

パワー半導体業界

-電動化により成長加速-

目 次

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| I. パワー半導体の概要 | III. パワー半導体の需要動向 |
| 1. 求められる低炭素化社会の実現 | 1. インバータの応用分野が広がる |
| 2. パワー半導体の機能 | 2. エアコンの省エネ化 |
| 3. パワー半導体の位置付け | 3. 加速する自動車の電動化 |
| II. パワー半導体の業界構造 | IV. 次世代パワー半導体市場が徐々に離陸 |
| 1. 製造プロセスが差別化要因 | 1. ワイドバンドギャップ化による世代交代 |
| 2. パワー半導体では日系メーカーが健闘 | 2. SiC の応用分野が徐々に広がる |
| 3. 業界再編が進む | 3. 多様化するビジネスモデル |

野村証券エクイティ・リサーチ部 山崎 雅也

要約と結論

1. エネルギー効率の改善は、多様化する社会課題の解決策のひとつ。パワー半導体はそのキーデバイスで、有限のエネルギーを最大限活用できる循環型社会の実現や、電力エネルギーのサプライチェーンにおける効率改善に貢献する。パワー半導体は、電圧、電流、周波数等の電力変換や、入力と出力の制御をする。人間に例えると食物からエネルギーに変換し全身に供給する消化器や心臓の役割である。
2. パワー半導体は他の半導体と比較して、後工程のパッケージやアプリケーションノウハウが重要である。とくにパワーディスクリート(個別半導体素子)では、日系メーカーは省エネニーズに対応してきた実績やモジュール技術があり、グローバルに見て競争力は高い。また、アナログ分野では、パワーマネジメント IC の需要が拡大しており、成長分野を取り込むための業界再編が進んでいる。
3. パワー半導体の中でも IGBT やパワーマネジメント IC 等は成長の牽引役として期待される。モーター制御における省エネ目的ではインバータ回路のキーデバイスとして用いられる。エアコンに代表される白物家電や自動車の電動化によるインバータの普及拡大が見込まれる。また、太陽光発電等の再生可能エネルギーやデータセンターにおける無停電電源装置等の電源安定化ニーズもある。
4. Si 製品の物理的な限界もあり、SiC や GaN 等を用いた次世代パワー半導体市場の離陸が期待される。次世代パワー半導体は高コストがボトルネックとなっていたが、高耐圧特性を強みに鉄道分野等で普及が進んでいる。今後はメガソーラーや洋上風力発電での高圧送電や、電気自動車(BEV)向け急速充電等の分野で SiC の普及が進もう。2020 年代には BEV/ハイブリッド車(HEV)用メインインバータの採用が徐々に進むと見られる。

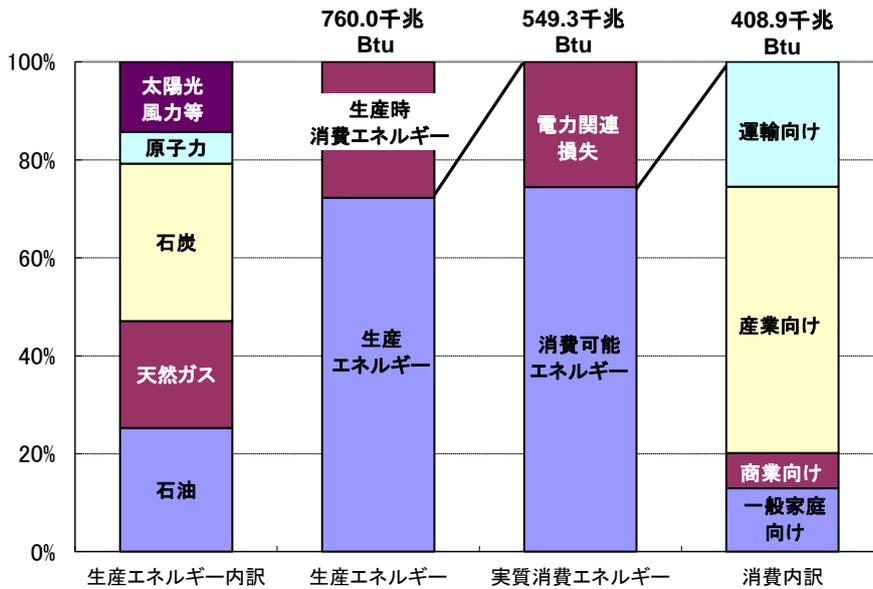
I. パワー半導体の概要

1. 求められる低炭素化社会の実現

エネルギー効率を上げるパワーデバイス

環境問題の一つとして二酸化炭素の排出量の増大が指摘され、低炭素社会の実現に向けて全世界が環境・エネルギー分野の強化を図っている。有限のエネルギーを最大限活用できる循環型社会の実現、エネルギーサプライチェーンの効率化に向けた取り組みである。発電時、送変電・配電時等あらゆる分野でのエネルギー効率の改善が求められている。米国 EIA (Energy Information Administration)が 16 年 5 月に発行した International Energy Outlook 2016 によれば、12 年の世界エネルギー消費の内訳を見ると、発電時に 28%のエネルギー損失が生じ、送変電・配電時にさらに 26%の損失が生じている(図表 1)。発電や送変電・配電の段階で大きな無駄が発生していることが分かる。一方、消費分野の内訳を見ると、産業向けが 54%と最大で、次いで運輸セクターが 25%、一般家庭が 13%等である。発電(火力、原子力、風力、太陽光)、産業、家庭・業務、運輸(自動車、鉄道、飛行機、船舶)等の幅広いエネルギーシステム全体でエネルギー効率を改善することが求められている。

図表 1: 世界エネルギー消費内訳



注:2012 年の内訳

出所: 米国 Energy Information Administration 資料より野村作成

電力システムのあらゆる場面で活躍の機会

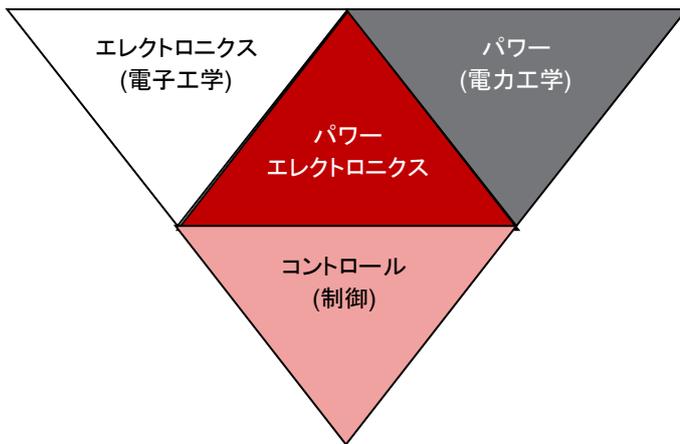
これらエネルギーシステム全体の効率化を図ろうとするのがスマートグリッドの考え方である。再生可能エネルギーは電力の安定供給という点で課題があり、その課題解消のためにパワーコンディショナが必須となっている。そのキーデバイスがパワー半導体である。また、電力消費の観点からは、各種電気・電子機器の低消費電力化にインバータが不可欠あり、このキーデバイスもパワー半導体である。このようにパワー半導体は電力システムのあらゆる場面で活躍が期待される。

2. パワー半導体の機能

パワーエレクトロニクスはパワー、エレクトロニクス、コントロールの3つの技術で成り立つ

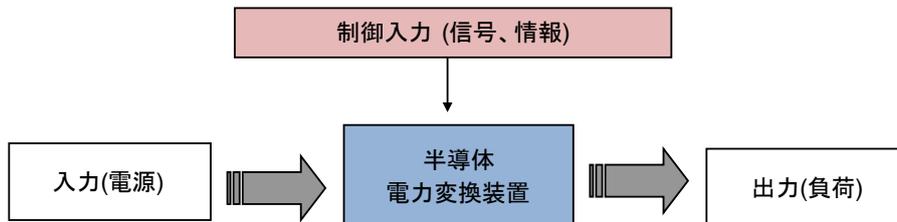
エレクトロニクスといえば、PC、テレビ、携帯電話といった電子機器を、半導体といえばMPU、DRAM、NANDフラッシュ等を思い浮かべる人が多いと思われる。これに対して電力を直接の対象とするのが、パワーエレクトロニクス分野である。パワーエレクトロニクスは、様々な電子機器が問題なく動くように電力を供給するいわば黒子の役割を担っており、パワー(電力、電気機器)、エレクトロニクス(電子、半導体)、それらを結ぶコントロール(制御)の三つの技術で構成されている(図表2)。

図表2: パワーエレクトロニクスの概念図



出所: 各種資料より 野村作成

図表3: 電力を変換・制御するパワーデバイス



出所: 各種資料より野村作成

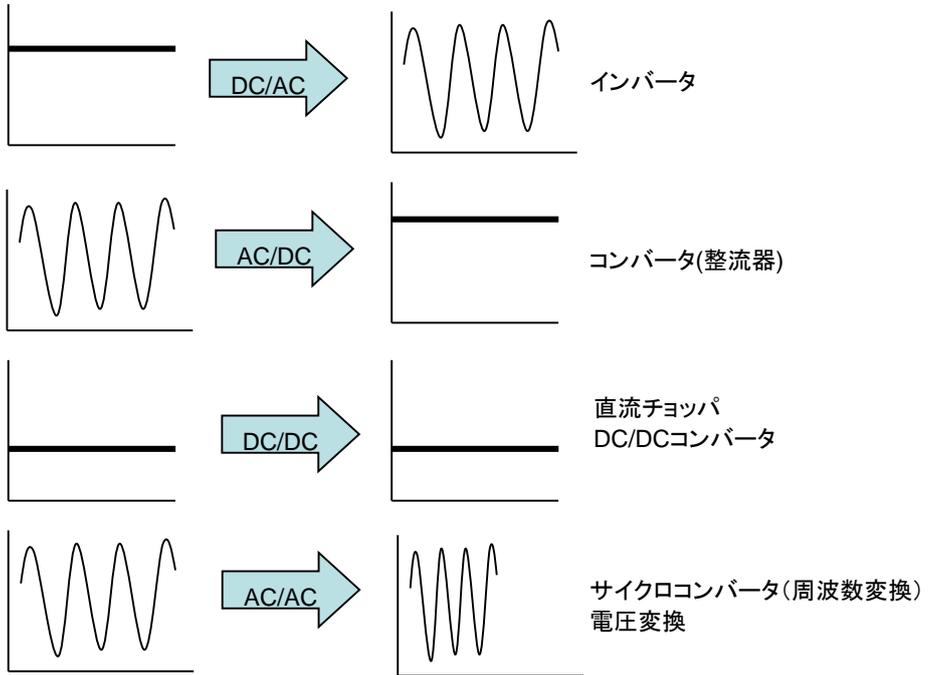
パワーデバイスは電力の変換や制御を行うパワー半導体

パワーエレクトロニクスの核となるデバイスはパワーデバイスである。パワーデバイスとは電力の変換や制御をするパワー半導体デバイスのことである(図表3)。電力はエネルギー量であり、その形態には直流・交流、電圧、電流、交流の場合は周波数といったものも含まれる。電力の変換とはエネルギーの観点で電圧、電流、周波数等のうち一つ以上を変化させることである。電力の制御とは入力と出力との間の関係を制御することである。できる限り小さい制御入力で、必要な電力を正確に遅滞なく制御できることが理想である。たとえば、単に交流を直流に変えるだけであれば電力の変換だが、実際には出力電圧や電流を一定に保ったり調整したり、変換と同時に制御を行っているケースが多い。

電力変換の4つの基本方式

電力変換には様々なパターンがあるが、基本的な電力変換方式として以下の4つが挙げられる(図表4)。

図表4: 電力変換装置の分類



出所: 野村

(1)インバータ(直流→交流)

インバータ(直流→交流)は、直流を交流に変換する装置で逆変換装置とも呼ばれる。インバータは多くの電気・電子機器に採用されており、電圧変動や波形の改善を目的とした一定周波数の出力のために電源回路に用いられるケースと、モーターの回転数を変える目的で可変周波数の出力のために用いられるケースとがある。インバータエアコンのように一般的に知られているものは後者の目的で、インバータ制御されたモーターは無段階変速ができるため、従来のオン・オフ制御に比べて最小限の電力量で最適な制御が可能である。

(2)コンバータ(交流→直流)

コンバータ(交流→直流)は、交流を直流に変換する装置で順変換装置とも呼ぶ。ただ、コンバータは電力変換全体を表すケースもあるため、正確には整流器と呼ばれる。

(3)直流チョップ(直流→直流)

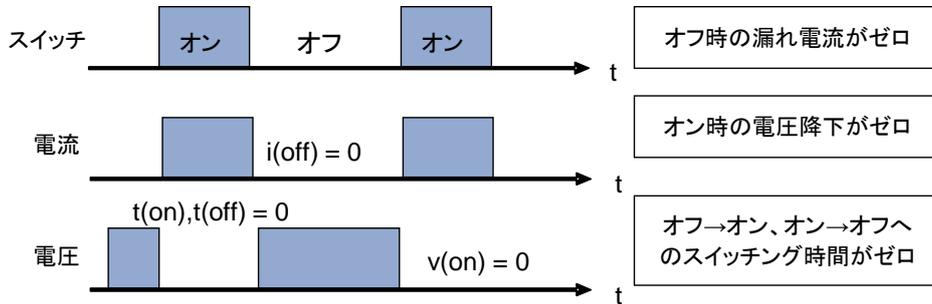
直流チョップ(直流→直流)は、直流を切り刻んでパルス列として出力電圧・電流の平均値を制御するものである。インバータでいったん交流に変換し、トランスを用いて昇圧した後に整流して直流に変換する方式もあり、DC-DCコンバータと呼ばれる。

(4)周波数変換(交流→交流)

周波数変換(交流→交流)は、交流を周波数の異なる交流に変換するものであり、サイクロコンバータやマトリクスコンバータがある。また、一定周波数の交流電源で位相を変えて交流出力の調整を行う交流電力調整等もある。

このように様々な電力変換を行うパワーデバイスでは、電力変換に伴うエネルギー損失は少ないほうが望ましく、効率 100%変換が理想である(図表 5)。つまり、スイッチオフ時の漏れ電流がゼロ、スイッチオン時の電圧降下がゼロ、スイッチング時間ゼロが理想である。この変換効率の改善が技術開発や材料開発の最大の目的となっている。

図表 5: 理想的なパワーデバイス



出所: 野村

パワー半導体は人体でいう心臓や胃の役割

パワー半導体をはじめ様々な半導体や部品の機能は、人体の機能との対比で考えるとイメージしやすい(図表 6)。人体の脳の思考に相当するのが CPU(もしくは MPU)や MCU であり、脳の記憶の機能に相当するのが DRAM や NAND フラッシュ等の半導体メモリである。人体の五感に相当する目、鼻、口等は、イメージセンサー等のセンサ類である。そして、パワーデバイスは、食物をエネルギーに変換する胃や腸等の消化器系であり、血液を全身に送り出す心臓の役割を担っていると考えられる。普段はあまり目立たないが、パワー半導体は極めて重要な役割を担うデバイスとして位置付けられよう。

