

環境・新エネルギー産業を支える中小 企業の技術と新たなビジネスチャンス

～太陽電池・風力発電・電気自動車・省エネを支える環境技術の実態～

- I. 環境・エネルギー対策の動向と中小企業の位置づけ
- II. 主要な環境・新エネルギー市場の概要
- III. 環境・新エネルギー産業を支える先進的中小企業へのインタビュー調査
- IV. 環境・新エネルギー産業を支える中小企業の技術とビジネスチャンス

はじめに

近時、地球温暖化が急速に進行し、世界各国で官民挙げてのCO2削減策や再生可能エネルギーの推進策が進められている。とくに、我が国においては、昨年の東日本大震災以降、電力供給に大幅な制約が加わったこともあって、新エネルギーへの期待は、これまでになく高いものになっている。

こうして注目が集まる環境・エネルギー問題であるが、かつての「公害問題」「資源エネルギー問題」から今日の「地球環境問題」に至るまで、長い間、ややネガティブな印象を纏う課題として捉えられてきた。今日においても、経済社会及び経営上の重大な課題であることは確かだが、新たなエネルギー産業や環境保護・改善に係る新成長産業の誕生により、広範な波及効果を期待する前向きな意識もかなり高まりつつある。

そこで、本稿の基本テーマである「中小企業」に「環境市場」を前向きに関連づけた先行研究例をみると、例えばベンチャー的技術を伴った緑化サービスや排水処理などを典型例とした、いわゆる“エコビジネス”や“ニュービジネス”を題材とする論考をみることができる。そうした視点の重要性もさることながら、本稿においては、太陽電池や風力発電機など次代の基幹産業たり得る骨太な分野や、次世代自動車など既存基幹産業から新規に派生する先端分野において、その裾野を力強く担っている中小企業を研究対象とした。

だが、例えば太陽電池というと大手電機メーカーの名が頭に浮かぶように、大企業の独壇場のイメージがあり、一見すると、中小企業の関与が薄い印象をもつ。しかしながら、同産業は、大手の完成品メーカーのほかにも、原材料、副資材、製造装置、システム周辺機器の供給のため多くのプレーヤーで構成されている。もちろん、太陽電池のみならず、風力発電機、電気自動車、各種省エネ機器においても同様であって、実はそのなかで、中小企業が重要な役割を担っており、その存在感は決して小さくない。

本稿では、こうした環境・新エネルギー産業を支える中小企業が、どのような強みを持ち、どのようにそれを活かして新規成長分野に参入を果たしたかについて、特に重点を置いて探求した。そうした探求の成果が、新産業分野にさらなる活躍の場を求める中小企業にとって、少しでも助力になるとしたら、存外の幸甚である。

なお、本レポートは、日本政策金融公庫 総合研究所が、当研究所と㈱三菱UFJリサーチ&コンサルティングで実施した共同研究の結果を用いて作成したものである。

最後に、今次経済情勢下で極めて多忙な時期にも関わらず、多くの経営者の方々の御協力によって、事例調査が無事遂行できたことに、ここで改めて感謝の意を表したい。

(総合研究所 海上 泰生)

【 要 旨 】

第1章 環境・エネルギー対策の動向と中小企業の位置づけ

本章では、環境問題と中小企業についてのこれまでの論考を整理し、また技術やイノベーションの視点から中小企業の貢献を示した。今日こそ、期待を込めて急速に注目が集まってきた環境・エネルギー問題であるが、そこに至るまでは、「公害問題」「環境問題」「資源エネルギー問題」として、長い間、ややネガティブな印象を纏う課題として捉えられてきた。しかし、再生可能エネルギーや環境保護・改善に係る新しい成長市場の誕生により、前向きな波及効果を期待する意識もかなり高まりつつある。

中小企業と環境をテーマにおいたこれまでの論考をみても、総じて、環境問題をネガティブな経営課題として捉えたものか、あるいは、ポジティブな側面を捉えた場合でも、ニュービジネスやベンチャービジネス的な、いわゆる“エコビジネス”に着眼したものが多かった。こうした取り上げ方も、もちろん説得力あるものだが、若葉のごとき初々しい“エコビジネス”もさることながら、次代の基幹産業たりうる太陽電池・風力発電機を始めとする骨太な新エネルギー産業に着眼し、中小企業の技術的な貢献や膨らむビジネスチャンスについて、詳しく分析する視点も欠かすことはできない。

特に、「低炭素社会の構築」は、世界的かつ中長期的な要請であり、また国内では、東日本大震災以降から続いている電力供給面の制約が、現下における重大な国内問題となっている。こうした背景から、我が国経済のみならず社会的にも、環境・新エネルギー産業への期待は大きく、中小企業を含むその担い手に対しても、かつてない注目が集まっているともいえる。

本稿では、以上の立場から、環境技術を活かしつつ産業を支えている中小企業に注目する。この分析を通じ、我が国環境・新エネルギー産業の一層の発展に資することを目的とする。

第2章 主要な環境・新エネルギー産業の概要

本稿の中核である次章以降の企業事例分析に先立って、第2章においては、今日、注目を集める代表的な環境・新エネルギー産業として、太陽電池(太陽光発電)産業、風力発電機産業、電気自動車産業に着目し、これら3分野の市場の概要を捉えるため、市場拡大の動向、製品の基本構造や生産プロセスの実態、当該産業を構成する国内外の企業群について整理した。

実際に当該分野で活躍している中小企業や、今まさに、そこにビジネスチャンスを見出そうとする中小企業は、いかなる事業環境下に位置することになるのか、本章では、それを明らかにした。

第3章 環境・新エネルギー産業を支える先進的中小企業へのインタビュー調査

本章では、前章でみた環境・新エネルギー産業の動向、製品や生産プロセスの詳細、当該産業を構成する国内外の企業群の実態を踏まえたうえで、実際に当該産業で活躍している中小企業に向けて実施したインタビュー調査の結果を詳述する。重点的な質問項目としては、各社の環境技術や事業の特徴、環境・新エネルギー産業に参入することとなった経緯、当該産業での活躍を可能としている当社の強み、当該市場の展望、今後の戦略についてである。インタビュー調査先は、本稿の主眼である中小企業はもちろん、最終製品メーカーである大企業も対象とし、業界の動向、中小企業に期待する役割な

どに関するヒアリングを行った。具体的に調査対象とした環境・新エネルギー産業の分野としては、太陽電池関連、電気自動車関連、風力発電関連、省エネ・蓄電関連、大手企業(太陽電池関連)、大手企業(風力発電関連)である。

第4章 環境・新エネルギー産業を支える中小企業の技術とビジネスチャンス

本章の第1節では、まず、環境・新エネルギー産業の各分野で実際にみられる中小企業の重要な役割について、前章のインタビュー実例を取り上げて具体的に整理していく。例えば、太陽電池といえば、大規模設備による大量生産という装置産業的な色彩が強く、中小企業が加工を施した部品群を、完成品メーカーが組み上げるといった構造ではない。そのため、一見すると、中小企業の関与が薄いイメージを持ちがちである。しかしながら、太陽電池産業は、大手の完成品メーカーのほかに、原材料、副資材、製造装置、システム周辺機器などを供給する多くのプレーヤーを含む裾野の広い一面も持っている。そこでは、実は、中小企業も重要な役割を担っており、その存在感は決して小さくない。

こうした着眼点から、本節では、太陽電池産業のみならず風力発電機産業や電気自動車産業においても、同様に中小企業が大きなプレゼンスを示していることについて、実例を交えて詳述する。

各分野における中小企業の重要な役割を認識した上で、次節では、期待が集まるこれらの産業に参入した中小企業の成功事例に注目して、共通点やポイントを整理しながら、環境・新エネルギー産業において観察される中小企業の参入活動の特徴を詳述していく。

今後いっそうの成長が見込まれている当該環境・新エネルギー関連市場の多くは、プロダクト・ライフサイクル(導入期～衰退期)でいう導入期若しくは成長期に位置している。従って、前章で紹介したインタビュー先企業は、例外なくこのいずれかの期において当該成長市場に参入している。この観点に併せて、個別企業の参入事情に注目してみると、参入のタイプは大きく分けて、(1)自発的・自立的に参入を狙ったもの、(2)取引先等のリードによるもの、(3)既存市場がシフトしたもの、の3つになる。

