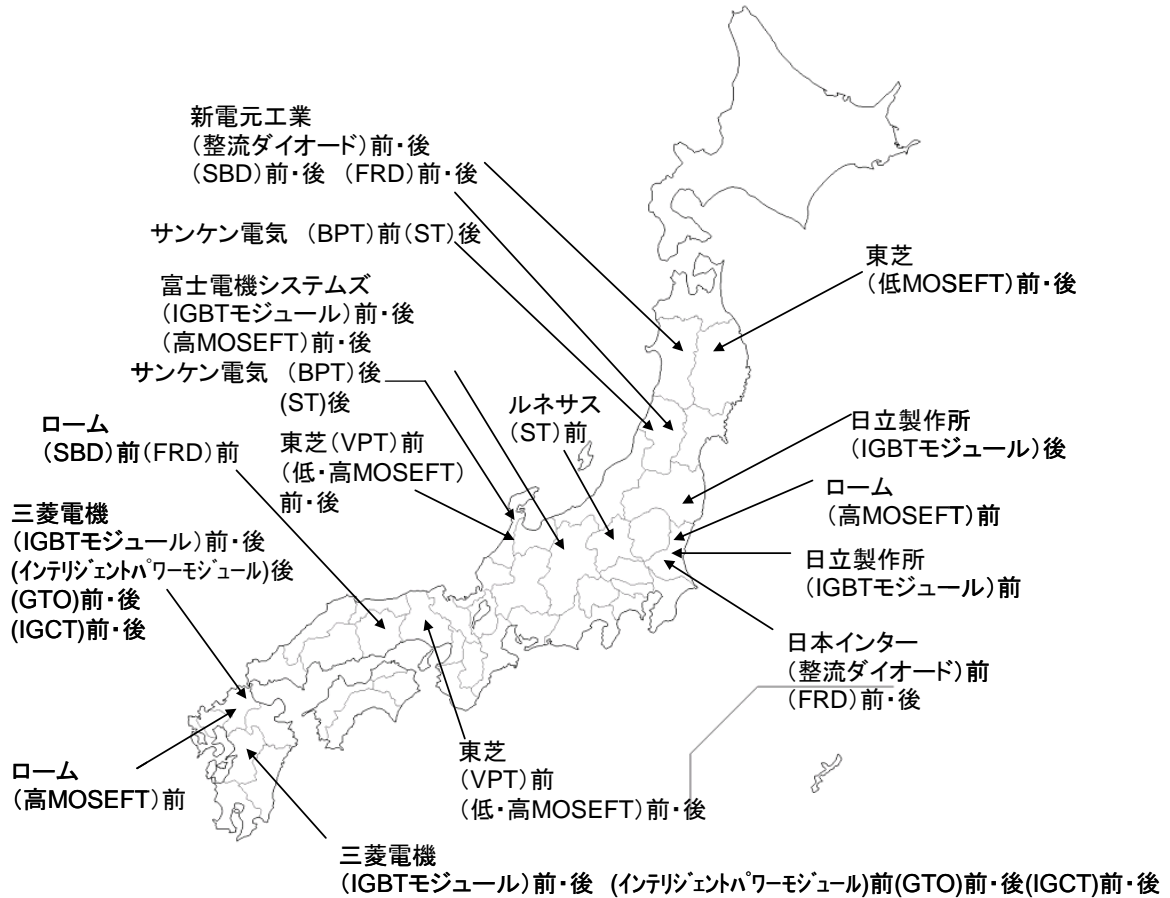
参入企業としては、三菱電機、日立製作所、東芝、富士電機システムズ、NEC エレクトロニクス、ルネサステクノロジ、ローム、日本インター、新電元工業、サンケン電気などがある。

どの企業グループも、前工程・後工程ともに取り組んでいるが、前工程は日本国内で製造することが多い半面、後工程はアジアに設置した工場で生産するケースも多い。

また、パワー半導体市場の拡大を見込んで、工場の増設を図る企業も多い。例えば、三菱電機は、インテリジェント・パワーモジュールや IGBT モジュールを生産している熊本工場、福岡工場について、2009 年に 15 億円投入して生産能力増強している。また、日立製作所も 2011 年 3 月に、パワー半導体の生産能力を倍増すると発表した。約 10 億円を投じて、パワー半導体の組み立てを行う同社グループの日立原町電子工業・原町第二工場（福島県南相馬市）に製造ラインを増設し、生産能力を月産 1 万個から、2011 年 10 月をめぐりに同 2 万個に拡大することを見込んだ。山梨県にも生産拠点を設置し、両拠点にてパワー半導体の安定供給を目指すという。また、富士電機ホールディングスも、約 50 億円を投資して、松本市内などで生産するパワー半導体の増産を進めている。また、東芝は 2011 年度上期中に、パワー半導体の生産能力を約 3 割増強する。10 年末に生産停止した NAND 型フラッシュメモリー工場の生産設備を転用し、投資費用を抑制するという。パワー半導体の主力工場、加賀東芝エレクトロニクス（石川県能美市）で増産する。11 年度上期中に、半導体素材のシリコンウェハで直径 200 ミリメートル対応の生産ラインの能力を現在より約 3 割多い月産 4 万 1000 枚に引き上げる。技術革新が速いフラッシュメモリーでは 200 ミリメートル対応設備は旧式だが、パワー半導体では露光や成膜の中核設備を最先端として活用できる。新規設備購入はほとんどないうえ、減価償却が終わった装置が多いため、複数の新たな製造装置を購入する通常の増強投資より、量産開始までの期間や投資金額を大きく抑えられることを狙っている。

国内における主なデバイス企業の工場の立地状況は、以下のようになっている。東北地域にも、多数の前・後工程の工場が設置されていることが分かる。

パワー半導体デバイス製造拠点の分布（企業グループの代表企業の名称を記載）



出典：各種資料をもとに日本総研作成

各プレイヤー動向を整理すると、以下のようになる。

● 三菱電機株式会社

主な製品	インテリジェントパワーモジュール、GTO、IGBT
取り組み事項	前工程、後工程。自社内に家電・電鉄・発電所などのユーザ部門をもち、すり合わせ技術に優れる。 【IGBT モジュール】 熊本は前工程、福岡が後工程を担当。2009 年度に生産能力増強。 【インテリジェントパワーモジュール】 熊本、福岡とも生産能力を 15 億円投入して増強。組み立て委託先の GEM エレクトロニクスに 16 億円投資。

● 東芝

主な製品	バイポーラパワートランジスタ、MOSFET
取り組み事項	<p>加賀東芝エレクトロニクス社の 8 インチ製造ラインの製造力を月産 1 万 7 千枚から段階的に 6 万枚に引き上げる予定。</p> <p>【バイポーラパワートランジスタ】 姫路工場、加賀東芝エレクトロニクスにて前工程、タイ・マレーシアにて後工程。</p> <p>【低耐圧 MOSFET】 姫路工場、加賀東芝エレクトロニクス、岩手東芝エレクトロニクスにて前工程、タイ・マレーシアにて後工程。</p> <p>【高耐圧 MOSFET】 姫路工場、加賀東芝エレクトロニクス、岩手東芝エレクトロニクスにて前工程、岩手東芝エレクトロニクス、タイ・マレーシアにて後工程。</p>

● 富士電機システムズ

主な製品	整流ダイオード、IGBT モジュール、パワーMOSFET
取り組み事項	<p>【IGBT】松本工場にて前工程、後工程に取り組む。マレーシアにて、後工程に取り組む。マレーシア工場でも、2011 年中に前工程が稼働予定。後工程についても増強しており、将来的には全生産量の 3 割をマレーシアにて生産する意向。</p> <p>【パワーMOSFET】長野にて前工程、後工程に取り組む。フィリピンにて後工程に取り組む。国内工場は生産拠点を松本工場と大町富士工場の 2 拠点体制に再編中。フィリピンの工場では生産量を拡大中。</p>

● 日立製作所

主な製品	IGBT モジュール
取り組み事項	<p>日立市にて前工程を、同社グループの日立原町電子工業・原町第二工場（福島県南相馬市）にて後工程に取り組む。山梨県にも製造拠点を設け、原町工場での生産も続けながら両拠点にてパワー半導体の安定供給を続ける意向。</p>

● ローム株式会社

主な製品	高耐圧パワーMOSFET
取り組み事項	福岡、つくばで前工程、タイ・中国・フィリピンで後工程に取り組む。

● 日本インター

主な製品	整流ダイオード、SBD、FRD
取り組み事項	つくば（本社）にて前工程（SBD、FRD については後工程も）、台湾・フィリピン子会社にて後工程を実施。

● 新電元工業株式会社

主な製品	整流ダイオード、SBD、FRD
取り組み事項	前工程、後工程。国内では東根新電元、秋田新電元の子会社で製造。秋田新電元の 4 割が自動車産業向けに製造。フィリピン、タイで後工程専門の製造拠点も設立。

● サンケン電気株式会社

主な製品	バイポーラパワートランジスタ、サイリスタ・ライアック、
取り組み事項	山形サンケンで前工程、石川サンケンで後工程。

(b) デバイス種別毎の市場規模

デバイス種別毎の市場規模と世界シェア上位の日本企業は、以下の通りである。デジタル半導体分野では、日本企業のシェア低下傾向にあるが、パワー半導体については、日本企業が上位のシェアを確保している。

デバイス種別毎の市場規模

デバイス名	2009年世界市場規模	生産シェア上位の日本企業
整流ダイオード	420 億円	新電元工業 (31% : 1位)
SBD	886 億円	ローム (16.9% : 1位) 日本インター (8.6% : 3位) 新電元工業 (6.8% : 4位)
FRD	850 億円	新電元工業 (5.9% : 2位) ローム (5.3% : 3位) 日本インター (4.1% : 4位)
バイポーラパワートランジスタ	850 億円	東芝 (15.3% : 1位) サンケン電気 (7.1% : 3位)
低耐圧パワーMOSFET	3000 億円	NEC エレクトロニクス (9.3% : 4位) 東芝 (8.7% : 5位)
高耐圧パワーMOSFET	1900 億円	東芝 (13.2% : 3位) 富士電機システムズ (7.4% : 5位)
サイリスタ・トライアック	420 億円	ルネサステクノロジ (14.3% : 3位)
GTO	89 億円	—
IGCT	30 億円	三菱電機 (16.7% : 2位)
IGBT	1670 億円	三菱電機 (28.1% : 1位) 富士電機システムズ (14.4% : 3位)
インテリジェント パワーモジュール	260 億円	三菱電機 (61.5% : 1位)

出典：富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレクトロニクス関連市場の現状と将来展望 2010」

もとに日本総研作成

(ii) 次世代パワー半導体

次世代パワー半導体の参入企業としては、三菱電機、富士電機システムズ、富士通セミコンダクター、ローム、デンソー、新日本無線などがある。

三菱電機は2010年に、2011年度までにSiCパワー半導体の開発、生産に約135億円を投じる方針を明らかにした。パワーデバイス製作所（福岡市西区）に直径4インチウエハー換算で月産3000枚の量産試作ラインを設置し、IGBTモジュールとして2011年3月

からサンプル出荷を始めた。三菱電機は 2009 年度から 3 年間で SiC 分野の開発に 100 億円開発に投じることを発表し、以来、SiC に関する研究開発は先端技術総合研究所（兵庫県尼崎市）の直径 2 インチウエハーラインで行ってきた。実用開発に移行するに当たり、パワーデバイス製作所内に床面積 1250 平方メートルのクリーンルームを設置し、1000℃～2000 度の超高温処理が必要となる SiC の材料特性に合わせ、約 35 億円を投じ高温イオン注入装置や高温アニール装置などを導入し、4 インチウエハーラインを構築した。当初は社内向けにモジュールを供給することとしており、太陽光発電システム用パワーコンディショナーや鉄道車両、ハイブリッド車用インバーターなどに内蔵される見通しとなっている。昇降機やエアコン、産業機器など幅広い製品に組み込んでいる。

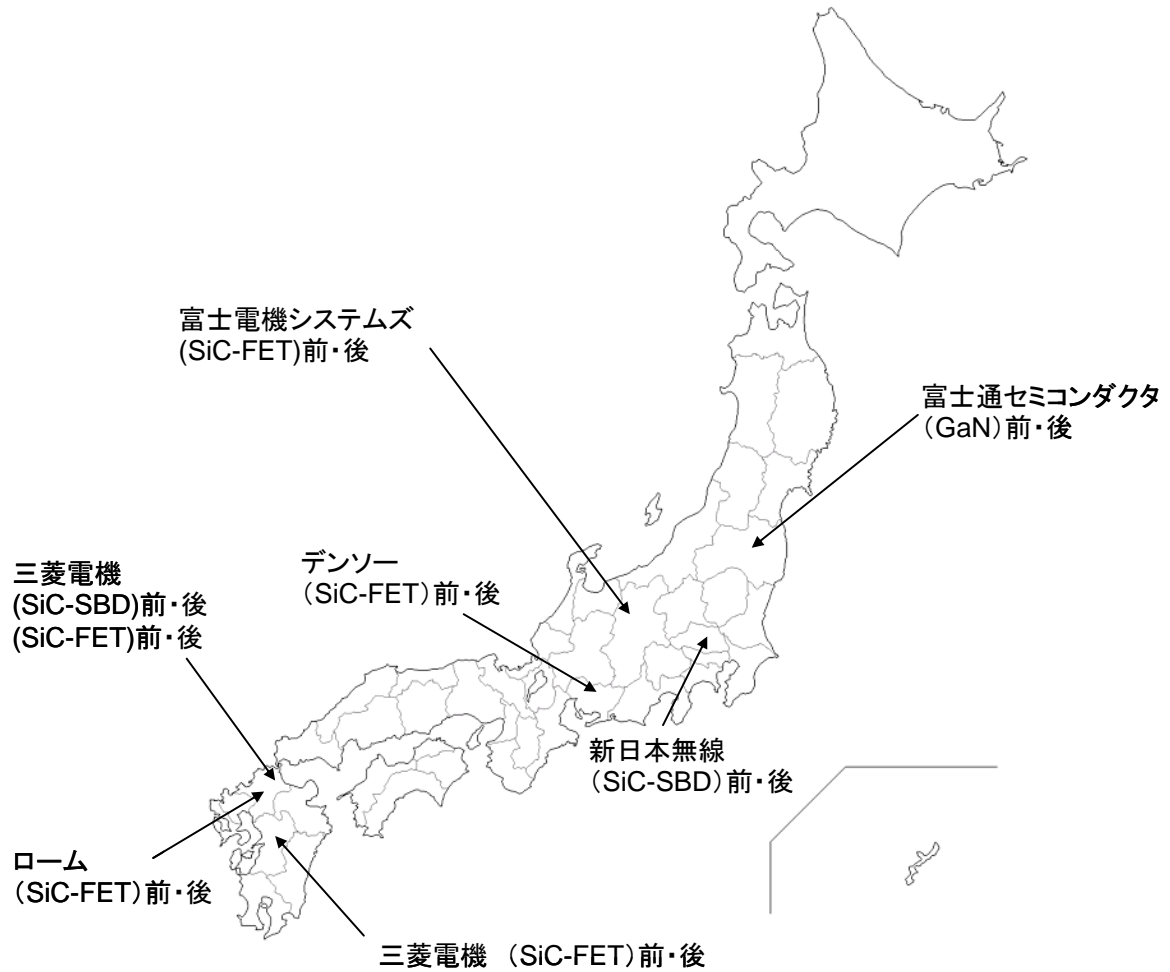
ロームは、日本企業として初めて、SiC パワー素子の量産に踏み切った。具体的には、耐圧 600V で、出力電流が 10A の SiC 製ショットキー・バリア・ダイオード（SBD）の量産出荷を 2010 年 4 月下旬から始めた。それに先立ち、ロームは 2009 年にドイツの SiC 基板メーカー SiCrystal 社を買収し、それまで欧米企業の独壇場であった基板の安定調達にメドを付けた。

GaN デバイスについては、富士通セミコンダクターが 6 インチシリコン基板対応の製造ラインを活用して生産を開始している。古河電気工業と富士電機アドバンステクノロジーは、技術研究組合「次世代パワーデバイス技術研究組合」を組成して共同で GaN デバイスの開発に着手した。パナソニックは 700V 耐圧級のワンチップインバーターを 2009 年に開発、2011 年中に製品化を目標としている。ロームも SiC デバイスよりも優位性が高い、100V 以下の低耐圧および MHz 級の高周波動作領域での市場化を目指している。サンケン電気も、800V 耐圧級のパワーデバイスを開発中であり、2012 年中の量産を目指している。このように、量産を開始しているのはまだ一部であるが、開発は着々と進んでおり、量産開始目の企業も多い。

国内における主なデバイス企業の工場の立地状況は、以下のようになっている。東北地域には、富士通セミコンダクターの GaN 製造ラインがある。

なお、市場規模としては、世界全体でも SiC-SBD が 2009 年に約 16 億円ある程度で、他のデバイスはほとんどが試作品レベルとなっており、量産のものは存在しない。ただし、開発に臨む企業は多く、今後、市場規模の拡大が予想される。

次世代パワー半導体の製造工場マップ



出典：各種資料をもとに日本総研作成

各プレイヤー動向を整理すると、以下のようになる。

● 三菱電機株式会社

主な製品	SiC-SBD
近年の動向	<p>【SiC-SBD】</p> <p>福岡・パワーデバイス製作所に 35 億円の設備投資。今後、180 人を配置し、2011 年度末までに開発費として 100 億円を投じる予定。</p>

● 富士電機システムズ

主な製品	SiC-FET
取り組み事項	<p>【SiC-FET】 長野にて、前工程、後工程に取り組む。</p> <p>富士電機ホールディングスと連携し、ゲート構造をトレンチ型にすることで特性改善を目指し、オン抵抗を従来の IGBT の半分以下にすることを目標とした研究開発を実施。</p>

● 富士通セミコンダクター

主な製品	GaN
取り組み事項	<p>会津若松にて、前工程・後工程を稼働。6 インチシリコン基板対応の製造ラインを活用して生産。GaN 系パワー素子向けに、新たに GaN 系半導体の結晶成長装置を導入する。</p>

● ローム株式会社

主な製品	SiC-SBD
近年の動向	<p>【SiC-SBD】</p> <p>SiC ウェハ供給会社の独 SiCrystal 社を買収、SiC ウェハからの一貫生産体制を構築し、量産体制を整えた。特に太陽光発電システムのパワーコンや、HV・EV の市場開拓を視野に入れている。</p> <p>【SiC-MOSFET】</p> <p>世界初の量産化を目指して研究開発を強化している。京都大と東京エレクトロンと共同で、量産型 SiC エピタキシャル膜成長試作装置の開発に取り組む。定格電圧 600V で定格電流が 5A あるいは 10A のプレーナ型 DMOS FET から量産を始め、続いて定格電流 20A のデバイスも製品化する予定。</p>

● 日本インター

主な製品	SiC-SBD
近年の動向	<p>【SiC-SBD】</p> <p>2007 年に米 Cree 社と提携し、ウェハ調達元を確保。2009 年、フィリピン子会社に SiC-SBD 専用組み立てラインを新設。</p>

● デンソー

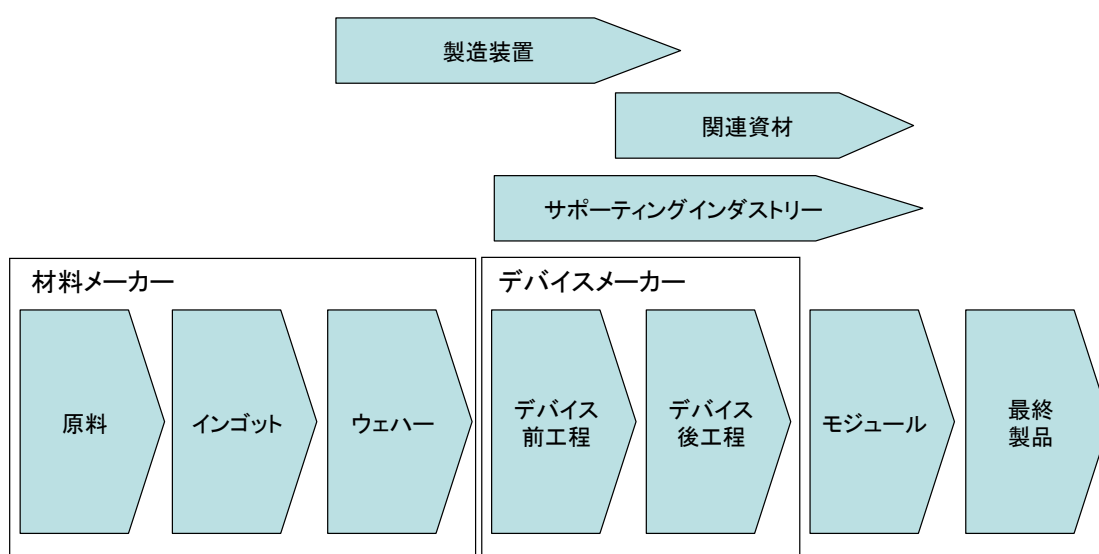
主な製品	SiC-FET
取り組み事項	前工程、後工程を愛知にて製造。ハイブリッド車（HV）のモーター制御に使われる「SiC パワー素子」を開発・製造。三菱電機を中心にした技術研究組合「次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構」にトヨタ自動車らと共に参画。

(4) 関連サプライチェーンの状況

① サプライチェーンの基本構造

パワー半導体に関わる事業者としては、上流部分として、原料を提供する事業者、原料からインゴットを形成し、それを切断してウェハを作る材料事業者がある。さらにデバイス製造企業として、ウェハ上に回路パターンを焼付け、電極形成・検査するまでの前工程を担当する事業者、ウェハを切断し、チップのマウンティング、ワイヤのボンディング、セラミックやモールド樹脂でパッケージ化、検査するまでの後工程を担当する事業者がある。さらにこれらを回路に組み込む事業者、半導体を製造する装置を提供する事業者、モジュールや回路製作に用いる部材を提供する事業者等、多様な関わり方がある。これらの領域を複数にまたがって担当するケースもある。また、研磨や一部の加工などを請け負う、サポーターティングインダストリー（基盤技術）に属する事業者もある。

サプライチェーンの構造



② 各分野の動向

文献調査ならびに有識者へのヒアリングをもとに、前述したデバイスメーカー周辺のサプライチェーンを構成する領域毎に動向を記述すると以下ようになる。

(a) 材料分野

原料製造から、デバイスメーカーに提供するウェハ製造までを対象とする。

Si系パワー半導体の場合、原料そのものは、通常の半導体向けSiと異なることはない。インゴットについては、SUMCO、三菱マテリアル電子化成などが供給している。ウェハ製造については、信越半導体、SUMCOが主なメーカーである。

次世代パワー半導体向けには、SiC、GaNのインゴットの供給が必要となる。結晶成長特性がSiとは異なることから、その特性を考慮しながら結晶化させる技術が必要となる。そのためには、大口径・高品質結晶成長技術の如何が鍵を握る。現在は、海外メーカーから調達するケースが多い。しかしながら、結晶成長技術について、SUMCOなど日本の大手も研究開発を推進中であり、新日本製鉄も結晶欠陥や不純物の少ないSiC単結晶インゴットを成長させる方法を確立したとしている。今後は日本企業の参入が進むことが見込まれている。ただし、自動車向けに求められる品質はまだ実現できておらず、さらなる改善が求められる。また、低コスト化のためには大面積化が求められており、世界最大手の米クリー社が6インチ基盤を発表した中で、日本勢は遅れをとっている。大口径化を急ぐことが重要である。

GaNウェハについては、Siウェハ製造ラインを利用することで安価に大口径のGaNウェハを生産する動きがある。そのため、既存のSiプロセスラインの活用が可能となっている。GaN単結晶ウェハは、住友電工、DOWAエレクトロニクス、三菱化学、古河電工、日立電線などが参入している。米国のCree社やダウ・コーニング社など結晶基板上に結晶軸のそろった結晶層を成長させたエピタキシャル層を積層させた、エピ基板を作るメーカーも徐々に現れてきている。

各プレイヤー動向を整理すると、以下ようになる。

● 新日本製鉄株式会社

主な製品	SiC単結晶ウェハ
取り組み事項	SiC単結晶ウェハの開発・製造
近年の動向	2011年4月、米Cree社とSiC単結晶ウェハに関する相互ライセンス契約を締結し、両社が全世界で保有する単結晶ウェハと単結晶エピタキシャルウェハに関わる特許について、相互に適用することが可能になるようにした。そのため、従来手がけていなかったエピウェハについても取り組む予定である。

	また、電子材料子会社の新日鉄マテリアルズが、口径4インチ以下の炭化ケイ素（SiC）単結晶ウェハの生産能力を2012年3月末までに約3倍の月産1000枚体制に増強することを決定した。6インチについてもサンプル出荷予定。
--	--

● 三菱化学株式会社

主な製品	GaN 単結晶ウェハ
取り組み事項	GaN 単結晶ウェハに対する研究開発
近年の動向	「アモノサーマル法」という、高圧高温下で窒化ガリウムの結晶を作る手法について研究中

● 日立電線

主な製品	GaN 単結晶ウェハ
取り組み事項	GaN 単結晶ウェハのエピ基板の製造
近年の動向	基地局向けの高周波デバイスの需要を期待して、月産数百枚程度を製造。

● DOWA エレクトロニクス

主な製品	GaN 単結晶ウェハ
取り組み事項	DOWA セミコンダクター秋田にて、GaN 単結晶ウェハのエピ基板の製造
近年の動向	主力は3~4インチで2007年に第一工場では約16億円の設備投資している。

● デンソー

主な製品	SiC 単結晶ウェハ
取り組み事項	SiC 単結晶ウェハの開発
近年の動向	1平方センチメートルあたりの結晶欠陥が世界最小である数百個という高品質な4インチSiCウェハを開発中

(b) 製造装置

パワー半導体向け装置として、通常の半導体製造装置と比べ大きな変更はないが、装置をそろえた後、デバイスメーカー側でどのようなプロセスレシピで使いこなすかがデバイス製造時には鍵を握る。

Si系パワー半導体用の製造装置については、東京エレクトロン、アルバック等はプロセ

ス全般に対応した装置を提供している。

次世代パワー半導体用については、エピウェハを量産出荷可能なのはCreeとDow Corningの2社だけなので、そのほかのSiCウェハメーカーはエピ成膜装置を購入する必要がある。次世代パワー半導体の製造フロー自体は、Si系パワーデバイスのもので大きく異なるわけではないが、SiC特有の高温プロセスに対応した専用装置として、エピ成長、イオン注入、熱処理、アニール（イオン注入後のウェハの結晶の損傷の回復とイオンを活性化させる処理）が必要となる。

次世代パワー半導体用の装置については、東京エレクトロンは京大、ロームとSiC向けで共同研究に着手している。アルバックはSiC量産用高エネルギーイオン注入装置を投入している。ナガセインテグレックスは、SiC、GaNなど難削ウェハ材料をターゲットとした精密加工装置を提供している。また、大陽日酸はMOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）装置でGaN高周波デバイス向けでも実績がある。ここで、MOCVDとは、常温、常圧で固体あるいは液状の有機金属原料を、ガス化して供給し、昇温させた基板結晶上で熱分解、化学反応させて、その上に薄膜結晶をエピタキシャル成長させる技術である。

主なプレイヤー動向を整理すると、以下のようになる。

● 東京エレクトロン株式会社

主な製品	SiC エピタキシャル膜成長装置
取り組み事項・近年の動向	SiC エピタキシャル膜成長装置の販売を2010年6月に開始。Si半導体市場で実績を積んだ設計、製造ノウハウを生かし、エンジニアスキルに依存しないプロセス安定性、高スループット、低欠陥、高品質膜の成長という高プロセス性能を兼ね備えた信頼性の高い装置を開発。産学連携の共同研究として2005年から5年間、京都大学、ローム株式会社及び東京エレクトロンで研究を行ってきた成果を活用。

● アルバック

主な製品	イオン注入装置、プラズマCVD、ドライエッチング、ウェハ加工
取り組み事項・近年の動向	SiC用高温イオン注入装置により、高温ESCを搭載したSiC量産用高エネルギーイオン注入装置を製造・販売。世界に先駆けてシリコンカーバイト向けイオン注入技術の課題をクリアした。さらに、イオン注入装置(SOPHI)によりIGBT用薄型ウェハの自動処理を可能とした。

● ナガセインテグレックス

主な製品	SiC の超精密研削・研磨加工機器の製造
取り組み事項・近年の動向	SiC、GaN などの難削ウェハ材料を高能率・高精度で研削加工が可能なグラインダを製造・販売

● 太陽日酸

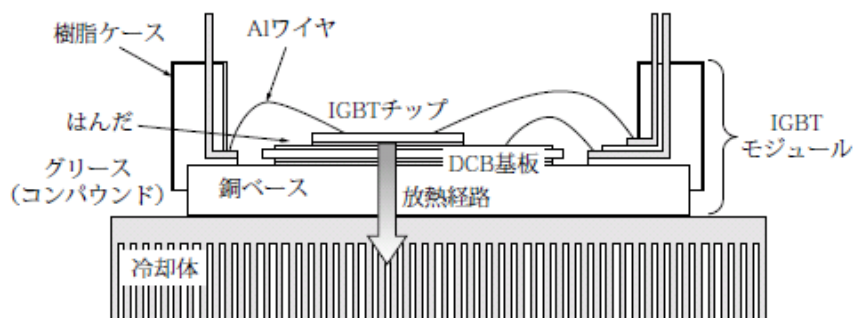
主な製品	MOCVD 装置
取り組み事項・近年の動向	GaN を使った高周波デバイス向けの MOCVD を開発・販売

(c) 周辺技術（モジュール化・関連部品・部材等）

パワー半導体を採用することでシステム設計が変わる面もあり、同デバイスが使われる回路を構成する部品等（パワー半導体のゲートをドライブするトランジスタやパワーIC、そのパワーICに指令を送るデジタル制御IC、パッシブエレメントなど）もセットで用いられることを考慮する必要がある。また、次世代パワー半導体を活用したモジュールでは、素子だけではなくモジュールパッケージの改善も必要となる。モジュールの電気的特性を改善しなければ、スイッチング損失の低減などの性能向上分を發揮しきれないためである。

さらに、SiC パワー素子の実用化には、高速のスイッチングに伴うリンギングに由来する放射電磁雑音（EMI）の低減も重要な課題となる。素子の改良はもちろん、ノイズ・フィルタ回路が必要になる。SiC 化等に伴い、より省スペース、高温環境化での利用が想定され、より省スペース・高温環境下で求められる回路部材の開発、回路設計手法の確立などが求められる。パワー半導体は単独で機能を發揮できるわけではなく、ゲートドライブやパワーIC など複数の技術とともに用いられるわけだが、次世代パワー半導体ではこれらの周辺技術についてもより厳しい技術改善の要求に応じていかなければならない。その結果、パワー半導体デバイスを活用する回路や関連部材を提供する周辺業界についても、ノウハウの蓄積が求められる。例えば、ボンディング、めっき、ハンダ、結線といった各プロセスを提供する企業の中で、大電流、高温に耐えうる方式を提供できることが求められる。

一般的なパワーモジュールにおける放熱経路



出典：2011 パワーデバイス技術大全（電子ジャーナル）

例えば、IGBT パワーモジュールにおいて、IGBT チップから発生した熱は①IGBT チップ ②チップ底面のはんだ ③DCB 基板 ④Cu ベース ⑤グリース ⑥放熱フィン といった経路で放熱されるが、大電流パワーデバイスにおいては、これらの放熱経路における熱抵抗を小さくする必要がある。こうしたことを踏まえた回路設計、関連部材が必要になるのである。