図表 6: 人体との機能比較

人体	機能	電気・電子機器
脳	思考	CPU/MCU
	記憶	メモリ
心臓	血液の供給	パワーデバイス
消化器系	エネルギー変換	(電力の変換・制御)
筋肉	動作	アクチュエーター
		モーター
目、鼻、口	感覚	各種センサ

出所: 野村

3. パワー半導体の位置付け

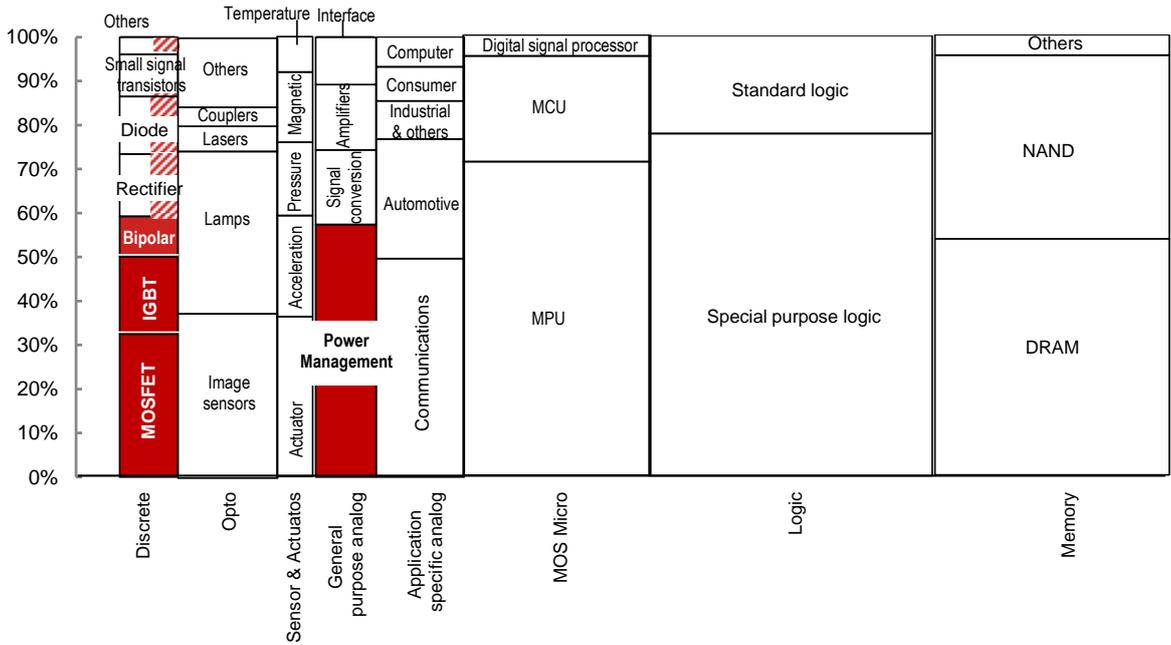
パワーデバイスはディスクリートからパワーマネジメント IC まで多岐に亘る

半導体製品の中でもパワーデバイス関連製品の数が多い。パワートランジスタやパワーダイオード等のパワーディスクリート製品が狭義のパワーデバイスで、パワーマネジメント IC、スイッチング・レギュレータ等のアナログ半導体等を含め広義のパワーデバイスという。これらのパワーデバイスを組み合わせて回路を形成し、電力変換装置をつくる。

16年のパワー半導体の市場規模は2.5~3兆円程度

WSTS(世界半導体統計)によると、16年の半導体市場規模は338,931百万ドルであり、うちディスクリートは19,418百万ドルと全体の6%を、アナログは47,848百万ドルと14%を占めた(図表7)。我々は、ディスクリート製品のうち、パワートランジスタ、バイポーラパワートランジスタ、IGBT、パワーMOSFETと、また汎用アナログのうちパワーマネジメントICを含むパワー半導体市場が年率5%程度で成長できると見ている。中でもIGBTやパワーマネジメントICが牽引役で相対的に高い成長が期待される。パワー半導体の市場規模は1ドル=110円換算で2.5~3.0兆円程度あるものと考えられる。

図表7: 製品別に見た半導体市場規模



半導体市場規模(2016年) \$338,931 mn

出所:WSTS, その他各種資料より 野村推定

IGBT とパワーMOSFET の成長ポテンシャルが高い

パワートランジスタの中でも成長ポテンシャルが高いのが、IGBT とパワーMOSFET の二つである。IGBT は耐圧が高く、大電流を駆動でき、高周波で動作する理想的なパワー半導体である。インバータに多く使用されており、後述するが産業機器、自動車、民生機器等幅広い応用分野での利用が期待できる。一方、パワーMOSFET は、IGBT に比べると耐圧が低いですがスイッチング速度は速い。耐圧 50V 以下の中～低耐圧品は、コンピュータ、民生機器、通信機器等の主に電源のスイッチング制御に利用される。また、高耐圧品は民生機器の交流電源制御や FPD テレビのディスプレイ駆動に使われるケースが多い。

パワー半導体の用途は幅広い

パワー半導体が使用される分野は幅広い。MPU や DRAM は、PC やサーバー等のコンピュータ分野が需要先の大半を占める。これは、コンピュータの主要な目的が計算であり記憶であるためである。これに対してディスクリート製品は主要な 5 用途市場に万遍なく使われている。

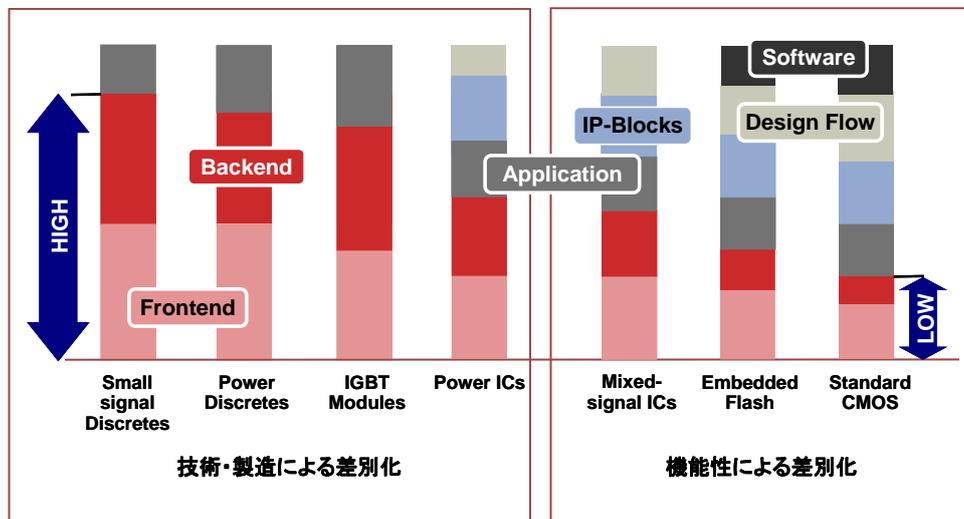
Ⅱ. パワー半導体の業界構造

1. 製造プロセスが差別化要因

パワー半導体は製造プロセスの付加価値が高い

パワー半導体は他の半導体と異なり、物理的な半導体デバイスそのものの付加価値ウエイトが高い。MPU、MCU、DSP等のCMOSロジック製品はx86コアやARMコアのようなIP(Intellectual Property)、論理回路、ソフトウェアで差別化される。これに対して、ディスクリート製品は単機能であるためソフトウェアのような機能はない。しかし、デバイスの特性を正確に実現することが容易ではなく、前工程や後工程と呼ばれる半導体製造プロセスそのものが差別化要因となる(図表8)。製造プロセスがコモディティとはならず、顧客ニーズに合わせて特性を実現するためにカスタム色が強くなっている。

図表 8: 前工程と後工程による差別化が大

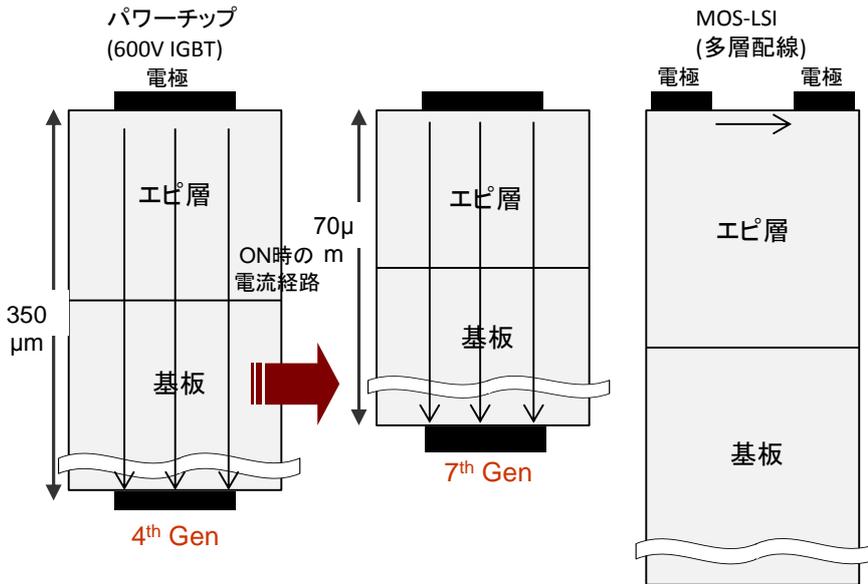


出所: Infineon アナリストミーティング資料より野村作成

通常のMOSのプレーナ構造とは異なる縦型デバイス

IGBTやパワーMOSFETの構造は他の半導体と異なっている。現在、半導体製品の中で主流を占めるプレーナ構造では、シリコンウェハの表面に水平方向に回路パターンを形成する。シリコンウェハの上部の浅い部分に回路が形成され、電流もウェハ上面に水平方向に流れる。そして、この構造が微細化を容易にし、歩留まりを向上させ、ムーアの法則に沿った発展を遂げてきた。MOSFETにも他のMOS製品と同様に横型のものがあるが、大きな電流を流すためには表面積が大きいチップが必要になる。これに対して、縦型にするとチップ面積を小さくすることができるため、IGBTやパワーMOSFETは、縦方向に電流が流れる構造へと変化した(図表9)。

図表 9: 半導体の構造比較



出所:各種資料より 野村作成

シリコンウェハは FZ 法

製造プロセスは、先端 MOS 型チップと IGBT を比較すると、様々な違いがある(図表 10)。まず、シリコンウェハの製造方法そのものが異なる。現在、300mm ライン等で用いられるシリコンウェハでは、CZ(チヨクラルスキー)法と呼ばれるシリコンインゴットを引き上げる製造方法が採用され、コスト低減しやすい。しかし、CZ 法ではインゴットの場所によって抵抗率が変化してしまい IGBT 等の大量生産には向かない。一方、FZ(フローティングゾーン)法と呼ばれるインゴットを引き下げる方式は、コストが相対的に高くウェハ口径も 200mm までが主流となっているが、パワー半導体の特性を一定にすることができる。

図表 10: 製造プロセスの違い

	先端MOS	IGBT
シリコンウェハ	CZウェハ 薄膜エピウェハ	FZウェハ 厚膜エピウェハ
前工程	低温プロセス 微細加工 平坦化 多層配線 新材料(lowKほか)	高温プロセス トレンチゲート 厚アルミ ライフタイム制御 裏面プロセス
後工程	樹脂ダイボンディング 金線、銅線ワイヤボンド モールド	はんだダイボンド アルミ線ワイヤボンド ケース+ゲルタイプ+モールド

出所: 野村

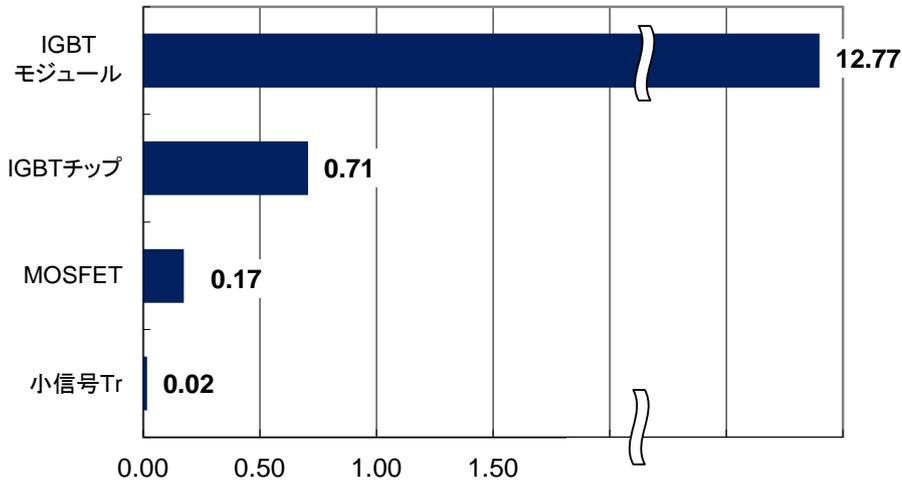
裏面の形成にノウハウ

縦型構造のトランジスタでは、トランジスタの 3 端子(ゲート、エミッタ、コレクタ)のうち、ゲートとエミッタがシリコンウェハ表面に、コレクタはシリコン

ウェハの裏面に形成される。そのため、表面と裏面の両方に構造をつくる必要があり、両方を加工する技術・ノウハウが必要である。また、オン抵抗を小さくするために薄膜化が進展しており、薄いウェハの形成、ウェハの反り対策、ハンドリング等の技術を確立させることも難しい。

図表 11: パワートランジスタの平均単価比較

単価(ドル)