これら3つの参入タイプごとに、前出の参入時期別の戦略が絡んだ特徴的な参入事例をみることができる。例えば、市場誕生前後のまだ情報が少ない時期においては、既存製品のカスタマイズ能力に優れていた企業が、特殊仕様の発注内容から新規分野の情報を読み取って、自発的参入活動に成功した事例や、既存市場で確固たる信頼を得ていたことから、新規市場につながる開発プロジェクトへの参加機会を獲得し、飽和市場から脱却できた例などである。一方、情報は多いが競合先も多い市場成長期での参入においては、正面突破を巧みに避けた市場へのアプローチや、競合の少ないニッチ市場をあえて探索したことが奏功した例が観察できた。

こうした参入活動の背景となっているのが、言うまでもなく環境・新エネルギー産業の成長への期待である。例えば、経済産業省の試算によると、2020年の世界の新エネルギー分野の市場規模は、およそ86兆円という巨額になることが予想されている。前節までで示したとおり、こうした市場は、決して大企業だけに役割が与えられるものではなく、多様なかたちで中小企業の活躍が期待されている。

最後の節では、中小企業がこうして今後新たに生まれるであろうビジネスチャンスを獲得するためには、企業戦略上何がポイントになるのか、どのような点に留意すべきなのか、これまでの分析を踏まえ、提言していく。具体的には、①新規有望分野の受注を呼び込む力、②既存中核事業とのバランス、③未成熟な分野で生きるカスタマイズ能力、④政策に依存する市場特性への理解、⑤理想的に小さい市場の探索、などがキーワードになる。

目 次

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 第1章 環境・エネルギー対策の動向と中小企業の位置づけ | 1 |
| 1 環境・エネルギー問題に関わる中小企業についての先行研究の整理 | 1 |
| (1) 公害問題・資源エネルギー問題と中小企業 | 1 |
| (2) グリーン調達と中小企業 | 2 |
| (3) 環境技術と中小企業 | 3 |
| (4) 研究開発と中小企業 | 5 |
| (5) 先行研究のレビュー結果と、本研究の目的 | 5 |
| 2 環境保護に関する政策動向と求められる環境技術の概要 | 6 |
| (1) 地球温暖化防止分野に関する政策動向 | 6 |
| (2) 地球温暖化対策を推進する各種の環境技術 | 8 |
| (3) その他環境問題に関する政策動向 | 11 |
| (4) その他環境問題に求められる技術の概要 | 12 |
| 第2章 主要な環境・新エネルギー産業の概要 | 14 |
| 1 太陽電池（太陽光発電）産業の概要と動向 | 14 |
| (1) 太陽光発電の導入状況 | 14 |
| (2) 太陽電池の生産状況および今後の見通し | 16 |
| (3) 太陽電池産業の概要 | 20 |
| (4) 太陽電池産業を構成する企業群 | 25 |
| 2 風力発電機産業の概要と動向 | 27 |
| (1) 風力発電システムの導入状況 | 27 |
| (2) 風力発電システムの概要 | 29 |
| (3) 風力発電機産業の特性と関連する企業群 | 32 |
| 3 電気自動車産業の概要と動向 | 35 |
| (1) 電気自動車等の普及状況 | 35 |
| (2) 電気自動車等の製品としての特徴 | 39 |
| (3) 電気自動車産業の特性と関連する企業群 | 41 |
| 第3章 環境・新エネルギー産業を支える先進的中小企業へのインタビュー調査 | 44 |
| 1 太陽電池関連 | 45 |
| 2 電気自動車等関連 | 62 |
| 3 風力発電関連 | 80 |
| 4 省エネ・蓄電関連 | 88 |
| 5 大手企業インタビュー（太陽電池関連） | 101 |
| 6 大手企業インタビュー（風力発電関連） | 104 |
| 第4章 環境・新エネルギー産業を支える中小企業の技術とビジネスチャンス | 108 |
| 1 環境・新エネルギー産業における中小企業の役割と期待 | 108 |
| (1) 太陽電池市場における中小企業の役割と期待 | 108 |
| (2) 風力発電機市場における中小企業の役割と期待 | 113 |

| | |
|--|-----|
| (3) 電気自動車産業における中小企業の役割と期待 | 115 |
| 2 環境・新エネルギー産業への参入形態とタイミング | 119 |
| (1) 自発的・自立的に参入を狙ったケース | 120 |
| (2) 取引先等のリードにより参入を図ったケース | 124 |
| (3) 既存市場がシフトしたケース | 128 |
| 3 環境・新エネルギー分野への参入のポイント | 129 |
| (1) 既存事業分野で積み上げた実績や信頼が新市場を呼び込む | 130 |
| (2) 急拡大市場では、既存中核事業の安定的運営を保ち、複数の事業の柱を並立する | 130 |
| (3) 未成熟市場ほど、中小企業の持つカスタマイズ能力や、機敏な対応力が活きる | 132 |
| (4) 環境・新エネルギー産業は、政策依存の度合いが大きい。政策動向への注視が必要 .. | 133 |
| (5) “理想的に小さい市場”で優越的地位(ニッチトップ)を築くポジショニングをめざす .. | 134 |
| (6) 環境・新エネルギー産業のもつ好イメージを活かす | 135 |

第1章 環境・エネルギー対策の動向と中小企業の位置づけ

1 環境・エネルギー問題に関わる中小企業についての先行研究の整理

～ “課題” から “期待” へと変遷する環境・エネルギーへの意識 ～

これまで、環境・エネルギー問題と中小企業は、どのように論じられてきたのか、本節では、先行研究などへの文献調査に基づき、その概略を整理する¹。

今日こそ、期待を込めて急速に注目が集まってきた環境・エネルギー問題であるが、そこに至るまでは、「公害問題」「環境問題」「資源エネルギー問題」として、長い間、ややネガティブな印象を纏う課題として捉えられてきた。今日においても、経済社会的かつ経営上の重大な課題であることは確かだが、再生可能エネルギーや環境保護・改善に係る新しい成長市場の誕生により、前向きな波及効果を期待する意識もかなり高まりつつある。本節において、これまでの論考の流れをレビューすることで、課題から期待へと変遷する意識変化を読み取ることができる。

以下では、まず戦後復興期から高度成長期にかけての捉え方として、当時の環境問題の中核的な話題であった公害及び資源エネルギー問題との関係を見る。次に、規制から自主管理への流れのなかで新たに登場したグリーン調達を中心に大手企業のイニシアチブに基づく環境経営との関係を捉え、環境対策の必要性、社会の環境志向の高まりから生じた事業機会との関係をみていく。さらに、中小企業と技術開発・イノベーションとの関係を簡単にレビューする。最後に、こうした潮流のなかで、環境技術を活かしつつ産業を支えている中小企業を取り上げ、これを探求する本稿の目的について説明する。

(1) 公害問題・資源エネルギー問題と中小企業

戦後復興期から高度成長期にかけての産業公害及び石油ショックは、それぞれ日本の環境・エネルギー問題を巡る議論の起点の一つとして挙げられる。以来、現在に至るまで、産業公害及び資源エネルギー制約とその対策は、中小企業と環境問題の関係を語るうえで重要な位置を占めている。

1964年に刊行を開始した『中小企業白書』が初めて環境問題について言及したのは、1971年発行の昭和45年版でのことである。当時、既に中小企業は重大な公害発生源の一つとして認識されており、①その対策が不十分であること、②中小企業には資金・技術・用地といった対策リソースが不足していること、そして、③公害防止対策をとった場合コスト増要因になること、が指摘されている。そしてこの分析枠組みは、翌年の昭和47年版²でも踏襲され、ほぼ同様の議論が展開された³。

更に1973年に起きた第一次石油ショックを受け、昭和49年版中小企業白書は、「省資源の要請と中小企業」という章を設け、中小企業の資源・エネルギー消費構造を分析した。その結果、中小企業の高

¹ 「中小企業」と「環境」を中心主題とする学術的論考は、近年に至るまで多くない。本節では中小企業に特化して、今日いうところの「環境」との関係について取り上げた文献を調査し、とりまとめた。

² 中小企業白書は、1971年発行の昭和45年版までは当年度についての年次報告、1972年発行の昭和47年版以降は前年度の年次報告となっている。このため昭和46年版は存在しない。

³ 中小企業庁は1971年及び1972年の2ヵ年において「中小企業公害問題実態調査」を行っており、その結果を各自書で報告している。

いエネルギー生産性は、労働集約に支えられたもので、導入設備の効率性を表すものでないこと、また小企業と比較しても中小企業は資材調達において苦しい立場におかれ、資源・エネルギー不足が生産・価格・労務・財務に悪影響を及ぼしていることが指摘された。