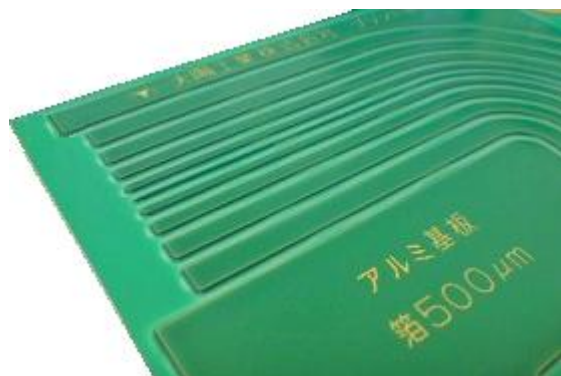
こうしたパワー半導体関連のモジュールに対する関連部材の提供については、大手企業だけでなく、多数の中堅・中小企業も支えている。例えば、共栄電資材（株）は、IGBT 搭載用大電流基板の開発・製造を行っている。また、加美電子工業（株）大電流用高周波用リアクトルのカスタム対応を行っている。

その他、日本化薬（株）はパワーデバイス向けの高耐熱高熱伝導性接着シートの開発がある。放熱用部材には熱伝導性だけでなく、高い電気絶縁性といった、相反する特性も求められるが、独自に開発した熱硬化性樹脂と高熱伝導性フィラーを組みあわせることにより、熱伝導率 $5\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以上、耐熱性 250°C 以上の接着シートを開発致した。一般的に放熱シートでは熱伝導率を高めるためにフィラーの充填量を高めた場合、樹脂の接着性が低下するため、バランスの取れた物性を得るためには $3\text{W/m}\cdot\text{K}$ が限界とされていたが、極めて接着性の高い熱硬化性樹脂を用いることにより、高熱伝導性と接着性の両立を可能にした。

次世代パワー半導体モジュール向けの関連部材については、例えば、(株) 太洋工作所は、SiC 等のパワー半導体ウェハへのハンダ付け性・耐熱性付与目的の表面処理を行っている。また、太陽工業（株）は、デバイス放熱に特化した基板を提供している。基板自体に放熱効果を付与し、放熱部品の省スペース化を追求することで、より高温化で活用される次世代パワー半導体搭載製品における回路全体の省スペース化もサポートしている。DOWA メタリックや電気化学工業などは、放熱に適したセラミック基板を手がけている。セラミック基板は、放熱用の樹脂シートに比べ、耐熱性や放熱性に優れ、 $300\sim 400^\circ\text{C}$ の熱にも耐えられる。そのため、電車の車両や工作機械などに搭載される IGBT 向けに適している。一方、加工のしやすさでは樹脂シートが勝っている。ヒートシンクに固定する際、

硬い板状のセラミックはネジやはんだなどを使うが、柔らかいシート状の樹脂は両面テープのように張り付けるだけで済む。軽さやコストの低さでも樹脂製が優れている。これにより、SiCを使ったインバータの出力を12kVAから100kVAに引き上げられる。放熱用の樹脂シートの開発は、日本化薬や日立化成工業などが行っている。樹脂製の放熱シートは、現状ではエアコンなどの家電に使う低出力パワー半導体向けに限られているが、樹脂自体を改良して放熱性や絶縁性を高め、HVやEV向けの需要への参入を狙っている。また、関西電力と旭電化工業は、SiCを基板に使ったパワー半導体に向けて耐熱温度が+400℃で柔軟性を持つ絶縁材料「ナノテクレジン KA-100」を共同で開発した。絶縁材料の耐熱温度が従来の+200℃から+400℃に高まることで、5kV以上の領域でも、1つの素子で従来比6倍以上の100A程度の電流を制御できるようになる。

基板自体に放熱効果を付与し放熱部品の省スペース化を狙った大陽工業のアルミ基板



出典：大陽工業（株）ホームページ：<http://www.bunsha.co.jp/>

その他、電子部品に対する取り組みも見受けられる。電子部品メーカーの双信電機は、コンデンサーや不要な電磁波を取り除くノイズフィルターで、SiCパワー半導体向けの製品を開発する。これらの製品では、既存製品が対象にしてきた、鉄道車両や工作機械用インバーターへの組み込みを想定している。インバーターにSiC半導体を利用すると、従来の10～80キロヘルツよりも高い100キロ～3メガヘルツの高周波に対応し、従来の約2倍となる摂氏200℃の高温に耐えることが、電子部品にも求められる。こうした特性を満たせる製品群を開発する。

また、加工分野では、日本エクシードが、SiCやGaNなどの硬い半導体材料を研磨するための量産体制を整えた。茨城県内にある2工場の生産を集約し、常総市の本社工場内の空いたスペースにクリーンルームや研削・洗浄装置を導入した。また、高田工業所は、SiCを超音波技術を使って高速切断する技術を開発した。SiCの研磨や切断は今後の成長市場として期待されているが、硬質のため、研磨も難しい。独自の加工ノウハウを活用すること

で、シェア拡大を図ろうという動きが見受けられる。

主なプレイヤーの参入事例を整理すると、以下のようになる。

● 双信電機

主な製品	高周波部品、ノイズフィルタ、コンデンサ等電子部品
取り組み事項	鉄道車両や工作機械用インバーターへの組み込みを想定し、コンデンサーやノイズフィルタで SiC パワー半導体向け製品を開発

● 加美電子工業

主な製品	スイッチング電源、トランス、リアクタ・コイル、高周波関連機器
取り組み事項	大電流用高周波用リアクトルのカスタム対応

● 太洋工作所

主な製品・サービス	プリント基板加工、めっき処理等
取り組み事項	SiC 等のパワー半導体ウェハへのハンダ付け性・耐熱性付与目的の表面処理

● 大陽工業

主な製品	プリント回路（大電流基板、放熱基板、高密度基板等）
取り組み事項	基板自体に放熱効果を付与し放熱部品の省スペース化を可能にするアルミ基板を提供

● 日本エクシード

主な製品・サービス	シリコンウェハの研磨加工、
取り組み事項	SiC や GaN などの硬い半導体材料を研磨するための量産体制を整備

● 高田工業所

主な製品	超音波装置、半導体生産装置等
取り組み事項	SiC を超音波技術を使って高速切断する技術を開発

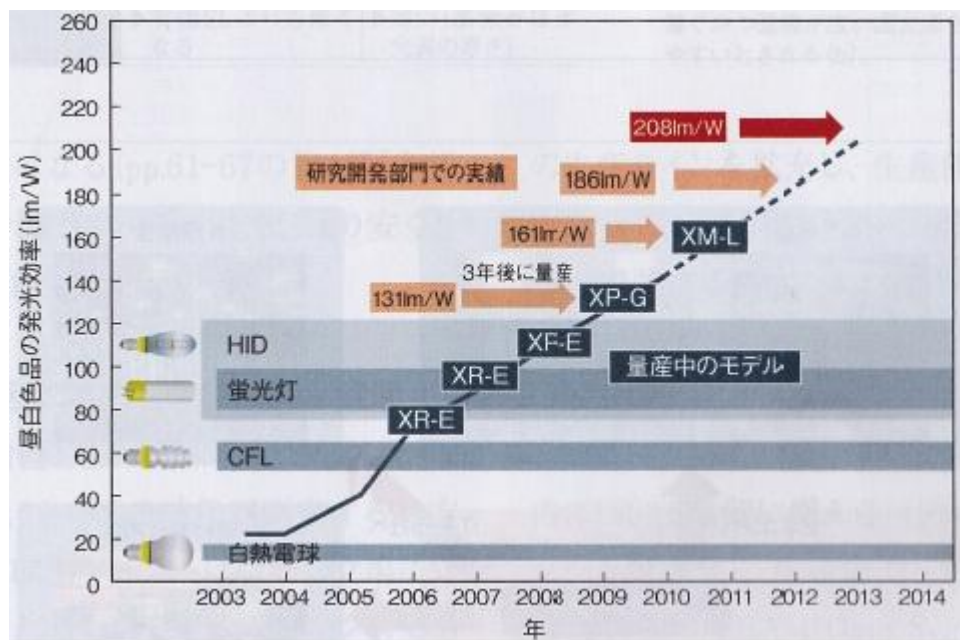
2. 2 LED 照明

(1) 市場動向

① LED 照明について

LED とは「発光ダイオード」と呼ばれる半導体のことで、“Light Emitting Diode” の頭文字をとったのである。白熱ランプ、蛍光灯に続き、第3の光源といわれる。LED はこれまでの白熱ランプや蛍光灯と異なり、半導体結晶のなかで電気エネルギーが直接光に変わるといふ新しいしくみを応用した光源である。白色光を得るために必要だった明るい青色 LED が 1993 年に開発されてから、新しい照明用光源として注目されるようになった。

照明用途として白色 LED が注目されている最大の要因は、白熱電球・蛍光灯と比べて消費電力が少ないという点である。同じ明るさの蛍光灯と比べた場合、将来的には消費電力は約半分になると言われている。現在の発光効率、照明用の上位品種でカタログスペックで 130~140lm/W、実使用条件で 110~120lm/W、照明器具に取り付けた総合効率で 100lm/W 前後であり、蛍光灯とほぼ同等である。カタログ値が 200lm/W にも達する白色 LED は 2012~2013 年に上市するものと見られ、実使用条件で 200lm/W に達するものも 5 年以内ともいわれる。つまり、近い将来、ナトリウムランプさえ越えうる効率が実現していくことが見込まれている。また、LED 照明は照射する光の周波数を絞ることができるため、同じ発光効率であっても、目的の光を無駄なく照射することが可能である。

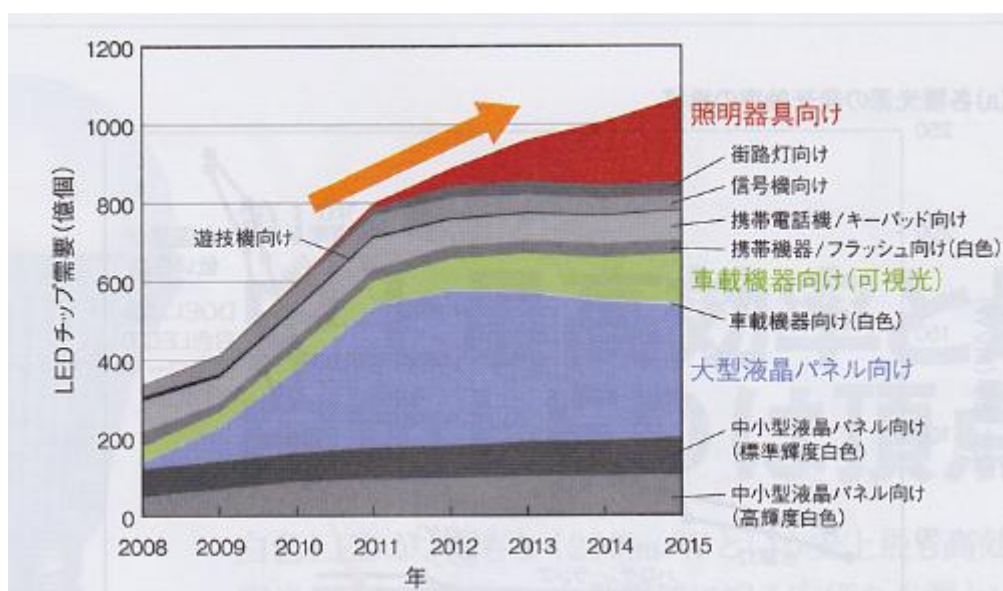


Cree 社の LED 製品の発光効率ロードマップ

出典：日経エレクトロニクス（2011年5月30日号）

コスト面も低価格化していくことが予想されている。これまで白色 LED は、白熱電球や

蛍光灯といった既存光源に比べて高かった。光束 1lm あたりの単価（明るさ単価）は、2005 年時点では 10 円/lm 程度で、白熱電球が 0.1～0.2 円/lm、蛍光灯が 0.3～0.6 円/lm と比べて桁違いに高かったが、白色 LED は年率 30%以上のペースで明るさ単価が下がっており、2011 年に入ってからは業者平均で 0.7 円/lm にまで下がった。一般に、大口顧客に対しては 0.4～0.5 円/lm となっており、蛍光灯に近づいている。つまり、白熱電球並みのコストで、ナトリウムランプさえ越える効率を両立した光源があつと数年以内には実現することが期待でき、どんな用途にも LED 照明が利用可能な時代が来ることになる。現在、LED 市場を牽引しているのは液晶 TV 向けバックライト光源であるが、コスト低減とともに、照明器具向けの市場が大きく拡大していくことが見込まれる。

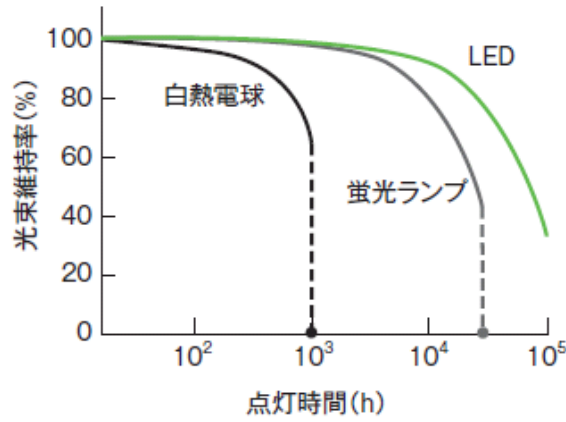


LED チップ需要の推移

出典：日経エレクトロニクス（2011年5月30日）

また、寿命が非常に長いという点も特徴のひとつであり、LED 発光素子自体は理論上ほとんど劣化しない。実際には、発光素子を保護する樹脂や電極部分の劣化が要因で、ある程度の期間で使用できなくなるが、それでも寿命は蛍光灯よりも長く、同程度の明るさを持つ電球形蛍光灯の 5 倍ほどの寿命があると言われる。そのため、低消費電力で電気代が抑えられるだけでなく、交換のコスト、手間も大幅に低減できる。

各種光源の光束維持率

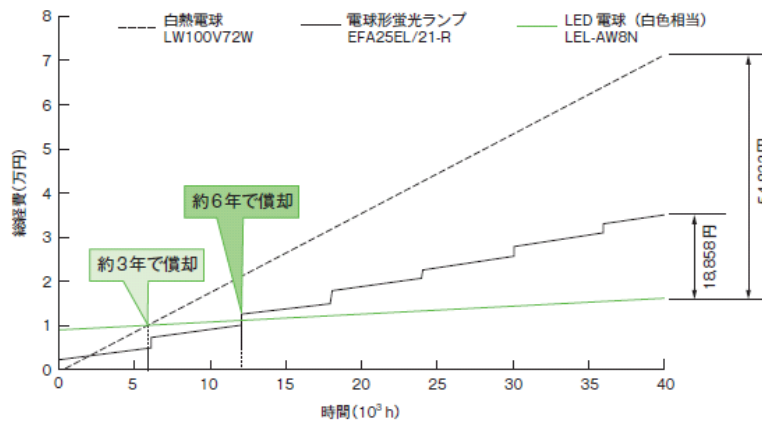


出典：東芝レビュー Vol.65 No.7

さらに、発熱が少ない、サイズが小さいという点も特徴である。現状では、蛍光灯と同等の発光効率のため、照明器具自身の発熱量も蛍光灯と同等程度であるが、発光効率の向上により発熱量のさらなる低減も期待できる。また、光自体に赤外線が含まれていないため、光線自体は熱くない。そのため、美術品など、熱に弱い対象に対する照明として利用できる。また、LED素子は非常に小さいので、照明器具の省スペース化が容易に実現でき、デザインの自由度も高い。

なお、コストについては、初期費用は大幅に蛍光灯などを上回るが、省電力であるため、現在でも、ランニングコストを考慮すると6年後には蛍光灯を利用した場合よりもトータル費用が下回る計算となる。

各電球の経済計算の一例



*1：ランプ代は希望小売価格(税込)。(白熱電球：200円、電球形蛍光ランプ：2,415円(相当額)、LED電球：9,135円)
 *2：年間使用時間を2千時間として算出。
 *3：電気代の算出基準は電気料金目安単価 22円/kWhによる(税込)。

出典：東芝レビュー Vol.65 No.7

さらに、コスト・効率面だけではない付加価値が LED 照明にはある。IT 技術との連携による高機能化である。LAN で照明を制御する取り組みも IT 系企業で盛んになってきた。IPv6 ネットワークを利用し、LED 照明器具一つ一つに IP アドレスを割り振り、点灯や消灯、調光制御など、照明を細かく制御するということが可能になっている。こうした新しいオフィス環境の実現も LED 照明を利用すれば可能になっており、今後の進展が期待される。たとえば、個人ごとに、好みの光量を登録したカード型の照度センサを持たせることで、照明器具が自動的かつ自律的にきめ細かく調光する、ということが可能になる。

② 市場規模

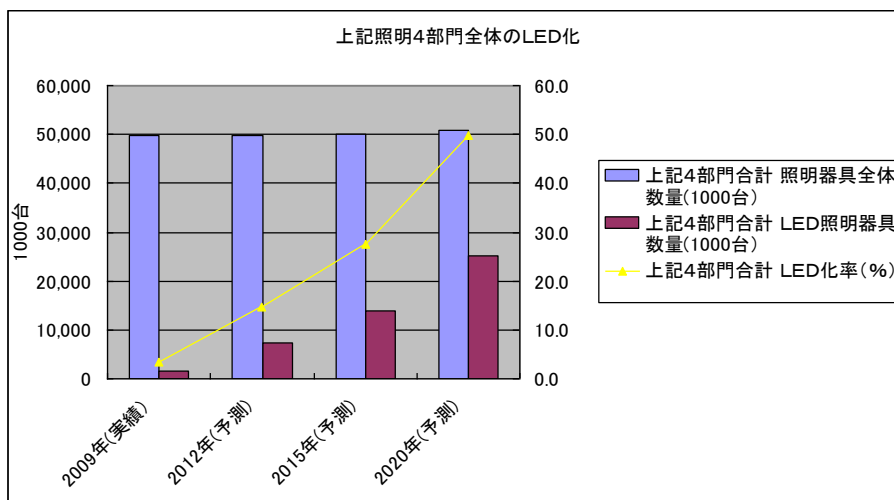
照明器具としてLED専用のものを用いるタイプと、既存の白熱電球・蛍光電球用の照明器具をそのまま活用するタイプがある。それぞれの市場規模の見込みについて述べる。

(a) LED照明

LED照明（一般照明）の対象市場としては、住宅向け・施設向け・店舗向け・街路灯がある。分野ごとの照明器具の国内市場規模の推移予測は、以下の通りである。照明市場そのものは横ばいであるが、LED化率の向上により市場の拡大が見込まれる。

照明4分野の市場規模の実績・予測（国内）

		2009年(実績)	2012年(予測)	2015年(予測)	2020年(予測)
住宅照明	照明器具全体数量(1000台)	23,500	24,000	24,600	25,600
	LED照明器具数量(1000台)	600	2,900	5,000	11,500
	LED化率(%)	2.6	12.1	20.3	44.9
	従来光源からLEDへのリプレイメント	<ul style="list-style-type: none"> ●ダウンライト：蛍光灯／白熱電球→LED ●シーリングライト：蛍光灯→LED ●スポットライト：白熱電球→LED 			
施設照明	照明器具全体数量(1000台)	10,790	10,700	10,810	10,950
	LED照明器具数量(1000台)	350	1,300	2,150	4,500
	LED化率(%)	3.2	12.1	19.9	41.1
	従来光源からLEDへのリプレイメント	<ul style="list-style-type: none"> ●ダウンライト：蛍光灯／白熱電球→LED ●ベースライト：蛍光灯→LED ●誘導灯：蛍光灯→LED 			
店舗照明	照明器具全体数量(1000台)	15,000	14,500	14,200	13,700
	LED照明器具数量(1000台)	700	3,000	6,500	9,000
	LED化率(%)	4.7	20.7	45.8	65.7
	従来光源からLEDへのリプレイメント	<ul style="list-style-type: none"> ●ダウンライト：蛍光灯／白熱電球／ハロゲン→LED ●ベースライト：蛍光灯→LED ●棚下：スリムライン蛍光灯→LED 			
街路灯	照明器具全体数量(1000台)	605	575	545	495
	LED照明器具数量(1000台)	50	91	170	265
	LED化率(%)	8.3	15.8	31.2	53.5
	従来光源からLEDへのリプレイメント	<ul style="list-style-type: none"> ●防犯灯：蛍光灯→LED ●道路灯：水銀灯／高圧ナトリウム灯→LED 			
上記4部門合計	照明器具全体数量(1000台)	49,895	49,744	50,155	50,745
	LED照明器具数量(1000台)	1,700	7,291	13,820	25,265
	LED化率(%)	3.4	14.6	27.6	49.8



出典：富士キメラ総研「2010LED関連市場総調査」

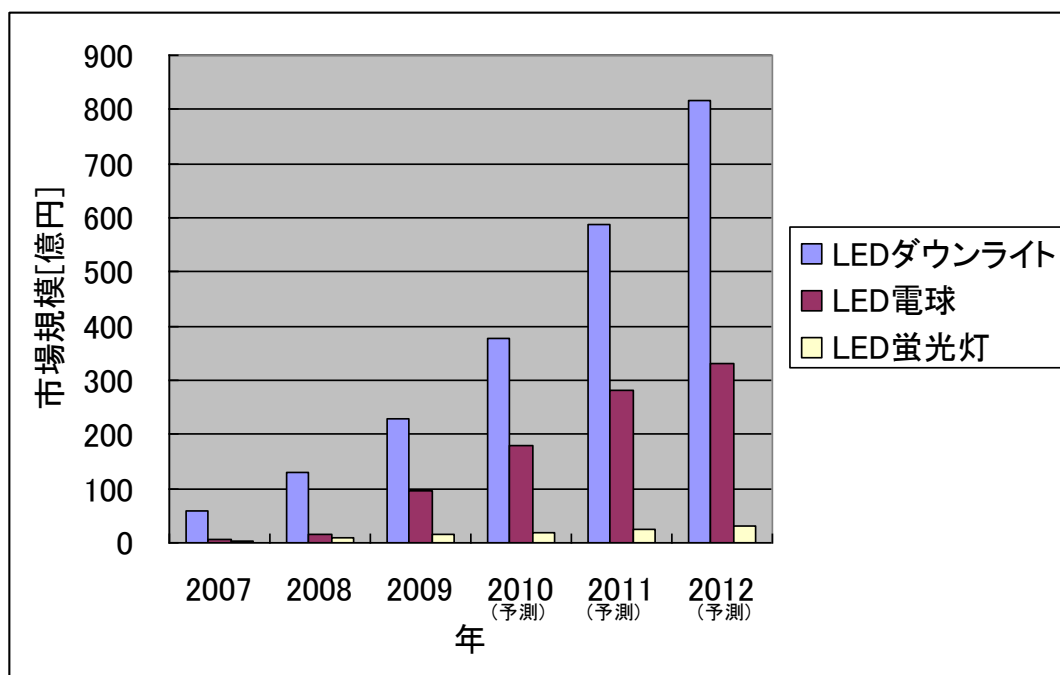
予測では、2020年までにLED化率が半分程度になるとしている。また、住宅用照明がもっとも市場規模が大きい。施設・店舗向けも合わせると住宅照明に匹敵するほど大きい。

なお、LEDダウンライトの市場拡大が最も進むことが予想される。比較的光束量が少なく、白色LEDの搭載数量が少なく済むため、既存光源ダウンライト照明器具との価格差が縮小しているからである。

(b) LED電球 (既存光源用照明器具を活用する電球)

E26、E39、W17、E12などの代表的な口金に装着して使用する電球のうち、LEDを光源とするLED電球の市場規模は、以下の通りである。なお、LED照明器具は、一部の例外を除き上記タイプのLED電球は使用しないため、LED電球は従来光源型の照明器具がLED照明器具にリプレースする間、従来の口金インフラを活用しLED照明を実現するための商品形態と位置づけられる。白熱電球のリプレース需要を中心に成長を続けていくが、寿命が長いこと、徐々に成長率は低下していくものと考えられる。

LED電球の国内市場規模推移



出典：富士キメラ総研「2010LED関連市場総調査」

なお、LED蛍光灯については、既存の蛍光灯のベースライトがLED照明ベースライト

に切り替わる過渡期の製品であり、大手照明メーカーがLED照明器具に注力している中で、ニッチな市場となっている。

モモ・アライアンス、カネヒロデンシ、日本アドバンテージ、リードコーポレーション、ローム、光波、三洋電機、東洋エレクトロン、シーエス・エコ、シトラジャパン、トステック、FAWOO Techonology（韓）、MSM TECH（韓）などが国内販売を行っている。中国メーカー製品を日本国内に輸入販売する企業も見られる。日本国内大手照明器具・ランプメーカーは今のところLED蛍光灯の製品化は行っていないが、今後専用電源装置とLED蛍光灯のセットで安全性や省エネ性を確保した上で製品展開を行う可能性はある。

(2) アプリケーション動向

LED 照明は、住宅・施設・店舗・街路灯といった分野で普及しつつある。LED 照明は、その発光効率の向上がさらに期待されるだけでなく、高寿命であることから交換頻度が少なく済み、従来取り付けが難しいところに設置可能になる。さらに、IT 機器により調光制御をし易い、照射する光の波長を絞ることにより照射熱を抑える、といった特徴を有しており、これらの機能を活かした新しい市場が形成されることが期待される。以下が、各領域における利用シーンごとの LED 活用状況である。

【住宅用照明】

LED 照明のネックは、初期費用が高価格な点であり、現状では光束量が小さく、LED 搭載個数が少なく済むダウンライトやスポットライトを中心に LED の採用が進んでいる。LED を用いることで省スペース化のメリットが出せる建築化照明（光源を天井や壁などに組み込み、建築構造と一体化させた照明方式）やフットライトについても採用が進んでいる。例えば、下図のように、リビング・ダイニングでは、ダウンライトやスポットライト、建築化照明では LED 照明の利用が進みつつある。一方、光束量が多く必要な、シーリングライト、ペンダントライト、スタンドライトなどは既存照明が中心となる領域である。

	利用シーン						
	リビング/ ダイニング	キッチン	個室	廊下/玄関/ 階段	バスルーム	トイレ	クローゼット
器具種類							
シーリングライト							
ペンダントライト							
ベースライト							
ダウンライト							
スポットライト							
ブラケット							
スタンドライト							
建築化照明							
フットライト							

	主な既存照明器具利用シーン
	現状でLED照明器具の導入が進んでいる箇所

出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

【施設照明】

LED 照明は、長寿命のメリットを活かし、交換コスト低減や省エネイメージ戦略の一環としてオフィスビル、工場、倉庫、学校、病院などで導入が徐々に進んでいるほか、博物館、美術館などでは展示品の演色性を高めたり、赤外線による損傷防止を目的に LED 照明が用いられるケースも増加している。オフィス空間の照明設計では、比較的明るい屋内空間において可能な限り低コストで均一に明るさを保つことが優先されるため、発光効率が高い H f 蛍光灯が増加傾向にあるが、最近では一部 LED 管球も販売され始めている。

<オフィス向け>

		利用シーン					
		フロアー	通路	階段	エントランス	トイレ	給油室
器具種類	ベースライト						
	非常灯/誘導灯						
	ダウンライト						
	ブラケット						

主な既存照明器具利用シーン
 現状でLED照明器具の導入が進んでいる箇所

出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

<各種施設向け>

		利用シーン						
		スーパー	コンビニエンスストア	百貨店	専門店	飲食店/食品専門店	ドラッグストア	アパレル
器具種類	ダウンライト							
	ベースライト							
	スポットライト							
	ペンダントライト							
	非常灯/誘導灯							
	スリムライン・棚下照明							
	ブラケット							

主な既存照明器具利用シーン
 現状でLED照明器具の導入が進んでいる箇所

出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

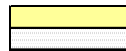
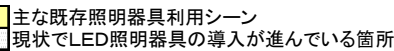
【店舗照明】

スーパーやドラッグストア、百貨店などでは一般に高い店内照度が求められるが、専門店・飲食店・アパレルショップなどでは照度よりも照明による空間演出や商品演出、演色性などが求められることも多いため、スポットライトなど、LEDの指向性が活かされるケースも増えている。

また、2009年に施行された改正「省エネ法」を背景として、特にチェーン店や大規模小売店では照明でのエネルギー消費量削減が求められている。店舗内で明るさが必要な場所とそうでない場所のメリハリをつけ、後者についてはLED照明を用いることで消費電力の削減を狙う方式が利用されつつある。

また、2011年夏に発生することが見込まれる東京電力管内の需給ギャップへの対応のため、ローソンやセブンイレブンなどは従来から進めてきたLED照明活用をさらに推進させるとしている。セブンイレブンは、2011年5月から順次、東京電力管内の店舗を中心に約5000店で店内照明や屋外誘導看板をLED照明に切り替える。ローソンも関東地方の全3000店で、夏までに店内照明をすべてLED照明に切り替える計画である。

器具種類	利用シーン						
	スーパー	コンビニエンスストア	百貨店	専門店	飲食店／食品専門店	ドラッグストア	アパレル
ダウンライト							
ベースライト							
スポットライト							
ペンダントライト							
非常灯／誘導灯							
スリムライン・棚下照明							
ブラケット							

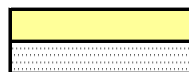
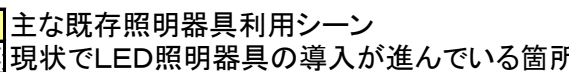
 主な既存照明器具利用シーン
 現状でLED照明器具の導入が進んでいる箇所

出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

【街路灯】

街路灯では演色性に対する要求は低く、LED化に伴う演色性低下はあまり問題にならないケースが多い。LEDの長寿命性は、電球交換コスト削減の観点から注目されている。

器具種類	利用シーン			
	幹線道路	一般道路	商店街／アーケード	トンネル
ポールライト				
取付け型防犯灯				
トンネル照明				

 主な既存照明器具利用シーン
 現状でLED照明器具の導入が進んでいる箇所

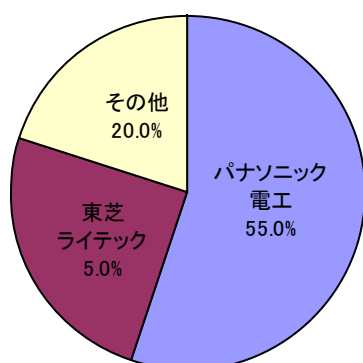
出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場調査」

(3) LED照明の種類と参入企業

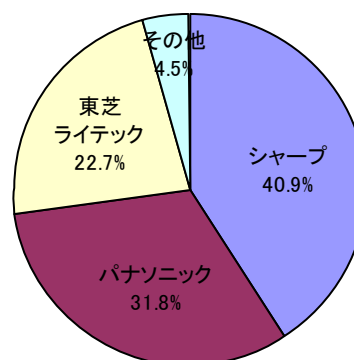
パナソニックや東芝ライテックといった老舗の大手照明メーカーのシェアが高いものの、LED化されることにより、照明市場に新たに参入し始めたメーカーもある。特に、シャープなど、液晶バックライト用のLEDデバイスに取り組んでいたメーカーが照明・電球市場に参入するケースが見受けられる。シャープはLED電球（蛍光灯は含まず）でトップシェアを獲得している。また、三菱化学も子会社の三菱メディアを通じてLED照明分野に参入している。このほか、LED蛍光灯は、大手メーカーもほとんど力を入れていない市場であるため、様々なメーカーが混在するマーケットとなっている。