出所: 各種データより野村試算

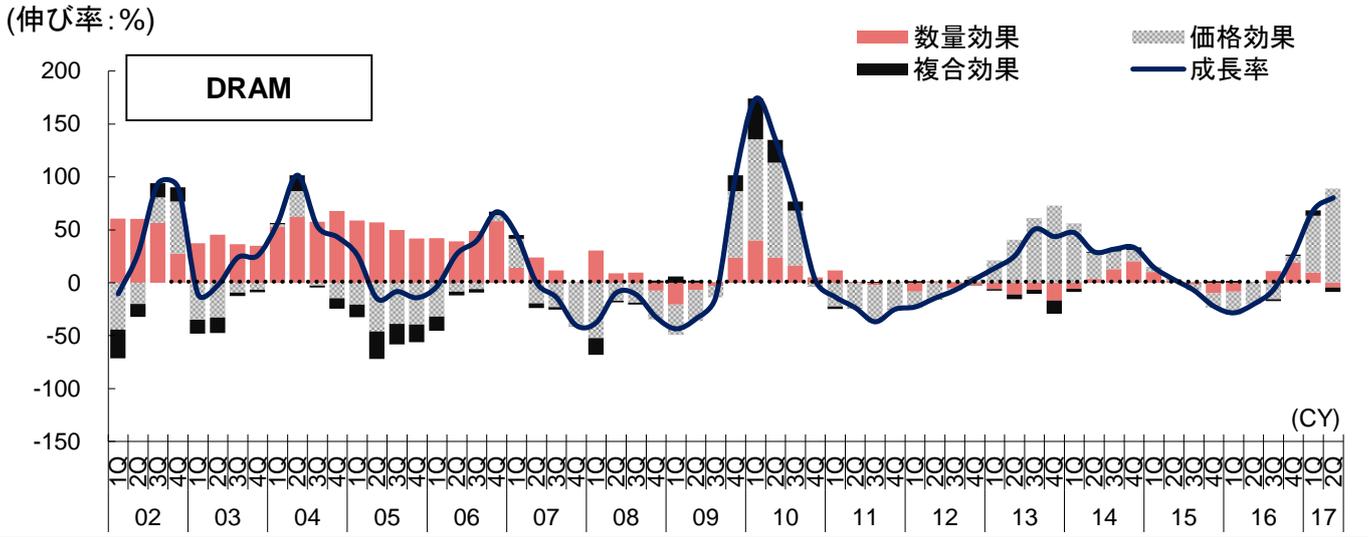
IGBT モジュールはパッケージングのノウハウも大きい

後工程で加えられる付加価値が大きいこともパワー半導体の特徴として挙げられる。パワー半導体は大電流を流すため、はんだダイボンド、アルミ線ワイヤボンドを使う。また発熱が大きいいため、ケースの最適レイアウトや効果的な放熱等の対策が不可欠である。WSTSの統計や様々な調査会社のデータから直近のディスクリート製品の平均単価を比較すると、小信号トランジスタの平均単価がわずか2セントなのに対して、パワーMOSFETが17セント、IGBTが71セントと高い。また、最近成長著しいIGBTモジュールの平均単価を計算すると実に12.8ドルに上る(図表11)。用途市場によって差異が大きい、パッケージを含めた後工程で加えられた付加価値の違いが大きいためと考えられる。

DRAMは需給バランスの変動に伴う価格効果が大きい

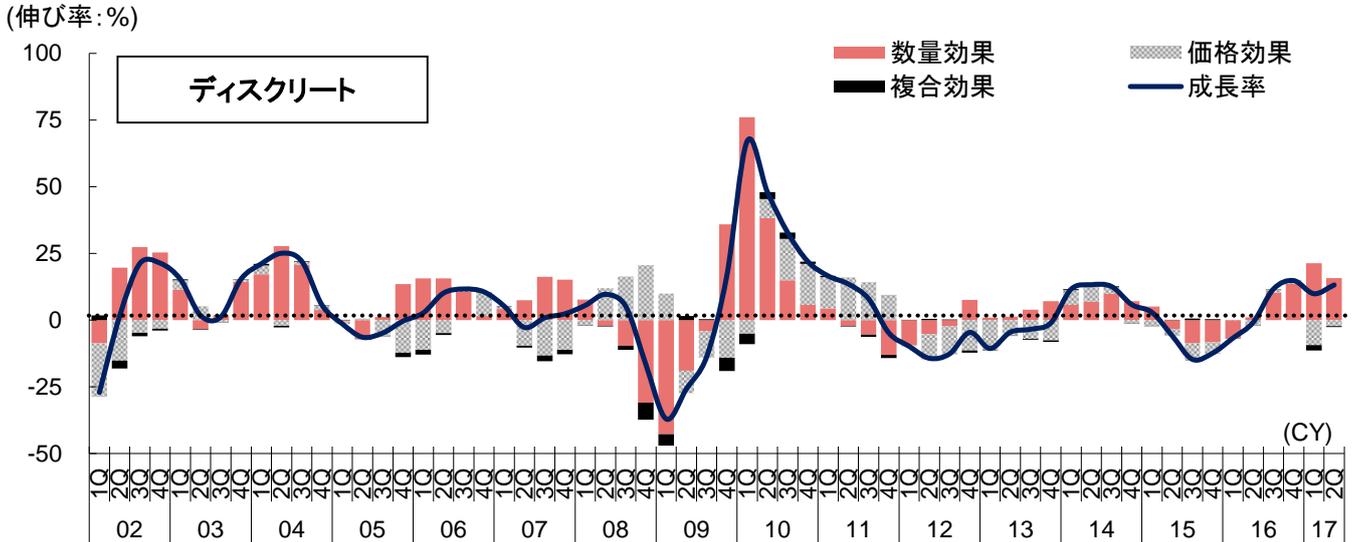
DRAMのビット需要数量は、主にPCの出荷台数成長率と1台当たり容量の増加により、数十%の成長が続いているが、市場全体のチップの個数自体はそこまで大きく変動しない。一方、価格は需要と供給のバランスで決まり、市況変動の影響が大きい。過去のトレンドを見るとコストダウン並みの年率30%の下落が続いている。需要が大きく伸びるときは需給がタイトになり、コモディティ製品であるため価格も上昇し金額成長率は大きくなる。需要数量の成長期待が高くなると、各DRAMメーカーが積極的に設備投資を行うため、需要成長が少しでも鈍化すると供給過剰に陥る。この場合、需要数量はプラス成長を維持しているのに価格が急落し、金額ベースの市場はマイナス成長になってしまう。

図表 12: 世界出荷金額の成長率要因分析(前年同期比) (DRAM)



出所: WSTS より野村作成

図表 13: 世界出荷金額の成長率要因分析(前年同期比) (ディスクリット)



出所: WSTS より野村作成

ディスクリットは数量効果による変動が大きい

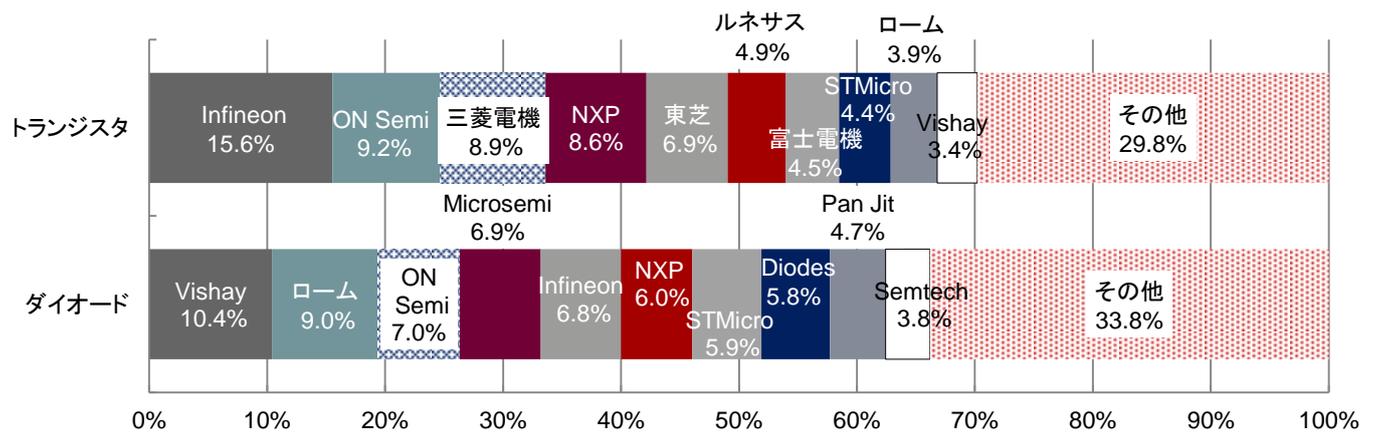
これに対してディスクリット製品の価格は比較的安定しており、これまでの市場変動は数量効果によるものが大きかった。需要の拡大に伴い数量増が進めば、ボリュームディスカウントのような形で価格が下がる傾向もあるが、半導体特有の微細化効果はあまり大きくなく、価格は安定傾向にある。また、低損失化等の機能アップも進み、モジュールの付加価値も高いため、モジュール化の進展等によるプロダクトミックスの改善効果等も期待される。

2. パワー半導体では日系メーカーが健闘

パワートランジスタでは一定のシェアを維持

90年前後には世界トップのシェアを持つと言われた日系半導体メーカーであったが、DRAM業界でのシェア低下に加えて、システムLSI等でも00年以降のITバブル崩壊後に一貫してシェアを落としてきており、現状では半導体市場に占める日系メーカーのシェアは11%前後に過ぎないと推測される。また、ロジック、MCU、イメージセンサー等の製品でも日系メーカーのシェアは一貫して低下してきている。しかし、パワートランジスタでは40%弱程度のシェアを維持していると見られ、なかでもIGBT、とくにIGBTモジュールのシェアは比較的高いと推測される。

図表 14: ディスクリット半導体のシェア(2016年)



出所: WSTS、Gartner、各社資料より 野村作成

課題先進国でノウハウ蓄積し競争力を維持

日系メーカーがパワー半導体分野で依然としてシェアを維持できている理由として、以下の2点が考えられる。第1に、世界でも競争力があるユーザーからの最も厳しい要求に先行して応えてきたことである。日本はエネルギーの少資源国であり、省エネに対する社会的な要求は世界中でも最も厳しい国の一つと考えられる。課題先進国である日本での技術蓄積があるとも言える。98年には省エネ法が大幅に改正されてトップランナー基準が採用され、二酸化炭素の排出量25%削減を政府が率先して打ち出す等環境意識も高い。第2に、製造技術のノウハウが蓄積されている。デジタル系半導体製品ではある一定の性能をクリアした後は価格競争に陥るケースがあるが、パワー半導体ではその可能性は低いと考える。前工程、後工程含めてカスタム化したプロセス技術に差別化要因があると考えられ参入障壁は高い。また、材料、製造装置も含めてノウハウが多岐にわたっており、単純に外部購入だけでは参入できないと思われる。

IGBTでは三菱電機と富士電機が強い

主要な製品のシェアを見ると、トランジスタではInfineon Technologies(以下Infineon)がトップ、日本メーカーでは三菱電機が3番手である(図表14)。ただ、IGBTに限ると三菱電機が世界トップクラスを維持しており、とくにモジュールに限れば圧倒的なポジションにあると見られる。最近でも積極的な研究開発投資、設備投資を行い、一段と競争力を高める戦略を採っている。富士電機は

世界シェア 3 位に位置している。同社は産業機器向けに強い。日立製作所のパワー半導体の事業規模は小さいながらも鉄道向け等 IGBT を内製化しており、一部自動車向け等では外販していると思われる。東芝は自動車向けや高耐压製品(東芝の社会インフラ部門)を除く大容量モジュール事業を 04 年に三菱電機へ売却したが、10 年を経過した 14 年に契約による縛りがなくなり、IGBT 市場に再参入している。MOSFET では、日系メーカーでは東芝、ルネサスエレクトロニクスが上位に入り、そのほか Fairchild Semiconductor、Infineon、Vishay 等がそれぞれシェア 10%前後で競合している。とくに Infineon は、IGBT でも世界 2 位のシェアを持ち、パワートランジスタ全体では世界シェアトップと見られる。

アジア勢がメモリや先端ロジック等でシェアを上げてきたのと比較して、ディスクリートは日欧のシェアが高い。とはいえ、今後は中国勢との競争が懸念される。とくに、中国の場合、国策としてキーデバイスの内製化を進めており、鉄道や EV の分野では垂直統合戦略を採用していると思われる。パワーデバイスは小型化、高耐压特性、耐熱性、高周波動作等、開発項目が多岐にわたり、顧客毎にニーズが異なるカスタム要素も多い。そのため、ある特定分野に特化して参入するケースでは、他社がシェアを奪うことは困難であろう。

3. 業界再編が進む

パワーディスクリート分野では Infineon が積極拡大策

昨今、半導体業界の大型再編が続いており、パワーディスクリートやパワーマネジメント IC を中心としたアナログ半導体分野も例外ではない(図表 15)。とくに 15 年と 16 年の 2 年間はディスクリートやアナログ分野でも大型の M&A が続いた。規模拡大を目指す Infineon は International Rectifier を買収することでパワートランジスタのシェアを 10%強から 16%へ一気に引き上げた。三菱電機や富士電機の戦略を見ると、前工程でのシェア拡大よりも、アプリケーションノウハウ等付加価値の高いモジュール分野の強化を指向している。また、ロームは SiC ウェハの SiCrystal やデジタル電源の Powervation を買収し、パワー関連事業を強化している。一方で、地政学リスクの増大や各国政府による保護主義化の流れにより、当局による M&A の否認も増えてきている。Infineon による Cree の子会社 Wolfspeed、投資ファンドによるメモリ企業や Lattice Semiconductor の買収は実現しなかった。

アナログの買収はエンジニアリソース獲得の目的も大きい

アナログ分野でも同様に再編が続いている。デジタル分野と異なりアナログ分野のエンジニアリソースは限定的で、買収は経営資源を獲得する重要な手段の一つである。例えば、Texas Instruments(TI)の事業ポートフォリオは、過去 20 年かけて M&A と事業売却を繰り返すことで DRAM→DSP→アナログといった形に変遷してきた。パワーマネジメント IC 分野では、TI が National Semiconductor を買収し市場でトップシェアを確保している(図表 16)。大型 M&A 案件はアナログ市場でも続き、17 年 3 月には Analog Devices が Linear Technology を 14.8 十億ドルで買収。両社ともにアナログ半導体大手だが、大半が補完関係にある製品群であり、単純合算で 50 億ドルの売上規模となる。産業・インフラ・自動車・IoT 等が注力分野となろう。米系の大手アナログメ

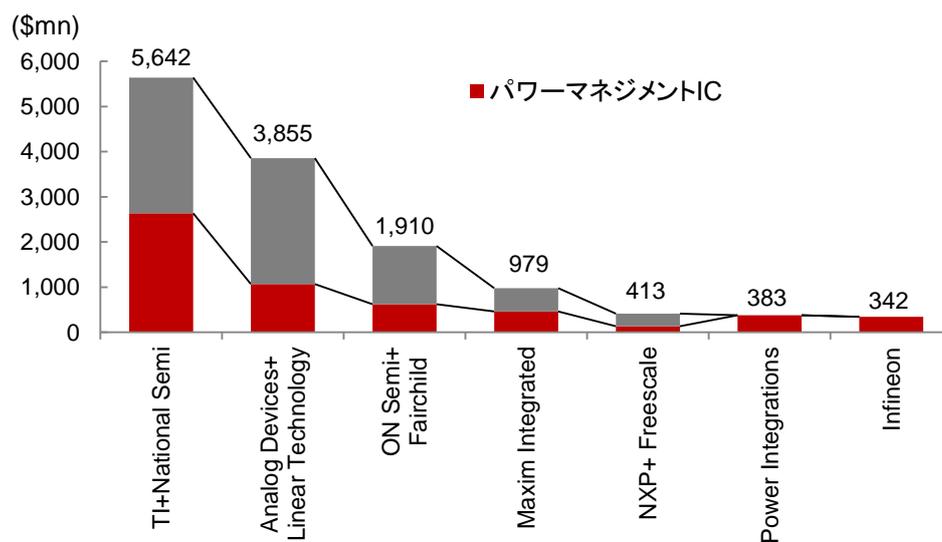
メーカーは、カタログアナログ(標準品)が多く、収益性が高い企業が多い。売上高総利益率で60%を超える企業も多く、市場成長もあり有望市場と言える(図表17)。