このように、今日の環境・エネルギー関連テーマの端緒とも言えるのが、こうした公害問題や石油問題であり、それらが注目された時期において、環境問題は主に中小企業の経営圧迫要因として捉えられた。その分析の枠組みは、環境問題を中小企業が独力で対応するには困難な要素の一つとして捉え、それへの対応を外部的にさせたものであり、現存する公害対策やエネルギー対策を目的とした低利融資や税制特別措置などの政策的支援策の理論的基礎となっている⁴。「環境」と「中小企業」の関係を捉える上で、今日にも続く伝統的な視座の一つといえよう。

(2) グリーン調達と中小企業

近年になると、かつての産業公害問題から、より広範な地球環境問題等へと社会の関心が移行するとともに、企業活動のグローバル化が進展したことを背景にして、それまで、個々の企業が単独で取り組んできた環境対応努力が、グリーン調達等を通じて多企業で連携して行われるようになってきた。これにより、中小企業は、法による規制の他にも、発注元大手企業等からの環境配慮要請の影響を受けるようになった。

具体的には、1980年代以降に公害問題はほぼ沈静化し⁵、代わって、1992年の地球サミット、1997年の京都会議が注目を集める等、社会の関心は、従来の局所的な公害の範囲を超えて、人類が環境に与える短期・中期・長期の影響全般を広く扱う「環境」問題へと移行した⁶。今日の環境問題では、地球温暖化問題や有害化学物質問題等のように、産業・生活を問わず様々な社会活動が原因となる。このため、公害対策のように、管理対象となる施設や事業所を法規制で特定し管理のあり方を細かく規定するのではなく、企業それぞれの実態に合わせて継続的に環境改善を図る方が合理的だと考えられるようになった。こうして企業の取り組みは、規制への対応を中心とした公害防止から、ISO14001等のEMS（環境マネジメントシステム）を中核とした環境管理に形を変えていった。

時をほぼ同じくして、我が国製造業が世界各地に拠点展開し、グローバル化を進めていたことから、国際的な大手企業を始めとして、部品・部材の調達先に対して、自社の環境管理目標達成のための諸条件を遵守するよう求めるようになった。従前からの調達条件である「品質」「費用」「納期」に加えて、「環境配慮」にも条件を付したこうした調達行動は、「グリーン調達」と呼ばれ、EMSやライフサイクルアセスメントの適用推進と相まって、現代企業の環境対応における中核的な行動指針とみなされている⁷。こうした広範な要請に対応するためには、単に出口対策として後付で処理装置を備えるだけではならず、構

⁴ なお寺尾(1994)は、これら公害対策補助金が、公害対策の一般原理である「汚染者負担の原則」に反しているにもかかわらず、長期に渡り正当化された背景には、これらの補助金が産業政策の一部を構成しているためと整理している。

⁵ 何を以って公害が沈静化したと判断するのかは、本来議論の分かれる問題ではある。ただし、1980年代以降に激甚公害が沈静化したという事実は広く認められており、例えば、公害事業団(1991)は、「昭和60年前後以降、環境施策の進展による効果や安定成長の定着もあって、いわゆる産業公害問題は一時の危機的状況からは脱した」と述べている。また環境省(2002a)は、昭和50年代のうちに「産業活動を原因とする公害問題は、法律による規制の効果、企業の努力等によって収束をみせつつ」あるとしている。

⁶ 1993年には環境基本法が制定され、それまでの公害対策基本法が廃止された。

⁷ 以上の法規制から自主管理へ、企業単体の管理からグリーン調達へという動向については、「環境白書(平成14年版)」、中小企業金融公庫「環境問題が中小企業に与える影響とその対応策」中小公庫レポート(1999)、中小企業金融公庫「大手メーカーのグリーン調達が中小メーカーへ与える影響とその対応策」中小公庫レポート(2002)で報告されている。

想や設計の段階から環境配慮思想を組み込み、低環境負荷型の製造工程や、消耗品の供給方法、使用済み製品の回収などといった、事業・収益構造全般に影響を及ぼす抜本の見直しが必要となってきた。

このように、大手発注元企業のグリーン調達に基づく要請は、中小企業経営にとって重大な問題となった⁸。例えば、三井(2003)⁹は、現代の中小企業の環境対応について、「法規制などの形をとるだけでなく、顧客や市場がこれを求め、企業の対応努力を不可避なものとするというケースも多々あり得る。『グリーン調達』の動きなどはその一例である。」と指摘している。なかには、社会の環境保護意識のさらに先を行き、自社の環境先進性をアピールしたい大手発注元企業が現れ、サプライヤーたる中小企業に対して、ときに法規制レベルを遥かに超えた環境配慮を求めるケースも増えている。このように、発注元大企業のサプライチェーンマネジメントの一環として、調達条件に環境配慮が加わったことで、本来自主的であったはずの環境配慮行動が、中小企業経営への外的圧力に変貌していったとみることもできる。

さらに、中小企業の内部に及んだ変化をみると、かつての公害防止では特定の管理者のみが担当したのに比べ、現在では全従業員が環境教育を受け、全ての業務について環境負荷の低減を求められる状況に変化した。そして、その前提としては、環境配慮が経営戦略や経営計画のかたちで明確に示される必要があった。こうして「環境経営」という概念は、中小企業の間にも定着していった。

(3) 環境技術と中小企業

前項で述べたように、環境配慮要請の高まりは、中小企業経営において取り組むべき重要な課題の一つとして新たに加わることになった。一方で、環境配慮要請は、新たな産業や技術ニーズを生み出す下地となり、中小企業が活躍し得る新たな市場誕生への期待も高まっている。

そこで、環境配慮要請から生まれる新たな需要について追っていくと、まず、初期の環境関連設備等への需要は、公共事業体が自ら設置する下水道・清掃工場・し尿処理施設等の大規模装置が中心であった。次の段階では、大企業が有する発電所・製鉄所・製紙工場等で用いる環境配慮設備への需要が新たな市場を形成した。このような大規模公共事業や大型設備供給の担い手は、大資本と大掛かりな技術力を有する大手産業機械メーカーやプラント建設企業であり¹⁰、中小企業は、その傘の下で部品供給や受託加工を担当した。その後、環境問題に対応する主体が、順次、公共事業体から民間企業へと移行し¹¹、大企業から中小企業へと広がり、小型機械や小規模プラントへも需要が拡大すると、大企業への部品供給等以外にも、中小企業がユーザーから直接的な受注機会を得るようになった。中小企

⁸ 東京都中小企業振興公社中小企業情報センター課「中小企業における環境マネジメントシステムに関する実態調査」(1999)では、ISO14001の外部認証を取得または取得に向け準備中と回答した86社の中小企業のうち16社は、その動機を「取引先(親企業など)からの要請」と回答している。

⁹ 三井逸友「環境問題と中小企業—その今日的課題と実践の意義」商工金融 53(1), 2003年1月, p. 44-57

¹⁰ これらの設備の供給元は、資本金100億円以上の企業による生産額が全体の7割強を占め、大企業中心の業態となっている(金融財政事情研究会「第11次業種別審査事典(第5巻)機械器具」(2008))。なお、この種の環境産業市場は全体として縮退傾向にあるものの7000億円以上の規模を維持している(日本産業機械工業会「平成20年度 環境装置の生産実績」)。

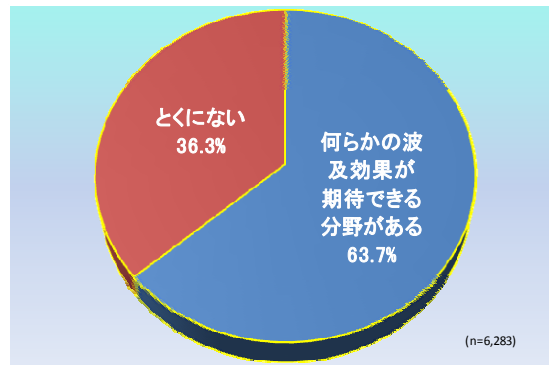
¹¹ この動向は、日本に限った話ではなく、他の先進各国や新興国においてもほぼ同様と言える。OECDが環境対策の上位規範として「汚染者負担の原則」や「拡大生産者責任」を提唱したのは、多くの国で公的負担と大規模処理を中心とした公害対応が非効率になり始めたためといえる。日本も他国の公害経験と同じパスを辿ってはいるが、公害は当地の産業特性や社会経済発展経緯に大きく左右されることから、なかには、中小民間企業の取り組みが先行するケースもある。