LED 照明・電球（蛍光灯以外）のメーカーシェア

LEDダウンライトメーカーシェア (2009年)



LED電球メーカーシェア (2009年)



出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

LED 照明分野は、大手企業だけでなく、中堅企業の積極的な参入が進んでいることも特徴である。ソフトウェア開発・販売のエクセルシステム（新潟市）は、2009年7月にLED照明製造会社のルクス・エナジー社を立ち上げ、ソフト販売で取引のある小売店などの店舗用LED照明などとして販売を開始した。蛍光灯型や電球型、街路灯用など幅広い商品を取り扱い、蛍光灯型では30cm程度の短いものから、2m以上の長いサイズまで6種類を用意する。色のタイプも複数設定するなど、多様な需要に応えられるようにしている。蛍光灯型で約5万時間の長寿命を確保しつつも、中国の提携工場で委託生産することでコストを抑え、電球型では大手メーカーの商品よりも3割程度安い価格を可能にした。小売店に加え、建設業者や電気工事店向けの営業を強化する。新築物件にLEDを入れてもらうなどで、販路を広げる。さらに、専門の営業担当者を置くエクセルシステムとルクス・エナジーの距離を縮め、顧客の声を製品開発に生かす工夫を行うという。

なお、LED照明メーカーへのヒアリング調査に拠れば、照明販売においては、流通チャネルの保有の有無が重要であるということであった。そのため、流通チャネルの構造についても以下に示す。照明器具とLED電球の流通では異なるため、それぞれについて記述する。

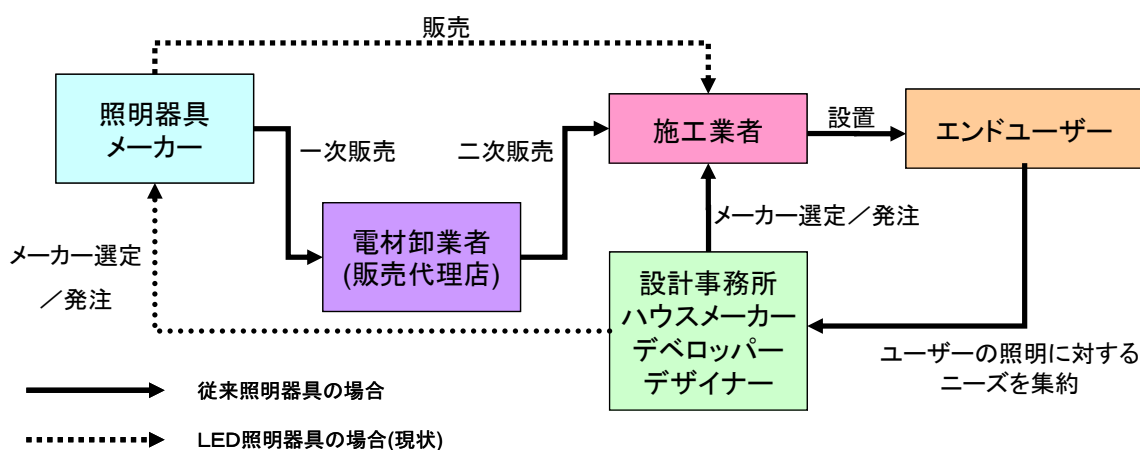
【照明器具】

①日本国内市場においては、電材卸業者が照明器具およびその他電材をまとめて取り扱っており、電気設備部材の卸業者として機能している。通常、設計事務所やハウスメーカーなどが施主／エンドユーザの照明に対するニーズや意向を集約し、器具メーカーの選定・発注を行っている。

②LED照明器具の場合は電材卸業者を経由せずに施主・設計事務所・ハウスメーカーか

ら照明器具メーカーに対して直接発注し、照明器具メーカーから施工業者に直接販売されるケースが多くなっている。逆に言えば、施工業者とのコネクションがなければ、照明器具メーカーによる販売は難しい状況である。

③ 今後はLED照明の普及拡大に伴い、LED照明のコモディティ化が進み、電材卸業者での取り扱いも増加することから、照明電材卸業者経由でのLED照明導入案件が徐々に増加していくものと見られるが、電材卸業者も多くの場合特定の企業とのみ取引する傾向があるため、電材卸業者とのコネクションを有していることが大切である。



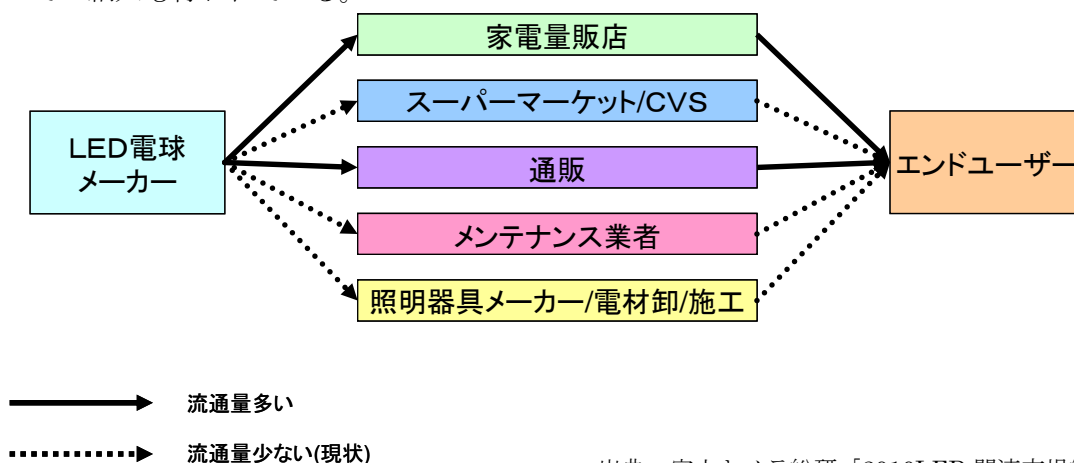
出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

【LED 電球】

① 現状では家電量販店を経由しエンドユーザーの手に渡るケースが最も多くなっている。また、大塚商会やアスクルが運営するオフィス用品通販でも取扱いが開始されている。

② 従来の白熱電球や電球型蛍光灯はスーパーマーケットやCVS等生活用品販売店でも販売されていたことから、LED電球の取扱いも今後拡大する可能性が高い。

③ 限定されたケースではあるが、メンテナンス業者経由での納入や照明器具に組み込まれる納入も行われている。



出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

主な参入企業の動向は、以下の通りである。

● 東芝ライテック株式会社

主な製品	LED 照明、LED 電球
取り組み事項・近年の動向	他社から LED モジュールを購入し、長井工場で組み込み LED 製品を製造。2010 年以降、一般用の白熱電球製造中止計画発表に伴い、電球型白色 LED 蛍光灯を代替製品として販売展開を図りつつ、製品ラインアップを強化。製品の照明光特性の向上、放熱性に関わる特許を多く有する。

● シャープ株式会社

主な製品	バックライト用 LED 素子、LED 電球
取り組み事項・近年の動向	E 17 口金を採用した小型 LED 電球では世界最高の 500 ルーメンの明るさを実現した製品を販売。

● コイズミ照明

主な製品	LED 照明器具
取り組み事項・近年の動向	オフィス向け事務機器販売のエイコーと提携し、「冷陰極管 (CCFL) 蛍光灯」などをオフィスや工場や店舗などの照明として販売。

● エクセルシステム (ルクスエナジー)

主な製品	LED 電球・LED 照明
取り組み事項・近年の動向	蛍光灯型や電球型、街路灯用など幅広い商品を取り扱い、蛍光灯型では 30cm 程度の短いものから、2m 以上の長いサイズまで 6 種類を用意し、色のタイプも複数設定するなど、多様な需要に対応。

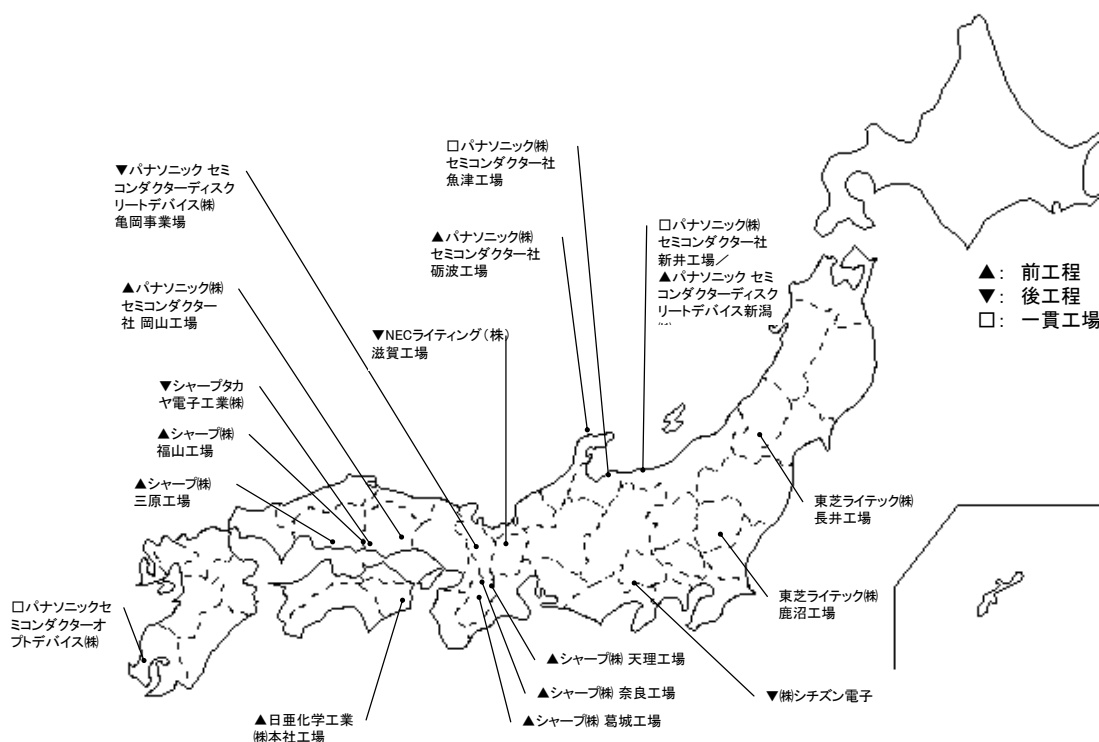
● 東和メックス

主な製品	LED 導光板照明
取り組み事項・近年の動向	住友化学・NTT インテリジェント企画開発と事業提携し、導光板を用いた目に優しい高効率の LED 照明を開発。導光板の側面から入った LED の光が拡散反射して均一な光を放射させるため、LED 特有の点光源によるまぶしさがなく目に優しい点が特長。さらに導光板の薄さを活かすことでスマートな空間設計を可能とした。

なお、工場立地状況について、(a)白色 LED パッケージの製造 (前工程)、(b)LED 照明・

電球の製造（後工程）は以下のようになっている。下記のように一貫で取り扱う工場もある。東北地域では、山形県に工場が立地している。

LED 照明の工場立地状況

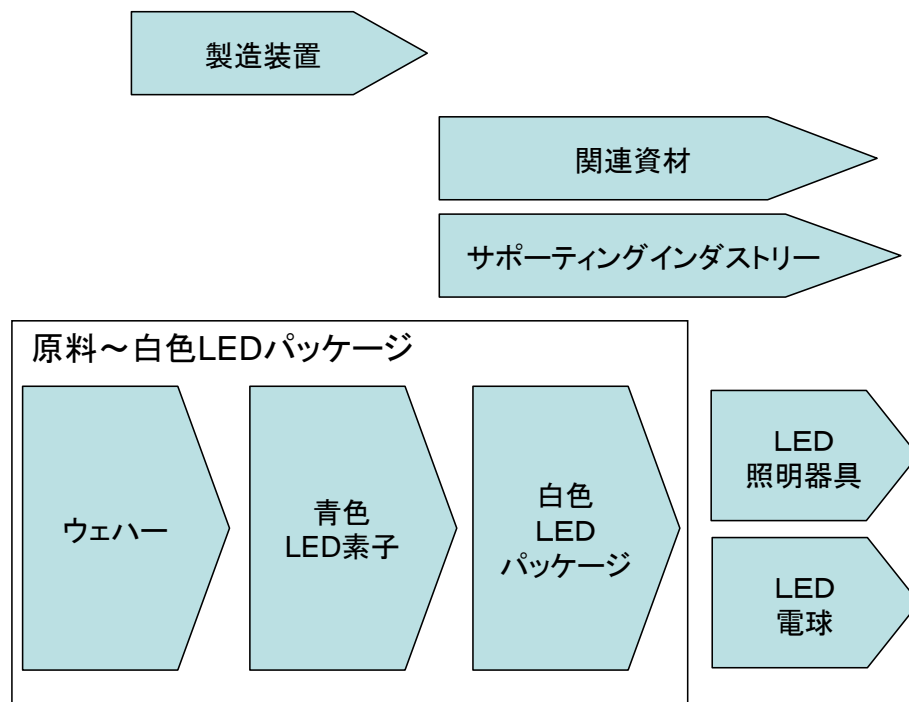


出典：各種資料をもとに日本総合研究所作成

(4) 関連するサプライチェーン

① 基本構造

LED 照明に関わる事業者としては、青色 LED 素子を製造する事業者、これを基に蛍光体や封止材を組み合わせる白色 LED パッケージを製造する事業者、これを活用してレンズや受動部品等を組み合わせる LED 照明器具や LED 電球を製造する事業者に分かれる。これらの領域を複数にまたがって担当するケースもある。また、素子製造に関わるプロセスの製造装置や、関連資材を提供する事業者、また、通常はデバイスメーカーが内製することも多いが、LED ウェハの研磨や一部の加工などを請け負うことが可能な、サポートインダストリー（基盤技術）に属する事業者もある。



② 各分野の動向

文献調査ならびに有識者へのヒアリングをもとに、サプライチェーンを構成する領域毎に動向を記述すると以下ようになる。

(a) 青色素子・白色LEDパッケージ製造

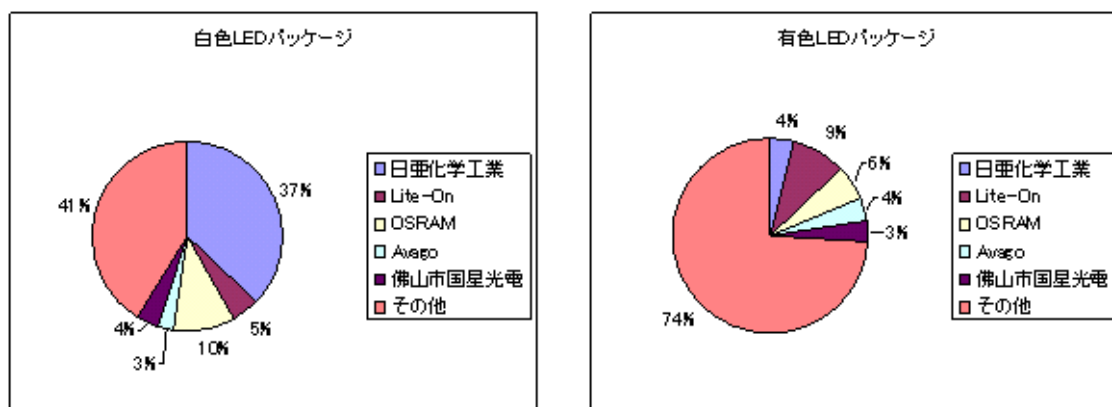
LEDパッケージは、Al、P、In、Ga、As、Nなどの材料を積層させた化合物半導体からなるLEDチップ（素子）をエポキシ樹脂やシリコン樹脂などの封止材で封止したものである。

LEDパッケージには、「白色LEDパッケージ」「GaN系有色LEDパッケージ」「高輝度有色LEDパッケージ」「低輝度有色LEDパッケージ」があるが、既存の白熱灯・蛍光灯の代替が期待される照明の基礎となるのは白色LEDパッケージである。

白色LEDについては、日亜化学工業が保有する青色LED製造の特許を活かし、4割弱のシェアを獲得している。ただし、日亜化学の特許は2010年に切れたため、今後は韓国・台湾・中国勢が多数参入し、白色LEDパッケージのシェアも変動していくものと想定される。ただし、先行する日亜化学等の先進国のメーカーは、ウェハの大口径化、LEDチップの小型化（1ウェハからのチップの生産個数を増やす）などを遂行することで、今後の過当競争を勝ち抜こうとしている。さらに、白色LEDの使いこなしノウハウを熟知している利点を活かし、LED照明の川下展開する動きも見受けられる。

白色 LED パッケージのメーカーシェアは、以下の通りである（左図）。参考までに、有色 LED パッケージのメーカーシェアも示す（右図）。こちらは特定の企業が大きなシェアを獲得せず、多数の企業が参入にしていることが分かる。

LED パッケージのメーカーシェア



出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

素子製造中心であった日亜化学、豊田合成がパッケージ製造も含めた川下展開が進んでいるが、パナソニック電工、東芝ライテック、シャープなどは、器具製造からパッケージ製造へと川上の展開が見られる。シャープは、三原工場（広島県三原市）のほか、従来の半導体製造ラインを LED 用に転用することで、福山工場（広島県福山市）でも 2010 年に青色 LED チップの量産を開始し、青色 LED チップの生産能力は、2011 年度に年間約 50 億個とするとしている。

さらに川上のウェハについては、日立電線、住友電気工業、三菱化学、Dowa エレクトロニクス、信越化学工業、昭和電工などの素材系メーカーが参入している。素材について、InGaN+蛍光体が主流であるが、今後は AlGaN+蛍光体の製品化も進むと見られている。

従来のシリコン半導体の製造と異なるのは、化合物半導体であるため、有機金属気相成長法やエッチングなど、前工程で別のノウハウが求められる。そのため、シリコン半導体関連メーカーがそのままの技術・設備では参入することはできない。しかしながら、製造ラインやクリーンルームなど、基礎的なインフラは活用可能であるため、本分野の成長にしたがって、従来 LED を手がけてこなかった半導体関連企業が参入してくることも考えられうる。

青色 LED デバイス用ウェハメーカーシェア

品目	2009 年販売 金額 (W/W)	日本メーカーシェア (社名の前の○は順位)
サファイア基板	131 億円	①京セラ (45.0%) ②並木精密工業 (11.3%) ③ 信光社 (3.1%)

出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

主な参入企業の動向は、以下の通りである。

● 日亜化学工業株式会社

主な製品	青色 LED 素子、白色 LED パッケージ
取り組み事項・近年の動向	<p>小電力タイプで高効率な LED チップ製品を開発・製造し、lm/W の効率は世界トップレベルを誇る。</p> <p>青色 LED 素子については、本社工場（徳島）にて製造。2010 年末に 1 年前の月産 20 億体制から月産 30 億体制に増強。</p> <p>LED パッケージについては、辰巳工場・鹿児島工場・鳴門工場・マレーシア工場で生産。パッケージは LCD バックライト向けが中心だが一般照明向けも手がける。</p> <p>LED の低価格化と差別化を図るために、青色 LED のチップサイズを 1 段階小さくすることを目指しており、輝度を維持したまま、チップサイズを縮小することで、ウェハ 1 枚当たりから取れるチップ枚数を増やしてコストメリットを出していく。</p>

● 豊田合成株式会社

主な製品	GaN 系可視光 LED 素子、白色 LED パッケージ
取り組み事項・近年の動向	<p>LED 素子は平和町工場・佐賀工場、白色 LED パッケージは平和町工場にて生産。パッケージは LCD バックライト向けが中心だが、一部照明用も手がける。米国 Cree 社と白色 LED 技術に関わるクロスライセンス契約を締結。</p>

● シチズン電子株式会社

主な製品	白色 LED パッケージ
取り組み事項・近年の動向	<p>山梨・福島にて有色／白色 LED パッケージを製造。今後、照明用 LED パッケージの生産を拡大する見込み。</p>

● 三菱化学

主な製品	LED 基板
取り組み事項・近年の動向	次世代白色 LED 材料の窒化ガリウム GaN 基板の新規製造方法である液相法の実証に 2011 年に着手する。同年中にサンプル出荷を開始するとともに、量産設備の設計にも取り組む。量産開始は 13 年の予定

● 住友電気工業

主な製品	LED 基板
取り組み事項・近年の動向	緑色レーザ用半極性及び非極性面の 2 インチ GaN 基板の量産技術を世界で初めて確立。また、2010 年 12 月、仏ソイテック社と、低コスト窒化ガリウム基板の開発で協業を始めると発表。ソイテックが持つ独自の加工技術を用いて、GaN 基板に極薄の膜転写を繰り返すことで 1 枚の基板から複数枚の薄膜 GaN 基板を製造することを目指す。

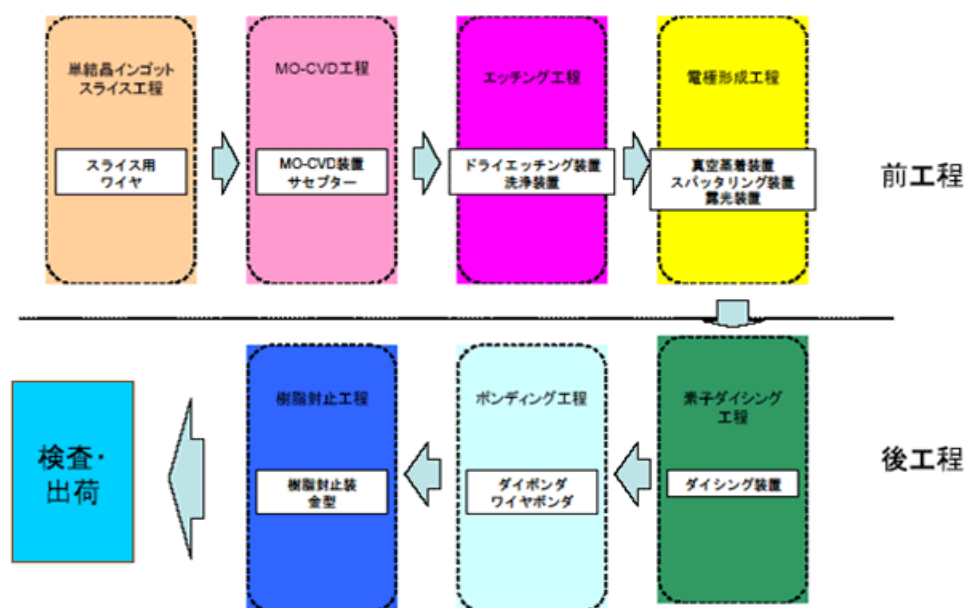
(b) 製造装置

LED は今後の市場拡大が期待されるものの、パソコンや携帯電話向けのメモリー等のシリコン半導体と比較すればデバイスの市場規模は小さいため、シリコン半導体製造装置メーカーの大手が本格参入を見送ってきた分野でもある。

こうした中、ニッチトップを目指して地道に研究開発を続けてきた企業には成長チャンスが訪れている。また、今まで脚光を浴びるケースが少なかった後工程装置メーカーについても、これまでの技術蓄積が輝度向上や生産性改善に寄与するとみられることから注目度を増しつつある。

LED の製造工程から見た場合、シリコン半導体 (DRAM、MPU 等の一般的な半導体) と大きく異なる部分が 2 点ある。1 点目は LED が化合物半導体であることから、有機金属気相成長法 (MO-CVD、原料ガスを用いて基板に必要となる層を重ねていく工程) やエッチングという前工程でシリコン半導体とは別のノウハウが要求されることである。2 点目は素子ダイシング (ウェハ切断) 以降の後工程が、輝度やコスト等の品質面を大きく左右することである。

LED 製造工程と利用される装置



出典：「LED市場を支える製造装置メーカー」（2010年6月23日読売新聞）

前工程ではMO-CVD装置メーカーの主戦場となっている。MO-CVDはLED製造において最も重要な製造工程であり、石英の反応管にトリメチルガリウムやアルシン・フォスフィン・アンモニアなどの原料ガスを送り込み、管内の基板の上に必要な層を積み重ねていく。一方、後工程で注目されるのはダイシング（切断）装置メーカーやボンディング装置メーカーである。

製造装置メーカーシェア

種別	品目	2009年販売金額 (W/W)	日本メーカーシェア (社名の前の○は順位)
製造装置	MOCVD装置	480億円	③大陽日酸 (6.3%)
	プラズマエッチング	65億円	①アルバック (44.9%) ②サムコ (34.8%)
	ダイシング装置	168億円	①ディスコ (71.4%) ②東京精密 (19.0%)
	ダイボンダ	93億円	②キャノンマシナリー (14.5%)
	レーザースクライブ	81億円	①ディスコ (68.3%)
	ワイヤボンダ	67億円	②カイジョー (28.1%)

出典：富士キメラ総研「2010LED関連市場総調査」

主な参入企業の動向は、以下の通りである。

● 大陽日酸

主な製品	MOCVD 装置
取り組み事項・近年の動向	MOCVD 装置の開発・製造を強化中。バッチ処理枚数の増加と大口径化の両面から対応を推進し、2009年には、4インチで11枚処理に対応した製品を投入。2010年は、6インチで6枚処理に対応した製品の準備も進めている。

● ディスコ

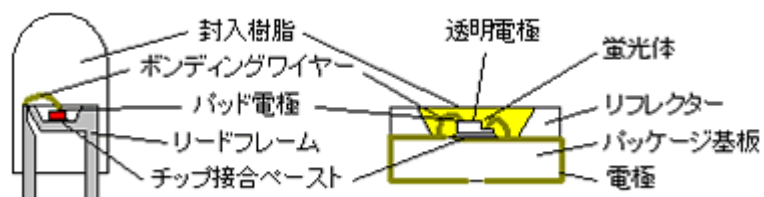
主な製品	ダイシング装置
取り組み事項・近年の動向	LEDの輝度を落とさずサファイアウェハを加工できるステルスダイシング装置を開発・販売。

● カイジョー

主な製品	ワイヤボンダ装置
取り組み事項・近年の動向	ICチップ表面上の電極と、パッケージからの信号を取り出すための端子をワイヤで接続するワイヤボンダ装置を、日本国内で製造しているが、2010年内に上海に現地法人を設立し、今後は中国での生産も検討。

(d) 関連部材・周辺産業

LED パッケージを構成する主な部材（下図参考）、ならびに主な製造装置の市場規模は、以下のとおりである。各分野で、日本企業は世界シェアで上位を占めていることが分かる。



パッケージの構成

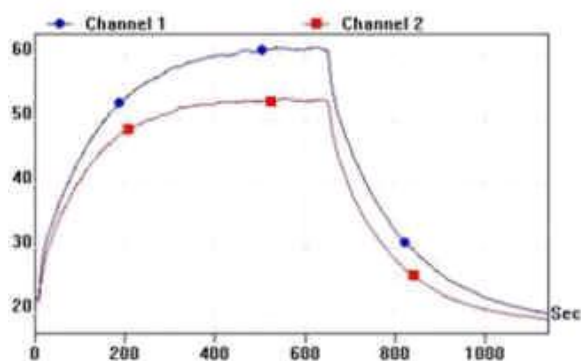
出典：LED 照明推進協議会ホームページ： <http://www.led.or.jp/jleds/category2.htm>

主な関連部材の市場規模（10億円以上のもの）と日本メーカーシェア

種別	品目	2009年販売金額（W/W）	日本メーカーシェア（社名の前の○は順位）
	LED封止材料（エポキシ）	39億円	①ファインポリマーズ（23.1%）②日東電工（10.1%）③稲畑産業（8.7%）
	LED封止材料（シリコーン）	89億円	①東レ・ダウコーニング（46.4%）②信越化学工業（40.7%）
	LED用ダイボンド材	15億円	②京セラケミカル（9.7%）③稲畑産業（7.5%）④信越化学工業（5.6%）
	リードフレーム	602億円	—
	ボンディングワイヤ	44億円	①田中電子工業（38.4%）②住友金属鉱山（22.4%）
	LED用樹脂パッケージ	72億円	②クラレ（27.7%）

出典：富士キメラ総研「2010LED関連市場総調査」をもとに日本総研編集

その他、放熱板も重要なパーツである。LEDは温度が上がると光束が低下し（暗くなり）寿命が短くなるという特性があり、特に照明用途に採用されているパワーLEDは通常のLEDよりも消費電力が大きく発熱も大きいため、放熱板を装備する必要がある。こうした放熱板を提供している会社としては、例えば（株）ウェルがある。ウェルのヒートシンク（放熱板）はカーボンナノチューブをコーティングすることで、従来のアルミ放熱板よりも放熱特性を高めた。



出典：（株）ウェル ホームページ：<http://well-led.jp/heatsink.aspx>

ゴム製品メーカーの三福工業（栃木県佐野市）はゴムと樹脂の両方の性質を持ち、熱を伝えやすい物質を開発し、LED照明器具の素材として販売を開始した。新素材は「エラス

トマー」と「熱伝導フィラー」と呼ばれる熱を伝えやすい物質を混ぜて製造した。(1)ゴムのように柔らかい(2)樹脂のように成型できる(3)熱を伝えやすく放熱しやすい(4)電気を通さない、といった特徴がある。これまでも同様の性質を持つ素材として、シリコンとアルミナを混ぜたものなどがあった。ただシリコンを使った素材の場合、温度が一定以上になるとシリコンの成分であるシロキサンが揮発し、電子機器の基板などについて接触不良の原因になることがあった。またアルミナは硬く、成型時に機械を傷めることもあった。そこで三福工業はシリコンの代わりにオレフィン系のエラストマーを使い、熱が高くなっても揮発する物質が出ないようにした。電気を通さないが放熱しやすい特徴を生かし、LED照明の裏に張り熱を逃がすシート用の素材として提供していく。

また、LED照明の長寿命性を最大限に発揮させるための電源回路の開発も重要である。放熱部材の活用により、LED自体の放熱面がクリアできたとしても、回路自身が相応に高温になり、その結果、電源回路に使用される電解コンデンサの寿命が問題になるケースがある。そのため、例えば、電解コンデンサを用いない回路開発などが求められる。(株)タキオンは、電解コンデンサを不要とするLED電源用ICを開発した。本ICは、LEDをパルス駆動し、その実効電流フィードバック制御回路と、脈波での無効なトランススイッチング動作を防止する制御シーケンスを内蔵することにより、電解コンデンサを用いずにLED駆動を可能にした。

主な参入企業の事例は、以下の通りである。

● 東レ・ダウコーニング

主な製品	LED封止材料
取り組み事項・近年の動向	小松工場でのLED封止材料向けのシリコーン樹脂の工場棟を増設する。設備投資額は20億円。5月をめぐりに着工し、2012年春に完成、稼働させる予定。

● 株式会社タムラ製作所

主な製品	LED用白色反射材
取り組み事項・近年の動向	LEDの長寿命化に伴い、周辺部材も長寿命化に対応する必要があるため、従来よりも長寿命化を実現できる白色反射材を開発。

● 株式会社ウェル

主な製品	LED用放熱板
取り組み事項・近年の動向	ヒートシンク(放熱板)にカーボンナノチューブをコーティングすることで、従来のアルミ放熱板よりも放熱特性を高めた。

● 三福工業株式会社

主な製品	LED 用放熱素材
取り組み事項・近年の動向	「エラストマー」と「熱伝導フィラー」と呼ばれる熱を伝えやすい物質を混ぜて LED 照明用放熱素材を開発。

● 株式会社タキオン

主な製品	LED 電源用 IC
取り組み事項・近年の動向	電解コンデンサを不要とする LED 電源用 IC を開発。本 IC は、LED をパルス駆動し、その実効電流フィードバック制御回路と、脈波での無効なトランススイッチング動作を防止する制御シーケンスを内蔵することにより、電解コンデンサを用いずに LED 駆動を可能にした。