図表 15: アナログおよびパワー関連の主な業界再編

年月	買収	被買収	買収金額
2000年 9月	Texas Instruments	Burr-Brown	\$7.6bn
2009年 7月	ローム	SiCrystal	20億円
2010年 11月	三菱電機	Vincotech	
2011年 5月	Texas Instruments	National Semiconductor	約\$6.5bn
2013年 4月	Spansion (現Cypress)	富士通のマイコン・アナログ事業	約\$110mn
2014年 4月	Microchip	Supertex	株式価値で約\$394.0mn 企業価値で約\$246mn
2015年	1月 Infineon	International Rectifier	約\$3.0bn
	9月 NXP	Freescale Semiconductor	\$10.8bn
	7月 ローム	Powervation	約\$70mn
	11月 ON Semi	Fairchild	\$2.4bn
2016年	7月 Analog Devices	Linear Technology	\$14.8bn
	9月 ルネサスエレクトロニクス	Intersil	株式価値で\$3.2bn 企業価値で\$3.0bn

出所: 各社リリース、各種資料等より野村作成、一部推定

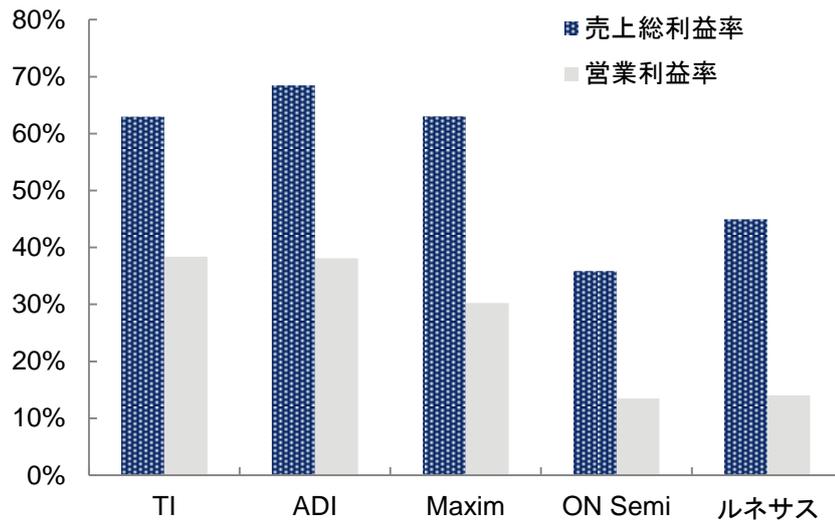
図表 16: アナログ半導体の売上高(CY16)



出所: Gartner, その他資料より野村作成、一部推定

図表 17: 主要アナログメーカーの収益性比較

2016年7月～2017年6月までの12カ月間累計



注: ADI, Maxim, ルネサスについては Non-GAAP ベース

出所: 各社資料より野村作成

Ⅲ. パワー半導体の需要動向

1. インバータの応用分野が広がる

電力システムのあらゆる場面で活躍の機会

発電分野では再生可能エネルギーの導入が進んでいるが、電力の安定供給という点では課題がある。その課題解消のためにパワーコンディショナが必須で、例えば太陽光発電や風力発電には、インバータが必要である。また、電力消費の分野では、各種電気・電子機器の低消費電力化にインバータが不可欠である。これらの機能を実現するインバータに必要不可欠なキーデバイスがパワー半導体である。なかでも、パワートランジスタに分類される IGBT やパワー MOSFET を搭載したインバータの普及拡大が著しい。実際の使用例を見ると、かなり多くの身の周りの製品にインバータが使用されている(図表 18)。ここではインバータの機能で分類してみよう。

図表 18: 広がるインバータの応用分野

機能	応用分野	応用製品
モーター制御	白物家電 ビル 交通 自動車 産業機械	エアコン、洗濯機、冷蔵庫 エレベータ、エスカレータ 新幹線、電車、地下鉄 EV、HEV、燃料電池自動車 ACサーボ、ファン、ポンプ、ロボットほか
電圧変動や波形の改善	電子・電気機器 パワーコンディショナー 家電	無停電電源装置 (UPS) 太陽光、風力、燃料電池 蛍光灯、電子レンジ
誘導加熱 (IH)	電磁調理器	炊飯器、電気コンロ

出所: 野村

モーター制御では省エネ目的

モーター制御を目的としたインバータは省エネが目的であり、エアコンが代表的な例だが、そのほかの家電製品でも洗濯機、冷蔵庫、掃除機、ジェットタオル等に使用されている。また、ビルシステムの分野ではエレベータ、エスカレータ等が挙げられ、鉄道の分野では新幹線や地下鉄等の車両に加えて、自動改札機、プラットフォームの安全ドア等にも使われている。産業機械では、使用されていないものを探すのが難しいほど、製造ラインにあるモーターに多く使われている。

太陽光発電にはパワーコンディショナが必要

電圧変動や波形の改善のために使われるインバータの役割もますます重要になっている。太陽光発電、風力発電、地熱発電等の再生可能エネルギーの発電分野では、天候等の自然環境の変化で出力が変化するため、不安定な電力供給となっている。例えば、太陽光発電の例を見ると、まず太陽電池が発電する直流を家庭で利用することができる交流に変換する必要がある。パワーコンディショナはこうした太陽光や風力で発電された電気を一般的に利用できる電気に変換する役割を担う。また、将来スマートグリッドの世界が実現すると、発電で余った電気を効率よく売電する仕組みも必要となろう。いずれにしても効率の良いパワーコンディショナが必要で、パワー半導体が使われることになる。

電源分野ではデータセンタ市場が大きい

電源分野では、あらゆる電子機器の効率を上げる必要があるが、特に社会問題として深刻化しているのが、データセンタの消費電力であろう。ITベンダーはクラウドコンピューティングの時代に向けて積極的にデータセンタを建設し、クラウドサービスを展開しようとしている。データセンタの建設場所の選定では電力供給力の優先順位が高く、米国市場では砂漠に太陽光発電を設置してデータセンタの電力を再生エネルギーで賄う計画や、大きな川があるところに水力発電所と対に設置するケースもある。電源分野の消費電力の低減は必須であり、パワーデバイスの活躍の場は多いと考えられる。

2. エアコンの省エネ化

規制強化による省エネが進捗

インバータという言葉そのものを一般消費者向け製品の売りにしたのがエアコンであり、より詳しく見てみよう。世界で初めてインバータエアコンを商品化したのは東芝で1982年のことであった。当時のインバータはバイポーラトランジスタでスイッチングしていた。インバータが搭載されてからは、それまでの冷房専用のクーラーは冷暖房のエアコンとなった。90年代後半からIGBTの価格下落が進んだため、エアコン市場で一気にIGBT搭載インバータエアコンが普及してきた。インバータエアコンの普及には、規制強化に伴うエアコンの環境対応が必須となったことが大きい。日本の例を見ると、91年の再生資源利用促進法の施行や、97年の京都議定書による地球温暖化ガスの排出削減方針の決定、98年には省エネ法が改正された。改正省エネ法ではトップランナー方式(最も省エネ性能に優れた製品を基準にする方式)で規制値が定められていった。当時、家庭における電力消費では、エアコンが25%と最も多くを占め、とくにエアコンに対して省エネが求められていた。さらに03年からは定格運転時のエネルギー消費効率の規制が始まった。当時と比べて現在では日本のエアコンの消費電力は大幅に低下してきたが、今後はソフト省エネが重要になると見られる。

消費電力の削減と冷暖房効率の向上

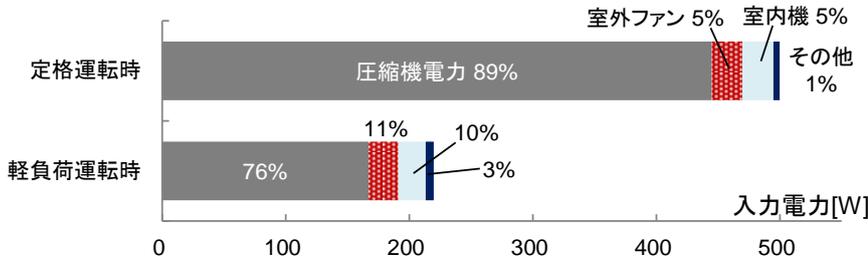
エアコンの省エネ性能向上のポイントは、機器そのものの消費電力の削減(=エネルギー効率の向上)と、部屋全体ではなく人中心の空調を行い無駄な冷暖房を抑制することによる消費電力の削減の2つがある。前者は第1ステップとしての位置づけで、インバータ化を中心とした機器の構成要素の高性能化である。技術的に先行している日本では機器の効率改善が進んでおり、追加的な改善効果は漸減傾向になっている。後者は第2ステップとして、人感センサシステムにより人の位置や活動量を検出し、人の居る場所を対象にリモコン設定温度となるよう気流の吹き分けを行う。また、間取りセンサシステムのように、部屋の間取りを認識して家具などの障害物の有無と位置を検出し、それら障害物を回避して気流を確実に人に届けることもある。

圧縮機(コンプレッサ)の消費電力削減が鍵

一般的なルームエアコンの主要部品としては、室外機に搭載される圧縮機と、室内・室外機それぞれに搭載される熱交換器、送風ファンがある。それらを通じて、暖房時は室外から室内へ、冷房時は室内から室外へ熱搬送を行うことで

冷暖房を行っている。台数ベースで市場規模が最大のルームエアコンの場合、現在ではヒートポンプを使った構成が一般的である。物質には、圧縮させると温度が上がり、膨張させると温度が下がる性質があり、ヒートポンプはこの性質を利用している。ヒートポンプ内に封入した冷媒を循環させ、冷媒が液体から気体、気体から液体に変化する温度変化を利用して熱の吸収や放出を行う。ヒートポンプの基本要素は、圧縮機、コンプレッサ駆動制御回路、熱交換機器等が挙げられる。圧縮機の消費電力が約80%と圧倒的に多く、この低消費電力化が必須であった(図表19)。

図表 19: エアコンの消費電力の内訳例

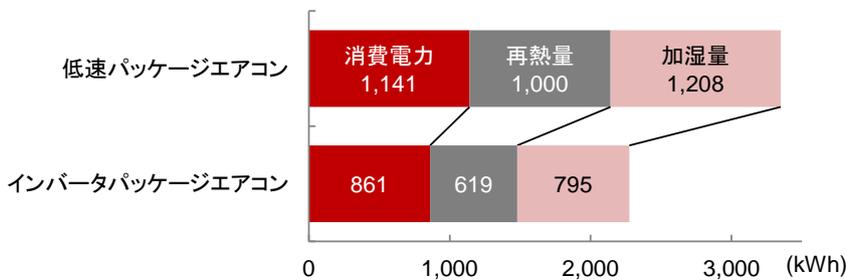


出所:各種資料より野村作成

インバータ化により消費電力を30%削減

この圧縮機の性能向上には、動力部である圧縮機モーターの効率や送風機モーターの効率を向上させることが必要で、インバータの仕組みを採用することでその効率向上を実現してきた。インバータとは周波数変換装置のことで、直流電圧を交流電圧に変換する。インバータエアコンでは、圧縮機の回転数を自由に变化させ、空調の負荷に応じた運転が可能となる。具体的には、エアコンの運転で設定温度になるまではモーターを高速で運転し、設定温度に近くなると低速の運転に切り替えて電力消費を抑える。エアコンの使用においては、この低速での運転時間が長いいため省エネが実現できることになる。従来のオン・オフを繰り返すノン・インバータ型に比べて電力損失が少なくなるため、一般的に消費電力は30%程度削減できると見られる(図表20)。その上、きめ細かな温度制御ができるため快適性も向上する。実際、日本では80年代前半にインバータ技術を搭載したエアコンが登場、90年代に急速に普及が拡大し、現在ではルームエアコンのほぼ全てがインバータ型となっている。日本におけるインバータ普及率とエアコン1台当たりのエネルギー消費量の推移をみると、インバータ化が進むに伴って、省エネが実現できたことが分かる(図表21)。

図表 20: パッケージエアコンのエネルギー消費量の比較

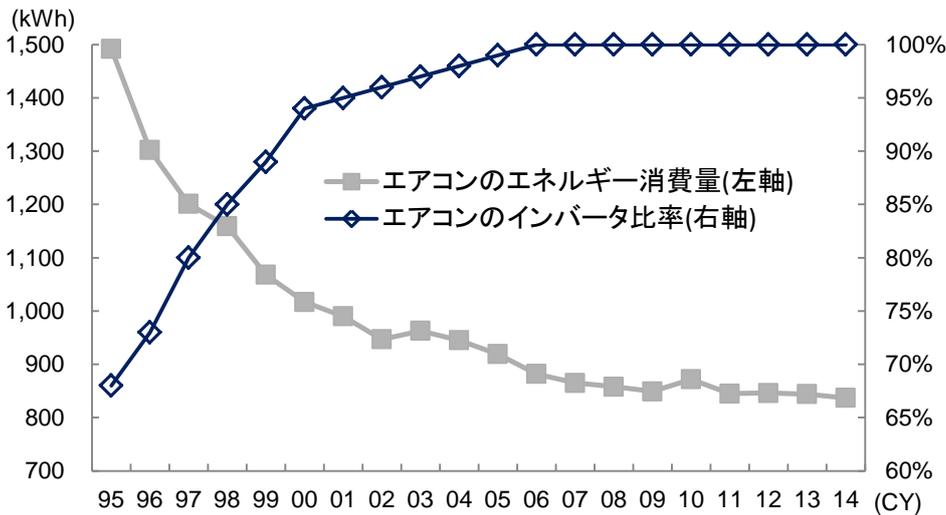


注1:8日間での比較

注2:消費電力は、室内機および室外機の合計

出所:スズデン資料より野村作成

図表 21: エアコンのインバータ比率とエネルギー消費量(日本)



