

MITSUI & CO. GLOBAL STRATEGIC STUDIES INSTITUTE

キラーアプリを得て本格普及段階に入ったSiCパワー半導体

—人気ハイブリッド車の「心臓」から始まるモジュールの多様化と事業機会—

三井物産戦略研究所 技術・イノベーション情報部
インダストリーイノベーション室 小川 玲奈

なぜこの技術を取り上げるのか

2025年12月17日に国内販売が開始されたトヨタの新型「RAV4」で、トヨタのハイブリッドシステムとして初めてSiCパワー半導体が採用された。先代のRAV4は、2024年に新車販売台数で世界1位を獲得している乗用車である。環境負荷と経済性のバランスの取れた「電動車の現実解」であるハイブリッドカーかつ売れ筋の車種へのSiCパワー半導体搭載は、2026年はSiCパワー半導体の普及が一気に進む変曲点になると考えられる。

Summary

- パワー半導体は家電、自動車からインフラまで電気を使う全ての機器に搭載され、機器の心臓のような役割を担っている。中でもSiCパワー半導体は2035年に2兆9034億円、2025年比で6.4倍の成長が予想されている。
- 2024年の世界ベストセラー車であるトヨタRAV4の次期モデルのハイブリッドシステムにSiCパワー半導体が採用されたことで、車載での普及本格化が見えてきた。
- 小型軽量化と信頼性向上の要求は今後も続いていくため、SiCウエハー製造、前工程、後工程、実装でのモジュール化に関わる全ての企業に成長を享受する機会がある。

1. SiCパワー半導体とは

1-1. パワー半導体とは

パワー半導体とは、大きな電流や電圧を制御することのできる半導体を指し、自動車や家電から電車や送電設備などのインフラまで、電気を使用する全ての機器に搭載されている。ロジックやメモリーが情報の処理や記憶を担うことから人間の脳に例えられるのに対し、パワー半導体は機器を動作させるための電流を機器全体に適切な形で届ける役割を担うことから、血液を全身に行き渡らせる心臓に例えられる。半導体デバイスにおける位置付けは分類方法によって異なるが、ロジックやメモリーのように多数のトランジスタを一枚のウエハー上に集積する集積回路（IC）ではない。パワー半導体は、単独のトランジスタやその組み合わせ（モジュール）で動作させ、大きな電流や電圧を扱う各種半導体デバイスの総称であり、パワートランジスタ、ダイオードなどがある（図表1）。

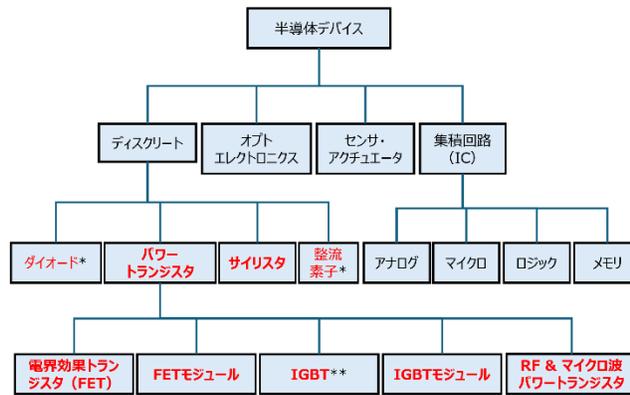
パワー半導体の世界市場は、2025年の3兆5285億円から2035年には7兆7710億円¹と、今後10年で約2.2倍の成長が見込まれている。その成長をけん引する用途は車載、再生可能エネルギー、通信・データセンター向けと考えられる。その増加分の過半を占めるのが次世代パワー半導体である。従来のパワー半導体ではシリコンが基板（ウエハー）として用いられてきたが、次世代パワー半導体では、パワートランジスタの中でもシリコンとは異なる化学組成のウエハーを用いて製造される。