2. 3 有機 EL 照明

(1) 市場動向

有機物に電圧をかけることで、有機物自体が発光する現象を有機 EL (エレクトロ・ルミネッセンス) という。有機物の分子構造の組み合わせは無限であるが、近年、ようやく照明やディスプレイの利用に適した発光効率や耐久性を持つ有機物が発見され、次世代のディスプレイ/照明デバイスとして期待されている。有機 EL に電圧をかけると、2つの電極からそれぞれプラスとマイナスの電荷を持つ「正孔」、「電子」が発生する。両者が発光層で結合すると、発光層である有機物はいったん「励起」と呼ばれる高エネルギー状態になり、これが元の安定状態に戻る際に発光する。

有機 EL 発光素子の発光層に使われる有機材料には、その有機化合物の分子量によって、低分子系と高分子系の2種類がある。この2つの発光原理には大きな違いはなく、EL 素子を製造する際の方法に違いがある。最初に発光原理が発見され、現在開発が先行し、実用化されているのは低分子材料である。主流とされる製造方法は、真空蒸着方式と呼ばれるもので、有機材料の薄膜層をシャドーマスクにより必要な領域に真空蒸着によって成膜していく。しかし、この方法においては、低分子材料を気体にするために蒸着温度を高温にする必要があり、その際、金属で出来たシャドーマスクが膨張してしまい、成膜ムラが出来やすいという課題がある。大型化する(大きなシャドーマスク)ほど、その影響は顕著となるため、現時点では低分子材料での大型化が難しいとされている。そのため、低分子型は AMOLED 向け材料が中心である。ただし、真空蒸着装置の開発が進めば大型化、量産化も不可能ではなく、ルミオテックは低分子型で有機 EL 照明デバイスを開発・販売している。

一方、高分子材料は液体に溶かすことが出来るため、インクジェットプリンタと同じ方法により塗布するインクジェット方式で必要な領域に有機材料を塗布し、成膜していくため、製造プラントの規模を大きくしていくことが可能である。ユニカミノルタ、住友化学など、日本の有機 EL 照明デバイス参入企業の多くは高分子型を主体に開発を進めているが、現状では安定した品質のものを製造することが難しく、商用段階には至っていない。そのため、実用化・量産化が進められるものの殆どは低分子型となっている。

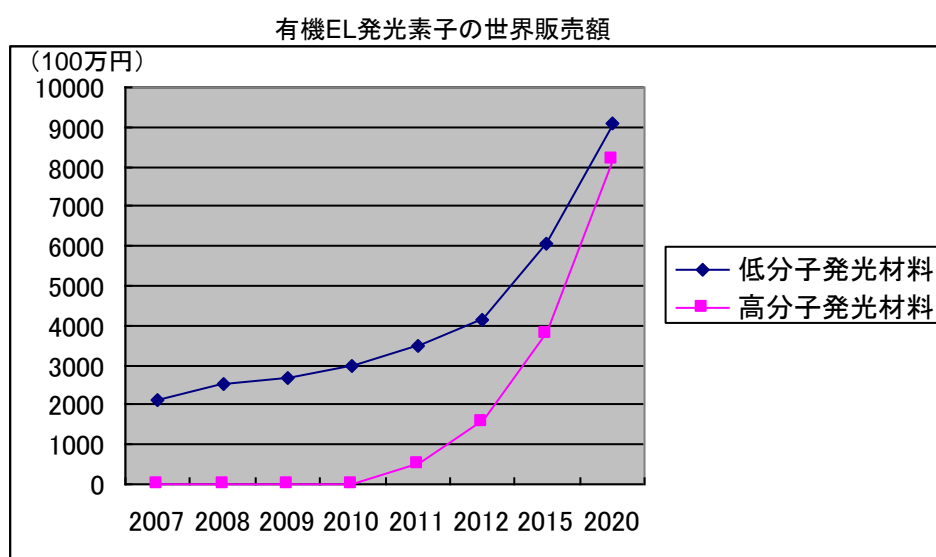
有機 EL を構成する有機化合物層は、発光層を中心に、正孔注入・輸送材料、電子注入・輸送材料を挟んだ多層構造となっている。照明では、ディスプレイに比べ10倍の明るさが要求され、明るくすると寿命が短くなるので、そのバランスを取る技術の難易度は高い。現時点では、効率性で LED 照明に劣るが、LED 照明は指向性が強く、広範囲を照射するには拡散板を用いる必要があり、理論的には有機 EL 照明の効率性が上回るため、将来的には改善していくことが期待される。技術開発のポイントは、材料と積層構造の作り方である。材料は、効率と寿命に直接的な影響を及ぼす。積層構造を作る際には、例えば水分やパーティクルをいかに減らすかがポイントであり、デバイスメーカーのノウハウが重要に

なる。

有機 EL 照明は、「面照明」と呼ばれる、面で発光する新しい形態であり、応用が期待されている。東北地域においては有機 EL 照明デバイスの開発がさかんであり、ここでは有機 EL 照明について調査・検討していく。

有機 EL 照明としての市場は、現状ではサンプル出荷が進んでいる程度であり、ほとんど存在しない。まだ効率性・寿命は LED 照明に及ばず、まだ普及には時間を要する段階である。ただし、面照明という、他の照明デバイスにはない特徴を有しており、デザイナーやとの提携により、新しい用途開拓の可能性は期待できる。

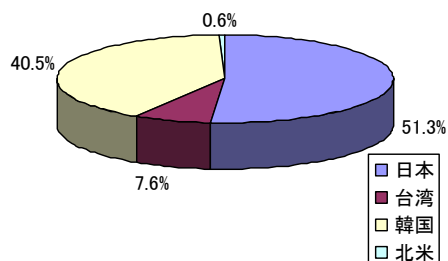
有機 EL 発光素子の市場規模の推移予測は、以下のようになっている。現状では、携帯液晶用の有機 EL 液晶デバイス向けの市場がほとんどを占めている。照明用途である高分子発光材料の市場はほとんど存在しないが、今後、徐々に拡大していくことが期待される。メーカーへのヒアリングに拠れば、2013 年頃まではインテリア向けのデザイン照明が中心となり、2014 年頃から航空機客室や店舗展示用などの高価格が認められる領域、2017 年以降は一般照明への活用が進むことが期待されている。



出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

有機 EL 発光素子の生産地域としては、日本が半分以上を占めている。需要では、韓国、台湾の PMOLED 向けが多い。

有機 EL 発光素子の生産国

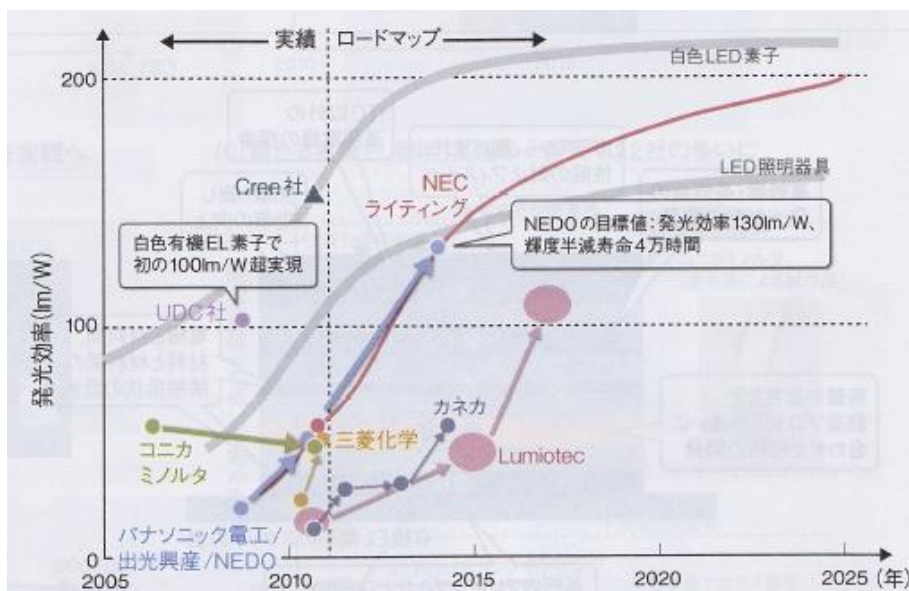


出典：富士キメラ総研「2010LED 関連市場総調査」

有機EL照明デバイスの参入メーカーとしては、旧東北デバイスを買収したカネカ、コニカミノルタ、ルミオテック、パナソニック電工などがある。海外では、フィリップス、オスラム、GE等が参入している。

なお、有機EL照明の発光効率、現状では白熱電球レベルであり、蛍光灯やLED照明と比較すると省エネという観点では劣っている。しかしながら、NEDOは、2013年度中に発光効率130lm/Wを達成し、LED照明器具に並ぶという目標を掲げている。

有機EL照明の発光効率推移



出典：日経エレクトロニクス（2011年5月30日）

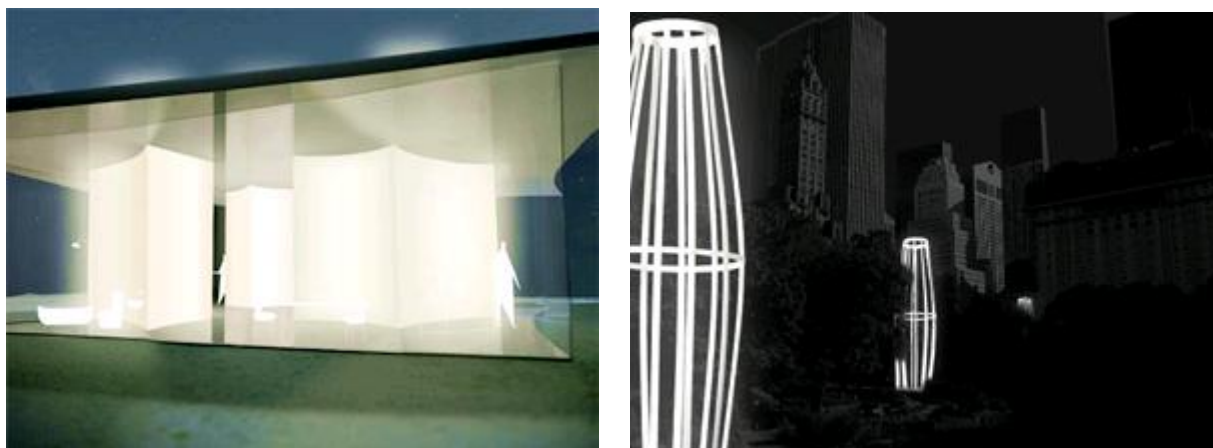
有機EL照明の開発は、LED照明に比べて数年分遅れているが、照明器具の拡散板な

ど不要な有機 EL 照明は光の損失が少なく、数年以内に照明器具としての総合的な発光効率では LED 照明器具に追いつけるとの見通しを持つメーカーもある。こうした今後の効率向上の可能性と、有機 EL 照明自身がつまみ付け価値により、2020 年には LED 光源市場の 1/4 に当たる 1 兆円規模になるとの予測もある。

(2) アプリケーション動向

有機 EL 照明は、現時点では一般商用・家庭向けへの出荷は行われておらず、照明器具としては普及していない。しかしながら、面光源、フレキシブル素材、また色温度や光の強さを自由に変えられるなどといった特徴から、芸術作品などで活用がなされる事例が増えている。価格低下、発光効率の上昇とともに、芸術分野での活用事例が一般の人の目にも触れることで、従来にない間接照明としての市場が拡大していくことが期待される。

有機 EL 照明を用いたデザイン照明の例



出典：コニカミノルタ社ホームページ： <http://jp.futureishere.biz/newlight/>

有機 EL 照明市場については、メーカーヒアリングに拠ると以下のステップで形成されると考えられる。

第一段階（～2013 年）：市場を作る段階。インテリアや装飾用など、デザイン照明が中心。

第二段階（2014 年～2016 年）：市場ができる段階。航空機の旅客席や店舗の展示用などに対応することで、「量」を確保し、低価格化を目指す。

第三段階（2017 年～）：市場が広がる段階。一般照明としても活用されていくことを目指す。

(3) 参入企業

有機 EL 照明デバイスについては、山形県で有機エレクトロニクス研究所を設立し、産学連携で研究開発を進めてきたこともあり、ルミオテック、カネカ（旧東北デバイス）、パイオニア（東北パイオニア）など、東北地域を起源とする企業が多い。しかしながら、近年では、九州を拠点に製造を開始したイー・エル・テクノなど、他地域にも広がっている。

有機 EL 照明デバイスを活用した有機 EL 照明器具については、現状では試作品レベルということもあり、照明デバイスを手がけた企業が照明パネルも開発しているケースが多い。ただし、オーガニックライティングなど、他社が開発した有機 EL 照明デバイスを調達して照明器具の製造を行う企業もある。

LED 照明メーカーにも、重視する性能の違いにより、大きく二つのグループに分かれる。一つは、有機 EL 照明を基本的には LED 照明と競い得る存在と位置づけ、その実現にを目指すグループであり、もう一つは、当面は有機 EL 照明の特徴（フレキシブル性、演色性など）を生かして全く新しい照明の開発を目指すグループである。前者には、ルミオテックやコニカミノルタ、NEC ライティング、パナソニック電工などがあり、後者にはカネカや三菱化学、昭和電工などがある。また、製造プロセスには、低分子型の蒸着法と、高分子型の塗布法があり、三菱化学とコニカミノルタ以外は蒸着法に当面集中している。一方、コニカミノルタは両方のプロセスを研究し、三菱化学は 2013 年に塗布法の実現を目指している。昭和電工も「高分子塗布型燐光素子」技術を高めている。

要素	概要	主な参入企業
有機 EL 照明デバイス	基板上に陽極（透明電極）、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層、陰極（金属電極）を積層したパネル	コニカミノルタ、ルミオテック、住友化学、三菱化学、昭和電工、カネカ、東北パイオニア、出光興産、パナソニック電工、イー・エル・テクノ、NEC ライティング
照明器具	デバイスを組みこんだ最終製品	ルミオテック、パナソニック電工、オーガニックライティング、カネカ

主な参入企業の事例は、以下の通りである。

●住友化学

ポジション	有機 EL 素材、有機 EL デバイス
取り組み事項	材料からパネルまでを一貫生産し、照明メーカーに販売
近年の動向	12 年度に事業化し、16 年度を目処に 1,000 億円の売り上げを目指す

●昭和電工

ポジション	有機 EL 素材、有機 EL デバイス
取り組み事項	エネルギー効率の高い有機材料を開発、サンプル出荷
近年の動向	12年にパネルの量産開始、15年に150億円の売り上げを目標

●三菱化学

ポジション	有機 EL 素材、有機 EL デバイス
取り組み事項	ディスプレイ技術を応用して有機 EL デバイス分野に参入
近年の動向	塗布法とガラス基板を用いた生産手法を2013年までに実用化を目指す

●カネカ

ポジション	有機 EL 材料、有機 EL デバイス
取り組み事項	子会社「OLED 青森」が照明用有機 EL デバイスを製造して、カネカが販売
近年の動向	東北デバイスより2010年9月に事業譲渡を受け本格参入。2015年には200億円、2020年には1,000億円を目指す。

●パイオニア

ポジション	有機 EL デバイス
取り組み事項	東北パイオニア米沢事業所で有機 EL デバイス製造（ディスプレイ中心）
近年の動向	照明用パネルを三菱化学と共同開発、11年中に量産、販売を目指す

●ルミオテック

ポジション	有機 EL デバイス
取り組み事項	照明向け有機 EL パネルの専門メーカー。
近年の動向	三菱重工業、ローム、凸版印刷などの出資により設立。2011年1月に量産出荷を始める。年間6万枚規模の出荷を目指す。

●イー・エル・テクノ

ポジション	有機 EL デバイス
取り組み事項	照明向け有機 EL パネルの量産
近年の動向	合志市のセミコンテクノパークに工場建設、15億円を投資。2011年10月稼働、2012年1月製品化の予定。

●オーガニックライティング

ポジション	照明器具
取り組み事項	山形大学発のベンチャーとして有機 EL を用いた製品を開発、製造
近年の動向	ルミオテックからパネルを調達して照明器具を製造

(4) 関連サプライチェーン

関連サプライチェーンとしては、有機 EL デバイスの材料や基板素材といった材料、ならびにデバイス製造装置などがある。

(a)材料

有機半導体素材（化成品）や基板素材（ガラスやフィルム）について、化学メーカーが中心となって製造している。有機 EL 材料では「蛍光発光タイプ」がすでに製品化されているが、効率面では「リン光発光タイプ」が優位とされており、次世代材料として期待されている。

要素	概要	主な参入企業
有機 EL 材料	有機半導体素材（化成品）や基板素材（ガラスやフィルム）	住友化学、昭和電工、カネカ、三菱化学、出光興産

主な参入企業の事例は、以下の通りである。

●住友化学

ポジション	有機 EL 素材、有機 EL デバイス
取り組み事項	材料からパネルまでを一貫生産し、照明メーカーに販売
近年の動向	12 年度に事業化し、16 年度を目処に 1,000 億円の売り上げを目指す

●昭和電工

ポジション	有機 EL 素材、有機 EL デバイス
取り組み事項	エネルギー効率の高い有機材料を開発、サンプル出荷
近年の動向	12 年にパネルの量産開始、15 年に 150 億円の売り上げを目標

●カネカ

ポジション	有機 EL 材料、有機 EL デバイス
取り組み事項	子会社「OLED 青森」が照明用有機 EL デバイスを製造して、カネカが販売

近年の動向	東北デバイスより 2010 年 9 月に事業譲渡を受け本格参入。2015 年には 200 億円、2020 年には 1,000 億円を目指す。
-------	--

(b)製造装置

有機材料の成膜法としては、蒸着法と塗布法の 2 種類があり、基板の種類としてはガラス基板と樹脂基板がある。製造プロセスは、この組み合わせで 4 種類考えられる。塗布法と樹脂基板の組み合わせが実現できれば、高速ロール・ツー・ロールでの大量生産が可能になり、コストの低減が見込まれるが、まだ実用化には至っていない。多くの企業が、蒸着法×ガラス基板の組み合わせで生産に着手している。製造装置として出ているのも、そのため、蒸着法を軸としたものである。

要素	概要	主な参入企業
製造装置	有機 EL デバイスの製造に関わる蒸着、成膜、封止などの装置	三菱重工業、TOKKI、日立造船、アルバック、東京エレクトロン、セイコーエプソン、ニコン

主な参入企業の事例は、以下の通りである。

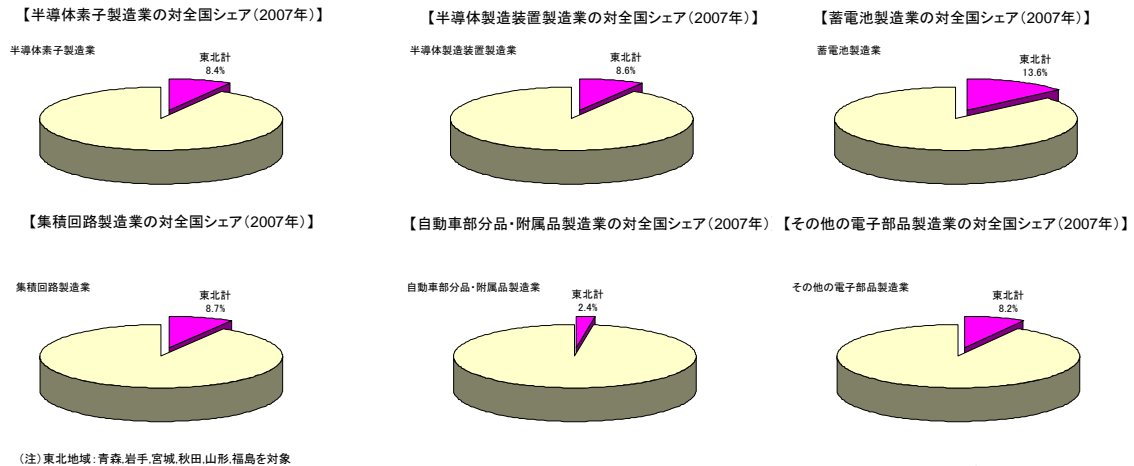
●三菱重工業

ポジション	製造装置
取り組み事項	照明用有機 EL パネル小型成膜ラインの開発および製造
近年の動向	2009 年 6 月に初号機を出荷

3. 東北地域における省エネグリーンデバイス分野のビジネスチャンス

3. 1 電子産業の集積状況

東北地域の産業の国内における売上シェアをみると、半導体関連・電子部品関連のシェアが人口比（約8%）に比べて高く、東北内に全国的にも電子産業が集積していることがわかる。



主要業種の製造品出荷額と分布状況（電子部品・デバイス）



出典：「東北地域クラスター形成戦略懇談会報告書（平成18年8月）」（東北経済産業局）

上図のように、多数の電子産業分野の工場が分布している。これらは大手電機メーカー

の主力工場とそれらに対して高度部材を供給する企業を中心である。ちなみに地域毎の工業地区の出荷額順位を見ると、本荘・由利地区が全国 12 位、古川地区が 27 位、福島県南地区が 28 位、会津地区が 31 位、米沢・置賜地区が 32 位となっている。

この東北地域の産業構造の特徴の一つでもある電子・デバイス産業の集積を、東北地方の産業振興に活かして行きたいというのが、今回の調査の目的である。今回調査対象としたパワー半導体、さらには LED 照明も半導体結晶のなかで電気エネルギーが直接光に変わるというしくみを応用した光源であるため、半導体関連の技術と深い関係がある。そのため、パワー半導体・LED 照明・有機 EL 照明それぞれの分野について、① 東北地域に既に立地する、省エネグリーンデバイス企業の事業拡大 ② 東北地域への省エネグリーンデバイス関連企業の誘致 ③ 東北地域内の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大 に活かす方式について考えていきたい。

そこで、まず、東北地域に、どのような省エネグリーンデバイス関連企業があるのかを見てみる。

3. 2 東北地域における省エネグリーンデバイス分野のビジネスチャンス

(1) パワー半導体

① 東北地域の省エネグリーンデバイス関連企業

東北地域における7技術・産業分野と10産業集積地域の有機的連携により産業振興を目指した「TOHOKUものづくりコリドー」において示された各地域の電子デバイス関連の代表的企業や、東北地域内の従業員300人以上の電気・電子分野の事業者リストをもとにWEBページなどで事業内容を確認し、パワー半導体に関連し得る企業を抽出し、サプライチェーン上の位置づけると、以下の通りになる。なお、太字は、現在、当該の省エネデバイス関連事業を実施中の企業である（[]内は取り扱い製品分野）。以下のように各領域に関連する企業が存在する。大手企業のグループ企業がデバイスについて手掛けている一方、関連部材や回路設計などは地元にも本社をもつ企業が手掛けることが多い。

要素	主な取り組み企業	
素材	DOWA セミコンダクター秋田 (株)	
製造装置	(株) タカシン 東京エレクトロン AT (株) 宮城事業所 エムテックスマツムラ (株)	
デバイス	前工程	岩手東芝エレクトロニクス (株) [MOSFET] 富士通セミコンダクタ (株) 会津若松工場[GaN] 東北電子工業 (株)
	後工程	岩手東芝エレクトロニクス (株) [MOSFET] 富士通セミコンダクタ (株) 会津若松工場[GaN] 秋田新電元 (株) [MOSFET、整流ダイオード] 東根新電元 (株) [MOSFET、サイリスタ] オン・セミコンダクター・テクノロジー (株) (株) ルネサスハイコンポーネンツ 秋田エルピーダメモリ (株) 東北セミコンダクタ (株) ミツミ電機 (株) 秋田事業所[電源 IC] 富士通インテグレートッドマイクロテクノロジー (株) 宮城工場 (株) ミズサワセミコンダクタ アルス電子 (株) アルス電子機器 (株) 羽黒電子 (株)
関連部材 ・部品	アルプス電気 (株) 古川工場・北原工場・角田工場・涌谷工場 TDK (株) 秋田工場・鳥海工場・象潟工場 ニチコン岩手 (株) (株) 日本セラテック	

	(株) 大泉製作所・十和田工場 由利工業 (株) アルファエレクトロニクス (株) 秋田工場 FDK (株) いわき工場 (株) 坂下マイクロエレクトロニクス工業
回路設計・ 製作	東北電機製造 (株) (株) 東幸電機製作所 NEC 東北 (株) 羽後電子 (株) (株) 北光 ケイテック (株) アルス電子機器 (株)

出典：各種資料をもとに日本総研作成

② ビジネスチャンスについて

今回、検討する産業振興パターン、すなわち、(i) 東北地域に既に立地する、省エネグリーンデバイス企業の事業拡大 (ii) 東北地域への省エネグリーンデバイス関連企業の誘致 (iii) 東北地域内の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大 のそれぞれについて、これまでの市場動向調査や有識者ヒアリングを通じて検討した同分野の成功要因を踏まえて、その方策を検討していく。

(i) 東北地域に立地する省エネグリーンデバイス企業の事業拡大

パワー半導体について、現状の立地企業は①で見たとおりであるが、これらの企業が、パワー半導体分野の市場拡大に応じて事業拡大していくことを検討していく。

前章でも見たとおり、パワー半導体分野は、今後、ますます市場の拡大が見込まれる。素材、デバイス、関連部材・部品、ならびに製造装置それぞれについて、市場が拡大していく可能性が高く、東北地域に立地する関連企業についても事業拡大の可能性は高いと考えられる。その際に、サプライチェーンごとの動向を踏まえて細かくみていくこととする。

[材料分野における事業参入で重要な要素]

パワー半導体の材料分野において、通常の半導体向けの材料提供の場合と同様、デバイスメーカーが要求する高品質の素材を安定的に供給できるかどうか重要である。特に、次世代デバイス化への対応については、結晶成長特性が Si とは異なることから、その特性を考慮しながら結晶化させる技術が必要である。大口径・高品質結晶成長技術の如何が鍵を握ると考えられる。

原料製造には大きなプラントが必要になることから、新規参入のハードルは高く、既存の原料メーカーの業容拡大が中心になると思われる。ただし、特に次世代デバイスへの対応には特殊なノウハウが必要になることから、これに対応するための独自の技術開発や、ノウハウを有する企業とのアライアンスが必要になる。中堅・中小企業の参入は難しいと

考えられる。

[材料分野における東北立地企業への期待]

この分野では、東北地域には DOWA セミコンダクター秋田（株）がある。同企業は、窒化物系 HEMT エピ基板で、電力制御を担うパワー半導体用や携帯電話基地局向けなど高周波用の次世代のデバイス材料として、拡販と量産化を進めている。エピ基板を扱える企業はそう多くはなく、今後ますますの事業拡大が期待される。

[デバイス分野における事業参入で重要な要素]

特に自動車メーカーなどでは、部品の採用には実績があるか否かが重要な判断要素となるため、実績の蓄積が信頼性確保にとって重要になる。その意味で、特に開発について、新規参入はハードルが高く、既存のデバイス企業が有利である。

[デバイス分野における東北立地企業への期待]

すでに、秋田新電元、東根新電元、富士通セミコンダクター、岩手東芝エレクトロニクスなど、東北地域内における需要拡大で恩恵を被る事業を行っている企業が存在している。製造・提供実績があること自体が強みであることを踏まえると、これらの企業がパワー半導体市場拡大に伴い当エリアでの事業拡大が期待される。

[製造装置分野における事業参入で重要な要素]

今後の成功要因としては、次世代デバイス向けの装置を提供できるか否かが重要になると考えられる。SiC 特有の高温プロセスに対応した専用装置として、エピ成長、イオン注入、熱処理、アニールが必要となる。既存の半導体製造装置メーカーが、次世代パワー半導体関連企業と連携しながらノウハウを蓄積していくことが大切である。

[製造装置分野における東北立地企業への期待]

東北地域には、(株)タカシン、東京エレクトロン AT (株)宮城事業所、エムテックス マツムラ (株)などが存在する。上述したように、SiC 特有の高温プロセスに対応する製品の技術開発を行うことで、事業拡大のチャンスはある。

なお、サプライチェーンにおける関連部材・回路等については、中堅・中小企業のチャンスが絡むことから、(iii)で述べる。

(ii) 東北地域への省エネグリーンデバイス関連企業の誘致

現在、東北地域外に立地するパワー半導体関連企業を、東北地域内に誘致する可能性について、検討してみる。

[立地に有利な環境について]

デバイス開発分野については、最終製品で求められる特性を熟知していることが、適切なチップを開発する上で重要となる。そのため、アプリケーション開発担当者と連携を取りやすい環境にあることが、デバイス開発には必要である。工場立地に関しては、パワー半導体特有のものとして重視される要素のうち、前工程に関しては「水」が重要である。現在の拠点をベースに考えると、製造装置等のエンジニアのサポートの受けられる範囲内であることが望ましく、現在の拠点と近隣である必要がある。一方、組立主体の後工程では、民生機器に関して大量に生産できる地域が望ましい。そのため、中国など製品製造地付近で工場を立地するケースが多くなっている。以上を踏まえると、他の地域に立地している既存の工場を、東北地域に誘致していくことは容易ではない。

[東北企業の既存の半導体ラインの活用]

一方、新たなパワー半導体量産ラインを構築するにあたり、既存の半導体ラインを転用して拡大していく傾向も見受けられた。新規に作るよりも低コストで参入が可能であるからである。そのため、東北地域外の企業のうち、特に次世代パワー半導体に新規参入を図ろうとする際に、東北地域内の既に半導体ラインを買収することで参入していく可能性はある。その意味で、既存の半導体製造ラインの存在も、東北地域外の企業との連携も視野に入れば当該分野の誘致という意味では重要な意味をもつ可能性がある。

また、東北地域に対して、セントラル自動車をはじめとして自動車工場の進出の傾向が見受けられる。上述したように、特に後工程については需要地近くで製造するケースが多いことから、自動車関連のニーズを狙った製造ラインの整備を見込んだ参入も考えられ、その際には東北地域内の既存の半導体製造ラインの活用も考えられるだろう。