注: 冷房・暖房期間中の電力消費量。冷暖房兼用・壁掛け型・冷房能力 2.8kW クラス・省エネルギー型の代表機種単平均値。

出所: ダイキン工業、資源エネルギー庁「省エネ性能カタログ」等を基に野村作成

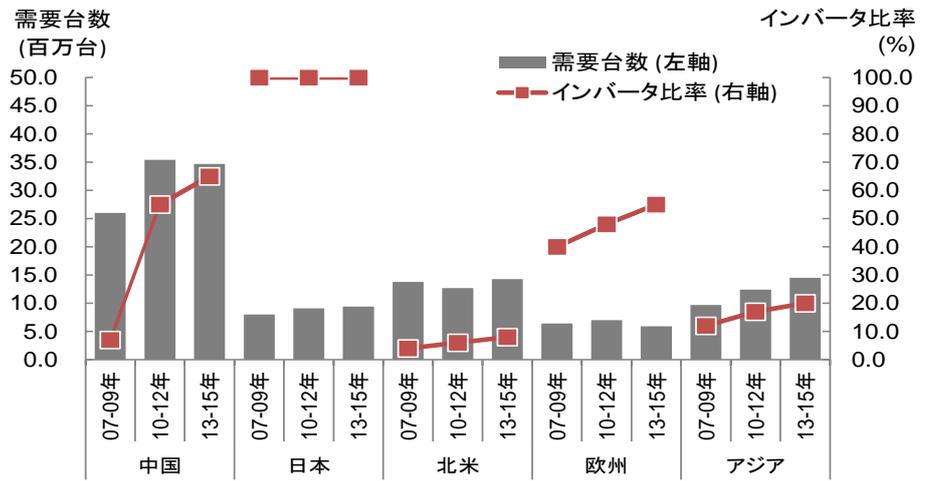
インバータ化の次の 4 つの方向性

インバータ化による圧縮機の電力消費量低減に加えて、通風抵抗の均一化や冷媒配管の短縮化等によるスペース拡大に伴う熱交換器の効率向上や、室内機形状の最適化、フィルタ自動掃除機能の採用等さまざまな改善が実施されている。構成部品の効率向上はある程度限界に近づきつつあり、今後は新たな方向性が求められている。エアコンに求められる性能は、温度だけでなく、湿度、気流、空気清浄を含めた 4 つの方向性がある。ストレスを感じさせないのが究極のエアコンであろう。これらの快適性の追求と同時に、使用環境に応じて運転を制御するソフト省エネの時代に入っている。例えば、センサ技術を応用して人の体感温度を見張り、冷房・暖房運転と、ヒートポンプを使用しない送風運転を自動的に切り替える。送風だけでもモーターの効率が良いため通常の扇風機よりも効率的に送風できるケースがある。また、エアコンは天井付近に設置されていることが多く、暖房時には天井に溜まった暖気をかき混ぜることに利用できる。利用環境はユーザーによって異なるため、利用環境に応じた省エネ制御が求められよう。

世界的にもインバータ化が進む

このように日本は環境技術において世界をリードしてきたが、他の地域でも環境規制対応が進みインバータの普及率は上昇してきている(図表 22)。環境意識が高い欧州は、もともと日本に次いでインバータ比率が高かった。温暖化の影響への対応と思われるエアコン普及率の上昇に加えて、ヒートポンプの応用による冷暖房機の普及で、空調のオールシーズン化が進んでいる。急速に普及拡大が進んでいるのは中国である。大気汚染等環境問題が深刻化する中国では、規制強化とともに過去 10 年間で急速にインバータ比率が上昇している。電力需要抑制と環境対応のため、09 年以降の発売製品については、エネルギー効率制限値や等級表示を義務化、地域によっては補助金制度が導入されるケースもある。これまで、ダクトタイプが一般的な北米市場においても、ダクトレスタイプが普及し始めている。

図表 22: エアコンの需要台数とインバータ比率



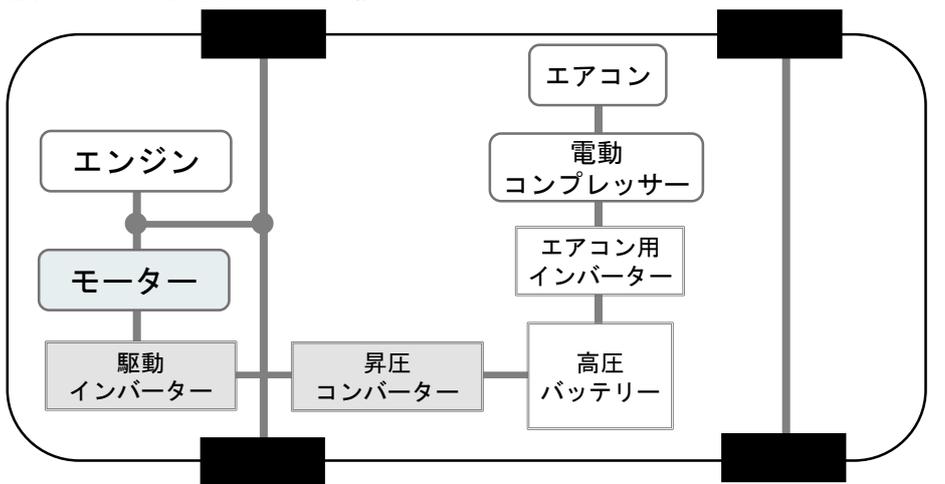
注: 北米のインバータ比率は金額ベース
出所: 日本冷凍空調工業会およびヒアリング等より野村作成

3. 加速する自動車の電動化

モーター駆動の自動車には新たにインバータが必要

自動車分野でも環境対応車の普及が始まり、インバータ需要が拡大している。全エネルギー消費に占める運輸セクターの比率は 25% で、その主要な用途として自動車関連が挙げられる。そのため、自動車分野でのエネルギー効率の改善、二酸化炭素排出量の削減、排気ガスの環境特性の改善等が求められ、環境対応車の需要も拡大している。原油価格の変動を受けてガソリン価格も変動し、そのためガソリン車が売れるようなケースも短期的にはあるが、中長期的には環境対応車の普及率が上がることになろう。ハイブリッド車(HEV)、プラグインハイブリッド(PHEV)、電気自動車(EV)、燃料電池車等が挙げられ、共通点としてガソリン車にはなかったモーターが搭載される(図表 23)。既存の内燃機関自動車にもパワーMOSFET等のパワー半導体は多く用いられているが、モーター駆動のためのインバータが新たに必要になる。

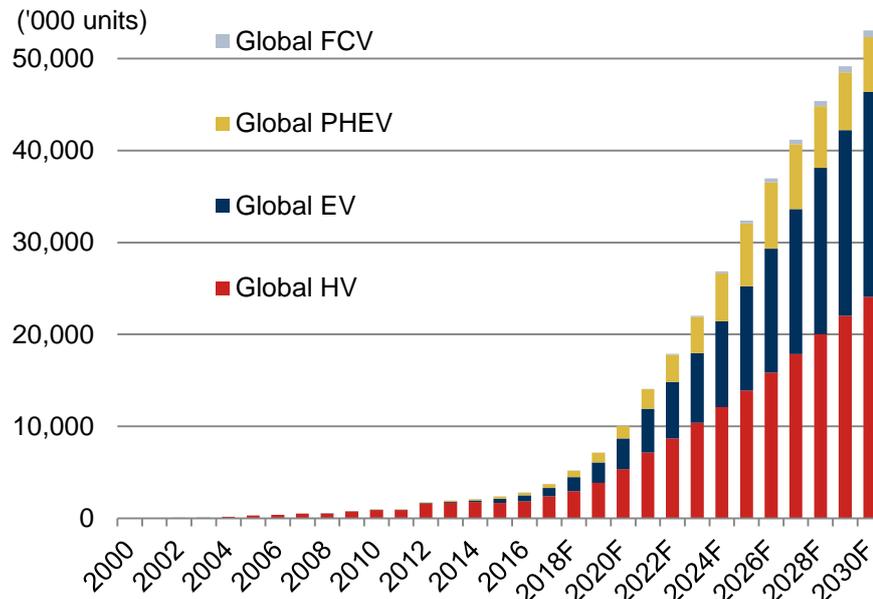
図表 23: HEV 自動車のシステム構成例



出所: 各種資料を参考に 野村作成

野村の自動車チームでは、これら次々世代環境対応車の市場は、16年に276万台と世界の自動車市場の3.0%と推定しており、18年には508.6万台で5.1%、30年には5,188万台で41~42%程度を占めると予想している(図表24)。

図表 24: 次世代パワートレインの販売台数



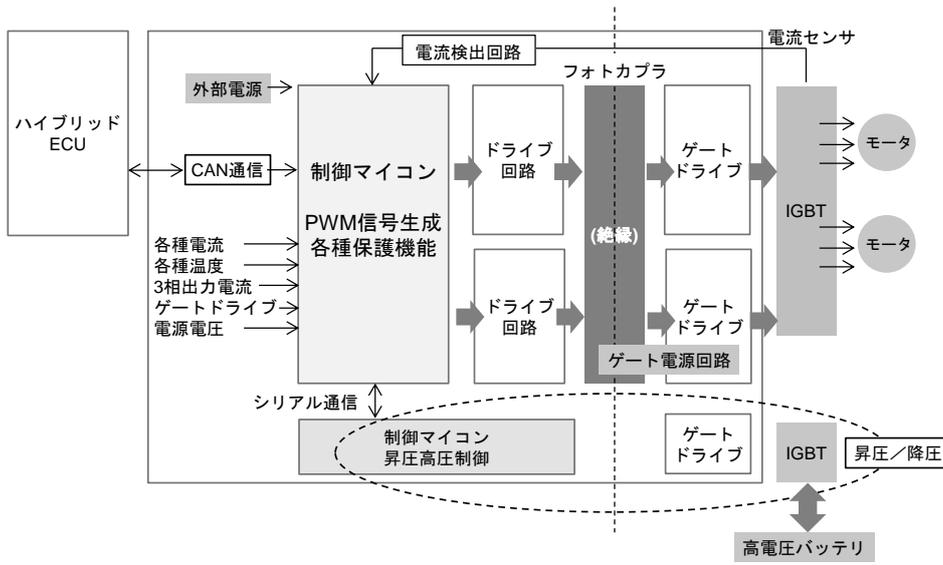
出所: Fourin、日本自動車工業会(JAMA)、Marklines、欧州環境局(EEA)、国際クリーン交通委員会(ICCT)、Ward's、Autodata、野村予想

自動車メーカーがパワー半導体を内製化するケースもある

自動車業界では、これまでの内燃機関自動車時代の垂直統合モデルから、EV時代にはモジュール化が進んだ水平分業モデルに転換する可能性も指摘されており、付加価値の流出を恐れる自動車メーカーや自動車部品メーカーの一部はIGBT等のパワー半導体の内製化に注力している。また、デンソーが提唱した両面に放熱モジュールのあるパワーカードのように、IPM(インテリジェント・パワーモジュール)をプラットフォームとするケースもある。モジュールに使われる半導体(IGBT)は外部調達するケースもある。パワー半導体は、先端ロジックやメモリと異なり前工程の付加価値が相対的に低いため、自社は付加価値が高くノウハウで差別化できるモジュールに特化するという考え方である。

EVにおける車載インバータの機能を詳しく見ると、電池に蓄えられた直流電力を交流電力に変換し、変換する際に車速やシステム制御に必要な周波数を作り出し、モーター回転数、駆動トルクや電力を制御して、車両の加減速を行う役割を担う。そのため技術開発の方向性としては、(1)小型化：車両搭載性の重視、(2)高効率化：EV走行距離の延長、(3)高出力化：快適な加速性能の実現、(4)信頼性：厳しい車載環境等がある。また、車載インバータの構成要素を見てみると、パワー素子(IGBT)、パワーモジュール、高耐圧 DC ラインキャパシタ、主回路バスバー、パワーモジュール駆動回路基板、モーター制御回路基板、3相電流センサ、強電 AC、DC コネクタ等が挙げられる(図表 25)。

図表 25: 車載インバータの回路構成

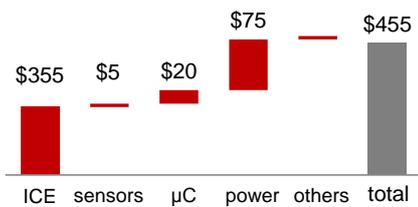


出所: 野村

自動車 1 台当たりの半導体搭載金額は着実に上昇

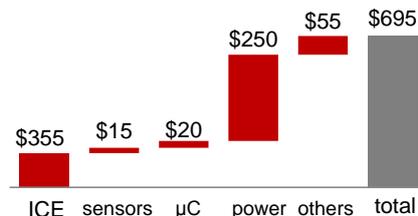
自動車のエレクトロニクス化が進展しており、自動車 1 台当たりの半導体搭載金額は 08 年の 250 ドル前後から 15 年には 340 ドル前後まで上昇してきていると推測される。今後ますます自動車の高度化、インテリジェント化が進むと見られ、半導体搭載金額は上昇トレンドを辿ると予想される。とくに成長の牽引役として挙げられるのが、モーター搭載に伴うインバータ回路需要の増大に伴ってパワー半導体需要の増加が見込まれること、ADAS 等の自動運転技術の高機能化である。まず、自動車の電源システムは現行の 12V が一般的だが 48V システムを導入する動きがあり、パワー系の需要の増加が期待される(図表 26)。モーターの出力が同じで駆動電圧を高くすると供給電流を少なくでき、その分消費電力を削減できる。また、12V と 48V を併存すると冗長性が向上されるメリットもある。ハイブリッド自動車の半導体搭載金額は 700 ドル程度に達すると見られる。なかでもパワー半導体は 250 ドルと最大の構成部品になる可能性が高い(図表 27)。また、BEV(Battery EV)になるとパワー半導体が 380 ドルを占めるようになって見込まれる(図表 28)。環境対応車の構成比にもよるが、総じてパワー半導体分野の安定成長が期待される。

図表 26: 自動車 1 台当たり半導体(1)
電源 48V 自動車



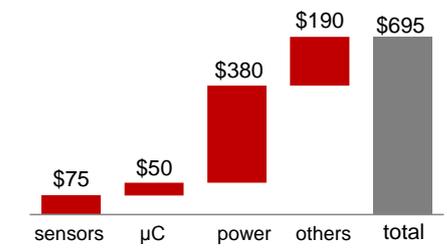
出所: Infineon 会社資料より野村作成

図表 27: 自動車 1 台当たり半導体(2)
HEV/PHEV



出所: Infineon 会社資料より野村作成

図表 28: 自動車 1 台当たり半導体(3)
BEV



出所: Infineon 会社資料より野村作成

IV.次世代パワー半導体市場が徐々に離陸

1. ワイドバンドギャップ化による世代交代

現状は IGBT とパワーMOSFET が主流

応用装置の出力容量や動作周波数で分類されるパワーデバイス、半導体技術の進歩とともに変化してきた。鉄道、無停電電源、産業機器、自動車、白家電等、出力容量が大きく従来ダイオードが使われていた分野に、現在では IGBT やパワーMOSFET が利用されるケースが増えてきた。

たとえば、鉄道分野でのパワー半導体の変遷を見てみると、当初の電車は機械的なスイッチで複数のモーターを直列あるいは並列につないだり抵抗器をつなぎ換えたりして、直流モーターにかける電圧の調整で速度をコントロールしていた。しかし、スイッチの接点の磨耗や電圧調整用の抵抗器が電力を消費しエネルギーの無駄が多かった。次に半導体を使ったチョップ制御が考案され、モーターに流す電流のオン/オフを高速で切り替え平均電流の差でスピードを増減させていた。64年に営業運転を開始した新幹線は、初代0系では架線から取った交流を直流に変換後、直流モーターを駆動させ、速度はダイオードと受動用変圧器の端子切り替えで調整していた。

新幹線は 92 年に GTO、98 年に IGBT を採用

92年の300系では交流電動機で駆動することになった。インバータ方式(PWM制御電力変換装置)が採用され、GTO(Gate Turn-Off thyristor)が利用された。

GTOは75年に日本で開発され、その後電車の制御に採用できるまで大電流が制御できるようになった。98年の長野新幹線、99年の700系からIGBTインバータが使われるようになった。新幹線の架線は特殊で単相交流2万5,000ボルトである。まず、トランスで電圧を下げ、コンバータで直流に変え、さらにインバータで三相交流に変換してモーター制御している。地下鉄ではGTOインバータが82年に実用化され、架線電圧が1,500ボルトの日比谷線で92年にIGBTが採用された。このようにIGBTは他のパワーデバイスを置き換えて応用分野を広げてきた。