¹ 富士経済「2025年版 次世代パワーデバイス関連市場の現状と将来展望」

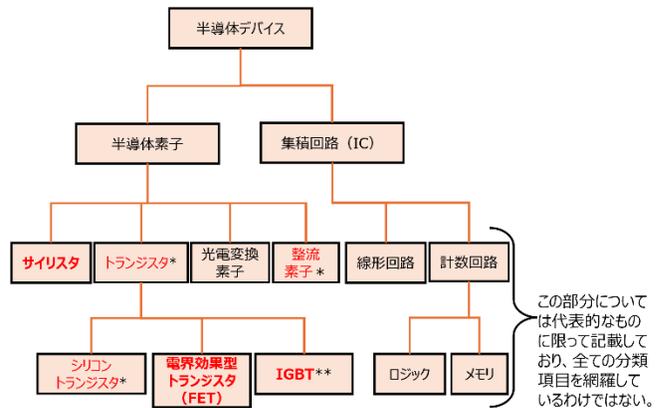
図表1：半導体デバイスの分類におけるパワー半導体の位置付け

赤字で書かれたデバイスのうち、定格電流が1A以上のものが一般に、パワー半導体と呼ばれる。

WSTS（World Semiconductor Trade Statistics）分類



経済産業省統計の分類



*ダイオード、整流素子、(シリコン) トランジスタの中には、定格電流が小さいものも存在する。左記のデバイスについては一般に、定格電流が 1A 以上のもののみが、パワー半導体に該当する。

**Insulated Gate Bipolar Transistor の略

出所：JEITA「Green Clean Semiconductor よくわかる半導体」https://semicon.jeita.or.jp/book/docs/green_clean_semicon_1.pdf (2025年11月5日最終閲覧) から三井物産戦略研究所作成

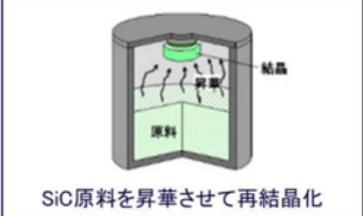
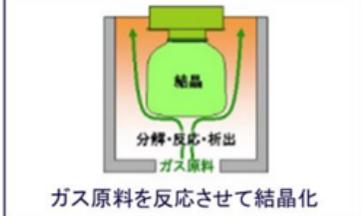
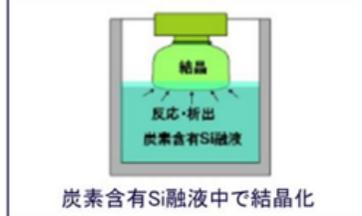
1-2. 次世代パワー半導体の最有力株SiCパワー半導体

次世代パワー半導体のうち、ウエハーに炭化ケイ素 (SiC) を用いるパワー半導体がSiCパワー半導体である。パワー半導体に対して年々さらなる省エネ高効率化が求められる中、近年では、従来のパワー半導体として用いられてきたシリコンでは、要求を満たすための耐熱性、耐電圧などの充足が物理的に困難となりつつある。そこで本格化してきたのが、より物理的な性能に優れた次世代パワー半導体の開発だ。SiCパワー半導体は現在、次世代パワー半導体の中で最も市場規模が大きい。2025年の世界市場は4558億円と見込まれており、2035年には2兆9034億円、2025年比で6.4倍に成長すると予想されている。他の次世代パワー半導体と比較した際のSiCパワー半導体の最大の利点は、ウエハーにシリコンを用いるパワー半導体の製造技術をそのまま転用できることにある。これにより、ウエハーを製造した後のデバイス製造プロセスにかかる開発コストが他の次世代半導体と比較して低く抑えられ、量産で先行した。

従来のシリコンでは、融解させたシリコンに種結晶を沈め、引き上げることでインゴット²を製造しているが、SiCは融解しないため、異なるプロセスで製造される。量産では主に昇華法や溶液法 (図表2) が用いられるが、SiCインゴットはシリコンインゴットよりも製造に時間がかかるため、シリコンと比較してインゴット価格も、インゴットから切り出して製造されるウエハーの価格も高くなる。従って、シリコンからSiCへの置き換えは、高いウエハー価格を許容してもSiCの小型・軽量化や省エネ化といったメリットが生きる用途である電車、産業機器、電動車 (バッテリーのみで駆動するバッテリー電気自動車「BEV」やハイブリッド車「HEV」) から進められている。図表3に用途別の定格電流・定格電圧の範囲と、シリコンから次世代半導体への代替が進む領域を示す。