業の持つ技術は、こうした旧来の公共設備の一端から、今日の広範な環境関連産業に拡大した分野に至るまで、各所で重要な役割を果たしてきている。

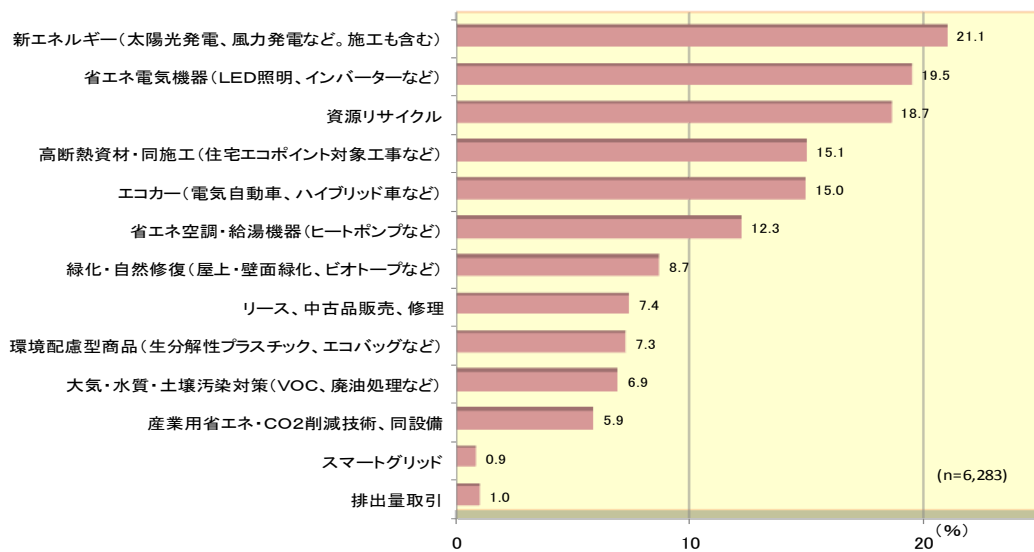
加えて、今日の環境意識の高まりという大きな潮流のなかでは、太陽電池や風力発電など新しいエネルギー産業として拡大する分野や、次世代自動車など既存事業分野（自動車産業等）の環境対応によって創出される分野が誕生している。こうした先端的新市場は、一見すると大企業にのみ関係していると思われがちであり、確かに太陽光発電パネルも電気自動車も最終製品は大企業から供給されるものがほとんどだが、サポーターリング・インダストリーとして中小企業が重要な役割を果たしている点は、他の既存産業と変わりはない。

こうした点について、日本公庫(2011)¹²では、約 20,000 社の中小企業を対象にしたアンケート調査（回答数6,828社）の結果をもとに、「（環境保護気運の高まりのなかで）自らの事業に波及効果が期待できる産業分野がある」と答えた中小企業が、全体の6割を超えていることを示している。さらに、期待して

図表 1-1 自らの事業に波及効果が期待できる環境関連産業分野の有無



図表 1-2 自らの事業に波及効果が期待できる環境関連の具体的な産業分野



（出所）両図表とも、日本政策金融公庫「中小企業による環境問題への対応」日本公庫総研レポート

いる具体的な産業分野については、「新エネルギー（太陽光発電、風力発電など。施工も含む）」が最も多くの回答を集めたことを指摘している。

(4) 研究開発と中小企業

なお、環境関連産業に限らず、我が国産業にみられるイノベーションにおいて、中小企業が果たしてきた役割についても、既存文献を簡単にレビューしておく。

平成 9 年版「中小企業白書」では、中小企業、特に中小製造業は、我が国産業に対して、生産性向上、中間財提供そしてプロダクトイノベーションなど大きな役割を果たしてきたと指摘し、(社)日本経済団体連合会は、2007 年にまとめた報告書¹³にて、「中小製造業は日本の競争力の源泉」であるとした上で「イノベーションと現場力の強化が不可欠」と述べている。

また、2009 年版中小企業白書では「とりわけ、現在、総需要が減少し、企業間の生き残り競争が一層熾烈になると考えられる状況の下で、中小企業が売上の維持・拡大を図っていくためには、イノベーションを通じて競争力のある製品・サービスを生み出していくことが不可欠」とし、中小企業のイノベーションの特徴を「経営者のリーダーシップ」「継続的な研究開発活動以外の創意工夫等」「ニッチ市場の開拓」としてまとめている。

研究開発を通じた技術イノベーションは、大企業・中小企業の別を問わず重要であるが、経営者個人の役割の大きさやニッチ市場開拓などは、中小企業ならではの持ち味であって、実は、それがイノベーションに深く関わっているのである。

(5) 先行研究のレビュー結果と、本研究の目的

本節では、環境問題と中小企業についてのこれまでの論考を整理し、また技術やイノベーションの視点から中小企業の貢献を示した。ただし、中小企業と環境をテーマにおいたこれまでの論考では、総じて、環境問題をネガティブな経営課題として捉えたものか、あるいは、ポジティブな側面を捉えた場合でも、ニュービジネスやベンチャービジネス的な、いわゆる“エコビジネス”に着眼したものが多かった。こうした取り上げ方も、もちろん説得力あるものだが、若葉のごとき初々しい“エコビジネス”もさることながら、次代の基幹産業たり得る太陽電池・風力発電機などの骨太な新エネルギー産業に着眼し、かつ、その急成長する市場において、膨らむ中小企業のビジネスチャンスや技術的な貢献について、詳しく分析する視点も欠かすことはできない。

特に、中長期的な「低炭素社会の構築」は、世界的な変革をも迫る時代の要請であり、また、2011 年の東日本大震災以降から続く電力供給面の制約は、現下で最大の国内問題の一つといってよい。こうした背景から、我が国経済のみならず社会的にも、環境・新エネルギー産業への期待は大きく、中小企業を含むその担い手に対しても、かつてない注目が集まっているともいえる。

本稿では、以上の立場から、環境技術の進展の中心にあって産業を支える中小企業に注目する。この分析を通じ、我が国環境・新エネルギー産業の一層の発展に資することを目的とする。

¹² 日本政策金融公庫「中小企業による環境問題への対応」日本公庫総研レポート No.2010-6, 2011 年 3 月, p. 95-98

¹³ (社)日本経済団体連合会「ものづくり中小企業のイノベーションと現場力の強化」(2007)

2 環境保護に関する政策動向と求められる環境技術の概要

(1) 地球温暖化防止分野に関する政策動向

様々な環境問題のなかでも、とくに地球温暖化問題は、予想される影響の大きさや深刻さに鑑み、人類の生存基盤に関わる最も重要な問題の一つとなっている。京都議定書が採択された1997年以降、我が国では、第1約束期間(2008～2012年)に温室効果ガス1990年比6%削減という目標を達成すべく、地球温暖化対策推進法のもと、官民を挙げて取り組んできた。

一方、米国では、2009年1月に就任したオバマ大統領が、風力発電、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー産業に1500億ドルを投入し、500万人の雇用創出を行うというグリーン・ニューディール政策を打ち出した。環境産業をテコに景気浮揚と雇用対策を図ろうとするこうした取り組みは、各国、各地域で広がりを見せ、我が国においても同年3月「緑の経済と社会の変革」が環境大臣から発表された。国内では、その後、エコポイントの活用による省エネ家電普及や省エネ住宅建設の促進、税制優遇措置等による次世代自動車普及促進、太陽光発電電力の固定価格買取制度導入など、次々と精力的な施策が実施された。2011年の東日本大震災以降、稼動する原子力発電所数の減少と火力発電への大幅な依存により、温室効果ガス削減推進における不安定要素が増しつつあるが、逆に、再生可能エネルギーや省エネルギーの必要性が再認識され、関連技術の開発は急加速しているところでもある。