低オン抵抗、高速スイッチ、高破壊耐量の3つを改善

パワーデバイスの技術的なトレンドは、相矛盾する3つの指標、低オン抵抗、高速スイッチ、高破壊耐量をいかに同時に向上させるかにある(図表29)。効率性を上げ、理想的なデバイスである効率100%変換にどこまで近づけられるかが重要で、今後も基本的な方向性が変わることは無いと思われる。

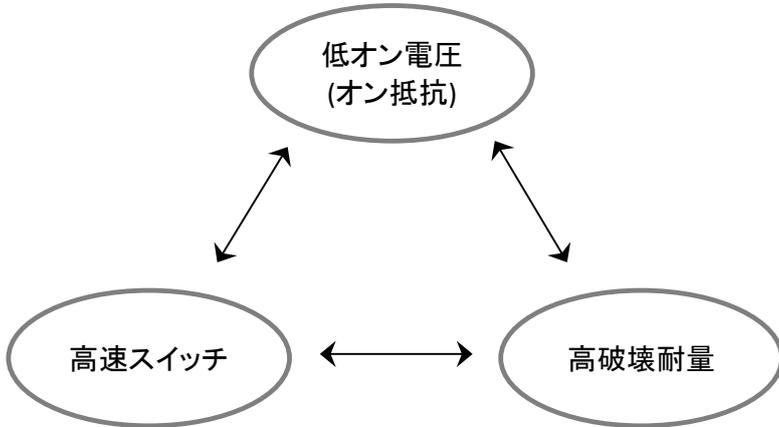
IGBTの世代交代は物理的な限界に近づきつつある

IGBTの過去の世代交代は、インバータ動作時の電力損失低減の歴史であった(図表30)。現在では第6世代や第7世代が主流となっており、バイポーラ型の時代と比較して電力損失は5分の1前後にまで低減できている。しかし、トレンチ型構造の採用等デバイス構造の改善や薄ウェハ化の進展でこれらの電力損失を実現してきたが、シリコンの物理特性の限界に近づきつつある。オン抵抗を下げるために薄ウェハ化を進めてきたが、これ以上薄くすると低い電圧をか

けただけで壊れてしまう。シリコン(Si)を用いた IGBT では、今後は飛躍的な性能向上を期待することが困難になっている。

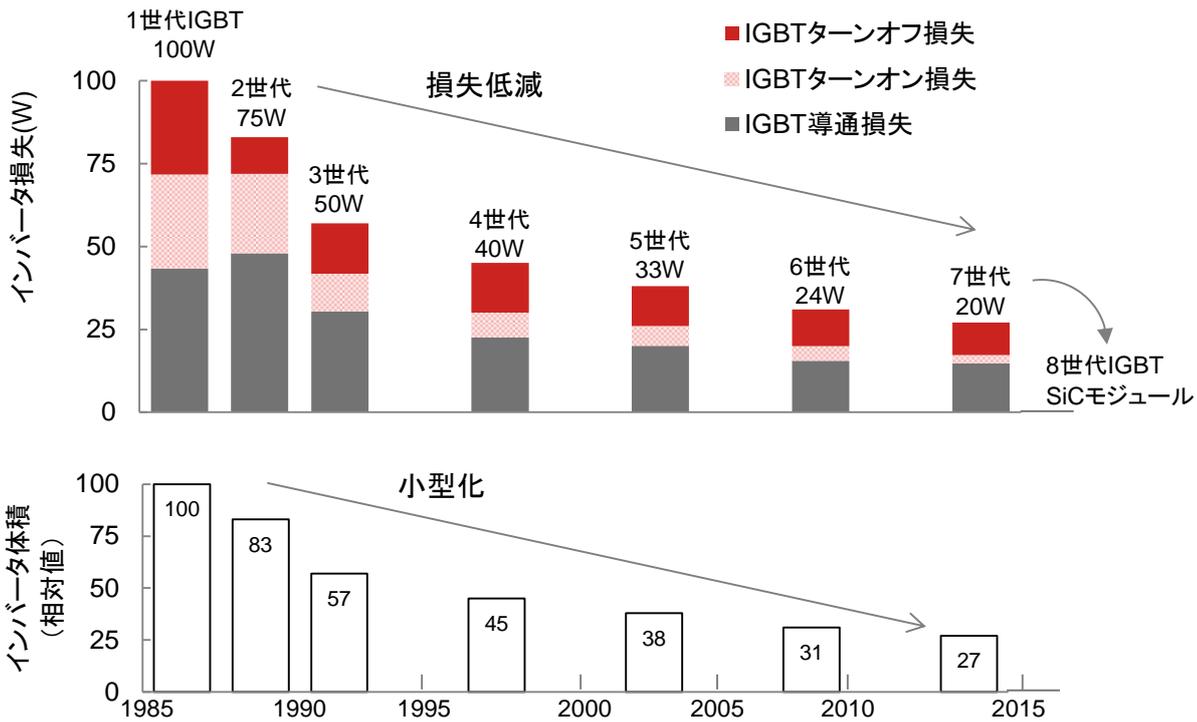
図表 29: パワーデバイスに求められる特性

3つの特性を同時に向上



出所: 各種資料より野村作成

図表 30: パワーモジュール電力損失低下と小型化技術



出所: 三菱電機資料より野村作成

Siの限界を超えるためにワイドバンドギャップ半導体に期待

Siの限界を超えるためにワイドバンドギャップ半導体と呼ばれる半導体材料を使う試みがなされており、次世代のパワー半導体材料として将来的に注目されている。バンドギャップとは半導体のバンド構造における価電子帯から伝導帯までの間の禁止帯(電圧を保持するためのバンド)の幅のことである。簡単に言えば、バンドギャップ以上のエネルギーが得られれば電子が両バンド間を遷移

することができる。ワイドバンドギャップ半導体には様々な種類があるが、なかでも炭化ケイ素(SiC)と窒化ガリウム(GaN)の2つがパワー半導体向けの材料として期待されている(図表 31)。これらの材料のバンドギャップは Si に比べて 3 倍程度大きく、絶縁破壊電圧も 10 倍程度である。そのため Si の限界を超えてオン抵抗を低減でき、省エネルギー化を一段と実現することが期待される。また、これら 2 つの次の候補として酸化ガリウム(Ga₂O₃)の登場の可能性も議論されている。酸化ガリウムはウェハ基板の製造方法がシリコンとほぼ同等でコスト競争力があり、バンドギャップも高い点が優位である。一方で熱伝導率が低い弱点があり、パッケージング技術の開発で放熱特性を改善する必要がある。

図表 31: ワイドギャップ半導体の性能比較

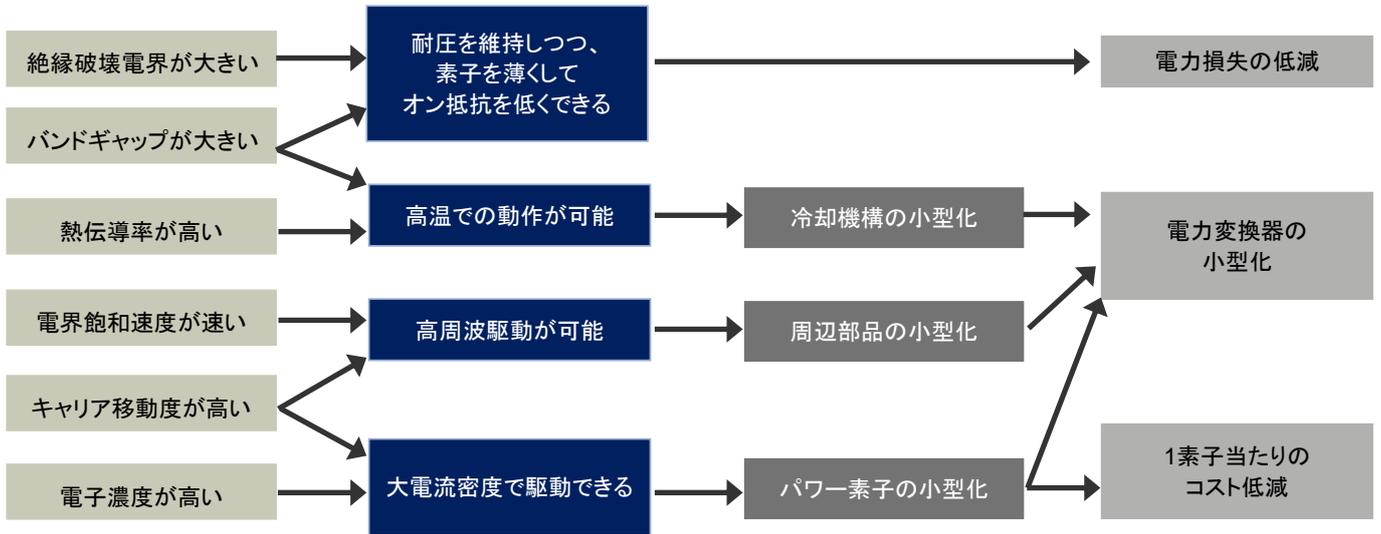
材料	Si	4H-SiC	GaN	Ga ₂ O ₃
バンドギャップ (ev)	1.1	3.3	3.39	4.9
電子移動度 μ_e (cm ² /Vs)	1,400	1,000	1200	300 (推定)
絶縁破壊電界 (MV/cm)	0.3	2.5	3.3	8 (推定)
熱伝導率 λ (W/cmK)	1.5	4.9	2	0.23
誘電率 ϵ	11.8	9.7	9	10
バリガ性能指数(対Si)	1	340	870	3,444

出所: 各種資料より野村作成

ワイドバンドギャップ半導体のメリットは多い

ワイドバンドギャップ半導体を利用すると様々なメリットが出ると予想される(図表 32)。耐圧を維持しつつ素子を薄くしてオン抵抗を低くでき、電力損失の低減につながる。あるいは、高温動作が可能となるため冷却装置を小型化することができ、高周波動作が可能であれば周辺部品の小型化が可能であり、したがって電力変換機のサイズを小型化することができる。SiC も GaN も省エネメリットが大きく、開発が進んでいるが、GaN デバイスはスイッチング周波数の高さや損失の低さに強みがあるため、比較的低耐圧の分野で普及する可能性が高く、現在のパワー-MOSFET の市場で活躍できる可能性が高い(図表 33)。一方、SiC デバイスは高耐圧の実現が比較的容易で熱伝導率が高く放熱性にも優れるため、高耐圧大電力用のパワーデバイスとして期待され、現在の IGBT が活躍している分野に近い領域から普及しよう。

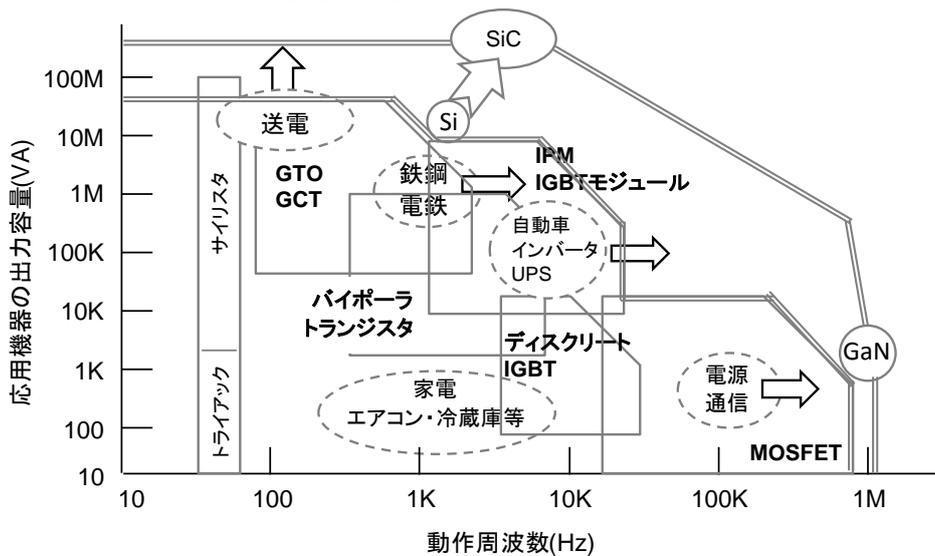
図表 32: ワイドバンドギャップ半導体のメリット



出所: 各種資料より野村作成

2. SiC の応用分野が徐々に広がる

図表 33: パワーデバイスの回路と対象領域



注: GTO=Gate Turn-off, GCT=Gate Commutated Turn-off, UPS= Uninterruptible Power Supply
 出所: 三菱電機資料より野村加筆、修正

SiC ダイオード、SiC トランジスタ、GaN デバイスの順で立ち上がる

これらのワイドバンドギャップ半導体の中で最初に市場が確立されたのは SiC ダイオードであった。データセンタの消費電力等で環境規制が厳しい地域でサーバー電源用途に用いられている。徐々に適用範囲が広がっており、太陽光パワーコンディショナ、鉄道、産業機械、空調等の分野から使われている。また、SiC ダイオードに加えて、トランジスタも SiC 化したフル SiC が一部に普及し始めている。とくに鉄道分野は SiC の強みが発揮できるため普及が進んでいる。13年に東京メトロ銀座線に SiC ダイオードのインバータ導入が始まった。また、小田急電鉄でも採用が進んでいる。今後は、新幹線の新型車両「N700 S」に採

用される見通しである。新幹線では 300 系以降、小型軽量化のためにコンバータ(C)とインバータ(I)を一体化しており CI と呼んでいる。300 系では GTO が採用されていたが、700 系から IGBT に変更され、20 年度の営業運転を目指す 700S ではいよいよ SiC が採用される。SiC 搭載の CI のレール方向の長さが半分以下になり床下機器の配置の自由度が上がり、車両の標準化が進む見通しである。今後は EV/HEV 等の自動車分野へ普及しよう。普及拡大のためには、信頼性の確保やコストダウンが求められよう。

SiC の課題はコスト

SiC デバイスの市場規模は、現状 200~300 億円に留まっている。SiC デバイスの最大の課題はコストである。とくに SiC デバイスの大半のコストを占める SiC ウェハのコストダウンが強く求められている。現在 SiC ウェハは 4 インチが多く、6 インチ化が徐々に進んでいる。6 インチ SiC ウェハの価格は現状 12 万円前後と見られ、この価格低下が求められているが、高品質なウェハを提供できるメーカーは限定的である。また、SiC は液相がなく昇華法による製造プロセスを採用するため、なかなかコストが下がらないのが課題である。将来、8 インチ化が進展すればもう一段のコスト削減が期待できよう。

GaN は技術難易度が高いものの、SiC に次いで市場が立ち上がる見込み

GaN については SiC よりもさらに市場離陸のタイミングが遅れている。膜の均一化等の量産化に向けた技術難易度が高いためと考えられる。ただ、GaN 市場への参入企業は SiC よりも多く、時間の経過とともに課題を乗り越えられれば、SiC に次いで市場が立ち上がると思われる。今年から産機向け市場が立ち上がり、2020 年以降は車載向けも本格利用が期待される。様々な調査会社のコンセンサスによると 2022 年頃に 1,400~1,500 億円の市場規模に達しよう。