下記に、東北地域における量産工場ラインの一覧を示す。

東北地域における半導体製造ライン一覧

県	地区	社名	工場	工程	ウエハ
青森県	北津軽郡鶴田町	ルネサスハイコンポーネンツ		後	
秋田県	秋田市	秋田エルピーダメモリ		後	
秋田県	由利本荘市	秋田新電元	飛鳥工場	前	ダイオード(310,000枚/月、4インチ換算)
秋田県	由利本荘市	秋田新電元	本社・大浦工場/大内工場	後	
秋田県	大仙市	セイコーインスツル	秋田事業所	後	
岩手県	北上市	アムコー岩手		後	
岩手県	北上市	東芝	新工場(Fab6)	計画中	
岩手県	北上市	岩手東芝エレクトロニクス		前	6インチ(85,000枚/月) 8インチ(10,000枚/月)
岩手県	北上市	ミスズ工業	岩手工場	後	
岩手県	奥州市	ミスサウセミコンダクタ		後	
岩手県	胆沢郡金ヶ崎町	富士通セミコンダクター	岩手工場	前	8インチ
山形県	鶴岡市	ルネサス山形セミコンダクタ	鶴岡工場	前	12インチ(23,000枚/月)
山形県	鶴岡市	スタンレー電気	山形工場	前	
山形県	鶴岡市	スタンレー鶴岡製作所		後	
山形県	酒田市	東北エプソン	酒田事業所	一貫	6インチ(17,000枚/月) 8インチ25,000枚/月)
山形県	東根市	山形サンケン		前	6インチ(24,000枚/月)
山形県	東根市	東根新電元		前	4インチ(17,000枚/月) 5インチ(39,000枚/月) 6インチ(6,000枚/月)
山形県	尾花沢市	エムテックスマツムラ	尾花沢事業所	後	
山形県	東置賜郡高島町	山形電子	高島工場	後	
宮城県	仙台市泉区	東北セミコンダクタ	(TSC)	前	6インチ
宮城県	石巻市	旭化成東光パワーデバイス	石巻事業所	後	
宮城県	白石市	ソニー白石セミコンダクタ		一貫	
宮城県	柴田郡村田町	富士通インテグレートッドマイクロテクノロジー	宮城工場	後	
宮城県	黒川郡大和町	富士フィルムデジタルテクノ		後	
宮城県	黒川郡大衡村	OKIセミコンダクタ宮城		前	6インチ(23,000枚/月) 8インチ(40,000枚/月)
福島県	会津若松市	日本テキサス・インスツルメンツ	会津工場	前	200mm、300mm
福島県	会津若松市	富士通セミコンダクター	会津若松工場	前	6インチ、8インチ
福島県	会津若松市	富士通セミコンダクターテクノロジー		前	
福島県	会津若松市	富士通インテグレートッドマイクロテクノロジー	本社会津工場	後	
福島県	喜多方市	オン・セミコンダクター・テクノロジー		前	6インチ(35,000枚/月)
福島県	二本松市	福島サンケン		一貫	
福島県	本宮市	アルス電子		後	
福島県	伊達郡国見町	国見メディアデバイス		後	
福島県	河沼郡会津坂下町	坂下マイクロエレクトロニクス工業		後	

出典：各種資料をもとに日本総研作成

[東北地域内で推進されるスマートシティ建設に関連した誘致]

東日本大地震の被災地の復興計画の一環として、東北地域において、低炭素関連技術を活用したスマートシティ建設の機運がある。そこでは、太陽光発電や風力発電などの創エネ機器のほか、蓄電池、スマートメーターなどの機器が活用されることが想定される。これらの機器では、電気を制御するパワー半導体が用いられる。

スマートシティの建設に際して、東北地域内の企業のみならず、東北地域外の企業からも取り組みに参画する企業が多くあると考えられるが、域外で製造された機器を組み込むだけでなく、スマートシティ建設に関わる技術の研究機関・製造拠点も併せて誘致していくことができれば、パワー半導体技術に関わる産業の誘致も可能になると考えられる。

(iii) 東北地域内の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大

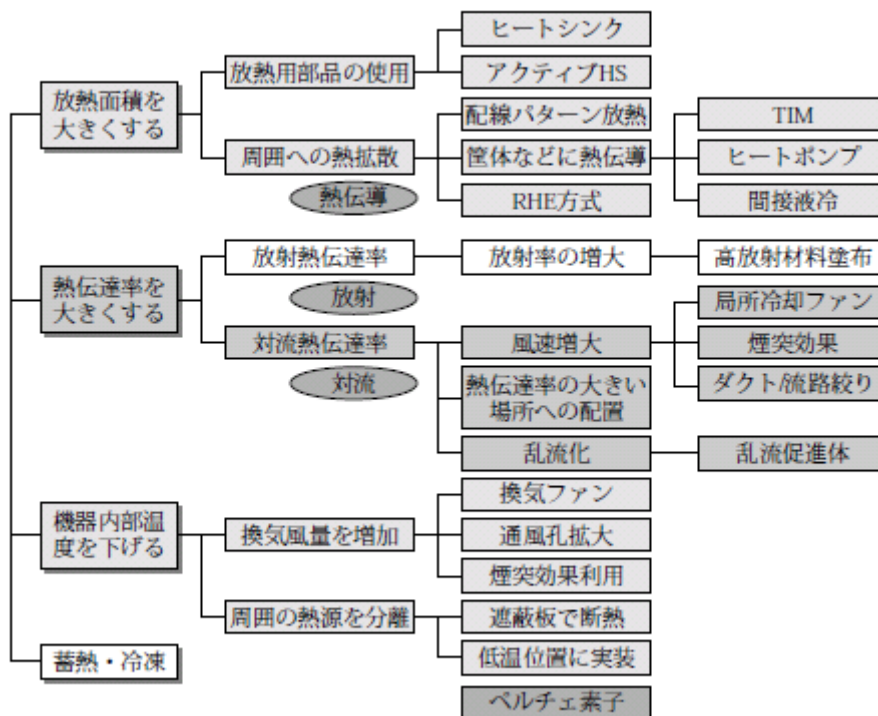
パワー半導体分野については、デバイス本体もちろん、その周辺分野についても大きな変革が求められることから、新しいビジネスチャンスの芽が見受けられる。

[デバイス周辺分野に求められる変革]

たとえば、インバータ化の際に、ノイズ対策のためのバイパスコンデンサなどの需要が高まる。外注ニーズは限られるが、ウェハのエピタキシャル、性能検査、研磨は外注の可能性はある。また、大電流、高温に耐えなければならない要素があるため、ボンディング、めっき、ハンダ、結線といった各プロセスで、さらに改善の余地が生まれる。これらに対応できることが大切である。また、例えば、空冷機器の熱対策としては、下図のように、①放熱面積の拡大：ヒートシンクなど、②熱伝達率の増大：局所冷却ファンなど ③機器内部空気温度の低減：通風口の設置など、があるが、機器の小型化によって、ヒートシンクが付けられない機器が増えている。その場合、基板・筐体に熱を伝えるといった方策を取ることを考えなければならない。

パワー半導体を用いた高温化・小型化に対応するためには、デバイスだけでなく、これらの周辺分野に対するノウハウを高めていく必要があるため、既存の中堅・中小企業でも、今からノウハウを獲得していくことで参入していくことが可能であると考えられる。

空冷機器の熱対策分類



出典：「2011 パワーデバイス技術大全」（電子ジャーナル）

2章においても言及したが、パワー半導体を用いる回路の放熱効果を高めるアルミ基板を

開発する企業、高温・高周波領域に耐えうるコンデンサーやノイズフィルターを開発する企業、SiC や GaN などの硬い半導体材料を研磨する技術を開発する企業などが現れてきている。また、回路設計においても、高温領域に耐えうるために熱に弱い部品を使わないで設計するといった新たな設計手法を開発する企業もある。

[東北企業におけるデバイス周辺分野での事業拡大の期待]

東北地域においても、周辺部品・部材を提供する企業、研磨などの外注を請け負うサポートインダストリーに属する企業、回路設計・製造に従事する企業が多数存在する。これらの企業が、パワー半導体・次世代パワー半導体を用いた製品化に必要なものは何かということを踏まえて、パワー半導体を用いる回路の放熱効果を高めるアルミ基板の開発、高温・高周波領域に耐えうるコンデンサーやノイズフィルターの開発、SiC や GaN などの硬い半導体材料を研磨する技術の向上、高温領域に耐えうるために熱に弱い部品を使わない回路設計手法の開発など、既に持つノウハウを高めていけば、新規事業拡大のチャンスは大いにあると考えられる。

(2) LED照明

① 関連企業

パワー半導体分野で確認したのと同様に、LED 照明分野のサプライチェーン領域ごとの東北の関連企業をリスト化すると、以下のようになる。なお、太字は、現在、当該の省エネデバイス関連事業を実施中の企業である（[]内は取り扱い製品分野）。LED 照明器具を手掛ける企業が多く見受けられる。

要素	主な取り組み企業
素材	DOWA セミコンダクター秋田 (株)
LED 照明・LED 電球	東芝ライテック (株) [LED 照明デバイス・照明器具] アンデス電気 (株) [LED 照明器具] 東北電子工業 (株) [LED 照明器具] (株) タカハタ電子[LED 照明器具] アイリスオーヤマ (株) [LED 電球]
関連部材・部品	弘前航空電子 (株) [LED 実装基板用ロープロファイルコネクタ] アルプス電気 (株) 古川工場・北原工場・角田工場・涌谷工場 TDK (株) 秋田工場・鳥海工場・象潟工場 ニチコン岩手 (株) (株) 日本セラテック

	(株) 大泉製作所・十和田工場 由利工業 (株) アルファエレクトロニクス (株) 秋田工場 FDK (株) いわき工場 (株) 坂下マイクロエレクトロニクス工業
回路設計・ 製作	東北電機製造 (株) (株) 東幸電機製作所 NEC 東北 (株) 羽後電子 (株) (株) 北光 ケイテック (株) アルス電子機器 (株)

出典：各種資料をもとに日本総研作成

② ビジネスチャンス

LED 照明分野についても、今回、検討する産業振興パターン、すなわち、(i) 東北地域に既に立地する、省エネグリーンデバイス企業の事業拡大 (ii) 東北地域への省エネグリーンデバイス関連企業の誘致 (iii) 東北地域内の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大 のそれぞれについて、これまでの市場動向調査や有識者ヒアリングを通じて検討した同分野の成功要因を踏まえて、その方策を検討していく。

(i) 東北地域に立地する省エネグリーンデバイス企業の事業拡大

[LED 照明・電球事業参入で重要な要素]

まず、LED 照明・電球事業参入に重要な要素について検討してみる。既存照明電球を置き換える形の電球の場合、家電量販店向けを經由して販売されるケースが多く、ブランド力が求められる。また、品質確保という点では、既存照明で培われたノウハウ（放熱の取り扱い等）を有していることも重要であるため、既に参入している大手企業が有利となっている。

[LED 照明・電球製造における東北企業への期待]

本領域については、東北地域には、東芝ライテック (株) があり、LED 照明の拡大によってさらなる進展が期待される。

[LED 照明器具製造に対する参入チャンス]

一方、照明器具については、新規参入事例も多く見受けられる。特に、省エネ・長寿命性を活かした新用途についてはアイデア次第で新規参入のチャンスが大きい。東北内外における、LED 照明分野に進出した企業の事例を示すと、以下のようになる。

企業	進出内容	活かした強み
アイリスオーヤマ	LED 照明・LED 蛍光灯	分野の壁を越えて、徹底して生活者視点で新商品の企画に取り組む企業風土と事業運営。メーカーと問屋機能を併せ持ち、さまざまな素材の製品を世界各地から生産・調達するシステムを構築。
タカハタ電子	LED 防犯灯	大手照明メーカーからの人材登用。電源設計ノウハウ企業の取り込み。販売をサブコンに委ね、LED 電球を海外から調達することで最終製品としての防犯灯製造に注力。
エクセルシステム	LED 電球	ソフト販売で取引のある小売店などの店舗用 LED 照明を対象に、蛍光灯型や電球型、街路灯用など幅広い商品を取り扱う。中国の提携工場で委託生産することでコストを抑えた。従来事業の顧客ネットワークを活用して、顧客の声を収集、製品開発に生かす。
中央電機計器製作所	LED 照明	検査機器の製造で培った熱対策などの技術を活用。大手中心の家庭用照明分野を避け、業務用に注力。同社が企画設計を担当、提携先の海外企業が生産する。
アドシステム	LED スポットライト	本業の電子ききの受託開発で培った技術をもとに、業務用の LED スポットライトを開発、発売。LED の光をレンズで集め、ハロゲンランプを使う従来品と同等の明るさを確保。ホテルのロビー、店舗で使う商品展示用の照明など大手が手を出さない領域に注力。

出典：各種資料をもとに日本総研作成

このように、LED 照明の最終製品分野については、中堅企業であっても、大手企業の参入が少ない業務用に注力するなど工夫しつつ、新規参入していく事例が多数見受けられる。国内市場はもちろんのこと、新興国でも例えば LED 照明の導入に大幅なインセンティブをつけるなど、市場拡大が見込まれている。新興国需要については電源周りの不安定さへの対応力が求められるが、電源回路設計のノウハウも併せて開発して差別化することで、新

規参入の余地はあると思われる。

[LED 照明器具製造における東北企業への期待]

LED 照明器具は、中堅企業でも参入チャンスがあることから、東北地域内の企業においても、米沢市のタカハタ電子に見られたように自社に不足するノウハウについては外部から取り入れることによって、同分野に参入することは不可能ではないと考えられる。特に、東日本大地震の被災地域復興に関わるスマートシティ建設に際して、LED 街灯など、照明器具のニーズが高まると考えられる。その中で、事業参入のチャンスが増えることが期待される。

[LED 照明デバイスの素材事業参入で重要な要素]

先ず素子については、特許を有しているかどうか重要であり、素子開発力のない企業の参入は難しいが、日亜化学の基本特許は 2010 年に切れたため、半導体製造技術を活かすことで新規参入の余地もある。ただし LED 照明用だけでは事業拡大の可能性は限られるため、他の用途向けにも提供できる販路を有することが重要である。

半導体設備と関連が深いため、既存の半導体製造ラインを活用して参入する事例等も見受けられるが、化合物半導体を扱う技術が必要である。

ウェハについても、化合物半導体用のウェハ製造ノウハウが必要である。化合物半導体ウェハの競争力は結晶成長制御であり、結晶欠陥がデバイス特性に与える影響の因果関係等に関するデータを蓄積するなど、最適なデバイス特性を發揮できる結晶成長制御技術のノウハウが重要である。また、インジウム、ガリウムなど、希少資源を用いることから、原料の調達力も求められるため、参入障壁が大きく、現在手掛けている企業が有利である。

[LED 照明デバイスの素材分野における東北企業への期待]

LED 向け半導体材料については、DOWA セミコンダクター秋田が手がけており、その事業拡大が期待される。

[LED 照明デバイスの製造装置分野への事業参入で重要な要素]

次に、製造装置については、シリコン半導体とは異なるノウハウが必要である。有機金属気相成長法やエッチングなどの前工程でシリコン半導体とは別のノウハウが要求される一方、素子ダイシング以降の後工程では、輝度やコスト等の品質面を大きく左右する。そのため、LED デバイスに特化したノウハウを蓄積する必要があり、これらの蓄積のない装置メーカーについては、新規参入のハードルは高い。東北地域内にも製造装置企業は見受けられるが、本分野に進出するためには、これらのノウハウを獲得する必要がある。

関連部材・周辺回路等については、(iii) にて考察する。

(ii) 東北地域への省エネグリーンデバイス関連企業の誘致

[LED 照明デバイス製造に立地に有利な環境について]

製造においては、生産場所に近くに一連のサプライチェーンが揃っていることが望ましいが、部品は小さく在庫可能なので、必須要件ではない。ただし綺麗な水、労働力、必要なインフラが揃っていることが重要であり、既存の半導体工場近くに設置するケースが多い。既存の蛍光灯の製造ラインなどと比べ、コンパクトなライン形成が可能であり、既存工場での増設で対応できるケースが多いと思われる。そのため量産拠点としては、これまでの LED 照明デバイス製造企業の動向を見る限りでは、既存工場の拡充を図りながら対応するケースが多い。既にみたように、シャープは、従来の半導体製造ラインを LED 用に転用することで、福山工場（広島県福山市）の既存の半導体製造ラインを LED 向けに転用することで本分野の製造拡大を図っている。LED 照明は長寿命であるだけに、中長期的には生産量の拡大の伸び悩みが予想され、思い切った製造ラインの新設は難しいという一面もある。逆に言えば、既存の製造ラインの存在は、その転用の可能性も含めれば LED 照明デバイス分野への進出の潜在的可能性を引き出すものともいえる。

[東北企業の既存の半導体ラインの活用]

パワー半導体に対する考察でもみたように、東北企業内の既存の半導体製造ラインに対して、東北地域外の企業の連携・投資を促進することで、関連企業の誘致の可能性はみえてくる。

(iii) 東北地域内の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大

[デバイス周辺分野に求められる変革]

照明の LED 化に伴い、駆動方式が交流駆動から直流駆動に変化するほか、周辺回路、ならびに反射材や回路基板などの周辺部材にも、長寿命化や耐熱性能が求められる。素子のばらつきを補正する回路ノウハウも重要である。そのための部材の開発や回路設計技術を獲得していることも求められる。

既に 2 章でみたように、LED は温度が上がると光束が低下し（暗くなり）寿命が短くなるという特性があり、特に照明用途に採用されているパワー LED は通常の LED よりも消費電力が大きく発熱も大きいため、放熱板を装備する必要がある。こうした放熱板を提供している会社としては、例えば（株）ウェルがある。ウェルのヒートシンク（放熱板）はカーボンナノチューブをコーティングすることで、従来のアルミ放熱板よりも放熱特性を高めた。また、（株）タキオンは、電解コンデンサを不要とする LED 電源用 IC を開発した。本 IC は、LED をパルス駆動し、その実効電流フィードバック制御回路と、脈波での無効なトランススイッチング動作を防止する制御シーケンスを内蔵することにより、電解コンデンサを用いずに LED 駆動を可能にした。

[デバイス周辺分野における東北企業への期待]

このように、従来からもつ回路設計ノウハウや、部材開発のノウハウを、LED 照明分野に適用していくことで、東北地域内の中堅・中小企業についても事業拡大の可能性が出てくると考えられる。

(3) 有機EL照明

① 関連企業

パワー半導体分野、LED照明分野で確認したのと同様に有機EL照明分野のサプライチェーン領域ごとの東北の関連企業をリスト化すると、以下のようになる。なお、太字は、現在、当該の省エネデバイス関連事業を実施中の企業である（[]内は取り扱い製品分野）。山形県は有機EL研究のメッカであったため、先駆的なデバイス製造企業が存在する。

要素	主な取り組み企業
素材	DOWA セミコンダクター秋田 (株)
デバイス	ルミオテック (株) [有機EL照明デバイス] OLED 青森 (株) [有機EL照明デバイス]
関連部材 ・部品・ 回路製作	東北電機製造 (株) (株) 東幸電機製作所 NEC 東北 (株) 羽後電子 (株) (株) 北光 ケイテック (株) アルス電子機器 (株)
完成品	(株) タカハタ電子[有機EL照明器具]

出典：各種資料をもとに日本総研作成

② ビジネスチャンス

有機EL照明については、市場形成は今後であるから、事業拡大についてを中心に述べる。

(i) 東北地域に立地する省エネグリーンデバイス企業の事業拡大

[有機EL照明デバイス関連の成功要因]

有機EL照明デバイスについては、高効率・長寿命の材料を如何に開発できるかが重要である。材料提供メーカーは、複数のデバイス企業に供給する際には、それぞれ組成を変えた材料にする必要があるため、組成と物性の相関を把握し、多様な組み合わせの適した材料を供給できることが求められる。また、有機EL照明では、水分、酸素から保護する防湿性膜を成膜する封止技術が重要となるが、耐熱性を兼ね備えた技術が求められる。素材の研究開発力のない企業の新規参入は難しいが、中小企業であっても、こうした技術を有していれば参入は可能である。

[有機EL照明デバイス関連の東北企業への期待]

東北地域は、山形大学や山形県の有機エレクトロニクス研究所を中心に有機EL照明デバイス研究の一大拠点形成している。ルミオテックは、こうした長年の研究活動の成果から生まれた企業である。さらにカネカは、旧東北デバイスを買収してOLED青森を設立し、同分野に乗り出している。有機EL照明は先端的な技術開発が肝となるだけに、他地域に先駆けて差別的な技術開発が進められれば、中小企業であっても飛躍するチャンスはある。将来的な有機EL照明の市場拡大に伴い、こうした企業の事業の拡大が期待される。

(ii) 企業誘致

有機EL照明分野は、まだ市場形成が始まっていない段階であるから、企業誘致を積極的に行える段階ではない。ただし、山形県を中心に研究・開発・製造拠点を形成している全国的にも稀有な地域であるから、有機EL照明の将来的な市場拡大に伴い、関連企業が集積していくことが期待される。

(iii) 東北地域内の中堅・中小企業の省エネグリーンデバイス関連分野での事業拡大

有機EL照明デバイスの開発は、既存の中堅・中小企業にとって非常にハードルが高いが、これらのデバイスを調達し、照明製品として販売していくことについては、中堅・中小企業も手がけられる領域のビジネスである。有機EL照明は、面照明のデザイン性をいかに発揮できるかが重要であるが、当面は、家庭向けよりは店舗照明が中心となるため、アーティストとの連携などにより、面照明のカスタマイズ対応力を付けていくことが重要である。当面はニッチ市場であるため、大手企業よりも中堅・中小企業が適した領域である。東北地域に存在するデバイス企業と連携しながら、デザイン照明分野への進出が期待される。

4. 東北地域における省エネデバイス分野の産業振興に向けた政策提言

4. 1 ビジネスチャンス活用に向けた方向性

(1) 産業振興における注力する取り組みについて

ここでは、東北地域における省エネデバイス分野のビジネスチャンスを活かす産業振興施策の方向性について検討する。

そこでまず、前章で述べた東北地域における省エネデバイス分野のビジネスチャンスを整理すると、以下のようになる。

① 東北地域の省エネデバイス分野におけるビジネスチャンスのまとめ

【パワー半導体分野】:

- 既存立地企業の事業拡大
 - 東北地域に立地する、秋田新電元、東根新電元、富士通セミコンダクター、岩手東芝エレクトロニクスなどの大手企業のグループ企業を中心とするデバイス企業、ならびに DOWA セミコンダクター秋田などの材料企業において、パワー半導体市場拡大に伴って事業が拡大していくことが期待される。
- 既存の半導体ラインの活用・転用（地域外企業との連携含む）
 - パワー半導体の製造であっても、ゼロから製造ラインを構築するよりも、既存の半導体製造ラインを活用したほうが低コストでの立ち上げが可能である。東北地域には、半導体製造ラインが数多く存在しているため、自社における転用、もしくは、東北地域外の外部企業が既存ラインを買い取ることで本分野に参入していくことが考えられる。
- スマートシティ建設に関連する産業の研究機関・製造の拠点設立
 - 東日本大震災からの復興に関連して、東北地域においてスマートシティ建設の機運が高まっている。域外企業からも参入が見込まれるが、その際に、スマートシティに関わる技術の研究機関・製造の拠点の設立を促していくことが考えられる。
- 既存立地企業に対するサポーティングニーズの取り込み
 - 東北地域内にもパワー半導体を製造する企業は存在する。パワー半導体の市場拡大に伴い、これらの企業の成長も期待されるが、研磨など、サポートする周辺産業のニーズも高まることが期待される。周辺に立地する関連産業のサポート機会を活かしていくことが大切である。
- 関連部材・部品・回路などの周辺技術分野への取り組み
 - パワー半導体を普及させていくにあたり、パワー半導体を用いる回路の放熱効果を高めるアルミ基板の開発、高温・高周波領域に耐えるコンデンサーやノ

イズフィルターの開発、SiC や GaN などの硬い半導体材料を研磨する技術の向上、高温領域に耐えうるために熱に弱い部品を使わない回路設計手法の開発など、周辺技術もそれに向けて改善していく必要がある。これらの技術を獲得した企業には、パワー半導体市場の拡大とともに成長機会が増えていくことが期待される。

【LED 照明】：

- 既存立地企業の事業拡大
 - 東北地域に立地する、東芝ライテックなどの LED 電球や照明器具を製造する企業において、LED 照明市場の拡大に伴って事業が拡大していくことが期待される。
- 既存の半導体ラインの活用・転用（地域外企業との連携含む）
 - LED 照明デバイスについても、パワー半導体と同様に、ゼロから製造ラインを構築するよりも、既存の半導体製造ラインを活用したほうが低コストでの立ち上げが可能である。東北地域には、半導体製造ラインが数多く存在しているため、自社における転用、もしくは、東北地域外の外部企業が既存ラインを買い取ることで本分野に参入していくことが考えられる。
- 照明器具への新規参入
 - LED 照明器具については、アイリスオーヤマやタカハタ電子など、中堅企業においても新規参入の事例が豊富に見受けられる。東北地域の中堅企業についても、LED 照明器具分野における新規参入がなされることが期待される。
 - 東北地域におけるスマートシティ建設にあたり、LED 照明の大量導入が期待される。その際に、LED 照明器具の開発が促進されることが期待される。
- 関連部材・部品・回路など周辺技術分野への取り組み
 - 照明の LED 化に伴い、駆動方式が交流駆動から直流駆動に変化するほか、周辺回路、ならびに反射材や回路基板などの周辺部材にも、長寿命化や耐熱性能が求められる。素子のばらつきを補正する回路ノウハウも重要である。そのため部材の開発や回路設計技術を獲得していることも求められる。これらの技術を獲得した企業には、LED 照明市場の拡大とともに成長機会が増えていくことが期待される。

【有機 EL 照明】

- 既存立地企業の事業拡大
 - 東北地域に立地する、ルミオテックや OLED 青森など、有機 EL 照明デバイスを製造する企業において、有機 EL 照明市場の拡大に伴って事業が拡大していくことが期待される。
- 既存の半導体ラインの活用・転用（地域外企業との連携含む）

- ▶ 有機EL照明デバイスについても、パワー半導体と同様に、ゼロから工場を立ち上げるよりも、既存の半導体製造工場を活用したほうが、クリーンルームなどのユーティリティを活用できるため低コストでの立ち上げが可能である。東北地域には、半導体製造工場が数多く存在しているため、自社における転用、もしくは、東北地域外の外部企業が既存工場を買い取ることで本分野に参入していくことが考えられる。
- デザイン照明分野への取り組み
 - ▶ 有機EL照明のコストはまだ高く、これを活かした照明市場は当面、意匠性の強いニッチ分野が中心になることが見込まれる。そのため、大手企業よりも中堅企業の方が手掛け易いマーケットである。デザイナーなどと連携し、有機EL照明市場に先行的に参入することで、ノウハウを獲得し、今後の有機EL照明の拡大前に地位を確立するという戦略もありえる。

② ビジネスチャンス活用上の課題と解決に向けたサポートの方向性

①で述べたもののうち、パワー半導体、LED照明、有機EL照明どれにも関連する内容として、既存の半導体ラインの転用がある。これについて、自社が自身の経営戦略に則り、転用していくケースと、地域外の企業が地域企業の工場に投資する形で転用を図るケースがありえる。東北地域の同分野の産業活性化に向けて重要な取り組みであるが、工場設備の用途変更、投資についてはそれぞれの企業戦略の根本に関わる問題であり、基本的には、自社の責任において取り組むべき事項である。したがって、自治体が積極関与することは容易ではない。新規分野における工場投資への財政的支援、転用するために必要な技術的支援をバックアップする程度に留まるだろう。

その他のビジネスチャンスについては、自治体等のサポートが重要な役割を果たすと考えられる。以下、その課題について検討する。

まず省エネグリーンデバイス分野は、新しい領域であるために、自社でその周辺事業に関わる技術があるにも関わらずそれに気づいていないケースもある。そのため、これらの分野が魅力的であること、ならびにどのような技術が求められているのか、周知・啓発をしていくことが大切であろう。

また、既存立地企業に対するサポーターティング機会の活用については、川下企業・川上企業間で何が求められ、何ができるのか、その情報流通がスムーズであることが前提となるが、お互いそのニーズ情報やシーズ情報を適切に把握していないケースがある。そのため、その情報流通の障害を取り除かなければ、本来の潜在能力・ビジネス機会が十分に活かされないことになる。これについては、自治体関連機関などがバックアップしながら、川上企業・川下企業のビジネスマッチング機会を創出し、オープンな議論の場を作り上げるこ

とが有効である。これまでの過去事例も参考にしながら、取り組み内容について検討することが大切である。

次に、関連部材・部品・回路などの周辺技術分野への取り組みについては、技術的にポテンシャルのある企業は地域内にも存在すると想定されるが、パワー半導体（特に次世代パワー半導体）やLED照明に求められる技術要件を把握する必要がある。さらに、その要件をクリアするための技術開発やノウハウ蓄積が求められる。特に次世代パワー半導体向けの周辺技術については、新しい分野であるために、前例のない取り組みとして挑戦していく姿勢が大切になるだろう。自治体としても、これらのコア技術の研究開発を促進していくことが大切である。さらに、個々の企業単独で研究開発を促進するだけでなく、これらの一連のコア技術・ノウハウを地域企業の間で獲得できれば、当該分野について差別性のある地域となり、周辺技術に関わる企業の業績拡大をもたらすことになるだろう。技術的にポテンシャルのある企業、周辺技術の採用・選定を行う企業（ニーズ側）、関連の研究機関が一堂に集まって、求められる技術要件の明確化と必要な技術開発を行っていくことが大切であり、自治体にもこれらの連携した取り組みを後方支援していくことが求められる。

さらに、自社の有する技術が省エネグリーンデバイス分野のどこに位置づけられ、どう活かすことができるのか、マーケティング的な視点をもった技術者の育成が急務でもある。こうした人材の育成を地域全体で図っていくことが大切である。また、当該分野の開発・製造を継続的・長期的に行っていくためには、教育研究機関には当該スキルをもつ人材の育成を行っていくことが重要であり、地元企業側には、それらの人材を採用してさらに技術者として育てていくことが求められる。産学が連携した人材育成について、自治体がバックアップしていくことが必要であろう。

また、東北地域内の省エネグリーンデバイス分野において有用な技術をもつ企業を、地域内外にアピールしていくことを支援していくことも大切である。

最後に、スマートシティ建設との関連について言及する。東日本大震災からの復興の中で、東北地域においてスマートシティ建設の機運が高まっている。スマートシティ建設においては、大量の創エネ機器・蓄エネ機器・省エネ機器が導入されることになる。したがって、省エネグリーンデバイスについての需要が発生し、東北地域内の企業のみならず、域外の企業の参入も考えられるが、そこで域外企業の域外で生産されたものを投入するだけでなく、東北地域の産業振興にもつなげたいところである。日本でも有数のスマートシティ群が形成される可能性があることから、スマートシティの一大拠点として、それに関連する技術開発拠点としての誘致や、さらには、関連する製造拠点として誘致していくことを考えたい。さらに、東北地域内の企業の開発・事業参入意欲を喚起していくことが大切である。

以上、まとめると、自治体としては以下の6点について取り組むことが重要である。

- 事業機会に対する啓発
- コア技術の強化支援
- 企業間連携支援
- 人材育成支援
- 広報機能の支援
- スマートシティ建設と関連した産業の誘致・開発需要の喚起

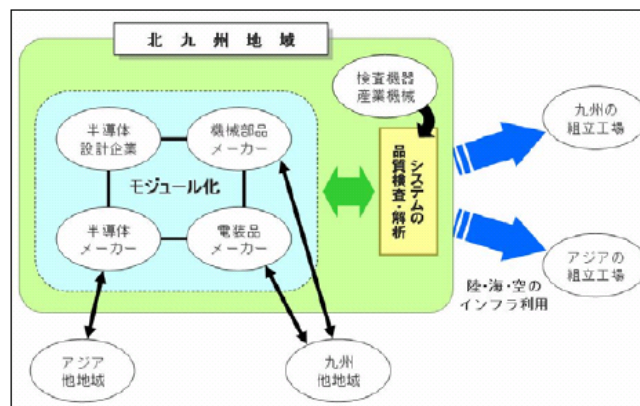
(2) 他地域の事例について

① 北九州市の事例

(1) で述べたテーマの支援策を実行する上で、他地域の産業振興策の取り組み事例を見てみる。そこで著名なのは、北九州市の取り組みである。北九州市では、産業・行政・大学が一体となって電子産業振興を推進してきた実績がある。ここで、その概要を確認してみる。ここでの特徴は、北九州のアジアに近いという立地特性を活かしつつ、産学連携の推進体制を明確化させ、「システムの高信頼、安全性に関する世界的研究拠点」になるという具体的なテーマ設定を行ったことにある。東北地域における取り組みでも、東北の強みを活かしつつ、具体的なテーマ設定を行い、推進主体を明確化させていくことが大切である。