² 純度の高い金属の塊のこと。半導体製造に用いられるウエハーは、円筒状のインゴットを薄く裁断、研磨することで製造される。

図表2：SiCインゴットの製造方法および概要

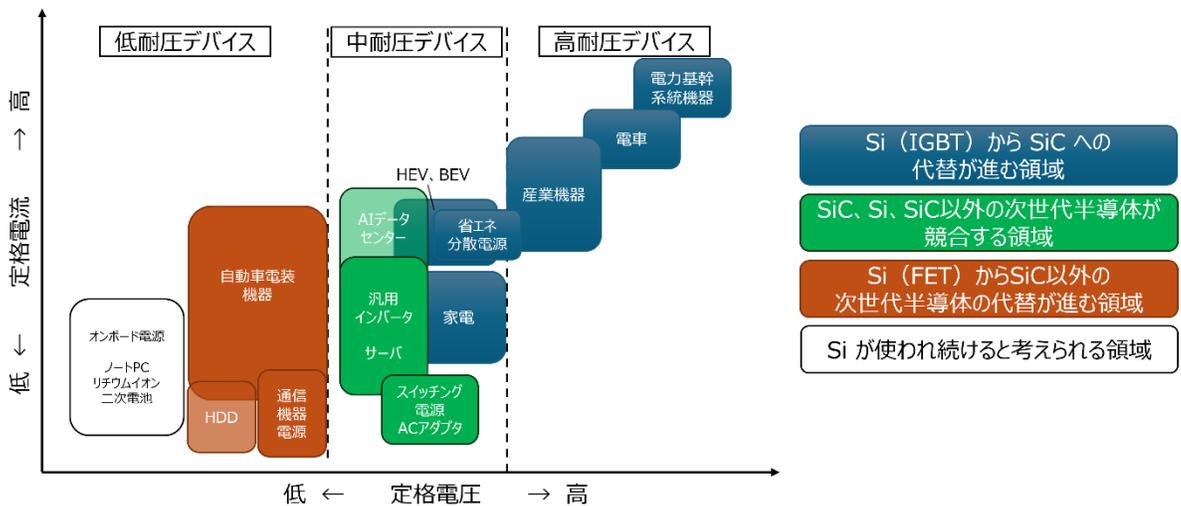
	昇華法(PVT法)	ガス法(HT CVD法)	溶液法
イメージ	 SiC原料を昇華させて再結晶化	 ガス原料を反応させて結晶化	 炭素含有Si融液中で結晶化
概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 改良レーラー法ともいわれ、量産で最もよく用いられている。 ● 原料SiC粉末を2500℃程度の高温で昇華させ、種結晶上に再結晶させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● CVD法あるいは化学輸送法と呼ばれ、Siを含むガスとCを含むガスを反応させ、単結晶基板上に1600℃程度でSiCを析出させる。 ● 低コストでの大型化が課題。 	<ul style="list-style-type: none"> ● SiCは単独では融解しないため、溶媒や融解したSi中にSiやCを溶解させてSiC結晶を析出させる。

出所：イメージの部分は経済産業省、「次世代デジタルインフラの構築」に関する国内外の動向（2025年10月発行）

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/034_03_00.pdf（2025年11月4日最終閲覧）

概要の部分は各所資料から三井物産戦略研究所作成

図表3：パワー半導体の用途別の性能およびシリコンから次世代半導体への置き換えの見通し



出所：各所資料から三井物産戦略研究所作成

2. 注目すべき動向

2-1. トヨタの6代目「RAV4」での採用から始まるSiCパワー半導体の本格普及

SiCパワー半導体が最も多く使われる用途は、電動車の電池から供給される直流電流を、モーターを駆動させるための交流電流に変換するインバーターである。2025年12月17日に国内での販売が始まったトヨタの6代目RAV4のプラグインハイブリッドモデルでは、同社のハイブリッドシステムとして初めてSiCパワー半導体を採用した。モジュールが小型化したことから、ハイブリッドシステムの高さが15%、重さが18%それぞれ低減され、電池容量が30%向上した結果、電気自動車としての走行距離