以下では、これまでの、温暖化に関わる政策動向と関連する事項について、世界と日本における主な動きを整理した。

図表 1-3 地球温暖化問題に関わる世界と日本の主な動き

| | 世界の動き | 日本の動き |
|------|--|--|
| 1997 | 京都で気候変動枠組条約 COP3開催、京都議定書を採択。 ・各国ごとに法的拘束力のある温室効果ガス削減目標を設定。日本は基準年比6%削減。 ・京都メカニズム(JI、CDM、排出量取引)の合意 | 経団連が環境自主行動計画を発表 新エネ導入促進法制定 |
| 1998 | | 地球温暖化対策推進大綱を策定 省エネ法の改正 ・トップランナー方式の導入 ・大規模事業所への省エネ計画作成提出の義務付け等 地球温暖化対策推進法の制定 |
| 1999 | | |
| 2000 | | |
| 2001 | | 環境省が発足 |
| 2002 | | 京都議定書を批准 新・地球温暖化対策推進大綱の策定 地球温暖化対策推進法、新エネ法、省エネ法等の改正 バイオマス・ニッポン総合的戦略の策定 |
| 2003 | 記録的な猛暑・早魃(かんばつ)の発生、フランスでは1万人以上の犠牲者。 | |
| 2004 | | 東京で観測史上最高気温を記録、70日の真夏日、福井県・新潟県での集中豪雨などの異常気象。 家庭用燃料電池の市場投入開始 |

| | | |
|------|--|---|
| 2005 | 2月: 京都議定書発効 (米国、オーストラリアは不参加) | 愛・地球博の開催 クールビズ(夏の軽装化推奨等) 太陽光発電補助金の打ち切り |
| 2006 | イギリス「スターン・レビュー」発表(早期で強力な温暖化対策は、経済的便益をもたらすと主張) | |
| 2007 | IPCC 第4次評価報告書公表 5月: 安倍総理が「美しい星 50(クールアース 50)」(世界の温室効果ガスを 2050年までに現状比半減 する目標を提案)を発表 | 多治見市、熊谷市で日本の最高気温記録を更新(40.9℃) |
| 2008 | 1月: 福田総理が世界経済フォーラムにて「クールアース推進構想」(クールアース 50 を実現するための方策)を提案 7月: 洞爺湖サミット開催 2050年までに二酸化炭素(CO2)をはじめとする温室効果ガスの排出量を、 世界全体で少なくとも半減 することを達成するという目標について合意 | 3月: Cool Earth -エネルギー革新技術計画 6月: 福田ビジョン(太陽光発電普及の拡大、電球の切り替え等の具体策を示す) 7月: 低炭素社会づくり行動計画(閣議決定)の中で、「日本としても 2050年までの長期目標として、現状から60~80%の削減 を行う」と発表 10月: 国内排出量取引の試行実施開始 |
| 2009 | 1月: 米国でグリーン・ニューディール政策(毎年150億ドル以上を再生可能エネルギー産業に投入、500万人の雇用創出)を公約に掲げるオバマ大統領が就任 7月: ラクイラサミットにて「先進国全体として、50年までに80%又はそれ以上削減する」との目標が支持される | 4月: 「緑の経済と社会の改革」の発表 4月: エコカー減税、補助金開始 5月: 家電エコポイント開始 〃: 民生用燃料電池支援事業開始 6月: 麻生総理が20年までに2005年比15%削減とする中期目標を発表公表 8月: 環境省が「温室効果ガス2050年80%削減のためのビジョン」を公表 9月: 民主党政権発足 9月: 鳩山総理が、2020年までに90年比25%削減目標を公表 11月: 太陽光発電固定価格買い取り制度開始 12月: 住宅エコポイント対象工事期間の開始 |
| 2010 | | 3月: 2020年までに25%削減、2050年までに1990年までに80%削減を盛り込んだ地球温暖化対策基本法案を閣議決定(後の通常国会で廃案)。 10月: 地球温暖化対策基本法案の再提出を閣議決定(後の臨時国会で廃案)。 12月: 地球温暖化対策税の次年度導入を盛り込んだ「平成23年度税制改正大綱」を閣議決定。 |
| 2011 | 12月: 第17回国連気候変動枠組み条約締約国会議(COP17)において、京都議定書を当面延期し、2020年のダーバン・プラットフォームの発効に向かうことを合意。 | 3月: 東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故発生 5月: 政府電力需給対策本部が「夏期の電力需給対策」により、一律15%削減の需要抑制目標を決定。経済産業省が大口需要家に対し電力事業法に基づく電力使用制限を実施。 7月: 住宅エコポイント対象工事期間の終了 8月: 再生可能エネルギー特別措置法成立。再生可能エネルギーによる電力を対象にした固定価格全量買取制度の2012年7月施行を決定。 10月: 復興支援・住宅エコポイント対象工事期間の開始 |
| 2012 | | 1月: 地球温暖化対策税(環境税)の創設、エコカー減税の3年延長等を盛り込んだ2012年度税制改正の関連法案を閣議決定。 |

(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング「企業の環境対応調査に関する報告書(エコレポート)」他各種資料より作成

(2) 地球温暖化対策を推進する各種の環境技術

今日、地球温暖化対策を効果的に推進するために、排出権取引制度や環境税など経済的手法の導入や、カーボンフットプリントなどによる情報開示、国民のライフスタイル変革に向けた意識啓発など、さまざまな対策が実施や検討されている。こうしたアプローチと並行して、新エネルギー関連の技術開発や既存エネルギーの技術革新に対する期待も大きく、官民挙げて各種の研究開発が推進されている。

ここでは、地球温暖化防止のためにどのような技術が求められているか、中期的な目標達成にむけて開発・普及が進められる環境技術と、長期的な視点で開発が進められる技術に分けて整理する。

① 中期的な目標に向けて開発・普及が進められる環境技術

環境省では、2020年までに温室効果ガスを25%削減するという目標を前提として、主な政策を図表1-4のように示している。その中では、「再生可能エネルギー」「次世代自動車」「省エネ機器」「省エネ住宅」などを開発・普及を図るべき技術として掲げ、また、「バイオマス、小水力の活用」「公共交通機関の整備」「グリーンICT(情報通信技術)の推進」などを、低炭素都市・地域づくりのためのしくみとして掲げている。震災の発生等その後の情勢変化により、数値目標そのものには不安定な要素が現れてきたものの、ここに掲げられている技術については、その重要性がますます増しているものと考えられる。

これに関連して、同じ中央環境審議会資料に記載された「25%削減のための対策」について、中小企業にも十分関わりがあると考えられる環境技術の分野を抽出し、図表1-5に整理した。このうち、本稿の事例調査・分析においては、すでにある程度技術が確立され(すでの実績のある中小企業の存在

図表 1-4 25%削減のための主な政策「チャレンジ25」



(出所) 中央環境審議会総合政策部会(第52回平成21年11月27日)参考資料3「25%削減達成に向けて」

図表 1-5 温暖化防止対策における、中小企業に関わりがある環境技術分野

| 温暖化防止対策 | 中小企業に関わりがある環境技術分野 |
|--|--|
| 【エネルギー転換部門】 再生可能エネルギーの促進、 火力発電の効率化、原子力発電の推進 | 太陽電池(太陽光発電)、風力発電、小水力発電 バイオマス利用、バイオマス・廃棄物発電等 |
| 【産業部門】 各産業プロセスでの効率化 | 省エネ設備・技術、エネルギー管理技術等 |
| 【運輸部門】 次世代自動車の普及、燃費効率の向上、 バイオマス燃料比率の向上 | 電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池車、 バイオマス燃料生産等 |
| 【業務・家庭部門】 住宅・建設物の高断熱化、太陽光・太陽熱 利用の促進、高効率ヒートポンプ、 高効率給湯機、省エネ家電の導入・普及、 エネルギー管理システム導入 | 高断熱の建築材料・施工、太陽光・太陽熱利用機 器の製造・施工、空調機器・給湯機器・家電等の省 エネ機器、LED 照明、燃料電池、エネルギー管理 技術等 |
| 【都市・地域構造】 平均移動距離の短縮、公共交通機関の利用 率向上、木材の利用、農産物の地産地 消等 | 新交通システム、スマートグリッド、水素製造等 |
| 【その他】 センシング・モニタリングの推進等 | センシング・モニタリング技術等 |

(出所) 中央環境審議会総合政策部会(第 52 回平成 21 年 11 月 27 日)参考資料 3「25%削減達成に向けて」資料より作成

が見込まれ)、かつ、これからの市場拡大が見込まれる分野として、太陽電池(太陽光発電)、風力発電、電気自動車に着目し、重点的に事例を収集し分析を行った。

次章においては、これら 3 分野の市場の動向について概要を整理する。

② 長期的な開発目標を持つ技術分野

地球温暖化問題は、喫緊の課題であると同時に、長期にわたって継続的に取り組むべきものでもある。長期的な開発目標を持つ技術については、かなり先進的な“夢の技術”的なものも多いが、中小企業が将来の参入を検討したり、取り組む技術開発の方向性を確認したりするための参考となる。