3. 多様化するビジネスモデル

成長市場への参入企業は多い

SiC は成長期待分野ということで、多くの企業が参入しており、競争は厳しい。IGBT や MOSFET 等の現行パワー半導体でシェアが高い企業が、顧客資産を持ち、アプリケーションノウハウを持っているという意味では強いと考えられる。一方で、材料が変わるため、デバイス特性そのものの技術優位性は大きく変わる可能性がある。とくに、チップ製造についてはシェアが大きく変わる可能性もある。また、SiC はグリーンエネルギーをテーマにした省エネ目的の戦略デバイスともいえ、日米欧は政府主導で普及を促進している。中国でも鉄道分野等特定用途市場では国がサポートする形で参入している企業もある。

SiC 業界の様々なビジネスモデル

SiC 参入企業にはいくつかビジネスモデルがある(図表 34)。第 1 のビジネスモデルは、これまでの MOSFET や IGBT と同様に、ウェハは外部から購入し、チップの設計、製造を行うものである。Infineon や ON Semiconductor がここに属する。第 2 は、ウェハを内製する垂直統合モデルであり、ロームや Cree、Wolfspeed が挙げられる。SiC ウェハのコストは依然として高く、技術的な改善余地も大きい。第 3 は、SiC デバイスの応用製品であるシステムそのものを持つ企業群である。三菱電機や富士電機はインバータやパワーコンディショナ

一を持つ。また、自動車業界では、トヨタ自動車とデンソーが SiC デバイスを内製している。これら以外にも、設計と製造が分かれるファブレス・ファウンドリ・モデルや、SiC 基板にエピ層を積むエピウェハを担当する企業、パッケージ工程に特化したモジュール企業等もある。

図表 34: 主な SiC 参入企業の事業領域



出所: 野村

図表 35: 主な次世代半導体メーカーの計画・状況

	SiCパワーデバイス	GaNパワーデバイス	最近の動向
三菱電機	○		2010年SiC搭載のインバータエアコンを発売。2011年SiC適用鉄道車両用インバータを製品化、2014年PV用のSiC DIPIPMを発売、2015年フルSiC-IPM搭載のエアコンを発売。2017年SiC-SBDを発売。
ローム	○	○	ダイオード、トランジスタ共に量産開始済み。SiCウェハも内製。2012年よりフルSiCパワーモジュールの量産開始。6インチ化で先行。2025年に向けて、累積投資200億円を計画。
富士電機	○	○	松本工場内にSiC6インチ生産ライン。2012年フルSiCパワーモジュールを量産。17年6月低抵抗SiC-MOSFETを発表。2017年度中のフルSiCモジュール製品化を目指す。
日立製作所	○		鉄道用と車載用SiCモジュールの開発に注力。
三社電機	○		パナソニックとSiCモジュールを共同開発。2017~2018年でのSiC量産化を目指している。
Infineon	○	○	フルSiCモジュールを2018年より量産予定。2015年1月にInternational Rectifierを買収しGaNを取得。15年3月にパナソニックとのGaNパワーデバイス開発での協業を発表。
STMicro	○		600V耐圧のSBD開発。2014年1200V耐圧SiCパワー-MOSFET量産、4インチウェハでSiCパワー-MOSFET、SiCダイオード製造。6インチラインの導入も進める。
新日本無線	○		SBDを開発。10年10月より量産。デンソーとの共同開発でオーディオ向けのSiC-MOSFETを量産。
富士通		○	2013年に富士通セミコンダクタと米TransphormのGaNパワーデバイス事業を統合(製造は会津若松工場)。2015年GaN-HEMT ACアダプターを開発。
サンケン電気	○	○	2013年SiC-SBD量産開始、2018年にトレンチ型SiC-MOSFET量産化予定。GaNは、ドライバ内臓トランジスタを開発中。
パナソニック	○	○	ダイオードで耐圧9400V達成。15年3月にInfineonとのGaNパワーデバイス開発での協業を発表。
ルネサスエレクトロニクス	○	○	NECとGaNパワートランジスタ共同開発。2011年SiC-SBDを量産、2012年にはSiCダイオードと高耐圧トランジスタをパッケージ化したSiC複合パワーデバイスを量産開始。
デンソー	○		新日本無線との共同開発でオーディオ向けのSiC-MOSFETを量産。
ON Semiconductor	○	○	2016年に買収したFairchildの高耐圧SiC、ON Semiconductorの低耐圧GaN幅広い電圧範囲をカバーする製品を提供
X-FAB	○		6インチのSiCファウンドリサービスを提供

注: 「○」は開発中もしくは製品有を表す
出所: 各社資料、リリースより野村作成

図表 36: SiC ウェハ関連企業一覧

社名	国	最近の動向
Cree	米	圧倒的なシェアを確保。パワーの他、LED、高周波向けも供給
SiCrystal	独	ロームが買収。4インチから6インチへ移行中。LEDからパワーへシフト
II-VI	米	08年12月から4インチを販売、6インチSiCウェハも進める
TankeBlue Semiconductor	中	4インチ、6インチをメインに量産
昭和電工	日	17年9月SiCエピウェハの生産能力増強を発表(月産3,000枚→5,000枚)、新日鉄住金からSiC関連資産を譲受
住友電工	日	17年9月SiCエピタキシャル基板4インチと6インチの生産・販売を開始
エア・ウォーター	日	GaNデバイス向けSiC on Si基板、GaN on SiC/Siテンプレート基板を製造
デンソー	日	6インチSiCウェハを開発

出所: 野村

ディスクレイマー

本資料は表紙に記載されている野村グループの関連会社により作成されたもので、表紙などに従業員やその協力者が記載されている1社あるいは複数の野村グループの関連会社によって単独あるいは共同で作成された資料が含まれます。ここで使用する「野村グループ」は、野村ホールディングス、およびその関連会社と子会社を指し、また、日本の野村證券(「NSC」)、英国のノムラ・インターナショナル plc(「Nlplc」)、米国のノムラ・セキュリティーズ・インターナショナル・インク(「NSI」)、インスティテット LLC(「ILLC」)、香港の野村国際(香港)(「NIHK」)、韓国のノムラ・フィナンシャル・インベストメント(韓国)(「NFIK」)(韓国金融投資協会(「KOFIA」)に登録しているアナリストの情報は KOFIA のイントラネット <http://dis.kofia.or.kr> でご覧いただけます)、シンガポールのノムラ・シンガポール・リミテッド(「NSL」)(登録番号 197201440E、シンガポール金融監督局に監督下にあります)、オーストラリアのノムラ・オーストラリア・リミテッド(「NAL」)(ABN 48 003 032 513)(オーストラリアのライセンス番号 246412、オーストラリア証券投資委員会(「ASIC」)の監督下にあります)、インドネシアの P.T.ノムラ・セキュリティタス・インドネシア(「PTNSI」)、マレーシアのノムラ・セキュリティーズ・マレーシア Sdn. Bhd.(「NSM」)、台湾の NIHK 台北支店(「NITB」)、インドのノムラ・フィナンシャル・アドバイザー・インド・セキュリティーズ(インド)プライベート・リミテッド(「NFASL」)、(登録住所: Ceejay House, Level 11, Plot F, Shivsagar Estate, Dr. Annie Besant Road, Worli, Mumbai- 400 018, India; 電話: +91 22 4037 4037、ファックス: +91 22 4037 4111; CIN 番号: U74140MH2007PTC169116、SEBI 登録番号(株式ブローカレッジ): BSE INB011299030、NSE INB231299034、INF231299034、INE 231299034、MCX: INE261299034、SEBI 登録番号(マーチャントバンキング): INM000011419、SEBI 登録番号(リサーチ): INH000001014)、スペインの Nlplc マドリード支店(「Nlplc, Madrid」)が含まれます。リサーチ・レポートの表紙のアナリスト名の横に記載された「CNS タイランド」の記載は、タイのキャピタル・ノムラ・セキュリティーズ・パブリック・カンパニー・リミテッド(「CNS」)に雇用された当該アナリストが、CNS 及び NSL 間のアグリーメントに基づき、NSL にリサーチ・アシスタントのサービスを行っていることを示しています。リサーチ・レポートの表紙の従業員氏名の横に記載された「NSFSPL」は、ノムラ・ストラクチャード・ファイナンス・サービスズ・プライベート・リミテッドに雇用された当該従業員が、インターカンパニー・アグリーメントに基づき、特定の野村の関連会社のサポートを行っていることを示しています。リサーチ・レポートの表紙のアナリスト名の横に記載された「BDO-NS」(「BDO ノムラ・セキュリティーズ・インク」を表します)の記載は、BDO ユニバンク・インク(「BDO ユニバンク」)に雇用され BDO-NS に配属された当該アナリストが、BDO ユニバンク、NSL 及び BDO-NS 間のアグリーメントに基づき、NSL にリサーチ・アシスタントのサービスを行っていることを示しています。BDO-NS は BDO ユニバンクと野村グループのジョイント・ベンチャーで、フィリピンの証券ディーラーです。

本資料は、(i)お客様自身のための情報であり、投資勧誘を目的としたものではなく、(ii)証券の売却の申込みあるいは証券購入の勧誘が認められていない地域における当該行為を意図しておらず、かつ(iii)野村グループに関するディスクロージャー以外は、信頼できると判断されるが野村グループによる独自の確認は行っていない情報源に基づいております。

野村グループに関するディスクロージャー以外は、野村グループは、本資料の正確性、完全性、信頼性、適切性、特定の目的に対する適性、譲渡可能性を表明あるいは保証いたしません。また、本資料および関連データの利用の結果として行われた行為(あるいは行われないという判断)に対する責任を負いません。これにより、野村グループによる全ての保証とその他の言質は許容可能な最大の範囲まで免除されます。野村グループは本情報の利用、誤用あるいは配布に対して一切の責任を負いません。

本資料中の意見または推定値は本資料に記載されている発行日におけるものであり、本資料中の意見および推定値を含め、情報は予告なく変わることがあります。野村グループは本資料を更新する義務を負いません。本資料中の論評または見解は執筆者のものであり、野村グループ内の他の関係者の見解と一致しない場合があります。お客様は本資料中の助言または推奨が各自の個別の状況に適しているかどうかを検討する必要があります。また、必要に応じて、税務を含め、専門家の助言を仰ぐことをお勧めいたします。野村グループは税務に関する助言を提供していません。

野村グループ、その執行役、取締役、従業員は、関連法令、規則で認められている範囲内で、本資料中で言及している発行体の証券、商品、金融商品、またはそれらから派生したオプションやその他のデリバティブ商品、および証券について、自己勘定、委託、その他の形態による取引、買持ち、売持ち、あるいは売買を行う場合があります。また、野村グループ会社は発行体の金融商品の(英国の適用される規則の意味する範囲での)マーケットメーカーあるいはリクイディティ・プロバイダーを務める場合があります。マーケットメーカー行動が米国あるいはその他の地域における諸法令および諸規則に明記された定義に従って行われる場合、発行体の開示資料においてその旨が別途開示されます。

本資料はスタンダード・アンド・プアーズなどの格付け機関による信用格付けを含め、第三者から得た情報を含む場合があります。当該第三者の書面による事前の許可がない限り、第三者が関わる内容の複製および配布は形態の如何に関わらず禁止されております。第三者である情報提供者は格付けを含め、いずれの情報の正確性、完全性、適時性あるいは利用可能性を保証しておらず、原因が何であれ、(不注意あるいは他の理由による)誤りあるいは削除、または当該内容の利用に起因する結果に対する一切の責任を負いません。第三者である情報提供者は、譲渡可能性あるいは特定の目的または利用への適性の保証を含め(ただしこれに限定されない)、明示的あるいは暗黙の保証を行っていません。第三者である情報提供者は格付けを含め、提供した情報の利用に関する直接的、間接的、偶発的、懲罰的、罰則的、特別あるいは派生的な損害、費用、経費、弁護士料、損失コスト、費用(損失収入または利益、機会コストを含む)に対する責任を負いません。信用格付けは意見の表明であり、事実または証券の購入、保有、売却の推奨を表明するものではありません。格付けは証券の適合性あるいは投資目的に対する証券の適合性を扱うものではなく、投資に関する助言として利用することはお控えください。

本資料中に含まれる MSCI から得た情報は MSCI Inc.(「MSCI」)の独占的財産です。MSCI による事前の書面での許可がない限り、当該情報および他の MSCI の知的財産の複製、再配布あるいは指数などいかなる金融商品の作成における利用は認められません。当該情報は現状の形で提供されています。利用者は当該情報の利用に関わるすべてのリスクを負います。これにより、MSCI、その関連会社または当該情報の計算あるいは編集に関与あるいは関係する第三者は当該情報のすべての部分について、独創性、正確性、完全性、譲渡可能性、特定の目的に対する適性に関する保証を明確に放棄いたします。前述の内容に限定することなく、MSCI、その関連会社、または当該情報の計算あるいは編集に関与あるいは関係する第三者はいかなる種類の損失に対する責任をいかなる場合にも一切負いません。MSCI および MSCI 指数は MSCI およびその関連会社のサービス商標です。

Russell/Nomura 日本株インデックスの知的財産権およびその他一切の権利は野村証券株式会社および Frank Russell Company に帰属します。なお、野村証券株式会社および Frank Russell Company は、当インデックスの正確性、完全性、信頼性、有用性、市場性、商品性および適合性を保証するものではなく、インデックスの利用者およびその関連会社が当インデックスを用いて行う事業活動・サービスに関し一切責任を負いません。

本資料は投資家のお客様にとって投資判断を下す際の諸要素のうちの一つにすぎないと考え下さい。また、本資料は、直接・間接を問わず、投資判断に伴う全てのリスクについて検証あるいは提示しているのではないことをご了解ください。野村グループは、ファンダメンタル分析、定量分析等、異なるタイプの数々のリサーチ商品を提供しております。また、時間軸の捉え方や分析方法の違い等の理由により、リサーチのタイプによって推奨が異なる場合があります。野村グループは野村グループのポータル・サイト上へのリサーチ商品の掲載および/あるいはお客様への直接的な配布を含め、様々な方法によってリサーチ商品を発表しております。調査部門が個々のお客様の要望に応じて提供する商品およびサービスはお客様の属性によって異なる場合があります。

当レポートに記載されている数値は過去のパフォーマンスあるいは過去のパフォーマンスに基づくシミュレーションに言及したものである場合があり、将来のパフォーマンスを示唆するものとして信頼できるものではありません。情報に将来のパフォーマンスに関する示唆が含まれている場合、係る予想は将来のパフォーマンスを示唆するものとして必ずしも信頼できるものではありません。また、シミュレーションはモデルと想定した簡略化に基づいて行われており、想定が過度に簡略化され、将来のリターン分布を反映していない場合があります。本資料で説明のために作成・発行された数値、投資ストラテジー、インデックスは、EU 金融ベンチマーク規制が定義する「ベンチマーク」としての「使用」を意図したものではありません。

