[パネルディスカッションⅡ]

米国 INFINIA 社の量産に向けての動向

Situation of Infinia Corporation for mass production

鈴木年雄 (インフィニア コーポレーション ジャパン)

Toshio SUZUKI, Infinia Corporation Japan, Setagaya-ku, Tokyo

スターリングエンジンは、発明されてから既に 200 年程になるが、どこの国でも未だに本格的な実用には到っていない。実用化が進んでいない理由は色々と考えられるが、一言でいえば価格が高過ぎる為と言っても過言ではないと思われる。ここでいう価格はエンジン本体の価格だけではなく、エンジンを利用したシステムの価格も含んでいる。実際に利用する者にとって、投資に対する十分な見返りが得られなければ採用は難しい。内燃機関に比べて大気ガスの汚染が少ないとか、運転が静かである等の長所はあっても、利益を追求する企業にとっては、採用するか否かは投資効率が最大要因である。それでは、価格を下げるためには如何すればよいのか？ 工業製品の価格を下げるためには大量生産が欠かせない。スターリングエンジンも例外ではない。インフィニアでは量産化がしやすいフリーピストン方式を採用しているが、それでも生産コストは生産数に大きく影響される。インフィニアの試算では年間に 100 台生産する場合と 10,000 台生産する場合ではエンジン一台当たりの製造原価は約 1/8 になるという結果が出ている。この 1/8 という数字はエンジンの仕様によっても影響されるので、絶対的なものではないが生産台数が製造原価に与える影響の大きさの目安にはなる。生産台数が製造原価に与える影響が大きい事が分かって、実際に生産台数を増やすためには同じ仕様のエンジンが大量に要求される用途に使うことが必要になる。インフィニアでは小型スターリングエンジンの用途としては、家庭用コージェネと太陽熱発電装置がこの要求に一番近いと考え、家庭用コージェネ用にはボイラーメーカーに製造ライセンスを提供し、太陽熱発電装置は自社で製造販売する目的で製品の開発に着手した。

市場調査の結果をもとに、装置の概要、目標性能、目標価格などを設定したのは 2004 年である。装置の目標販売価格は、競合する PV (ソーラーパネル) の予想される市場価格の 80% に設定した。装置は太陽追尾式のディッシュ型とし、装置の定格出力は 3.0kWAC とした。2006 年の 1 月には既に開発されていた他の用途向けの出力 1kW のエンジンを取り付けた試作 1 号機が完成した。その後装置の開発と並行して、出力 3.5kW のエンジンの開発にも着手した。2008 年には量産仕様のエンジン、装置の試作機も完成した。製品にはパワーディッシュという名前を付け、製品には改良を重ね続け、大幅な改造をするたびに名称を PD-I、PD-II、PD-III と言うように変更した。2009 年には設定した目標性能と耐久性を満足できる PD-III 型製品が完成し、大量生

産した場合の製造原価も当初の目標を達成できるレベルになった。しかし、インフィニアの経営陣は製造販売に踏み切らなかった。これは世界中で PV の採用が拡大し、価格競争が激化したために、インフィニアが当初設定した販売価格では PV に対して価格競争力が十分ではないと判断したためである。パワーディッシュは他の太陽熱発電装置 (タワー式、トラフ式、リニアフレネル式など) や、PV システムなどの競合製品と比較して、性能面、耐久面、サービス面などいろいろな面で長所があり、価格さえ PV と競合できるレベルになれば、十分にビジネスチャンスはあると判断し、製造原価の目標を大幅に見直し、原価低減活動を進めた。

新たに設定した目標販売価格を達成するために、2011 年には経営陣を刷新し、従来の研究、開発を主体とした会社から生産体制を強化した会社に変革し、製造面での原価低減活動を強化した。インフィニアでは量産用エンジンの組み立ては社内で行うが、使用する部品はすべて部品メーカーに委託生産する計画である。コストが高い部品に関し、部品メーカーの協力を得ながら、設計変更、材料変更、製造方法の見直し等を行った。製品の外観にはある程度譲歩したが、性能や耐久性は全く犠牲にする事無く、大幅な原価低減に成功し、PV に比べても価格競争力のあるレベルに仕上がし、定格出力 3.5kWAC の低価格仕様装置を PD-IV 型と名付けた。その間に、パワーディッシュは米国を中心に世界各国で合計約 100 台が稼働中であり、アリゾナ州で稼働中の 45 台は系統に連携され、発電した電力は売電されている。それらの実績を踏まえて、米国では多くの企業がパワーディッシュの採用を希望している。インフィニアでは販売を最低 1MW 用の用途に限定しているために、購入にはかなりの費用を必要とする。それらの企業は購入費用を銀行からの融資に頼っているが、現状では銀行が融資を渋っている。その理由はパワーディッシュが全くの新製品であり、実績が十分ではない為にリスクが大きいという判断である。1カ所で 1MW 以上の製品が数か月以上問題なく稼働したという実績を必要条件としている。そのような状況の中で、インフィニアは米国陸軍からユタ州の基地内での据え付け用に、1.5MW の PD-IV システムの受注に成功した。PD-IV 一台当たりの出力は 3.5kWAC なので、合計 430 台が据え付けられ、試運転の後に 2013 年 3 月末に引き渡される。8 月 17 日に行われた納入式は現地の新聞数社にも記事として掲載された。この注文に対して必要な部品の生産を 2012 年 9 月から開始した。米国ユタ州にあるインフィニアの工場には年