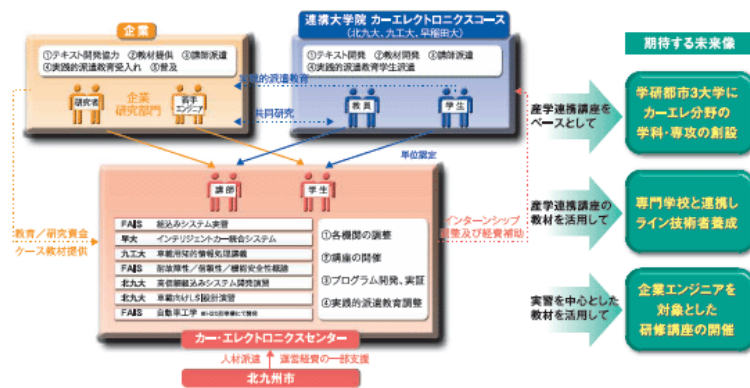
そこでの取り組みについて、コア技術開発や企業間連携支援策、人材育成支援策を考える上で参考となるものを抽出すると、

- ・ 複数のタイプの企業（半導体設計企業、半導体メーカー、電装品メーカー、機械部品メーカー）がそれぞれのニーズ・強みを持ち寄って、複合的なモジュール部品の研究開発を実施した。コア技術の開発と企業間連携を同時に成し遂げる手法として参考になる。



出典：「カーエレクトロニクス拠点構想提言」北九州市カーエレクトロニクス拠点構想検討委員会（平成18年8月）

- ・ 中核組織として、(財)北九州産業学術推進機構内に設置された「カー・エレクトロニクスセンター」が設置され、産学官が一体となった「人材育成」と「研究開発」の取組みを強力にプロモートした。
- ・ 人材育成策として、大学、企業、専門学校を有機的に連携させた。カーエレクトロニクスという、特定分野に特化した産学連携により、当該分野に的を絞った人材育成策として参考になる。



出典：「カーエレクトロニクス拠点構想提言」北九州市カーエレクトロニクス拠点構想検討委員会（平成18年8月）

以上のようなネットワーク的視点、中核組織を設置とした強力な推進体制は、参考になると考えられる。

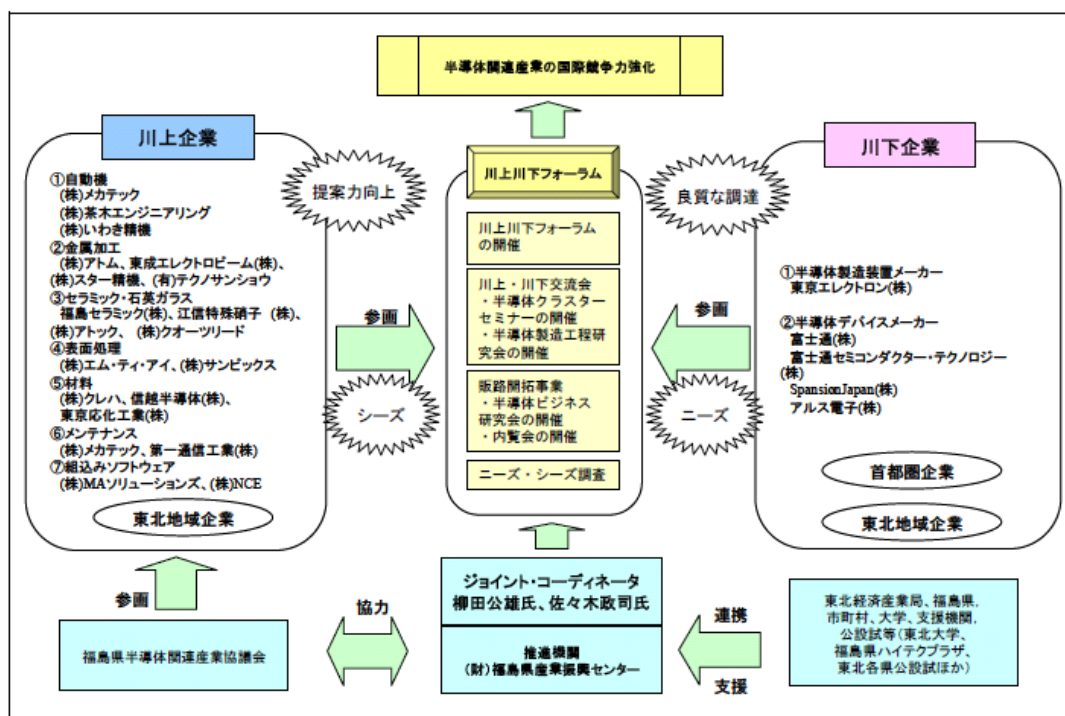
② 東北地域内の事例

東北地域においても、過去に電子産業を中心とした産業振興策は推進されており、企業間連携や人材育成などの方策を考える上で参考になるものがある。

(i) 福島県：半導体関連産業・川上川下フォーラム

財団法人福島県産業振興センターが事務局となり、平成19年3月28日に設立した「福島県半導体関連産業協議会」（川上川下企業を含む産学官で構成：平成20年1月時点参加111団体）を母体としつつ、東北経済産業局および福島県と連携しオープンに東北および首都圏等の川上企業・川下企業と連携して下記の事業を実施することにより、地場川上企業の業績及び技術力の向上、大手半導体製造装置メーカー等川下企業の競争力向上を図った。

福島県を中心とした東北および首都圏（東京都郊外）において、半導体関連産業に関わる企業および研究機関または今後参入を考えている企業等が、半導体関連産業分野の情報の非対称性の解消のため、研究会等を集中して開催した。研究会では、川下企業からの連携の提案や、半導体デバイスを製造する企業と取引するためにはどのようなことが求められるのか、取引条件がオープンに提示され、これに対して、地域としてどのようなことができるか発展的に議論された。研究会開催の結果、川上・川下企業双方にとって今までにない新規企業との連携、購買先を得たとの話もあった。



出典：福島県商工労働部「福島県の半導体関連産業振興施策について」

(ii) 岩手県：「いわて組込み技術研究会」

岩手県では、(財)いわて産業振興センターが事務局となり、岩手県における組み込みシステム産業内の技術情報共有、人材育成などを進めるべき県内の産学官の実務者等が広く参集し、技術・情報・人材の交流を活発化させた。

設立時期	平成 18 年 10 月
設立趣旨	岩手県における組込み技術の普及・高度化、人材の育成・蓄積、産業の集積等を促進するため、県内の産学官の実務者等が広く参集し、相互理解を深めながら、技術・人材・情報等の交流を進め、新しい企業間の連携や産学官の連携の基盤となることを目指す。
活動内容	最新の組込み技術・市場動向等の情報提供 県内産学官機関の組込み関連情報の相互交流 技術講習会等の機会の提供 メールによる案件情報の提供等 技術開発案件の発掘・創出 その他
会長	曾我正和(岩手県立大学 組込み技術研究所長 所長)
メンバー	民間企業 28 社、(財)いわて産業振興センター、岩手大学、岩手県立大学、岩手県工業技術センター、一関高専など
事務局	(財)いわて産業振興センター

出典：経済産業省 東北経済産業局「東北地域における組込みシステム産業における高度人材育成・競争力強化に関する調査報告書」

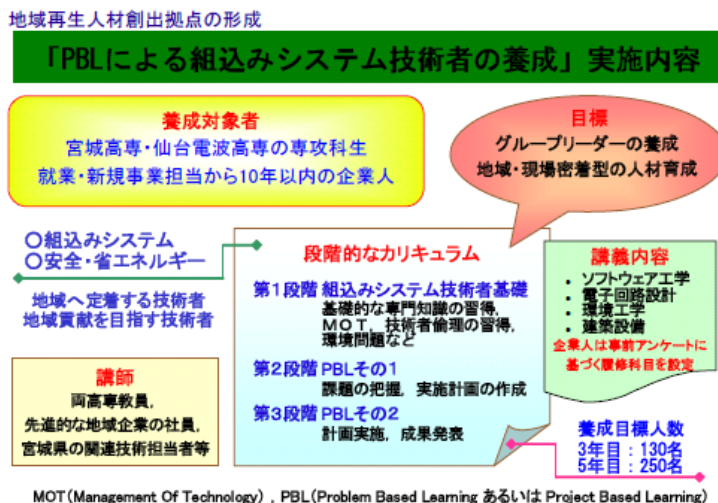
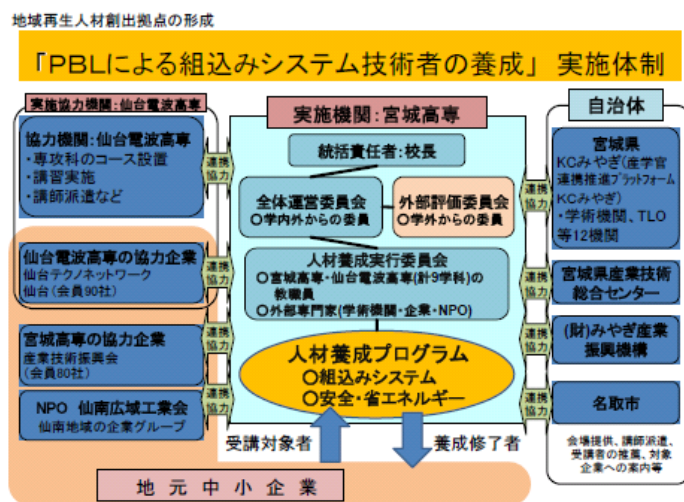
経済産業省の地域企業立地促進等補助事業の補助金を活用した講座として、盛岡広域地域と北上川中流域の 2 地域で組込み関連の講座を開催した。いくつかある講座の中では、岩手県立大学の曾我教授が中心に行っているリアルタイム μ カーネルの製作を行う講座は評価が高く、長期間継続した。組込みの教育に関しては、座学だけではなく演習を取り入れたものが高い評価につながっているという。

さらに、県南では(財)岩手県南技術研究センターと一関高専が、経済産業省受託事業として平成 18 年度より 3 年間、中小企業技術者を対象とした組込み技術人材育成事業を実施した。一関周辺地域には中小の電子機器製造業が比較的多いが、開発設計型企業が少なく、「ものづくり」の中心となる組込み技術に対する関心も低かったという。一方、岩手県南部には大手自動車工場もあり、開発型関連企業の進出も見られるようになった。このような状況から県南部でも地域の中小企業活性化への一助として組込み技術に関する人材育成事業を展開することとなった。

(iii)宮城県：「PBL による組込みシステム技術者の養成」

宮城県では、多数の中小企業が独自技術を持ち意欲的に開発・研究を行っている一方で、大型の電子機器・自動車メーカーの進出による関連業種の人材不足の深刻化が指摘されており、特に組込みシステム技術者育成への要望が大きい。本プロジェクト(平成 20 年～24 年)は、地域の中小企業からの要望が大きい自動車・電子機器関連の組込みシステムの現場での課題に対して、実績のある少人数グループの PBL(Problem Based Learning あるいは Project Based Learning)により、MOT(Management Of Technology)を踏まえてグループ・リーダーとしてプロジェクト・マネージメントを行えるレベルまでに人材を育成し、

連携する自治体宮城県が行っている現行の組込みシステムの技能者育成プロジェクトと相俟って地域再生・活性化を図ろうというものである。本プロジェクトの受講対象者は、両高専専攻科生約20名と社会人技術者約40名であり、毎年合計60名の受講者を見込んでいる。実施内容は、組込みシステムの設計・開発技術の習得、生産・作業環境の安全・効率・省エネルギーの分析・対処の習得である。具体的な課題を設定する分野は、自動車関連、電気・電子機器、建物エネルギー関連、機器設備関連などである。養成側のスタッフは、両高専の教職員、宮城県の関連技術の職員、地域の先進的企業の社員等というものであり、受講者側・養成者側ともに目的意識のある集団である。本プロジェクトの取り組み後も、両高専自体、そして自治体と地域企業との連携による本プロジェクトの地域への定着と自立化を目指している。



出典：「地域再生人材創出拠点の形成 中間評価」独立行政法人国立高等専門学校機構 他

4. 2 本テーマに関連する東北地域のポテンシャルについて

(1) 東北地域の研究機関のリスト

4. 1で述べたテーマを実施していくためには、東北地域に存在する大学・研究機関と
いった地域の研究ポテンシャルを活用していく必要がある。そのため、地域内の省エネグ
リーンデバイス及び関連システムに関わりうる大学・研究機関の状況を把握していくこと
が大切である。

省エネルギーデバイスを含む半導体に関連した研究を実施している大学研究室の代表研
究者を次ページの表にまとめる。なお、表中では特にパワーデバイスに着目した研究を行
っているところを太字、LEDに着目した研究を行っているところを斜体字、有機ELに着
目した研究を行っているところを下線で示している。また、アナログ回路技術に関わる研
究をしているところは、システムという分類に含めている。

大学の研究機関としての性質上、新しい素材の開発やその物性評価など基礎的な研究を
行っているケースが多い。また、研究の内容は半導体に普遍的なものである一方で、将来
の用途として省エネルギーデバイスを志向しているものが多く見られる。また、公設試験
機関や高専も含めれば、電子回路の研究を実施している研究室も見受けられる。

	物性	デバイス	システム	製造装置・その他
無機半導体	弘前大 理工 小豆畑教授 弘前大 理工 遠田教授 八戸工大 工 川本教授 秋田大 工 堀口教授 山形大 工 高橋教授 山形大 工 橋原准教授 東北大 工 浅井教授 東北大 工 小池教授 <i>東北大 WPI-AIMR 川崎教授</i> 東北大 WPI-AIMR 高橋教授 東北大 MRAM 秩父教授 <i>東北大 MRAM 福山教授</i> 東北学院大 工 原教授 東北工業大 工 大羽教授 いわき明星大 科学技術 井上教授 東北大 RIEC 室田教授 (地独) 岩手県工業技術センター 電子情報技術部 秋田高専 電気情報工学科 浅野 教授 秋田高専 電気情報工学科 伊藤 助教	山形大 工 高橋教授 山形大 工 橋原准教授 山形大 工 廣瀬教授 東北大 工 小山教授 東北大 NICHE 大見教授 石巻専修大 理工 中込教授 東北学院大 工 原教授 東北学院大 工 菅原准教授 東北大 工 小谷准教授 山形工業技術センター 電子情 報技術部 一関高専 電気情報工学科 郷 教授	秋田大 工 田島教授 山形大 工 高橋教授 山形大 工 橋原准教授 山形大 工 廣瀬教授 東北大 NICHE 大見教授 東北大 RIEC 樹井教授 日本大 工 上田教授 日本大 工 天野教授 東北大 工 黒木助教 東北大 工 遠藤教授 東北大 IFS 寒川教授 (地独) 青森県産業技術センター 工業総合研究所 横濱研究員 八戸高専 電気情報工学科 久 慈教授 仙台高専 電気システム工学科 櫻庭教授 秋田高専 電気情報工学科 山 崎准教授	東北大 NICHE 大見教授 東北大 工 田主助教

出典：各種資料をもとに日本総研編集

*表に示した研究室のうち、特にパワーデバイスに着目した研究を行っているところを太字、LEDに着目
した研究を行っているところを斜体字、有機ELに着目した研究を行っているところを下線で示している。

【東北大学研究拠点略称】NICHE：未来科学技術共同研究センター／WPI-AIMR：原子分子材料科学高
等研究機構／MRAM：多元物質化学研究所／RIEC：電気通信研究所

なお、大学の研究は企業の研究とは性質を異にしているものの、両者が完全に分離しているわけではない。大学での研究成果を産業につなげていくことによって、社会価値の創造を行うことは重要である。TLO を含めて、産学連携をコーディネートする機能のより一層の強化が望まれる。

大学での研究を発端とするベンチャー企業のうち東北地方における事例としては、有機 EL の研究者である山形大学の城戸教授が関わるオーガニックライティング（山形県米沢市）が挙げられる。2009年6月に設立され、2010年2月に製品化の第1号として有機 EL パネルを使った置時計を発表した。パネルは東北パイオニアから調達し、製造も地域の企業と連携している。さらに、三菱重工業などが出資するルミオテック（米沢市）からパネルを調達して、有機 EL 照明器具の製品化も進めている。ルミオテックは2011年1月から照明向け有機 EL パネル 5 モデル 10 タイプを出荷することを発表している。

また、大学内の研究拠点でも産業との結びつきを強く意識しているところもある。たとえば、東北大学の未来科学技術共同研究センターでは、「社会の要請に応える新しい技術と新しい産業分野の創出を社会へ提案することを目指し、産業界等との共同研究の推進を図り、先端的かつ独創的な開発研究を行うことを目的（ホームページ組織概要 http://www.niche.tohoku.ac.jp/?page_id=15 より引用）」としている。2011年1月現在の組織図では、22 の研究プロジェクトが実施されている。半導体の分野では、大見客員教授の研究室が「半導体製造装置の開発、プロセス技術の研究、超高速デバイスの開発、さらには知的な情報処理を行う電子回路の研究まで（ホームページ研究紹介 <http://www.fff.niche.tohoku.ac.jp/research.html> から引用）」幅広い研究を行っている。

ただし、近年は、アナログ分野に対する志望学生の減少が見受けられるという課題もあるという。研究員の多くがアジアからの留学生で占められるケースも少なくない。人材育成のテーマとも関連するが、東北地域内の関連分野の企業と連携しつつ、同分野に対する魅力を学生たちに伝えていくことが重要である。

（2）主要な研究事例

（1）で触れた研究機関のうち、特に今回のテーマに関係しうると思われる研究事例をいくつか紹介する。

① 宮城県産業技術総合センター

● SiC の超精密研削加工技術の開発（H19～H20）

・内容：軽量で高剛性の SiC 焼結体は、半導体製造装置関連の主要部品（エアースライド、

搬送アーム)として、また、単結晶 SiC は次世代半導体素子材として高い注目を集めており、SiCに要求されている超精密鏡面研削加工技術の開発を行った。

・研究実施部署：材料開発・分析技術部

● 回路基板の温度上昇と周囲の温度分析などの伝熱解析

当センターでは、2005年度より EMC 対策手法を検討し、県内企業の関係者の支援を行ってきた。放射エミッション対策として、配線パターンの影響など、プリント基板設計上の留意点について検討してきた。その延長線上の取り組みとして、汎用 FEM 連成解析ツールを用い、回路基板の温度上昇と周囲の温度分布などの伝熱解析や、電子機器の筐体内の空気の流れ・圧力などの流体解析を行う手法を開発した。

② 東北大学大学院工学研究科：小池 淳一 研究室

半導体デバイスからなる電子製品は、半導体自体はもとより、半導体に接続する金属配線があって製品として動作するが、金属配線に求められる課題は、半導体材料との良好な電気的コンタクト、相互拡散の防止、良好な密着性、および配線材料の低電気抵抗、耐腐食性、プロセス耐性などがある。当研究室では、種々のデバイスのニーズにあった配線材料の開発ならびにコストパフォーマンスを追求したプロセス技術を開発することによって、高性能かつ高信頼性の先端デバイス開発の支援を行っている。具体的な例としては、Si 半導体多層配線において拡散バリア層を自己形成する Cu 合金配線、IGZO 酸化物半導体に対して熱反応によるキャリアドーピングを行える Cu 合金配線、SiC パワー半導体に対して優れた熱・機械的信頼性と良好なコンタクト特性を示す Nb 合金配線、タッチパネル用途などの ITO 透明導電膜に対する Cu 合金配線、太陽電池における耐腐食性 Cu 合金配線、などがある。本研究に関して興味のある企業に対して、学術指導あるいは共同研究を行う用意がある。

4. 3 産業振興策の実行内容について

4. 2 で見た東北地域内の研究機関のポテンシャルなども踏まえ、4. 1 で述べた施策の実行内容について検討する。

(1) 事業機会に対する啓発

省エネグリーンデバイス分野について、本調査で整理したような市場動向やアプリケーションの状況、周辺技術分野のニーズの拡大可能性について、東北地域内の中堅・中小企

業向けに周知を図るため、東北経済産業局などが主催して関連セミナーなどを開催していく。その際、関連するノウハウを持つ企業は幅広い分野に存在することが想定されるため、あまり業種を特定し過ぎず、なるべく多くの企業に呼びかけていくことが大切である。

(2) コア技術の強化支援

① テーマを設定した研究開発の促進

強化すべき、省エネグリーンデバイスの周辺技術に対するコア技術としては、これまでの調査・検討に拠れば、例えば以下のようなテーマが考えられる。

【省エネグリーンデバイス周辺技術分野のコア技術開発のテーマ例】

- 次世代パワー半導体にも適用可能な研磨技術の開発
 - 次世代パワー半導体である SiC や GaN は硬い半導体材料であり、従来の半導体に対する研磨・切断と同様な方式は採用できない。次世代パワー半導体に特化した研磨手法や切断手法を開発していく。
- 大電流、高温に耐えうる回路部品・回路設計手法の開発
 - パワー半導体を採用することでシステム設計が変わる面もあり、同デバイスが使われる回路を構成する部品等（パワー半導体のゲートをドライブするトランジスターやパワーIC、そのパワーICに指令を送るデジタル制御 IC、パッシブエレメントなど）に対する要求も異なってくる。例えば、SiC パワー素子の実用化には、高速のスイッチングに伴うリンギングに由来する放射電磁雑音（EMI）の低減も重要な課題となる。そのための素子の改良が必須となる。また、ノイズ・フィルタ回路の工夫も求められる。SiC 化等に伴い、より省スペース、高温環境化での利用が想定され、より省スペース・高温環境下で求められる回路部材の開発、回路設計手法の確立などが求められる。その結果、パワー半導体デバイスを活用する回路や関連部材を提供する周辺業界についても、ノウハウの蓄積が求められる。そのため、例えば、ボンディング、めっき、ハンダ、結線といった領域において、大電流、高温に耐えうる方式を提供すべく技術開発を行う。
- パワー半導体モジュールパッケージを改善
 - 次世代パワー半導体を活用したモジュールでは、素子だけではなくモジュールパッケージの改善も必要となる。モジュールの電気的特性を改善しなければ、スイッチング損失の低減などの性能向上分を發揮しきれないためである。そのため、次世代パワー半導体デバイスに求められるパッケージの開発を目指す。

- LED 照明放熱部材・回路の開発
 - LED は温度が上がると光束が低下し（暗くなり）寿命が短くなるという特性があり、特に照明用途に採用されているパワーLED は通常の LED よりも消費電力が大きく発熱も大きいため、放熱板を装備する必要がある。あるいは、関連部材自体の耐熱特性を高める必要がある。これらの研究開発を進める。
 - LED 照明の長寿命性を最大限に発揮させるための電源回路の開発も重要である。放熱部材の活用により、LED 自体の放熱面がクリアできたとしても、回路自身が相応に高温になり、その結果、電源回路に使用される電解コンデンサの寿命が問題になるケースがある。そのため、例えば、電解コンデンサを用いない回路開発などが求められる。
- スマートグリッド分野に求められる省エネグリーンデバイス・周辺技術研究
 - 東日本大震災の復興に向けて、東北地域においてスマートシティ建設の機運が高まることが予測される。スマートシティにおいては、スマートメーターの設置が進むことが想定されるほか、自律分散型のネットワークを志向する場合には電力ルーターが求められる。さらに、再生可能エネルギーとして、太陽光発電、風力発電、中小水力発電などの導入が進むことが考えられ、これらのパワーコンディショナーや発電機などにもグリーンデバイスが活用されることになる。さらに、スマートシティ内の省エネ化を進めるために、LED 照明も活用されることなるだろう。こうしたスマートシティ建設に必要なデバイス、さらにはデバイスを活用するための周辺技術の開発の進展が求められるが、こうした研究開発を東北地域で推進することも考えられる。

こうした強化すべき技術について、各県などが研究開発テーマを設定して、中堅・中小企業向けに研究開発の補助金を拠出することで、東北地域内の企業における研究開発を促すことができる。さらに、こうした研究開発テーマが、省エネグリーンデバイスにとって重要であるということの周知を東北地域内の企業に図ることもできるだろう。

② 地域内中堅・中小企業と公設試験研究機関との連携強化による研究開発支援

東北地域では、大学だけでなく、青森県産業技術センター、秋田県産業技術総合センター、岩手県工業技術センター、山形県工業技術センター、宮城県産業技術総合センター、福島県ハイテクプラザなど、公設試験研究機関による電子デバイス・電子回路に関連する研究・技術開発が進められている。これらの公設試験研究機関は、ものづくり基盤技術にかかわる実効性の高い研究開発を進めているだけでなく、地元企業との連携に熱心であることから、企業間の競争と協調のバランスを取りながら、従来の枠組みを超えた広域連携を強化することが大切である。①で述べたテーマを中心に研究支援をしていくことが重要である。

③ 特許支援

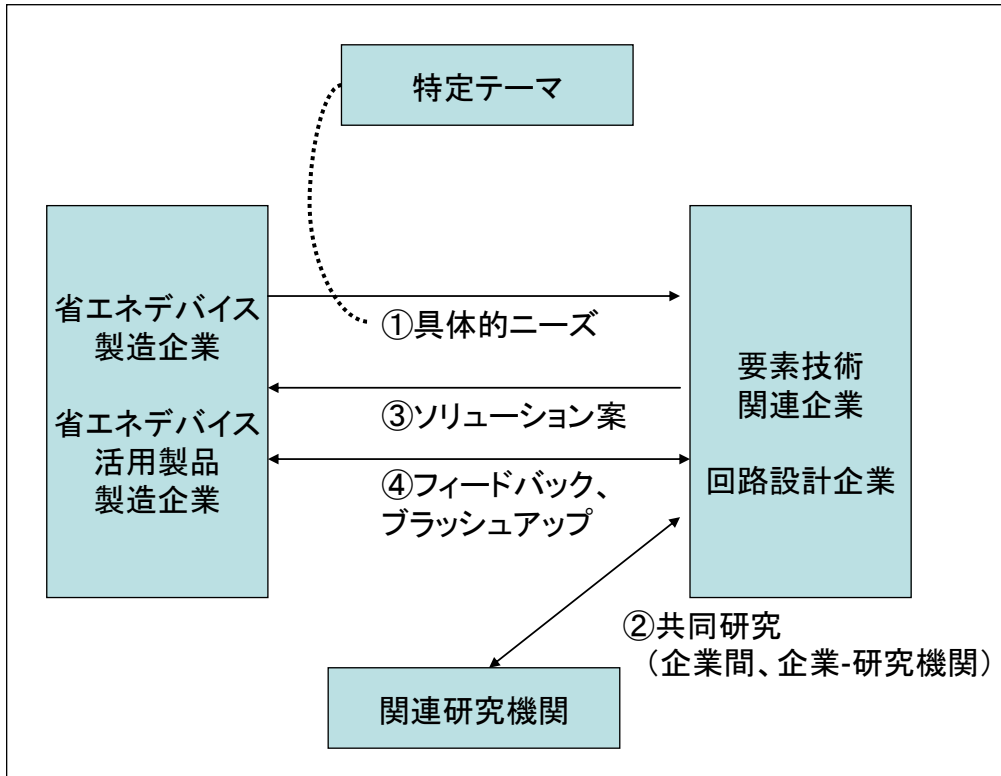
省エネグリーンデバイスやその周辺分野に関わるコア技術を開発した場合に、その成果を早期に知財化して地域内の企業の資産としていくことが重要である。特許を取得するには費用負担がかかるだけでなく、その申請に向けたノウハウが必要であるため、取得費用・手続き面で支援していくことが大切である。

(3) 企業間連携支援

4. 1においては、コア技術の強化支援と企業間連携支援は、別々の事項として述べたが、特に技術発展中のテーマについては、企業間連携は新しい技術の共同開発を通して深まると想定される。単に、求める仕様の業務を発注し、受けるだけの関係においては、求められるのはコスト・品質・納期だけであり、企業はよりよい条件のパートナーを求めてグローバル的視野で探索する。ただし、省エネグリーンデバイスのように技術発展中の領域では、周辺技術もセットに開発していかなければ製品トータルの機能が発揮できず、技術を求める側、提供する側が連携して課題に取り組んでくことが求められる。その際、発展中の領域であるだけにニーズ自体も必ずしも明確でなく、ニーズ側・シーズ側が歩み寄って検討していくことが重要であろう。こうした課題発見・解決のプロセスを共有することで、川上・川下企業のより強固な結びつきが作られることが期待される。そのため、関連するコア技術の研究と企業間連携をセットとして取り組んでいくことが大切であると考えられる。

(1) ①で述べたような具体的な開発テーマを設定し、企業間連携の効果も期待して、東北地域内において、以下のような形態でサポートする企業、される企業の双方と関係研究機関が共同の研究チームを組成し、各テーマに関わる研究開発を行っていくことが考えられる。

特定テーマごとの研究コンソーシアムを組成



これらの具体的なテーマを設定した研究開発を通して、当該テーマに関わるノウハウの開発と、企業間の新たなサプライチェーンの構築の促進にも役立たせることが可能と考えられる。この活動のコーディネーター役として、東北産業経済局などの支援を受けつつ、自治体もしくは地域内の産業振興サポート機関が担うことが適切と考えられる。

(4) 人材育成支援

① 当該分野を志向した MOT 教育の推進

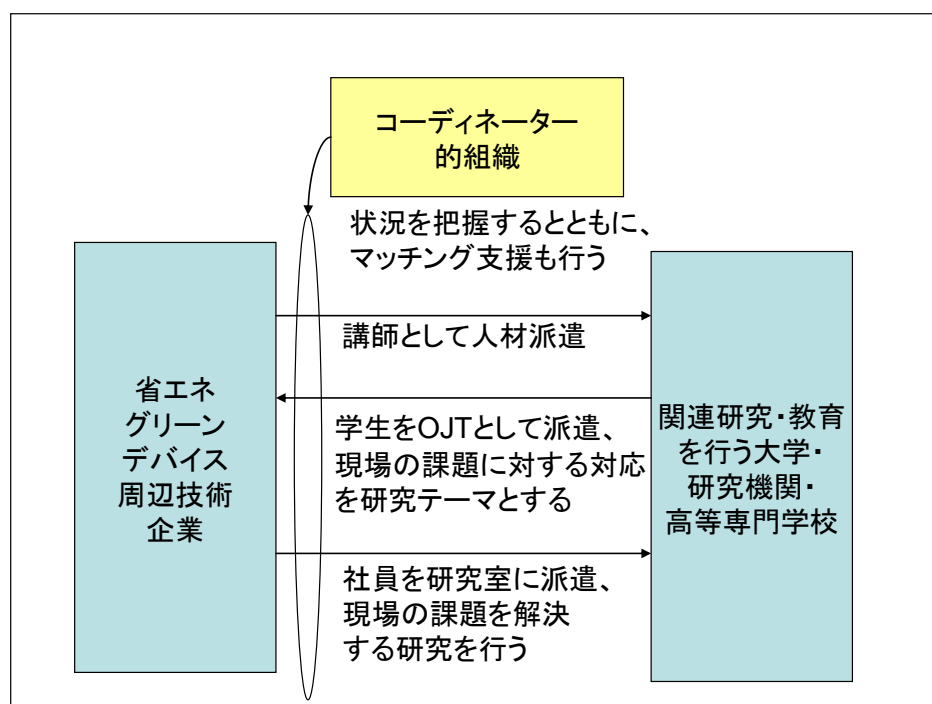
取り組み内容としては、自社技術の活用をニーズ志向で捉え直せる人材の育成、ならびに、企業と研究機関の連携による人材育成である。特に、前者については、そもそも省エネグリーンデバイスを活用する際にどのような周辺技術が求められるのか、情報を把握しなければならない。