例えば、環境省発表の「緑の経済と社会の変革」(環境大臣、平成 21 年 4 月)では、2050 年までの長期目標を持つ技術開発として、「高効率で低コストな革新的太陽電池の開発」「低コストで使いやすい電気自動車」「CCS、メタンハイドレード活用等の研究」「非化石燃料からの水素製造」「核融合や宇宙太陽光利用」を掲げている(図表 1-6)。CCS(二酸化炭素回収・貯留)や革新的製鉄プロセスなど、今後の開発を待って導入されるものもあるが、中小企業とより関連が深いと考えられる太陽光発電や次世代自動車、省エネ機器等については、普及と開発が同時並行で推進されていく見込みである。

図表 1-6 環境関連で今後期待される技術革新

緑の技術革新

世界最先端の技術力の未来に向けた強化

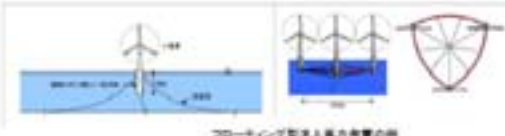
環境と経済をともに向上・発展させる基盤となる研究

環境経済政策研究の推進

低炭素社会作りのための中・長期目標達成ロードマップ策定調査

10～20年後の実用・普及をにらんだ技術開発

- ◆太陽光発電、第2世代バイオ燃料、風力発電、小水力発電等の再生可能エネルギー技術
- ◆LED照明、ノンフロンでかつ高性能な断熱材・低GWP冷媒を用いた省エネ型冷凍空調機器



フローティング型海上風力発電の例

地球温暖化への適応策の研究


温暖化が地域の水環境に与える影響等の研究

適応対策の研究・開発

- ◆食料、水環境・水資源、自然生態系、防災・沿岸大都市、健康、都市生活、途上国等の分野ごとに影響を予測・評価

2050年までといった長期的な目標を持った技術開発

- ◆高効率で低コストな革新的太陽電池の開発
- ◆低コストで使いやすい電気自動車
- ◆CCS、メタンハイドレード活用等の研究
- ◆非化石燃料からの水素製造
- ◆核融合や宇宙太陽光利用




温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」

最先端の環境技術の普及と既存技術の活用

最先端の技術の普及と既存技術の活用

- ◆競争条件整備や国際基準づくりへの積極的な関与
- ◆途上国等の状況に合わせた技術の開発と展開
- ◆温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」観測成果の国際発信
- ◆先進的環境技術の研究、普及モデルの策定





電動i-V

環境モニタリング、環境管理と情報収集・提供の推進

環境問題の広がりに対応したモニタリング、環境管理

生物多様性条約第10回締約国会議開催に向けた取組

(出所)環境大臣齊藤鉄夫「緑の経済と社会の変革(概要版)」(平成21年4月20日)より引用

(3) その他環境問題に関する政策動向

地球温暖化防止以外の主要な環境問題には、公害対策の時代から取り組まれている環境汚染防止（大気汚染防止、水質汚濁防止、土壌汚染対策）、循環型社会形成（廃棄物対策、リサイクル推進）、化学物質対策、生物多様性・自然保全等が挙げられる。

従来からの工業由来の環境汚染対策技術については、概ね普及済みであり、現在の施策の焦点は、印刷業やめっき業から排出される VOC、飲食店等小規模施設からの有機性排水、農業・畜産由来の汚染対策などとなっている。一方、1990 年後半からは化学物質の管理についての国内外の規制が強化され、化学物質使用を削減、切り替えるための技術の開発・普及が進んだ。

循環型社会形成については、2000 年頃に循環型社会形成推進基本法やその関連法が相次いで成立し、各種リサイクルの体制が整備されてきた。現在は、資源対策の面から、レアメタルリサイクル技術の開発にも力が入れている。

これらの他、最近の重点施策としては、生物多様性・自然保全の分野、環境教育推進、情報開示推進など基盤的な分野などが挙げられる。

図表 1-7 その他環境問題に関わる主な政策動向

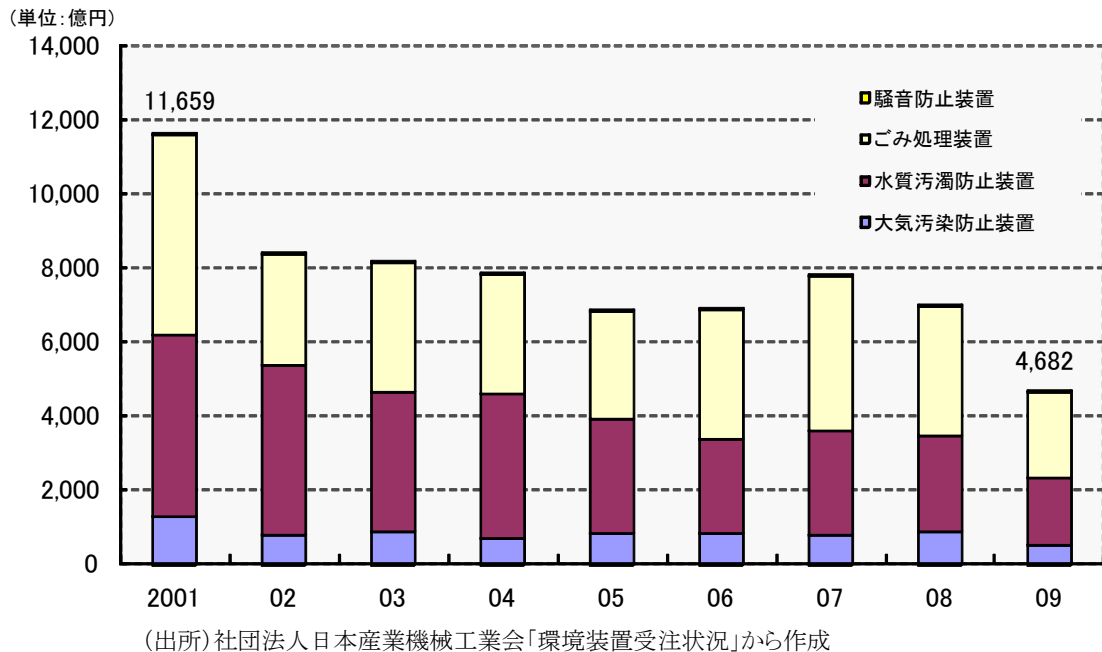
| | 化学物質対策、環境汚染防止 | 循環型社会形成、その他 |
|------|---|--|
| 1998 | | 家電リサイクル法成立 |
| 1999 | ダイオキシン類対策特別措置法成立 PRTR 法(化学物質排出把握管理促進法)成立 | |
| 2000 | | 循環型社会形成推進基本法成立、 食品リサイクル法、建設リサイクル法成立 資源有効利用促進法成立 |
| 2001 | フロン回収破壊法成立 | 家電リサイクル法施行 グリーン購入法開始 |
| 2002 | 土壌汚染対策法成立 | 自動車リサイクル法成立 バイオマス・ニッポン総合戦略の策定 自然再生推進法成立 |
| 2003 | RoHS 指令(電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用を制限する規制)の発効 | 循環型社会形成推進基本計画 環境教育促進法成立 |
| 2004 | 大気汚染防止法改正(VOC 規制強化) 残留性有機汚染物質(POPs)に関するストックホルム条約発効 | 環境配慮促進法(情報開示やグリーン購入の推進) 外来生物法成立 |
| 2005 | アスベスト被害の公表 | 愛・地球博の開催 |
| 2006 | RoHS 指令の施行 労働安全衛生法施行令改正(アスベストの製造、使用等の全面禁止) | |
| 2007 | REACH(欧州化学品規制:化学物質の安全性評価を義務付け)の施行 | |
| 2008 | | 年賀葉書の古紙パルプ配合率の偽装が発覚 生物多様性基本法成立 |
| 2009 | | 「レアメタル確保戦略」の公表 |
| 2010 | | 国際生物多様性年 「生物多様性国家戦略 2010」閣議決定 生物多様性条約第 10 回締約国会議(COP10)にて名古屋議定書採択。 |
| 2011 | | |