離が、先代の95kmから150kmにまで延びた。150kmという走行距離は、プラグインハイブリッド車でありながら、日常生活での走行が、電池からの電気を使った走行で賄えるようになることを意味する。先代である5代目RAV4は、2023年に世界で最も販売された（米）テスラのモデルY³を抜いて2024年の世界ベストセラー車となっており、その後継である6代目RAV4も世界中で販売されることが想定されている。世界でのBEV販売が当初期待されていたほど伸びていない中、BEV転換における製造から廃棄まで踏まえた製品ライフサイクル全体での環境性能⁴と経済性とをバランスさせる車種として、HEVの価値が見直される流れがある。その流れに乗って、SiCパワー半導体の普及が進むと考えられる。

2-2. 長期目線で開発・量産のための投資を進めるパワー半導体関連企業

前章で述べた通り、長期的にはSiCパワー半導体の市場拡大が見込まれるが、短期的には、主な成長ドライバーと見なされていたBEVの想定以上の販売不振や中国勢の急速な台頭があり、その成長軌道は平たんではない。（米）Onsemiや三菱電機のように、需給のバランスに鑑みて当初計画した投資を停止あるいは先送りする例や、投資判断の見誤りから経営危機に追い込まれた（米）Wolfspeed、その影響で損失を計上したルネサスなど、踊り場にある企業が存在する一方で、（スイス）STMicroelectronicsや（独）Infineonなどの欧州勢は車載、データセンター、再生可能エネルギーなど幅広い分野に向けた開発・製造への投資を着実に進めている。いずれの企業にも共通するのは、長期目線での事業継続・成長を見据えた投資判断を行っていることである。図表4にパワー半導体関連企業のSiCパワー半導体開発・製造に関する動向を示す。

³ テスラは電動車でもBEVに注力して開発・製造・販売を行っており、2017年にモデル3のインバータにSTMicroelectronics製のSiCパワー半導体を採用している。モデルYでも同様のSiCパワー半導体を採用している。

⁴ 電池の製造工程や廃棄条件、車両の使用・充電を行う地域の電源構成、燃料のバイオ化などによって、BEVよりもHEVの環境負荷が小さいケースが存在する。https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaeronbun/56/4/56_20254372/_pdf