そこで、東北の主な中堅企業の製品開発を担当している中核人材を対象とした、省エネ具ルーンデバイス分野に特化した短期間の MOT (Management of Technology : 技術の価値を経済的価値に創出していくために必要な管理手法を研究する学問) 講座を東北地域内の大学などと共同で作成し、受講してもらうことで、自社の技術をニーズに合わせて発展的

に検討できる人材の育成支援を行うことが考えられる。

② 産学連携による省エネグリーンデバイス関連人材の育成

企業と研究機関の連携を密接にすることにより、企業にとっても研究機関にとっても、主体的にテーマを設定し、改善を行える人材（社員・学生）を育成するために、コーディネーター組織を設けながら人材交流を図る仕組みを作ることが重要である。下図のように、企業側から地域内の大学や高等専門学校に講師として派遣したり、学生を企業の現場に派遣したりして人材交流を図りながら、地域内の関連分野を学ぶ優秀な学生が地域内の関連企業に就職する可能性を高める。また、省エネグリーンデバイス関連の企業の社員が、現場の課題を大学・研究機関の研究室に持ち込み、それを共同で研究することで、当該分野の研究を活性化させるとともに、現場の課題を解決できる人材の育成に役立たせることができる。



(5) 広報機能の支援

東北地域内の企業の取り組みを発掘し、その取り組みについて情報発信していくことにより、東北内外の取引先候補となる企業に知られるようサポートしていくことが大切である。そのため、東北経済産業局及び自治体などが主催の東北地域内の省エネデバイス関連企業を集めた省エネデバイスエキスポなどを開催して、その技術力や取り組みの周知を支援していくことが重要である。これらは、東北地域で行うのではなく、首都圏や関西地域で開催されるグリーンデバイス関連のエキスポなどでブースを設けてアピールしていくことが大切である。

(6) スマートシティ建設と関連した産業の誘致・開発需要の喚起

① 関連産業の誘致

スマートシティ建設需要を狙って、東北地域外からも多くの企業が参画してくることが想定されるが、域外で作られた省エネ関連機器を東北地域に投入するだけでは、東北地域として産業の育成には寄与しない。被災地域を中心に、スマートシティが建設されることになれば、日本有数の「群」としてのスマートシティー大拠点形成されるが、その特異性を活かし、グリーンデバイスの街での活用に向けた研究拠点の設立を促したり、さらには製造拠点の設立を促していくことが大切である。

研究拠点設立に対する助成制度や、各種優遇措置を設定し、単なる需要地としてのスマートシティ建設ではなく、関連産業拠点として活用されることを促すことが重要である。

② 開発需要の喚起

スマートシティにおいては、例えば街灯がすべてLED照明となるなど、省エネデバイスや省エネデバイスを活用した製品が大量に活用される見込みである。そこで、自治体において、高い機能要件を設定し、それを満たした技術を提案・開発した事業者に対してはその開発費の全額を提供するなど、事業者の負担を小さくしながら開発意欲を喚起させる仕組みを導入していくことが考えられる。

参考資料

1. パワー半導体種別毎の状況

(グラフ、表の出典は富士経済「次世代パワーデバイス&パワーエレ関連機器市場の現状と将来展望2010」)

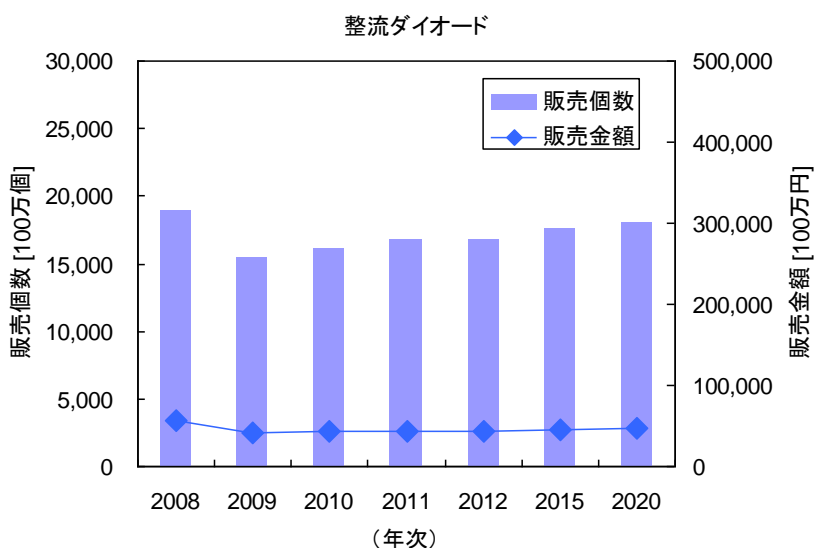
① 整流ダイオード

➤ デバイス概要

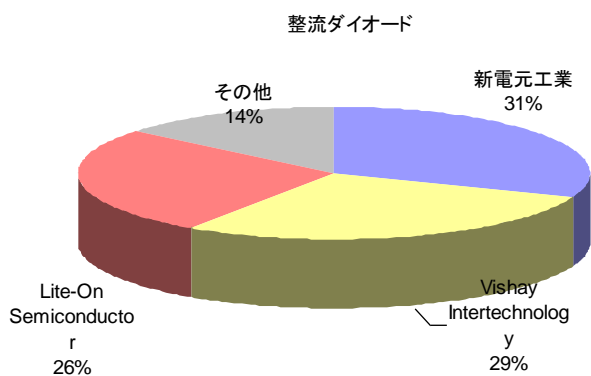
整流ダイオードは、P型半導体とN型半導体を接合したもので、電流を一方向のみに流す整流作用を持つ基本的なダイオードである。交流を直流に変換することを目的に採用される。

➤ 市場状況（市場規模推移・メーカーシェア）

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーのシェアは、以下の通りであり、日本企業が1位となっている。



▶ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	フラットパネルディスプレイ、一般家電（エアコン、冷蔵庫、薄型テレビ等）、通信機器、OA 機器、音響機器	既存用途を中心に採用される
情報通信機器	家庭用サーバ、ストレージ等	既存用途を中心に採用される
自動車・電装	整流ダイオードの有望な用途として、ECU、ナビゲーションシステム、パワーウィンドウ、エアバッグ	ECU の高機能化に伴って、当該製品の採用品の採用数量が減少に転じることが予想される
鉄道車両	—	—
新エネルギー分野	太陽電池モジュールの出力低下を抑えるバイパスダイオード	既存用途を中心に採用される
産業	産業用電動機、工業用機器、溶接機器	既存用途を中心に採用される

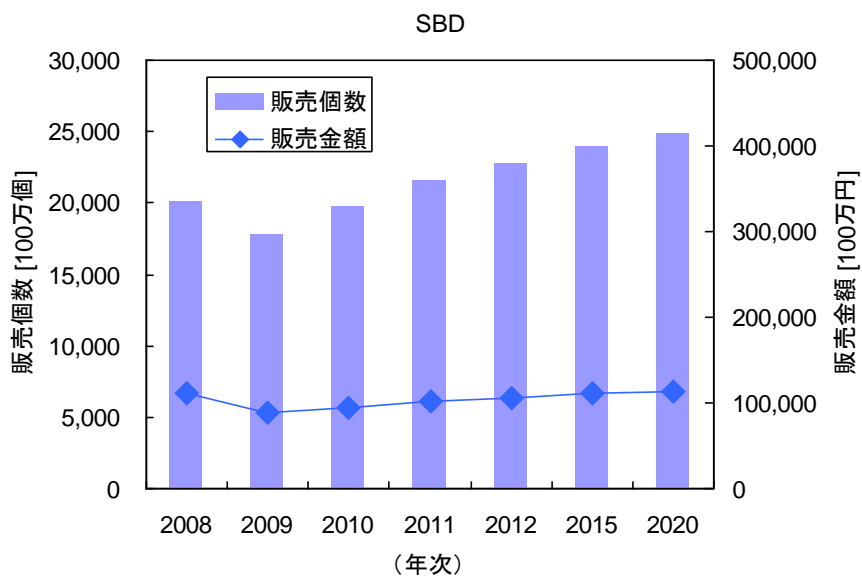
② SBD（ショットキー・バリア・ダイオード）

▶ デバイス概要

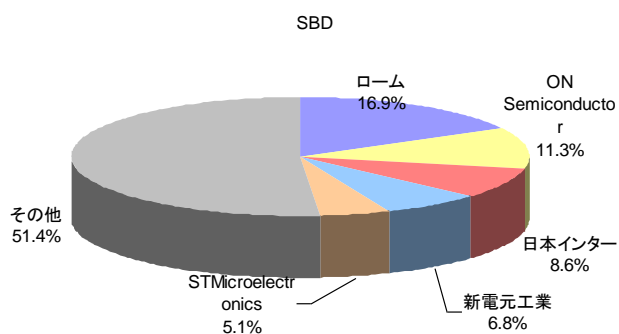
金属と半導体との接合し、整流作用を持たせたダイオード。フェルミ順位の異なる金属と半導体を接合させることにより接合面に生じる電位差の壁をショットキー障壁といい順方向（電位の高い側から電位の低い側）には電子の移動が可能であるが、逆方向には障壁のため電子は移動できない。金属—半導体の接合面にはこのような特性があるため、SBD は整流作用を持つ。PN 接合ダイオードに比べると順方向の電圧降下が低く、スイッチング速度が極めて速いため、高温化でも高速且つ効率性の高い性能を有する。150～170V までの耐圧での採用となっているため、省エネ対応の強化に必要な民生機器等に採用が広がっている。

▶ 市場状況

世界全体の市場規模の推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りとなっており、日本企業が1位となっている。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	PC、ゲーム機、デジタルスチルカメラ、携帯電話、無線通信機器、液晶テレビ等薄型テレビ、STB、DVD、オーディオ・アンプ、ポータブル電子製品等	携帯電話、デジタルスチルカメラ等の小型・薄型化が要求される用途向けが今後も有望

情報通信機器	サーバ、UPS の電源、基地局の電源等	既存用途の採用が進むと見られる
自動車・電装	ハイブリッド自動車、電気自動車用の DC-DC コンバータ、電力変換機、HID ランプ	バッテリーから電装品に低電圧電源を供給するために高効率、小型・軽量化が強く求められている。プラグインハイブリッド自動車等へのアバランシェ耐量保証型の製品展開が期待される
鉄道車両	—	—
新エネルギー分野	太陽光発電システム向けのバイパス用途が有望視されている	今後もバイパス用途は期待される
産業	—	—

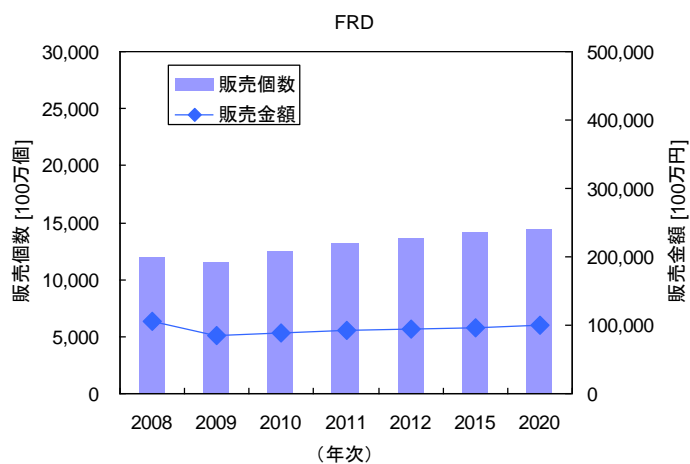
③ FRD (ファースト・リカバリー・ダイオード)

▶ デバイス概要

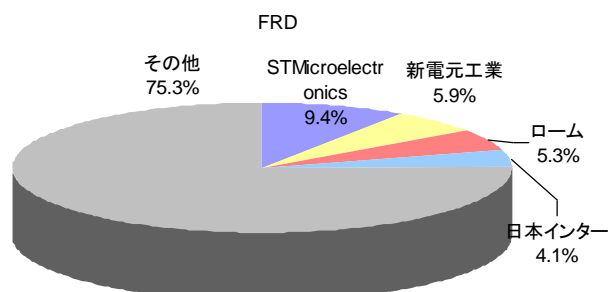
順方向電流が流れている状態で逆方向の電圧をかけると、一瞬逆方向に電流が流れる。この逆方向への電流はある一定時間すると止まるが、この時間を逆回復時間という。通常のダイオードよりも、この逆回復性が向上した高耐圧の PN 接合型高速整流素子を指す。用途としてはスイッチング電源用途が中心である。

▶ 市場状況

世界全体の市場規模の推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下のようになっている。日本企業が 2 位、3 位、4 位を占めるが、1 位～4 位以外の其他企業のシェアが 3/4 であり、寡占化が進んでいない。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	プラズマテレビの電源や AC アダプタ等の充電器、LED 照明、デジタルスチルカメラ、レーザー・プリンター、ファックス等	プラズマテレビの電源回路が中心。LED 照明、フラットパネルディスプレイ向け電源等も有望
情報通信機器	—	—
自動車・電装	自動車用電子部品、電装、HID ランプ等	電気自動車等の自動車関連機器の需要拡大が期待されている
鉄道車両	—	—
新エネルギー分野	—	—
産業	産業用インバータ等で採用されている	既存用途で需要拡大が期待される

④ バイポーラパワートランジスタ

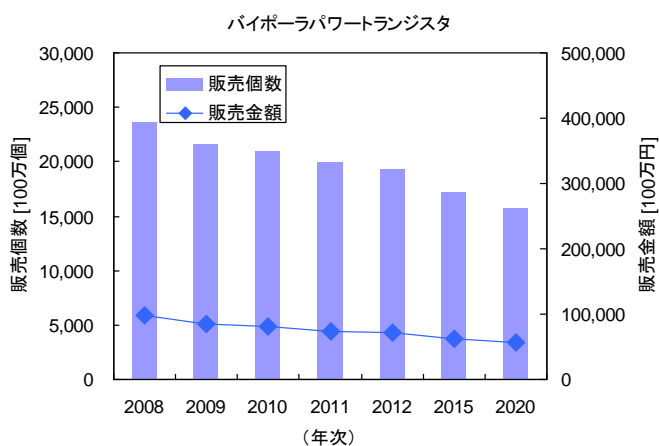
➤ デバイス概要

バイポーラパワートランジスタは 3 層構造をしており、npn 形と pnp 形の 2 種類があり、電流増幅とスイッチング機能を持つデバイス。三つの領域は中央をベース (B)、片側をエミッタ (E)、反対側をコレクタ (C) となっているが、ベース・エミッタ間

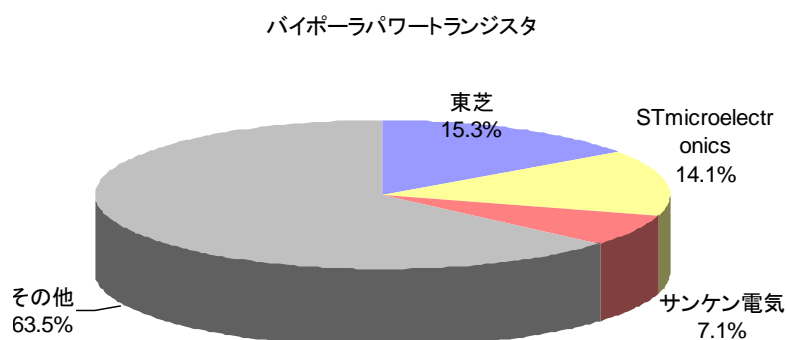
を流れる電流によって、コレクタ・エミッタ間の電流を制御する。ベース端子に流す小さな電流でコレクタ・エミッタ間の大きな電流を制御するため、取り扱う電流が大きくなれば駆動回路も大規模になる。最近では、パワーMOS EFT や IGBT に置き換えられつつあり、減退傾向が強まっている。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模の推移は、以下のようになっている。



メーカーシェアは、以下の通りとなっており、日本企業が1位、3位となっている。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	テレビやカーオーディオ製品で採用されている。ポータブル機器、デジタ	一定の需要は確保しながらも、需要に減退感が強まっている。

	ル機器、携帯電話の汎用スイッチ、DC/DC コンバータ等	
情報通信機器	—	—
自動車・電装	添加部のレギュレータ、オルタネータ	需要の一部が MOSFET へシフトしており、需要に減退感が出る可能性がある
鉄道車両	—	—
新エネルギー分野	—	—
産業	—	—

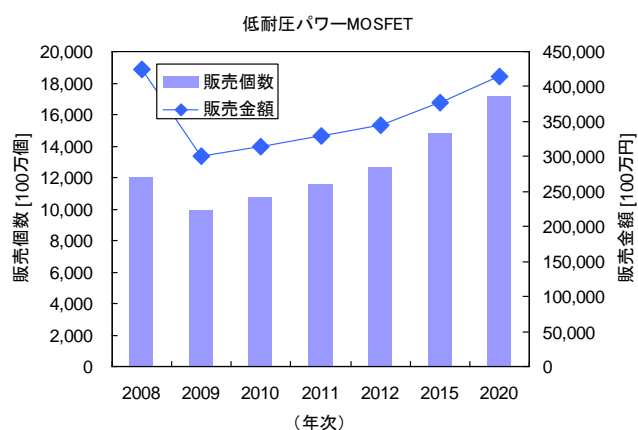
⑤ 低耐圧パワーMOSFET

➤ デバイス概要

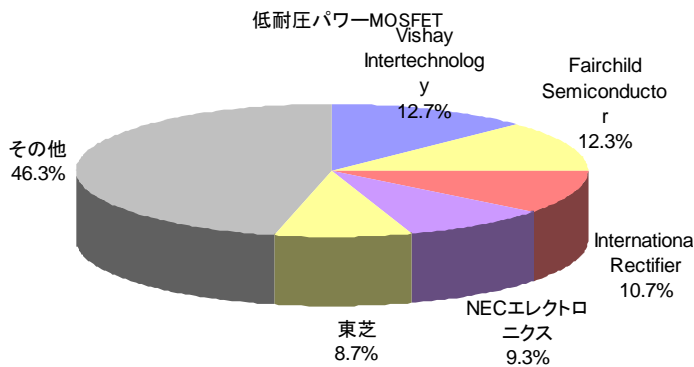
MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) は、外部から電圧を加えることで電流の流れを制御するトランジスタのことで、スイッチング機能を有する。ここでは携帯電話、PC 機器用電源、自動車部品用途、スイッチング電源、DC/DC コンバータなどで用いられる 200V 以下の低耐圧の MOSFET を対象とする。電流を流れやすくして、発熱や消費電力を抑え、過電圧、過充電の防止の点で利用メリットがある。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模の推移は、以下のようになっている。



メーカーシェアは、以下の通りとなっており、日本企業が4位、5位となっている。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	携帯電話用電源回路、デジタル家電、PC用電源、蓄電池等バッテリーで採用されている。白物家電では食器洗浄乾燥機などに採用されている。	既存用途に加えて、液晶テレビ用バックライト、医療機器等がある
情報通信機器	サーバ、情報通信用電源機器、UPS	サーバ、電源機器で引き続き需要が見込まれる
自動車・電装	イグナイタ用途、パワーウィンドウやエアコンの回路等で採用されている	エンジン制御用途や、ブレーキ、パワーステアリング用途では需要の伸びが期待できる。HEV用二次側整流用とも期待
鉄道車両	—	—
新エネルギー分野	—	パワーコンディショナ本体よりも周辺機器向けの採用が想定され、低耐圧製品としては限定的とみられる
産業	産業用電源、大電力の直流モーター、伝道工具等	既存用途で需要拡大が期待される

⑥ 高耐圧パワーMOS EFT

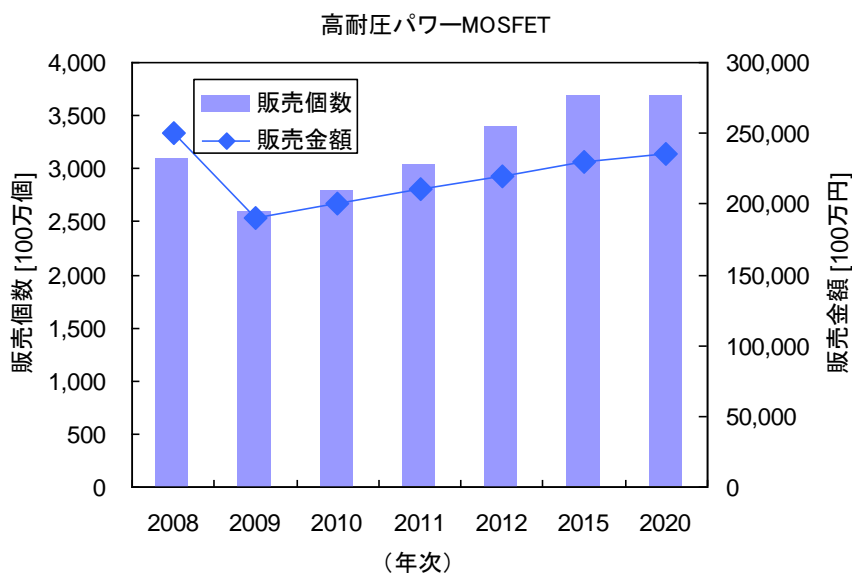
➤ デバイス概要

200V以上の高耐圧のMOSFETを対象とする。システムの電力損失を大幅に削減可能であり、スイッチモード電源やPFC電源の変換効率と信頼性の向上を実現する。特に、

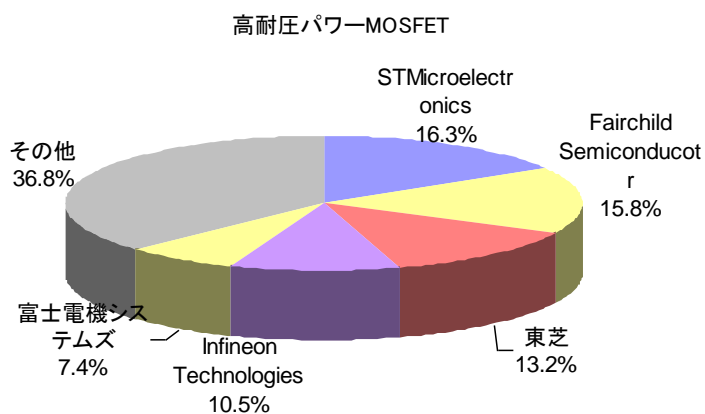
電源一体型インバータ、照明、モーター、太陽光発電用パワーコンディショナ、高周波で使用するブリッジ回路で採用が広がっている。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模の推移は、以下のようにになっている。



メーカーシェアは、以下の通りである。日本企業は、3位、5位となっている。



▶ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	液晶テレビ、プラズマテレビのドライバ駆動用、充電用 AC アダプタ、電源機器への採用	液晶テレビのバックライトインバータが有望で、電圧変換時の損失を低減するために PFC 回路から直接電圧を入力するダイレクト・インバータ方式の電源回路の需要が高まれば、需要が高まる可能性がある
情報通信機器	サーバ電源、コンピューターシステム用電源、通信設備	今後も既存用途で需要の高まりが期待できる
自動車・電装	ハイブリッド自動車や自動車の高圧バッテリー間の DC-DC コンバータや LED ランプ、HID ランプに採用されている	今後も既存用途で需要の高まりが期待できる
電鉄車両	電気鉄道用としては耐圧が不足することからほとんど使用されていない	—
新エネルギー分野	太陽光発電用パワーコンディショナ	太陽光発電による DC 電流を AC 変換する際のインバータ回路で使用され、ニーズが高まると見られる。従来は IGBT が利用されていたが、外付け FRD が不要でないため、MOSFET のオン抵抗が下がってきており、需要が見込まれる
産業	モータ制御、スイッチング電源等	今後も既存用途で需要の高まりが期待できる。照明用インバータやモータドライバ、スイッチング電源などで採用が期待される

⑦ サイリスタ・トライアック

▶ デバイス概要

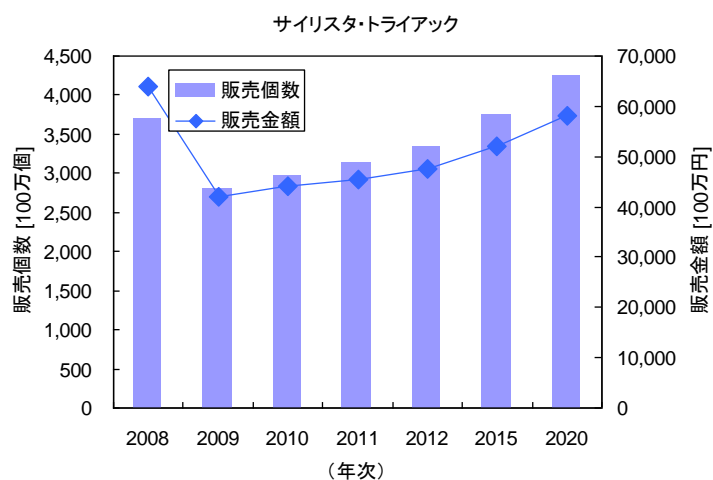
サイリスタとは、ゲートからカソードへゲート電流を流すことにより、アノードとカソード間を導電させる 3 端子の半導体素子。モータ、ヒーター、ランプ等の負荷に対して回転制御や温度制御など電力量の最適化する目的やスイッチング電源の突入電流防止回路などで使用されるパワーデバイスである。基本的な構造は、PNPN の 4 重構造であ

る。最初の P 形半導体にアノード、最後の N 形半導体にカソード、そして中央 2 つのうちどちらかひとつにゲート端子が接続されている。

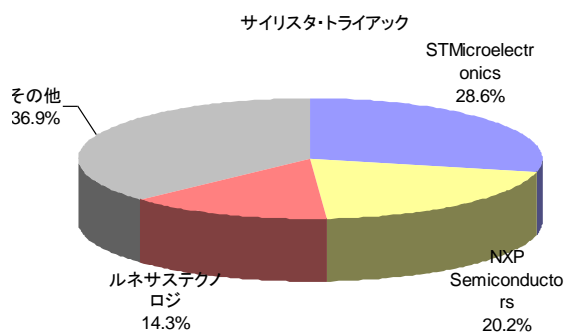
トライアックはサイリスタの一種で、双方向サイリスタとも呼ばれる。トライアックは正または負のゲート信号で、主電極の順逆方向でもターンオフが可能なサイリスタである。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは以下の通りである。日本企業は 3 位となっている。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	サイリスタはファンヒータ、イグナイタ等のコンデンサ制御等で採用がある。	既存用途を中心とした採用となっている。それ以外ではインバー

	トライアックは交流制御を中心に白物家電、OA 機器を中心に採用される	夕照明等の突入電流防止回路での利用が見られる
情報通信機器	実績は5%程度となっている	—
自動車・電装	実績は僅少となっている	—
電鉄車両	実績は僅少となっている	—
新エネルギー分野	実績は僅少となっている	—
産業	産業用電源用途、SSR 向けに使用されている	産業分野は現状と同じ状況となっている

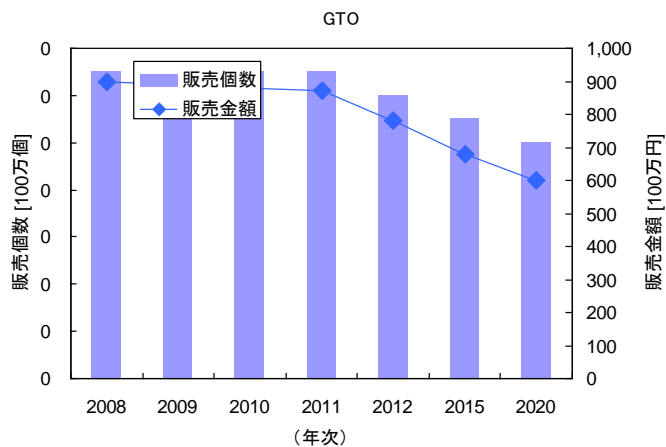
⑧ GTO (ゲート・タウンオフ・サイリスタ)

➤ デバイス概要

GTO (Gate Turn-Off Thyristor) はゲートに逆方向の電流を流すことで、ターンオフできるサイリスタである。用途としては、電鉄向けで採用されているが、近年は IGBT モジュールの採用が進んでおり、需要は停滞している。

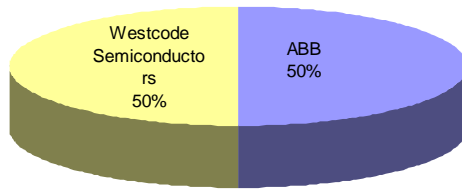
➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りで、海外 2 社の寡占状態となっている。

GTO



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	—	—
情報通信機器	—	—
自動車・電装	—	—
電鉄車両	従来は鉄道車両向けで採用されていたが、2011年以降は減退傾向が強まる見込み。欧米を中心にLRT等の路面電車の採用が下支えする。	更新需要が中心となっている製品であるが、IGBTモジュールの競合もあって、新規需要の拡大は難しくなっている。
新エネルギー分野		
産業	変電所などの電力系設備等	更新需要として採用

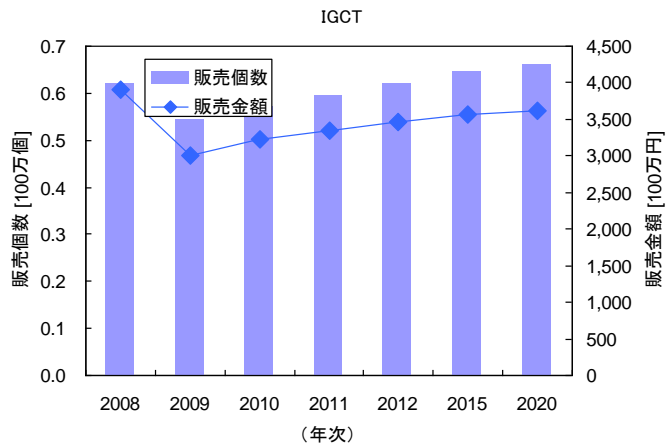
⑨ IGCT（ゲート転流型ターンオフ・サイリスタ）

➤ デバイス概要

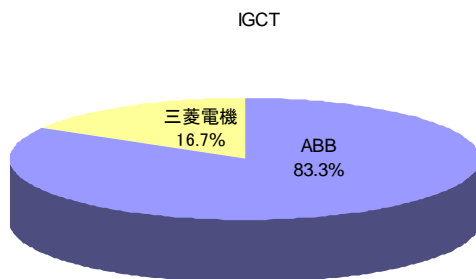
IGCT（Integrated Gate-Commutated Thyristor：ゲート転流型ターンオフ・サイリスタ）は従来のGTOサイリスタとは異なった原理でターンオフさせる大容量向けのパワーデバイスである。ターンオフ性能がGTOよりも向上しており、直列接続を必要とする応用機器には最適。直列接続することで、並列接続が容易に行え、さらに高速・低損失を実現していることから、鉄道車両や産業用インバータ等で採用されている。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りである。2社の寡占状態だが、2位が日本企業である。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	—	—
情報通信機器	一部の鉛蓄電池搭載UPS等限定的な採用	—
自動車・電装	—	—
電鉄車両	電鉄用途で採用があるが、IGBT モジュールとの競合が今後、顕在化していく	新規の高速鉄道プロジェクトで需要が期待されるが、IGBT モジュールと競合する
新エネルギー分野	風力発電等、再生可能エネルギー用途	需要が期待できる分野であるが、IGBT モジュールと競合する
産業	大容量のインバータ向けで実績	直流送電システムの新規プロジェクトが立ち上がれば、需要を活性化する