(出所)環境省「環境白書/循環型社会白書/生物多様性白書」ほか各種資料より作成

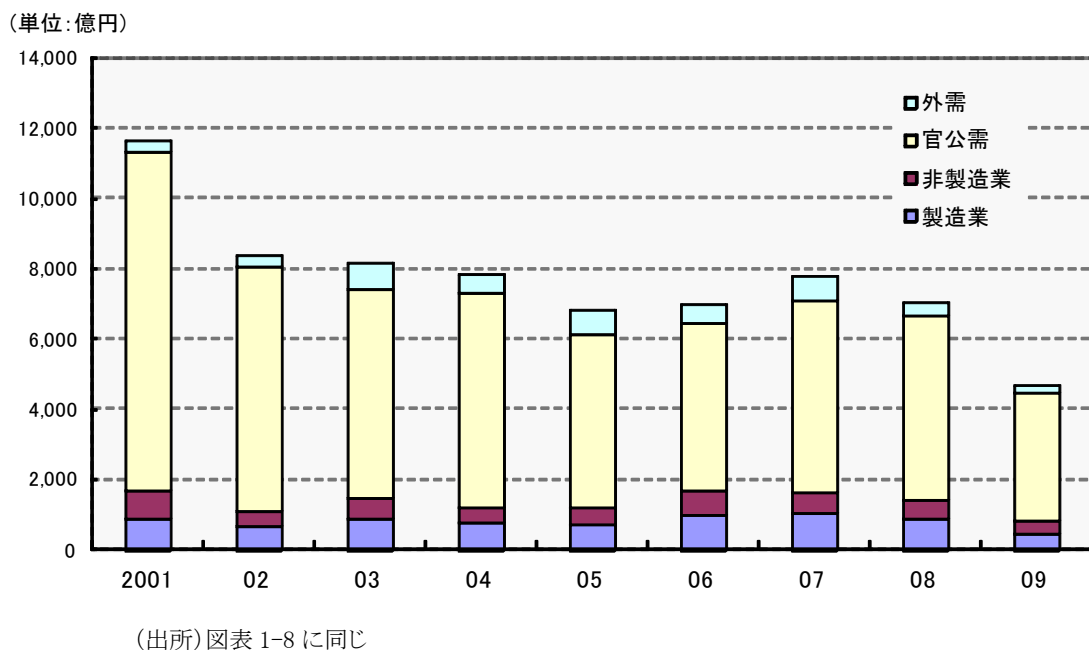
(4) その他環境問題に求められる技術の概要

前述のとおり、環境汚染防止、循環型社会形成等については、引き続き注視していくべきことはもちろんだが、既に相当程度対策済みであると考えられる。例えば、環境対策に用いる装置の受注額動向をみると、押し並べてどの装置種類でも減少しており(図表1-8)、総額は8年間で半分以下になっている。背景には、需要の大半を占める官公需からの受注が大幅に減少したことが挙げられる(図表1-9)。一方、民間からの受注は、09年に景気の影響から減少したものの、08年までは横ばいで推移してきている。

図表 1-8 環境対策に用いる装置の装置種類別受注額推移



図表 1-9 環境装置受注の受注先別推移



このように、これらの環境保護分野においては、必要な対策は概ね措置済みではあるが、継続的な需要は底堅く、また、特定の物質や排出源を対象とした重点対策、化学物質対応やレアメタルリサイクルなど新しい問題への対応が求められており、そのための新技術の開発も期待されている。

こうした地球温暖化防止以外の環境保護分野において、中小企業が役割を果たすと考えられる技術分野を整理すると、下記ようになる¹⁴。

図表 1-10 温暖化防止以外の環境保護分野において、中小企業が役割を果たす技術分野

| 環境問題の分野と 主な対策 | 中小企業に役割を果たすと考えられる技術分野 |
|------------------|---|
| 環境汚染防止 | 大気汚染防止、水質汚濁防止、水処理技術等 |
| 小規模事業者対策 | VOC 対策技術、小規模排水処理技術、畜産排水対策等 |
| 特定物質・エリア対策 | 脱フロン対策技術、自動車排ガス対策(自動車対策、沿道対策)技術、湖沼水質浄化技術等 |
| クリーナープロダクション | 有害物質の使用、排出を抑制する燃焼、塗装・洗浄プロセス技術等 |
| 循環型社会形成 | 金属・プラスチックリサイクル、省資源技術、易リサイクル材料技術等 |
| 廃棄物処理 | 焼却炉関連技術、建設廃棄物処理技術等 |
| レアメタル資源対策 | 資源回収、分別、分離、リサイクル技術等 |
| 自然再生、自然保全 | 植栽、屋上・壁面緑化技術、都市緑化技術 |
| ヒートアイランド対策 | 機能(保水、遮熱、透水)性舗装、高反射性塗料、緑化等 |
| 環境管理・モニタリング | 簡易測定技術等 |

(出所)各種資料より作成

¹⁴本稿においては、急速に伸長する環境・新エネルギー分野の方に重点を置くため、ここで整理した技術については、これ以上詳述しない。

第2章 主要な環境・新エネルギー産業の概要

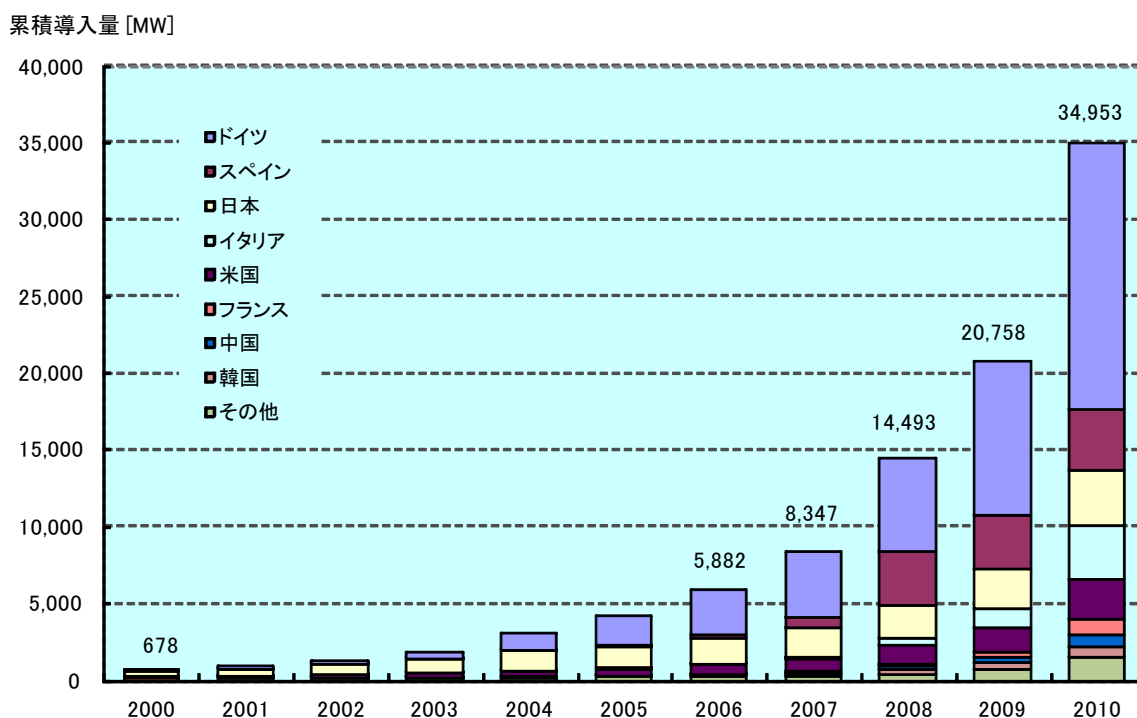
本稿の中核である次章以降の企業事例分析に先立って、この第2章においては、今日、注目を集める代表的な環境・新エネルギー産業として、太陽電池(太陽光発電)、風力発電機、電気自動車に着目し、これらの3分野の市場の動向について概要を整理した。実際に当該分野で活躍している中小企業や、今まさに、そこにビジネスチャンスを見出そうとする中小企業は、いかなる事業環境下に位置することになるのか、本章では、まずそれを明らかにする。

1 太陽電池(太陽光発電)産業の概要と動向¹⁵

(1) 太陽光発電の導入状況

2010年時点の全世界の太陽光発電の累積導入量(ただしIEA-PVPS¹⁶参加国に限る)は約35GWであり、この数字は、一般的な原子力発電所約35基分に相当するものである。特に、ここ2~3年の伸びが著しく、2010年度は前年比68%増と大幅な拡大をみせている。

図表 2-1 太陽光発電の累積導入量推移(IEA-PVPS 参加国のみ)



(出所)IEA-PVPS「TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS」より作成

¹⁵ 本稿では、モジュールで出荷されるまでのものを太陽電池、設置・施工を含む発電システムを太陽光発電と呼ぶこととした。製造業に着目している本稿では、太陽電池を主な調査対象としている。

¹⁶ IEA-PVPSとは、IEA(International Energy Agency:国際エネルギー機関)加盟国によって締結された太陽電池に関する共同研究開発協定(IEA-Photovoltaic Power Systems Programme)。