図表4：代表的なパワー半導体メーカーのSiCパワー半導体に関する動向

企業名	市場シェア (2025年 推定*)	概要
(ス) STMicroelectronics	32.5	イタリアに研究開発拠点を有し、SiCウエハをモロッコと中国で、デバイスをイタリアとシンガポールの150nmSiCウエハ製造施設で量産している。(中) 三安光電社との合併事業で中国にも工場を建設中。イタリアにモジュールとパッケージングを含めた完全垂直統合型の工場を建設中。複数年で50億ユーロの投資となる。
(米) onsemi (Semiconductor Components Industries, LLC)	23.6	1999年に(米) Motorolaの半導体コンポーネント部門の分社化により設立された。2022年にチェコでの製造能力を300万枚/年に拡張。2023年に韓国の200mmSiCウエハ製造施設を拡張し、年間100万枚の製造能力を保有。2024年には最大20億ドルの投資により、チェコに垂直統合型の生産施設を建設すると発表。米国OEMのプラグインHEVに採用されたことも公表も、BEV販売不振の影響で2025年には韓国工場への追加投資を停止した。2025年1月には(米) Qorvo の SiC JFET**事業を買収。AIデータセンター向け電源装置での採用も狙う。
(独) Infineon Technologies	16.5	世界最大のパワー半導体メーカー。2024年にマレーシアに世界最大のSiCパワー半導体工場を開設。第1フェーズとして20億ユーロを同工場に投資。第2フェーズでは最大50億ユーロの投資を予定している。既に自動車分野のOEM6社、再生可能エネルギーおよび産業分野の顧客を獲得済みで、2030年までにSiCによる収益で年間70億ユーロ、世界シェアは30%を目指している。AIデータセンター向けにCoolSiC JFETを開発。2026年量産開始予定。
(米) Wolfspeed	11.8	SiCウエハ製造ではシェアトップ。ウエハ製造を祖業とし、デバイス製造も手掛けるようになったが、EVの販売不振と中国勢の台頭により、2025年6月に米連邦破産法11条を申請。9月に再建完了を発表した。
(日) ローム	8.1	2024年は売り上げを大幅に落としたが、SiC パワー半導体モジュールがトヨタの中国向けEVに採用された。デンソーとの間で同分野での提携を発表。デンソーはローム株の一部を取得している。また、グループ会社(日) SiCrystalはSTMicroelectronics に SiCウエハを2024年から複数年供給する契約を締結している。
(日) 三菱電機	2.0	熊本県菊池市で200mm SiC ウエハを使ったパワー半導体の新工場棟が2025年10月に完成。2027年の本格量産移行を目指す。ただし拡張投資は2031年度以降に延期。2027年量産移行を目指す。出資先であるSiC基板大手の(米) Coherentと協力し、低コスト化にもめどをつけた。まずは性能や信頼性の高さが問われる鉄道や電力系向けに注力も、電動車のインバータ向けのJ3シリーズを2026年量産開始見込み。
(日) デンソー、富士電機	1.8	2024年に2000億円規模の共同投資を発表。愛知県、三重県のデンソーの拠点および長野県の富士電機の拠点をそれぞれ拡充する。トヨタのBEV向けのパワー半導体を開発・製造する富士電機は、SiC シフトを強めるために青森県津軽工場を拡張している。
(中) YJ (揚州扬杰电子科技 股份有限公司)	0.8	2027年をめどに次世代トランジスタ構造のSiC パワー半導体の量産を決定した。前世代と比較して41%ものセルサイズ縮小に成功したことによる。SiCパワー半導体の生産能力を現行の150mm ウエハ 5000枚/月から2027年には2万枚/月に引き上げ、並行してウエハサイズの200mm化も進める。
(日) ルネサス エレクトロニクス	-	2023年にWolfspeed に20億ドル(約2900億円)を預託し、SiC基板の供給を10年間受ける契約を結んでいたが、同社の破綻により損失を計上し、再建を支援。中国勢の台頭などの環境変化を受けてSiCパワー半導体の製品開発と工場への投資を中断。SiCデバイスを量産予定だった甲府工場(山梨県甲斐市)はシリコンMOSFETとGaN(窒化ガリウム) デバイスの生産で活用していく。

* 2025年の売上高、2023年市場シェア(Trend Force)、各社IR資料および各所発表の予測値から推定。

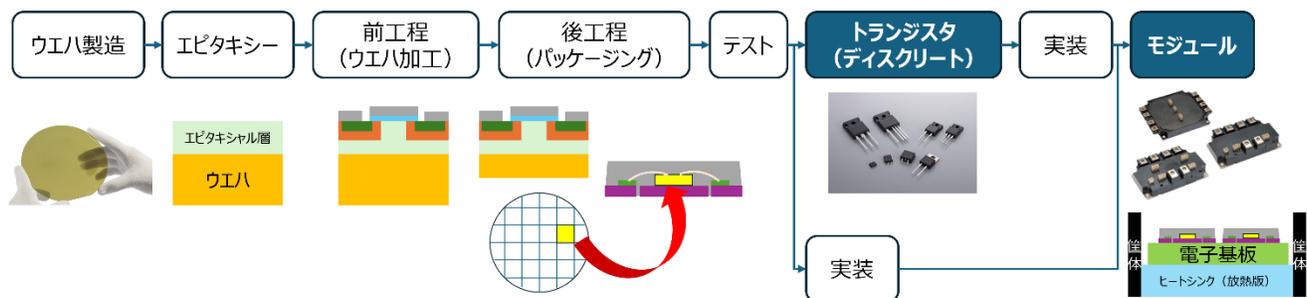
**接合型電界効果トランジスタ(Junction Field Effect Transistor)の略。SiC JFETは低いオン抵抗、高い耐電圧、高速スイッチングが可能のため、AI(人工知能)データセンターの電源装置の高効率高性能化が可能と期待されている。