特定の証券は、その価値または価格、あるいはそこから得られる収益に悪影響を及ぼし得る為替相場変動の影響を受ける場合があります。

金融市場関連のリサーチについて:アナリストによるトレード推奨については、以下の2通りに分類されます;戦術的(tactical)トレード推奨は、向こう3ヶ月程度の見通しに基づいています;戦略的(strategic)トレード推奨は、向こう6ヶ月から12ヶ月の見通しに基づいています。これら推奨トレードについては、経済・市場環境の変化に応じて、適宜見直しの対象となります。また、ストップ・ロスが明記されたトレードについては、その水準を超えた時点で推奨の対象から自動的に外れます。トレード推奨に明記される金利水準や証券のプライスについては、リサーチ・レポートの発行に際してアナリストから提出された時点の、ブルームバーグ、ロイター、野村のいずれかによる気配値であり、その時点で、実際に取引が可能な水準であるとは限りません。本資料に記載された証券は米国の1933年証券法に基づく登録が行われていない場合があります。係る場合、1933年証券法に基づく登録が行われる、あるいは当該登録義務が免除されていない限り、米国内で、または米国人を対象とする購入申込みあるいは売却はできません。準拠法が他の方法を認めていない限り、いかなる取引もお客様の地域にある野村の関連会社を通じて行う必要があります。

本資料は、Nipicにより英国および欧州経済領域内において投資リサーチとして配布することを認められたものです。Nipicは、英国のブルーデンス規制機構によって認可され、英国の金融行為監督機構とブルーデンス規制機構の規制を受けています。Nipicはロンドン証券取引所会員です。本資料は、英国の適用される規則の意味する範囲での個人的な推奨を成すものではなく、あるいは個々の投資家の特定の投資目的、財務状況、ニーズを勘案したものではありません。本資料は、英国の適用される規則の目的のために「適格カウンターパーティ」あるいは「専門的顧客」である投資家のみを対象にしたもので、したがって、当該目的のために「個人顧客」である者への再配布は認められておりません。本資料は、香港証券先物委員会の監督下にあるNIHKによって、香港での配布が認められたものです。本資料は、オーストラリアでASICの監督下にあるNALによってオーストラリアでの配布が認められたものです。また、本資料はNSMによってマレーシアでの配布が認められています。シンガポールにおいては、本資料はNSLにより配布されました。NSLは、証券先物法(第289条)で定義されることのある認定投資家、専門的投資家もしくは機関投資家ではない者に配布する場合、海外関連会社によって発行された証券、先物および為替に関わる本資料の内容について、法律上の責任を負います。シンガポールにて本資料の配布を受けたお客様は本資料から発生した、もしくは関連する事柄につきましてはNSLにお問い合わせください。本資料は米国においては1933年証券法のレギュレーションSの条項で禁止されていない限り、米国登録ブローカー・ディーラーであるNSIにより配布されます。NSIは1934年証券取引所法規則15a-6に従い、その内容に対する責任を負っています。本資料を作成した会社は、野村グループ内の関連会社が、顧客が入手可能な複製を作成することを許可しています。

野村サウジアラビア、Nipic、あるいは他の野村グループ関連会社はサウジアラビア王国(「サウジアラビア」)での(資本市場庁が定めるところの、)「オーソライズド・パーソンズ」、「エグゼンプト・パーソンズ」、または「インスティテューションズ」以外の者への本資料の配布、アラブ首長国連邦(「UAE」)においては、(ドバイ金融サービス機構が定めるところの、)「専門的顧客」以外の者への配布、また、カタール国の(カタール金融センター規制機構が定めるところの、)「マーケット・カウンターパーティー」、または「ビジネス・カスタマーズ」以外の者への配布を認めておりません。サウジアラビアにおいては、「オーソライズド・パーソンズ」、「エグゼンプト・パーソンズ」、または「インスティテューションズ」以外の者、UAEの「専門的顧客」以外の者、あるいはカタールの「マーケット・カウンターパーティー」、または「ビジネス・カスタマーズ」以外の者を対象に本資料ならびにそのいかなる複製の作成、配信、配布を行うことは直接・間接を問わず、係る権限を持つ者以外が行うことはできません。本資料を受け取ることは、サウジアラビアに居住しないか、または「オーソライズド・パーソンズ」、「エグゼンプト・パーソンズ」、または「インスティテューションズ」であることを意味し、UAEにおいては「専門的顧客」、カタールにおいては「マーケット・カウンターパーティー」、または「ビジネス・カスタマーズ」であることの表明であり、この規定の順守に同意することを意味いたします。この規定に従わないと、サウジアラビア、UAE、あるいはカタールの法律に違反する行為となる場合があります。

カナダ投資家へのお知らせ:本資料は個人的な推奨ではありません。また投資目的、財務状況、あるいは特定の個人または口座の特定のニーズを考慮したものではありません。本資料はオンタリオ証券委員会のNI 31-103のセクション8.25に基づいてお客様へ提供されています。

台湾上場企業に関するレポートおよび台湾所属アナリスト作成のレポートについて:本資料は参考情報の提供だけを目的としています。お客様ご自身で投資リスクを独自に評価し、投資判断に単独で責任を負っていただく必要があります。本資料のいかなる部分についても、野村グループから事前に書面で承認を得ることなく、報道機関あるいはその他の誰であっても複製あるいは引用することを禁じます。「Operational Regulations Governing Securities Firms Recommending Trades in Securities to Customer」及びまたはその他の台湾の法令・規則に基づき、お客様が本資料を関係者、関係会社およびその他の第三者を含む他者へ提供すること、あるいは本資料を用いて利益相反があるかもしれない活動に従事することを禁じます。NIHK台湾支店が執行できない証券または商品に関する情報は、情報の提供だけを目的としたものであり、投資の推奨または勧誘を意図したものではありません。

本資料のいかなる部分についても、野村グループ会社から事前に書面で同意を得ることなく、(i)その形態あるいは方法の如何にかかわらず複製する、あるいは(ii)配布することを禁じます。本資料が、電子メール等によって電子的に配布された場合には、情報の傍受、変造、紛失、破壊、あるいは遅延もしくは不完全な状態での受信、またはウイルスへの感染の可能性があることから、安全あるいは誤りがない旨の保証は致しかねます。従いまして、送信者は電子的に送信したために発生する可能性のある本資料の内容の誤りあるいは欠落に対する責任を負いません。確認を必要とされる場合には、印刷された文書をご請求下さい。

日本で求められるディスクレイマー

レポート本文中の格付記号の前に※印のある格付けは、金融商品取引法に基づく信用格付業者以外の格付業者が付与した格付け(無登録格付け)です。無登録格付けについては「無登録格付けに関する説明書」<https://www.nomura.co.jp/retail/bond/noregistered.html> をご参照ください。

当社で取り扱う商品等へのご投資には、各商品等に所定の手数料等(国内株式取引の場合は約定代金に対して最大1.404%(税込み)(20万円以下の場合)、2,808円(税込み))の売買手数料、投資信託の場合は銘柄ごとに設定された購入時手数料(換金時手数料)および運用管理費用(信託報酬)等の諸経費、等)をご負担いただく場合があります。また、各商品等には価格の変動等による損失が生じるおそれがあります。商品ごとに手数料等およびリスクは異なりますので、当該商品等の契約締結前交付書面、上場有価証券等書面、目論見書、等をよくお読みください。

国内株式(国内REIT、国内ETF、国内ETNを含む)の売買取引には、約定代金に対し最大1.404%(税込み)(20万円以下の場合)は2,808円(税込み)の売買手数料をいただきます。国内株式を相対取引(募集等を含む)によりご購入いただく場合は、購入対価のみお支払いいただきます。ただし、相対取引による売買においても、お客様との合意に基づき、別途手数料をいただくことがあります。国内株式は株価の変動により損失が生じるおそれがあります。国内REITは運用する不動産の価格や収益力の変動により損失が生じるおそれがあります。国内ETFは連動する指数等の変動により損失が生じるおそれがあります。

外国株式の売買取引には、売買金額(現地約定金額に現地手数料と税金等を買の場合には加え、売りの場合には差し引いた額)に対し最大1.026%(税込み)(売買代金が75万円以下の場合)は最大7,668円(税込み)の国内売買手数料をいただきます。外国の金融商品市場での現地手数料や税金等は国や地域により異なります。外国株式を相対取引(募集等を含む)によりご購入いただく場合は、購入対価のみお支払いいただきます。ただし、相対取引による売買においても、お客様との合意に基づき、別途手数料をいただくことがあります。外国株式は株価の変動および為替相場の変動等により損失が生じるおそれがあります。

信用取引には、売買手数料(約定代金に対し最大1.404%(税込み)(20万円以下の場合)は2,808円(税込み))、管理費および権利処理手数料をいただきます。加えて、買付の場合、買付代金に対する金利を、売付の場合、売付け株券等に対する貸株料および品貸料をいただきます。委託保証金は、売買代金の30%以上(オンライン信用取引の場合、売買代金の33%以上)で、かつ30万円以上の額が必要です。信用取引では、委託保証金の約3.3倍

で(オンライン信用取引の場合、委託保証金の約3倍まで)のお取引を行うことができるため、株価の変動により委託保証金の額を上回る損失が生じるおそれがあります。詳しくは、上場有価証券等書面、契約締結前交付書面、等をよくお読みください。

CBの売買取引には、約定代金に対し最大1.08%(税込み)(4,320円に満たない場合は4,320円(税込み))の売買手数料をいただきます。CBを相対取引(募集等を含む)によりご購入いただく場合は、購入対価のみお支払いいただきます。ただし、相対取引による売買においても、お客様との合意に基づき、別途手数料をいただくことがあります。CBは転換もしくは新株予約権の行使対象株式の価格下落や金利変動等によるCB価格の下落により損失が生じるおそれがあります。加えて、外貨建てCBは、為替相場の変動等により損失が生じるおそれがあります。

債券を募集・売出し等その他、当社との相対取引によってご購入いただく場合は、購入対価のみお支払いいただきます。債券の価格は市場の金利水準の変化に対応して変動しますので、損失が生じるおそれがあります。また、発行者の経営・財務状況の変化及びそれらに関する外部評価の変化等により、投資元本を割り込むことがあります。加えて、外貨建て債券は、為替相場の変動等により損失が生じるおそれがあります。

個人向け国債を募集によりご購入いただく場合は、購入対価のみお支払いいただきます。個人向け国債は発行から1年間、原則として中途換金はできません。個人向け国債を中途換金する際、原則として次の算式によって算出される中途換金調整額が、売却される額面金額に経過利子を加えた金額より差し引かれます。(変動10年:直前2回分の各利子(税引前)相当額 \times 0.79685、固定5年、固定3年:2回分の各利子(税引前)相当額 \times 0.79685)

物価連動国債を募集・売出し等その他、当社との相対取引によって購入する場合は、購入対価のみをいただきます。当該商品の価格は市場の金利水準及び全国消費者物価指数の変化に対応して変動しますので、損失が生じるおそれがあります。想定元金額は、全国消費者物価指数の発行時からの変化率に応じて増減します。利金額は、各利払時の想定元金額に表面利率を乗じて算出します。償還額は、償還時点での想定元金額となりますが、平成35年度以降に償還するもの(第17回債以降)については、額面金額を下回しません。

投資信託のお申込み(一部の投資信託はご換金)にあたっては、お申込み金額に対して最大5.4%(税込み)の購入時手数料(換金時手数料)をいただきます。また、換金時に直接ご負担いただく費用として、換金時の基準価額に対して最大2.0%の信託財産留保額をご負担いただく場合があります。投資信託の保有期間中に間接的にご負担いただく費用として、国内投資信託の場合には、信託財産の純資産総額に対する運用管理費用(信託報酬)(最大5.4%(税込み・年率))のほか、運用成績に応じた成功報酬をご負担いただく場合があります。また、その他の費用を間接的にご負担いただく場合があります。外国投資信託の場合も同様に、運用会社報酬等の名目で、保有期間中に間接的にご負担いただく費用があります。

投資信託は、主に国内外の株式や公社債等の値動きのある証券を投資対象とするため、当該資産の市場における取引価格の変動や為替の変動等により基準価額が変動します。従って損失が生じるおそれがあります。投資信託は、個別の投資信託ごとに、ご負担いただく手数料等の費用やリスクの内容や性質が異なります。また、上記記載の手数料等の費用の最大値は今後変更される場合がありますので、ご投資にあたっては目論見書や契約締結前交付書面をよくお読みください。

金利スワップ取引、及びドル円ベース・スワップ取引(以下、金利スワップ取引等)にあたっては、所定の支払日における所定の「支払金額」のみお支払いいただきます。金利スワップ取引等には担保を差入れていただく場合があります。取引額は担保の額を超える場合があります。担保の額は、個別取引により異なりますので、担保の額及び取引の額の担保に対する比率を事前に示すことはできません。金利スワップ取引等は金利、通貨等の金融市場における相場その他の指標にかかる変動により、損失が生じるおそれがあります。また、上記の金融市場における相場変動により生じる損失が差入れていただいた担保の額を上回る場合があります。また追加で担保を差入れていただく必要が生じる場合があります。お客様と当社で締結する金利スワップ取引等と「支払金利」(又は「受取金利」)以外の条件を同一とする反対取引を行った場合、当該金利スワップ取引等の「支払金利」(又は「受取金利」)と、当該反対取引の「受取金利」(又は「支払金利」)とは差があります。商品毎にリスクは異なりますので、契約締結前交付書面やお客様向け資料をよくお読みください。

クレジット・デフォルト・スワップ(CDS)取引を当社と相対でお取引いただく場合は手数料をいただきません。CDS取引を行なうにあたっては、弊社との間で合意した保証金等を担保として差入れ又は預託していただく場合があります。取引額は保証金等の額を超える場合があります。保証金等の額は信用度に応じて相対で決定されるため、当該保証金等の額、及び、取引額の当該保証金等の額に対する比率をあらかじめ表示することはできません。CDS取引は参照組織の一部又は全部の信用状況の変化や、あるいは市場金利の変化によって市場価値が変動し、当該保証金等の額を超えて損失が生じるおそれがあります。信用事由が発生した場合にスワップの買い手が受取る金額は、信用事由が発生するまでに支払う金額の総額を下回る場合があります。また、スワップの売り手が信用事由が発生した際に支払う金額は、信用事由が発生するまでに受取った金額の総額を上回る可能性があります。他の条件が同じ場合に、スワップの売りの場合に受取る金額と買いの場合に支払う金額には差があります。CDS取引は、原則として、金融商品取引業者や、あるいは適格機関投資家等の専門的な知識を有するお客様に限定してお取り扱いしています。

有価証券や金銭のお預かりについては料金をいただきません。証券保管振替機構を通じて他の証券会社へ株式等を移管する場合には、数量に応じて、移管する銘柄ごとに10,800円(税込み)を上限額として移管手数料をいただきます。

野村證券株式会社

金融商品取引業者 関東財務局長(金商)第142号

加入協会/日本証券業協会、一般社団法人 日本投資顧問業協会、一般社団法人 金融先物取引業協会、一般社団法人 第二種金融商品取引業協会

Copyright © 2018 Nomura Securities Co., Ltd. All rights reserved.