間の生産能力が3万台の組み立てラインが完成されており、部品がそろい次第エンジンの組み立てを開始する。この430台が計画通りに稼働するという前提で、PD-IVの仮注文が多数発行されており、2013年には約5,000台を、2014年には数万台を生産する計画である。

パワーディッシュの発電量はシステムが使用される場所の直達光の強さに大きく影響される。PVの場合には散乱光でもある程度発電するので、パワーディッシュとPVの発電量を比較する場合には、使用する地域の日射条件を明確にする必要がある。ちなみに、パワーディッシュを東京で使用した場合の年間発電量は、緯度がほぼ同じ米国のカリフォルニア州で使用した場合の半分にも満たない。直達光が強い地域で使用する場合には、据え付け費用を含んだPD-IVのシステム価格は現状のPVシステムと十分に価格競争力があるが、更に価格競争力を高めるために大幅な設計変更が進行中である。その鍵となるのが新しいエンジンの開発である。この新エンジンはPD-IVに採用されている定格出力3.5kWエンジンに改良を加えたものであるが、定格出力は7.5kWを予定している。この7.5kWエンジンは3.5kWエンジンと比べて外形寸法と製品重量は同じ程度になる。スターリングエンジンの効率を高めるためには内部の作動ガスの温度を高めることが有効である。その為にエンジンの加熱温度を高めると、加熱部の表面温度が高くなり、その部品の耐久性が問題となる。加熱部に高温での耐久性に優れた材料を使用する事で対策する事は出来るが、材料費がかなり高くなってしまう。インフィニアでは加熱部の表面温度を高めることなく、加熱される作動ガスの温度を約100℃高めることに成功した。これを可能にしたのは製造技術の改良によるところが大きい。試作品では可能であった技術を大量生産でも作れる技術として確立できた。パワーディッシュではリニア発電機がスターリングエンジンに直結されて一体となっている。当然のことながら、出力を増やすために発電機の容量は大きくしてあり、その影響で外形寸法は径方向に若干大きくなっている。3.5kWエンジンと7.5kWエンジンでは多くの共通部品が採用されており、3.5kWエンジンで高価であった部品を設計変更することによりコストを下げることに成功した。その結果、両エンジンの量産時の製造原価はほぼ同等になる。言い換えるとエンジンの単位kW当たりの製造原価は約半分になるという事である。このエンジンを搭載したパワーディッシュをPD-Vと名付けた。インフィニアではPD-Vを2013年の後半に限定生産を開始し、2014年には本格的な量産開始を予定している。

7.5kWエンジンは太陽熱発電用としてだけではなく、他の用途にも採用が可能である。PD-Vが量産されるようになると7.5kWエンジン単体のコストも大幅に下がる事になり、エンジンを年間13,000台製造した場合の製造原価は一台当たり3,200ドル(約25万円)程度と予想している。エンジンの価格が下がってくれば、工場廃熱やバイオマス燃料を

利用した発電装置などへの実用化に大きく道が開かれることが期待できる。しかし、仮にエンジン本体の価格が低くなったとしても、装置全体の価格が高くてはその装置の普及は難しい。スターリングエンジンの駆動にはあらゆる熱源を利用できるという長所があるが、利用しようとしている熱源により、スターリングエンジンの作動ガスを効率よく加熱するためには、システムの開発が必要である。その為にはシステムの開発技術力とその開発を賄う資金力が不可欠となる。又、その開発費用を製品の販売で回収するためには、その製品が大量に売れることが必要になる。そのように考えると、内燃機関には無いスターリングエンジンの特徴を生かしながら、大量に売れる可能性のある用途を選択することが重要になる。又、現在は廃棄しているようなエネルギーを熱源として使う場合には、燃料費が不要になるために、長期の運転により開発費を回収することができるようなケースも考えられる。近年は世界中でPVが大量に採用されている。確かにPVの価格は大幅に下がっていることは事実であるが、製造原価を基にした販売価格ではこれほど多く採用されることはなかったと言える。各国政府によるさまざまな形で補助金や電力買い取り制度などがシステムの普及に大きく貢献している。スターリングエンジンの普及に関しても、何らかの形で政府の補助金が得られるような用途に採用されれば、道は大きく開かれると思われる。

製品の開発には多額の費用が必要である。又、いかに優れた設計のエンジンが開発されても、そのエンジンを量産化するためには更に莫大な費用が必要である。インフィニアは従業員100名程度の小規模な企業であり、現時点では営業収入はごく限られている。米国ではそのようなベンチャー企業に投資家から投資を受けられるシステムが確立している。インフィニアではパワーディッシュの製品開発や原価低減活動、量産化などの費用は基本的には投資家からの投資によって賄われている。太陽熱発電装置の開発を決めた段階で、外部の投資家に対して計画を詳細に説明した。その計画は十分に実現性があり、将来的には大きなビジネスになると判断した投資家達が投資に同意した。インフィニアの計画は大手の投資家達に高く評価され、現在までに2億ドル(約160億円)以上が投資されてきた。資金力が十分にある大手企業は別にして、中小の企業が新製品を商品化する為には開発技術力だけではなく、資金の調達力も重要な鍵となる。

要約すると、インフィニアでは2012年9月に定格出力が3.5kWACの太陽熱発電装置の限定生産を開始し、2013年に本格生産に移行する。2013年の後半には、大幅に製造コストを削減した7.5kWエンジンを採用した装置を限定生産し、2014年には本格量産を計画している。

参考文献はすべてインフィニアの社内資料である。大幅なコスト削減を可能にした設計変更の詳細などは、現時点では社外秘であり公表できない。(以上)