出所：各所資料から三井物産戦略研究所作成

2-3. 信頼性担保のために重要度が増すモジュール設計と放熱・冷却技術

パワー半導体の製造フローの概要を図表5に示す。モジュールは、チップあるいはトランジスタを回路基板上に配置・接続（実装）することで製造される。SiCパワー半導体ではウエハー価格がデバイス価格に占める割合が大きいこと、パッケージングや実装技術が性能に与える影響が大きいことなどから、ウエハー製造からモジュール製造まで垂直統合で行える体制を持ちつつ、SiCウエハーやエピタキシャル膜の付いたSiCエピタキシャルウエハーは内製とウエハーメーカーからの購買を組み合わせる製造する企業が多い。

図表5：パワー半導体（トランジスタおよびモジュール）の製造フロー



注：イラストはイメージであり、実製品の寸法や設計を反映したものではありません。

出所：各所資料から三井物産戦略研究所作成

ロームウェブサイト https://www.rohm.co.jp/news-detail?news-title=2022-04-14_news_sicrystal25&defaultGroupId=false (SiC ウエハー)

富士電機ウェブサイト https://www.fujielectric.co.jp/products/semiconductor/power_discrete/index.html (SiC ディスクリート)

三菱電機ウェブサイト <https://www.mitsubishielectric.co.jp/semiconductors/powerdevices/products/power-module/sic-module> (SiC パワーモジュール)

従来のシリコン基板の設計では製造フローの順を追って開発が進められてきた。しかし自動車OEMなどのパワー半導体ユーザーから、小型化と大電流対応のより高度な両立を強く求められる中で、開発における手戻りをなくすために、チップやトランジスタの開発段階からモジュールの状態での冷却方法までを考慮し、チップとモジュールの設計をすり合わせながら開発していくことが不可欠となりつつある。特にSiCパワー半導体の耐熱性はシリコンパワー半導体よりも50°C以上高く、大電流を扱うことができる分、使用時の発熱も大きくなる。しかし、周辺で用いられる材料はSiCほどの耐熱性を持たないため、周辺材料の熱劣化を防ぐための放熱・冷却技術の重要性が高まっている。

3. 今後の展望

SiCパワー半導体を開発・製造している企業は、HEVを中心とした車載、データセンター、再生可能エネルギーのインフラなどの各市場からもたらされる需要や要求性能に応じる形で開発・量産への投資を継続していくと予想される。

キラアプリとなるHEVやBEV向けで重要性が増すモジュール開発では、さらなる小型・軽量化と信頼性の担保すなわち熱対策との両立のために、従来電動車のモーター駆動等に用いられてきた、電流・電圧制御に必要なデバイスをモジュールにまとめた汎用6in1パワーモジュールに代わるモジュールが提案されている、以下に注目すべき4つのトレンドを示す。

- ① 基板内蔵型モジュール：SiCパワー半導体のチップを回路基板に埋め込むことで省スペース化を狙う。欧州で先行しており、Infineonは2023年に（独）Schweizer Electronicとの共同開発を公表している。
- ② 「2 in 1」モールド型モジュール：従来は回路基板上にそれぞれ実装されていた2つのトランジスタを1つのパッケージにまとめることで小型・高性能化を実現している。ロームが量産しているが、採用には放熱のために、ひれ状の構造（フィン）のあるヒートシンク（放熱板）の高難度の接合技術が必要とされる。
- ③ 「6 in 1」多機能型モジュール：汎用モジュールでは外付けが必要だった各種回路やデバイスを内蔵化した上で、パッケージの肉厚を最小としたモジュールで、三菱電機やロームが開発を進めている。
- ④ 多機能型両面冷却モジュール：駆動電圧等によってSiCパワー半導体とシリコンパワー半導体を1つのパッケージにまとめることでコストと性能のバランスを取った上で、両面にヒートシンクを接合して高い放熱性を担保する。2025年5月に開催されたパワー半導体の世界最大級の展示会PCIMで、ローム、（中）基本半導体、（中）士蘭微電子が開発品を展示した。

新たなSiCパワー半導体のデバイス、モジュール開発では、開発フローの変化を加速するためのサービスやソリューションの他、製造設備や部素材に対しても新たな性能や価値の提案が求められるため、サプライチェーンに関わる全ての企業に、市場の成長を享受する機会が与えられているといえよう。

小川 玲奈 Reina Ogawa / 室長

専門分野：半導体産業、持続可能な水利用、セラミックス

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。