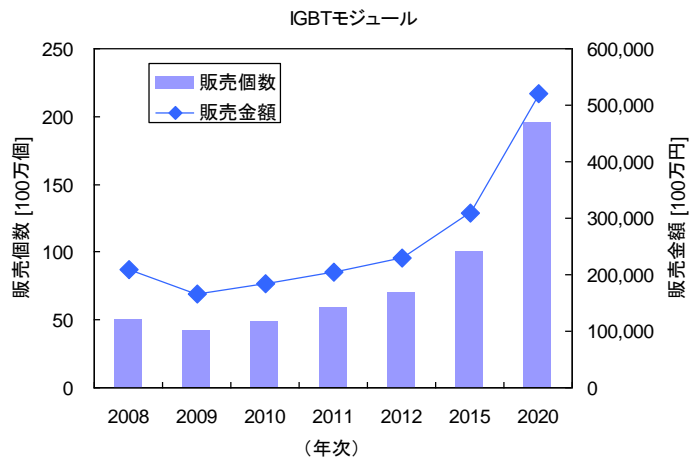
⑩ IGBT モジュールデバイス (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ)

➤ デバイス概要

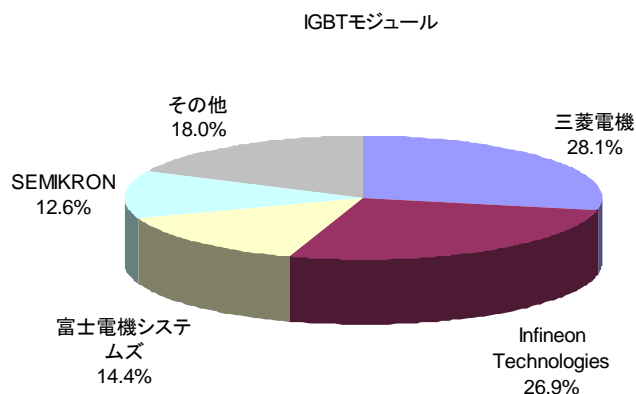
IGBTモジュールはMOSFETをゲート部に取り込んだバイポーラトランジスタであり、MOSFETと比較してスイッチング速度は劣るが、耐圧性は優れており、高耐圧域のインバータ装置に組み込まれる。また、MOSFETと同様の絶縁ゲート構造の特徴と、バイポーラトランジスタと同様の導電率変調原理による低オン電圧の効果を併せ持ち、特に中容量機器の高周波化応用に対応できる。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りである。日本企業が1位、3位となっている。



▶ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	洗濯機、エアコン等、冷蔵庫、電磁調理器（IH クッキングヒータ等）	インバータかの流れが今後拡大するため、中国などでは需要の高まりが期待される
情報通信機器	UPS	既存用途で採用が進んでいく見通し
自動車・電装	ハイブリッド自動車向けインバータ、IGBT 素子はイグニッションコイル用途等	2010 年はリコール問題の影響が懸念されるが、ハイブリッド自動車、電気自動車向けの車載インバータモジュール、エアコンインバータ、HID ヘッドランプで期待される
電鉄車両	電鉄用機器（インバータ／コンバータ等）	高速鉄道車両向けは採用が期待される
新エネルギー分野	太陽光発電や風力発電等用のパワーコンディショナ	環境意識の高まりから新エネルギー需要の伸びが期待できる
産業	産業インバータ、サーボ、送風機等のモータ制御、交流電源機器、インフラ関連ではエレベータ、SVC 等	既存用途で採用が進んでいく見通し

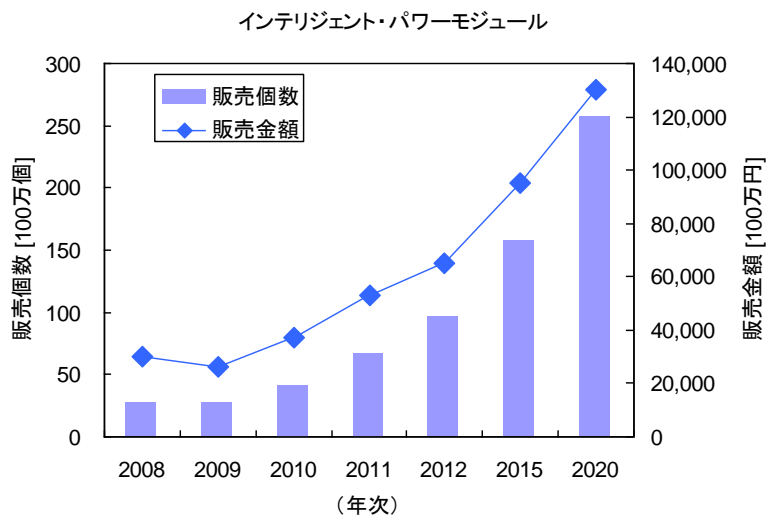
⑪ インテリジェント・パワーモジュール

▶ デバイス概要

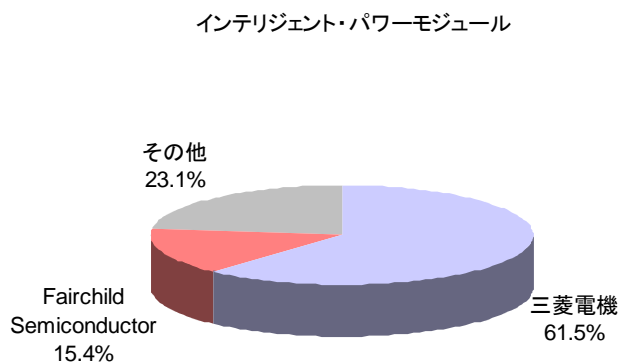
インテリジェント・パワーモジュールは、インバータ駆動するパワー半導体やモジュールを対象とする。パワーデバイスの駆動回路の過熱や過電流、短路や制御電源異常に対しての自己保護機能を有している。尚、当該製品は民生用途を主体とする製品（一部でモーター制御や小容量産業機器等の産業用途や車載エアコン等の自動車・車載等を含む）であり、大容量の産業用アプリケーション用途を主体とするパワーモジュールは、前節の IGBT モジュールを含む。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りであり、三菱電機が圧倒的に強い。



➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	洗濯機、エアコン等、冷蔵庫、電磁調理器 (IH クッキングヒータ等)	インバータかの流れが今後拡大するため、中国などでは需要の高まりが期待される
情報通信機器	—	—
自動車・電装	自動車用のエアコン等	既存用途が引き続き有望となっ

		ている
電鉄車両	—	—
新エネルギー分野	—	—
産業	モータ制御、ポンプ、コンプレッサ、汎用インバータ等	既存用途が引き続き有望となっている

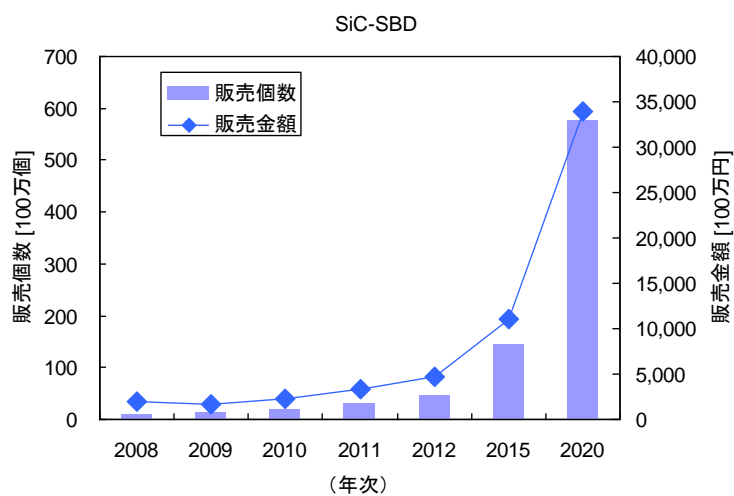
⑫ SiC-SBD

➤ デバイス概要

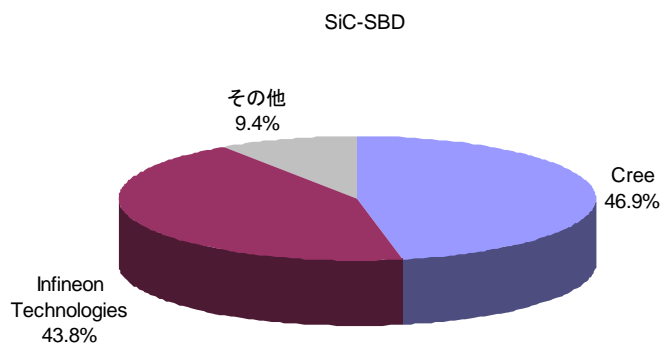
配線層、ショットキー電極、N型エピタキシャル層、SiC ウェハ基板の順で構成される。ショットキー電極とN型エピタキシャル層の間には、電極の端部で起こる電界集中を緩和するために、P型のガードリング層が作りこまれている。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りである。海外勢が強い。



▶ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	テレビや PC 等の PFC 回路での採用が見られる	今後も同用途での採用が期待される
情報通信機器	UPS 等通信用電源	サーバ用電源機器での採用が期待される
自動車・電装	SiC-SBD と SiC-IGBT を組み合わせたインバータモジュールの試作品開発の動きが顕在化している	2015 年前後にハイブリッド自動車、電気自動車向けのインバータモジュールの開発の動きが顕在化し、商業ベースで需要が本格的に立ち上がるのは 2020 年前後とみられる
電鉄車両	高耐圧の領域であり、採用メリットが期待できる分野の一つに位置づけられる	試験運用期間が長く、実導入に至るまで、時間的なロスが想定されるが、半導体デバイスのコスト比率は大きいものではなく、メリットが認識されれば、採用の動きは進んでいくとみられる
新エネルギー分野	風力発電や太陽光発電用途パワーコンディショナの一部で採用の動きは見られるものの、実績規模は大きいものではない	太陽光発電パワーコンディショナは有力用途であるが、コスト総額に占める半導体コスト構成比が小さい風力発電用インバータのほうが需要の動きは早いと見られる
産業	産業用途で SiC-IGBT と SiC-SBD を組み合わせたパワーモジュールを搭載したインバータが出荷されている	SiC-SBD を搭載したモジュール製品は今後も有力である。高温動作対応ニーズでは、溶接機や圧延機等が有力で、産業分野の各方面で採用の広がりが期待できる

⑬ SiC-FET

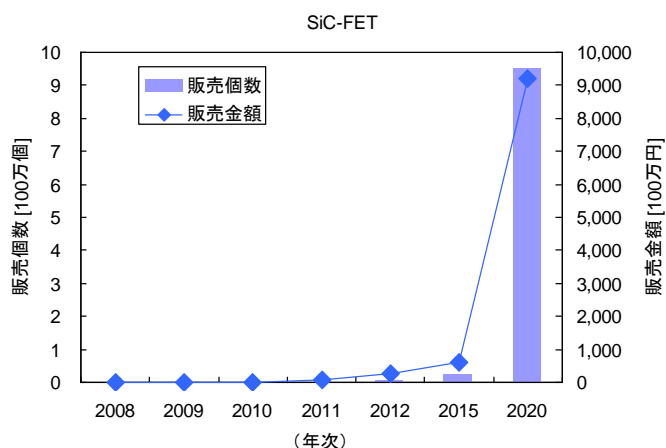
▶ デバイス概要

SiC を利用したスイッチングデバイスであり、パワー用途の FET（電界効果トランジ

スタ) を対象としている。従来のシリコンと比較して、SiC は絶縁破壊電界強度が約 10 倍高く、高耐圧の次世代パワー半導体材料として期待されている。特に、SiC-MOSFET では、低電力損失と優れたスイッチング性能を生かしたインバータとして、機器の電力利用効率の向上や CO2 排出量の低減効果が期待されている。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



まだ市場は形成されておらず、メーカーシェアを論じられる段階ではない。

➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	—	産業や新エネルギー向けが先に浸透するとみられ、当面は民生需要としては立ち上がりにくい。民生ではエアコン、空調設備が有望。
情報通信機器	—	600V, 1200V クラスのサーバ用電源、通信用電源
自動車・電装	—	HEV/EV 向けが期待できるが、低価格化が必要であり、SiC デバイスの需要は 2015 年以降に出てくると見られる。2015 年以降に高級車等に限定的に採用され、2020 年前後に大衆車でも需要の高まりが見込まれる
電鉄車両	—	鉄道車両用インバータでの採用が期待できる
新エネルギー分野	—	風力発電及び太陽光発電パワーコンディショナが期待できる
産業	—	インフラ系設備需要や産業用インバータ、産業用電源等が有望となっている

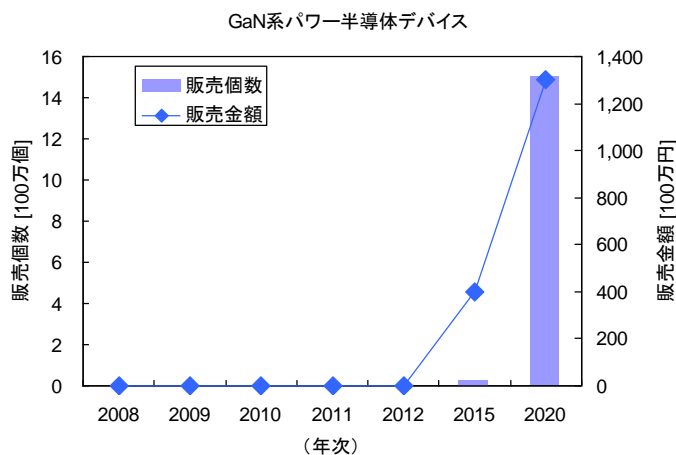
⑭ GaN 系パワー半導体デバイス

➤ デバイス概要

GaN 単結晶ウェハを利用した応用デバイスで電源装置の電力損失を 1/3 以下程度に低減できる。GaN-FET としては GaN-HEMT の製品化の動きが加速しており、GaN-MOSFET を含めて、製品化が進められている。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



市場はこれから形成される段階であり、現段階のメーカーシェアは論じられない。

➤ アプリケーション

当該デバイスが活用される用途は、以下の通りとなっている。

アプリケーション分野	用途	今後の見通し
民生機器	—	デジタル AV 機器、白物家電、PC 等、民生用電源等
情報通信機器	—	サーバ向けが有力。GaN-HEMT は高速通信や携帯電話等の基地局向けとして需要拡大に期待。
自動車・電装	—	導入の期待は大きいですが、信頼性、大容量化、高温動作、コスト要求といった厳しい要求をすべて満足する時期は 2020 年移行とみられる。ミリ波レーダ等の用途に期待。
電鉄車両	—	—

新エネルギー分野	—	—
産業	—	産業用電源、電圧変換回路で採用に期待

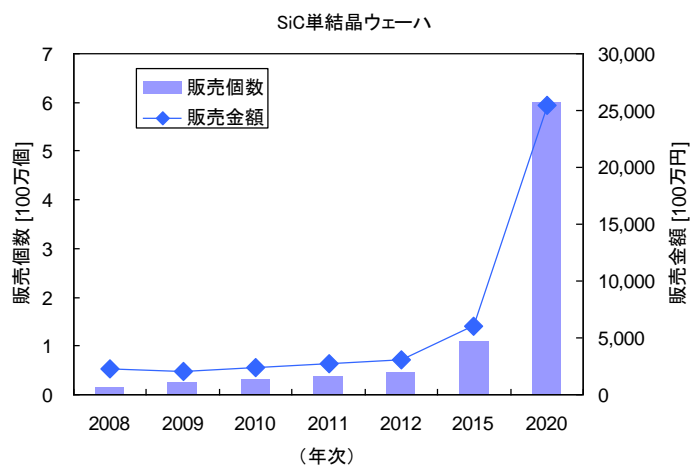
⑮ SiC 単結晶ウェーハ

➤ 概要

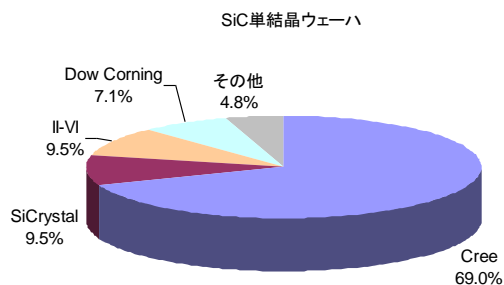
SiC ウェーハは 1000V を超える耐圧において熱伝導率と放熱性が優れている特性を持ち、高耐圧大電力用途での採用が期待される。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



メーカーシェアは、以下の通りである。現状では、海外勢が強い。



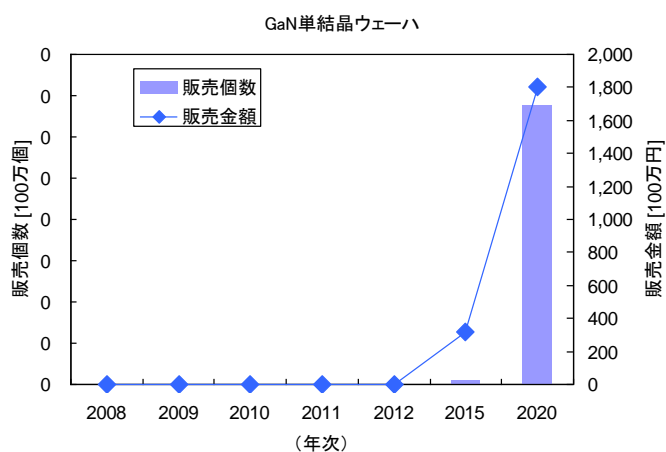
⑩ GaN 単結晶ウェハ

➤ 概要

GaN 単結晶ウェハは高周波数特性が優れており、ワイヤレス通信などへの応用や民生機器向けの電気回路での採用が期待されているワイドバンドギャップ半導体材料である。欠点は大型のバルク結晶がなく、エピ膜成長が必要となり、シリコン、サファイア、SiC 上に薄膜形成される。安価なシリコンウェハを利用する動きが出ているが、技術ノウハウが要求されるため、各社とも実用化に向けて提携する動きが見られる。

➤ 市場状況

世界全体の市場規模推移は、以下の通りである。



2. アプリケーション毎の状況

以下に、アプリケーションにおけるパワー半導体に関わる機能上のニーズ動向について記載する。

【家電分野】

対象機器	技術キーワード	概要
冷蔵庫	LED 搭載	<ul style="list-style-type: none"> 野菜室を LED で照射することで鮮度を保つと共に長持ちを図ることができる。 さらに LED を活用して冷蔵保存時の霜つきや変色を抑制し、庫内冷気の除菌・脱臭性能を高めることが可能になる
	省エネ化	<ul style="list-style-type: none"> ハイエンド機種には、低温保存機能だけでなく、瞬間冷凍機能なども搭載されており、発熱をできるだけ抑えることが求められる
	ホームネットワークとの融合	<ul style="list-style-type: none"> センサを搭載することで、食品のストック情報や賞味期限などを外出先で確認する機能について現在検討が進んでいる。 ユビキタス社会で重要となりうるホームサーバとの通信機能連携の可能性も模索されている
洗濯機	冷暖房機能付洗濯機	<ul style="list-style-type: none"> 東芝コンシューママーケティングでは、エアコンの設置が困難なアメニティルーム向けに、ヒートポンプ式エアコンユニット（低温乾燥）を内蔵した洗濯機を展開
	静音性	<ul style="list-style-type: none"> ドラム式洗濯機の騒音対策としては、衣類の偏りや脱水時の振動を検知して、ドラムの回転数を細かく制御するセンサの搭載、滑らかな回転が特徴の DD モータの採用、振動を吸収する高摩擦サスペンションなどの採用により、運転音を低減
	除菌・消臭機能	<ul style="list-style-type: none"> 銀イオン発生装置、オゾン発生器など、除菌・消臭機能も一般化してきたが、選択槽の内部を清潔に保持するなどの機能も付加されてきている。
ルームエアコン	除菌・脱臭機能	<ul style="list-style-type: none"> エアコンは空調機能だけでなく、除菌・脱臭などの空気清浄も同時に行うことで一層快適性を向上させることが重要となっている

	省エネ性能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状でも日系企業のエアコンには高性能なインバータ制御が搭載されているため、その省エネ性能は世界トップクラス ・ SiC の搭載などによってより効率化を図るために、各社で研究開発が進むと考えられる
	掃除ロボット機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ フィルターの目詰まりは不衛生且つ効率が悪い。 ・ 各社とも一定時間の運転後は自動運転でフィルターの汚れを除去する機能を付加しており、メンテナンス性の改善に努めている
液晶テレビ	省エネ	<ul style="list-style-type: none"> ・ これまで交流で駆動していた箇所が直流での駆動に変化しつつあり、より低消費電力で高出力を出すことが重要になる ・ 最近ではバックライトに LED を搭載するものも増えている ・ 東芝『REGZA』は電気回路の見直しなどで年間消費電力を大幅に削減。一層の性能向上を目指し、SiC や GaN の採用も検討しているが、採用を進めるには材料コスト、高温での動作の安全性、信頼性の確立が重要であると考えている
	3D 対応/画質向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3D 対応や画質向上により、画像データの高密度処理が必要となり、SiC のニーズが高まる可能性がある
	薄型	<ul style="list-style-type: none"> ・ 近年、テレビの薄型化が進んでいるが、今以上に薄型化するためには部品点数の絞込みや回路の簡素化が求められる。 ・ SiC を搭載することで、既存部品の小型化を図ることができると薄型化にも拍車がかかると考えられる ・ 電源分野からは低背型トランスを使った高効率の薄型電源による省エネが図られている

【情報通信】

対象機器	技術キーワード	概要
サーバ	データセンターの直流化 (電源の変換段数の削減)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在の多くのサーバは、交流の商用電源 200V を UPS にて直流に変換、蓄電池に充電しつつ、一方で 100/200V に変換、サーバやルータで更に直流に変換して降圧した後に負荷に接続している ・ 直流を直接給電できれば、サーバに内蔵されている電源モジュールが不要になり、発熱及び廃熱処理（冷却）の問題が解決できる ・ また、電力をロスしないことで、省エネを図りグリーン IT にもつながる ・ 電源モジュールが不要になるためパーツ点数が減り、対故障性も改善する ・ 現在では交流の商用電源 200V を整粒装置で直流 48V に変換、降圧した後に負荷に接続することが実施されており、概ね 10~20%給電効率を改善できるとされている（変換段階も 4 ステップから 2 ステップに削減） ・ 更に、NTT データなどは、より高効率な給電を実現する高電圧直流給電技術の開発を重点的に推進する方針を示している ・ 効率のようデバイスの活用は重要であり、各種モジュールのみならず、SiC 系のデバイスも検討課題として各社が考慮するものと思われる
小容量 UPS	信頼性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電源異常によるシステム停止を未然に防止するため高品質な電源環境が求められており、無停電電源装置がバックアップ電源として支持が広がっている。 ・ 無停電電源装置の品質・信頼性向上に向けて各社の開発が進んでいる
	省エネ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時インバータ給電方式を採用している無停電電源装置では 2 つの電力変換機を介しているため電力損失が大きい ・ 省エネは重要な課題として挙がっており、各社とも電力損失量の減少に向けて研究開発を継続するものと考えられる

【自動車】

対象機器	技術キーワード	概要
HEV インバータ	モータ制御用 IGBT の普及	<ul style="list-style-type: none"> トレンチ構造の IGBT であり、損失が小さいため消費電力が小さく、電力密度が高くなる
	SiC の採用	<ul style="list-style-type: none"> HEV の普及によりガソリン車に比べて大幅にエネルギー効率が改善した後は、一層のエネルギー損失の改善に向けて SiC の搭載が重要課題として挙げると考えられる インバータの小型化・軽量化の効果はエネルギー損失が約 10%改善されるという試算もある SiC は耐熱性に優れているものの、周辺材料の中には耐熱性の弱いものもあるため、周辺材料でも技術開発が必要となっている
PHEV インバータ	SiC の採用	<ul style="list-style-type: none"> インバータやモータで発生するエネルギー損失について、ガソリン車から HEV 車に変更することによる改善幅と、Si から SiC に変更することによる改善幅を比較すると、前者の方が圧倒的に改善幅が大きい。したがって、損失の改善という観点からは、各社とも HEV の普及に向けて各種技術の開発にまず注力するものと考えられる。 HEV の普及によりガソリン車に比べて大幅にエネルギー効率が改善した後は、一層のエネルギー損失の改善に向けて SiC の搭載が重要課題として挙げると考えられる SiC は耐熱性に優れているものの、周辺材料の中には耐熱性の弱いものもあるため、周辺材料でも技術開発が必要となっている
	バッテリー性能 の向上	<ul style="list-style-type: none"> HEV 車と比較して電気による走行が長いこと、バッテリー性能の向上は必須である
	リサイクル体制 の充実	<ul style="list-style-type: none"> HEV/PHEV 車の両方で重要であると考えられ、普及前からリサイクル体制の整備を図る必要に迫られるものと思われる

EVインバータ	EVの一層の普及に向けての商品・技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日産自動車では次世代環境対応車向けに電力制御用の小型半導体の開発を進めている。 ・ インバータに使うスイッチング素子とダイオードを一体化して半導体のサイズを半分に抑え周辺部品を削減している ・ 従来比で40%以上小型・軽量化出来るといわれており、環境対応車の性能向上を図っている。
	SiCの採用	<ul style="list-style-type: none"> ・ インバータの損失低減により燃費の改善につながるため重要な課題としてとらえられている。 ・ 動作試験でSiC-SBDを用いることで従来に比べ逆回復電流がほとんど起こらなくなり IGBT のターンオフ損失、FRD の逆回復損失が大幅に低減され、ノイズの低減が確認できている ・ ロームと本田技術研究所は共同で1,200V/200AクラスのSiCデバイスを搭載したインバータモジュールを開発し、Si製と比較して電力交換時のエネルギー損失を半減
	バッテリー性能の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状では1回の充電による走行可能距離は200kmであるが、実際の利用では、渋滞による停止、ワイパー、エアコン、ラジオの利用など様々な諸条件が付加されるため、実際の走行距離は短くなることが予測される ・ こうした問題の解決にも、バッテリー性能の向上は必須である

3. 委員会について

①委員会の目的

本調査研究実施にあたっては、調査研究に対する助言を求めることを目的として、外部有識者からなる委員会を組織した。

有識者としては、以下のような分野における専門家を招聘し、広い観点から議論できるような委員会を構成した。

- ・ グリーンデバイス分野の研究者
- ・ 東北地域のグリーンデバイス企業の代表者
- ・ グリーンデバイス関連のビジネスに長年従事し、知見を有する方
- ・ アプリケーション企業に属し、調達や製品設計に従事した経験をもつ方

また、東北地方の実態に即した議論とするため、東北地域の自治体、東北経済産業局からも関係部局員がオブザーバーとして委員会へ出席した。

②委員会委員名簿

(敬称略、順不同)

	氏 名	所 属・役 職
委員長	西澤 昭夫	東北大学 大学院経済学研究科 教授
委 員	泉谷 渉	株式会社産業タイムズ社 取締役社長
委 員	大垣 健二	ルネサスエレクトロニクス株式会社 自動車システム統括部 自動車先行システム技術部 担当部長
委 員	奥村 元	独立行政法人産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 研究センター長
委 員	加藤 晶彦	株式会社かわでん 製造本部技術部 グループマネジャー
委 員	小宮 章利	東芝ライテック株式会社 LED 事業部 LED 事業企画 専門部長
委 員	野澤 功	アルプス電気株式会社 AUTO 事業本部 事業戦略室 グループマネジャー
委 員	梶井 昇一	東北大学 電気通信研究所 教授
委 員	羅 良輔	富士通セミコンダクター株式会社 次世代技術商品化推進室 課長
オブザーバー	後藤 毅	東北経済産業局 地域経済部 情報・製造産業課 課長
オブザーバー	高橋 邦夫	東北経済産業局 総務企画部 企画室長補佐
オブザーバー	加藤 義和	山形県 戦略調整監所属 主査
オブザーバー	丹野 英司	宮城県 経済商工観光部 新産業振興課 主幹
オブザーバー	菅野 昭広	福島県 商工労働部産業創出課 主査
オブザーバー	庄司 一夫	(株)インテリジェント・コスモス研究機構 取締役 産学官連携・インキュベーション事業部長

オブザーバー	山田 誠	(株)インテリジェント・コスモス研究機構 産学官連携・インキュベーション事業部 プロジェクト・マネージャー
事務局	関口 哲雄	(財)東北活性化研究センター 専務理事
事務局	富澤 辰治	(財)東北活性化研究センター 常務理事
事務局	紀 芳憲	(財)東北活性化研究センター 調査研究部 部長
事務局	大橋 昇幸	(財)東北活性化研究センター 調査研究部 課長
事務局	松井 英章	(株)日本総合研究所創発戦略センター 主任研究員
事務局	青山 光彦	(株)日本総合研究所創発戦略センター 主任研究員

③委員会の開催経緯

委員会は全2回を開催し、以下のような議題のもと意見交換を行った。

回	議題	議事概要
第1回 平成22年 11月18日	グリーンデバイス分野における市場 環境・東北地域における同分野の産 業のポテンシャルおよびビジネスチ ャンスについて	委員会開催に先行して行った、市場調査（グリー ンデバイス、アプリケーション）ならびに東 北地域の同分野のポテンシャル（企業・研究機 関）の調査結果を提示した。省エネグリーンデ バイス分野の市場環境、日本の強み、デバイス 企業の立地戦略の方向性、地域中堅・中小企業 や大学等研究機関へのニーズ・ビジネスチャン ス、東北地域の強みやポテンシャルについて自 由討議を行った。
第2回 平成23年 1月27日	グリーンデバイス分野における産業 動向と東北地域におけるビジネスチ ャンスについて	第2回委員会開催に先行して行った、同分野の 関連企業へのヒアリング結果をもとに、東北地 域におけるビジネスチャンスの仮説を提示し た。これらを参考に自由討議を行い、今後の施 策の方向性の検討を行った。

平成23年3月15日に第3回目の委員会開催を予定していたが、東日本大震災のため、開催を中止し、持ち回りで報告書（案）の検討を実施した。

4. 参考文献

- ・ 「次世代パワーデバイス&パワエレ関連機器市場の現状と将来展望 2010」
(株式会社 富士経済)
- ・ 「2010 LED関連市場総調査(上巻)(下巻)」(株式会社富士キメラ総研)
- ・ 「Smart Grid Technologies, Markets, Components and Trends Worldwide」
(SBI 社)
- ・ 「半導体 SiC 技術と応用」(松波弘之、日刊工業新聞社)
- ・ ローム社ホームページ URL : <http://www.rohm.co.jp/products/sic/gd/gd2.html>
- ・ 「2011 パワーデバイス技術大全」(電子ジャーナル)
- ・ 大陽工業株式会社ホームページ URL : <http://www.bunsha.co.jp/>
- ・ 日経エレクトロニクス 2011 年 5 月 30 日号 (日経 BP 社)
- ・ 東芝レビュー Vol.65 No.7
- ・ 「LED市場を支える製造装置メーカー」(2010 年 6 月 23 日読売新聞)
- ・ (株) ウェル ホームページ URL : <http://well-led.jp/heatsink.aspx>
- ・ コニカミノルタ社ホームページ URL : <http://jp.futureishere.biz/newlight/>
- ・ 「カーエレクトロニクス拠点構想提言(平成 18 年 8 月)」(北九州市カーエレクトロニクス拠点構想検討委員会)
- ・ 「東北地域クラスター形成戦略懇談会報告書(平成 18 年 8 月)」(東北経済産業局)
- ・ 「福島県の半導体関連産業振興施策について」(福島県商工労働部)
- ・ 「東北地域における組込みシステム産業における高度人材育成・競争力強化に関する調査報告書」(東北経済産業局)
- ・ 「地域再生人材創出拠点の形成 中間報告」(独立行政法人国立高等専門学校機構)