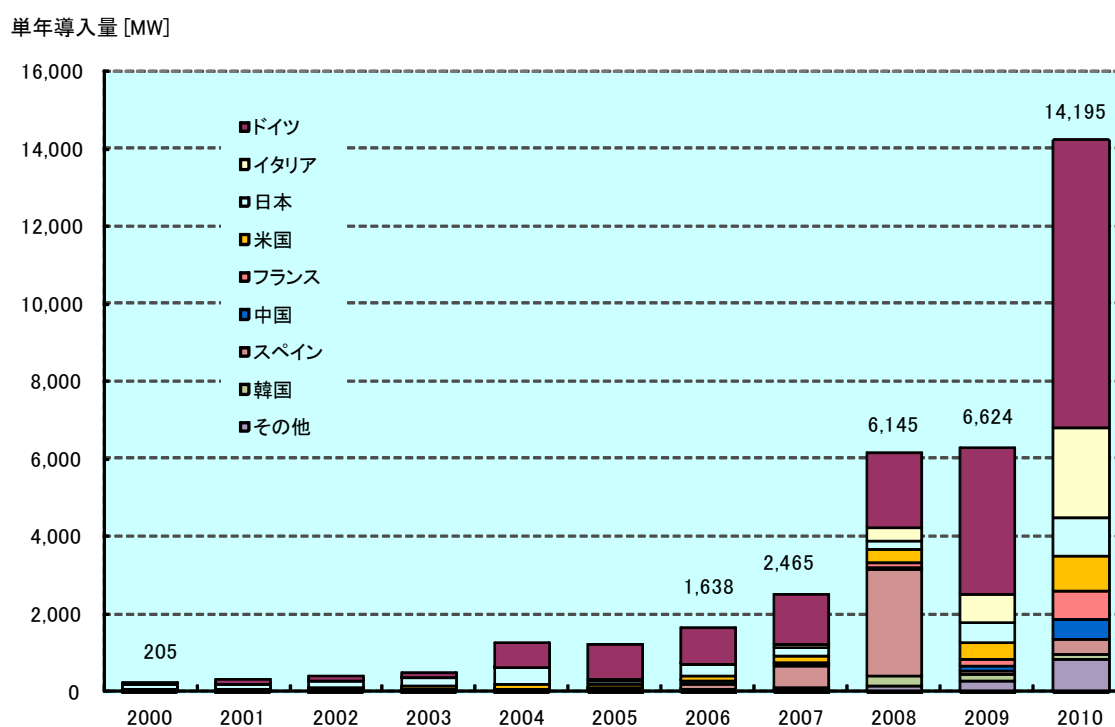
国別にみて、累積導入量の世界トップはドイツの 17.4 GW であり、全導入量の約 50%を占める。第二位はスペインの 3.9 GW、第三位が日本の 3.6 GW である(図表2-1)。日本は 1997 年から 2004 年まで累積導入量世界 1 位の座を守ってきたが、2005 年にはドイツに、そして 2008 年にはスペインに抜かれた。イタリアも 3.5 GW で肉迫している。

かつて、1990 年代までは、太陽光発電システム市場は日本・米国が主であった。しかし、現在、市場をけん引しているのは、ドイツ、スペインをはじめとする欧州勢である。世界各国の単年での太陽光発電の導入量推移をみると、ドイツでは 2004 年から導入量が急増し、特に 2010 年では前年の 1.95 倍に相当する量を導入したことがわかる。また、スペインでも 2007 年から急激に導入量を伸ばしている。

ドイツ、スペインにおいて爆発的ともいえる太陽光発電の普及をみせたのは、Feed-In Tariff(固定価格買取制度、以下 FIT)¹⁷の導入がその背景にある。FIT とは、太陽光、風力等の再生可能エネルギーを用いて発電した電力を、電気小売単価より高い価格で、一定期間買い取る制度である。イタリア、韓国においても FIT を契機に、導入量が増加してきている。

一方、日本においては、2005 年の住宅用太陽光発電への補助金制度の打ち切り以降、単年導入量が減少し続け、2008 年にはイタリア、韓国などの太陽光発電新興国にも単年導入量で追い抜かれた。こういった状況を受け、日本においても 2009 年 11 月 1 日より太陽光発電による余剰電力の買取制度が開始された。さらに、2011 年 8 月 26 日には、再生可能エネルギーによって発電した電力の全量を固定価格で買い取るよう電力会社に義務付けた再生可能エネルギー特別措置法が成立した。

図表 2-2 太陽光発電の単年導入量推移(IEA-PVPS 参加国のみ)



(出所)IEA-PVPS「TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS」より作成

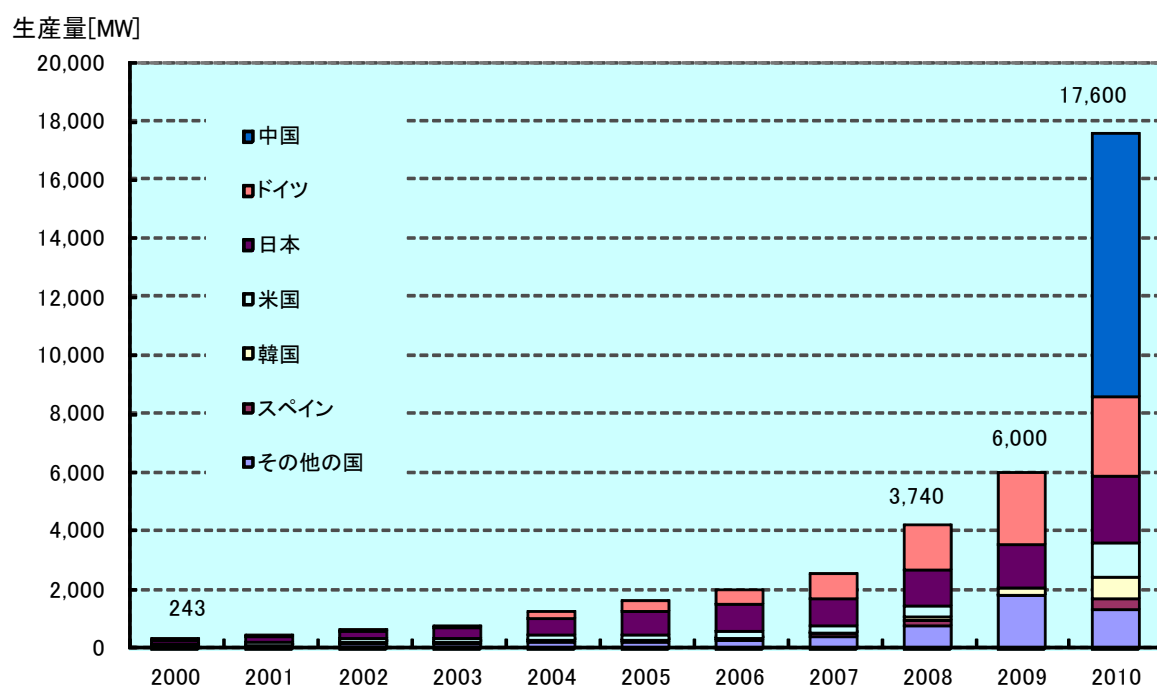
このように、太陽光発電の普及は、国の政策に大きく左右される。グリッドパリティ¹⁸が実現すれば、一気に市場が拡大すると見込まれるが、それまでにはまだ5年から10年程度の時間がかかり、今後もしばらくは各国政府主導の普及拡大が進められていくと見られている。

(2) 太陽電池の生産状況および今後の見通し

世界および国別の太陽電池生産量の推移をみると、近年、欧州市場の需要増を受け、大幅な伸びをみせている。IEA-PVPS 参加国の統計によると、2010年は、この年から中国の分を加算開始したことにより極端な伸びとなっているが、その攪乱要因がない2008年から2009年の伸びをみても、対前年比60%増と大幅な拡大を示している。なお、IEAの推計によると、IEA-PVPS 非参加国も含めた世界全体での2010年度太陽電池生産量は、一段と大きい23,000~24,000MWにまで拡大しているという。

国別で見ると、中国の生産能力拡大が著しく、2010年には前年の2.25倍の9,000MWに達しており、2位ドイツの3.3倍にまで膨らんでいる(図表2-4)。一方、日本は、2007年まで生産量世界トップであったが、2008年にドイツが大きく生産量を伸ばしたことで、その順位を譲った。

図表 2-3 太陽電池生産量の推移(IEA-PVPS 参加国のみ)



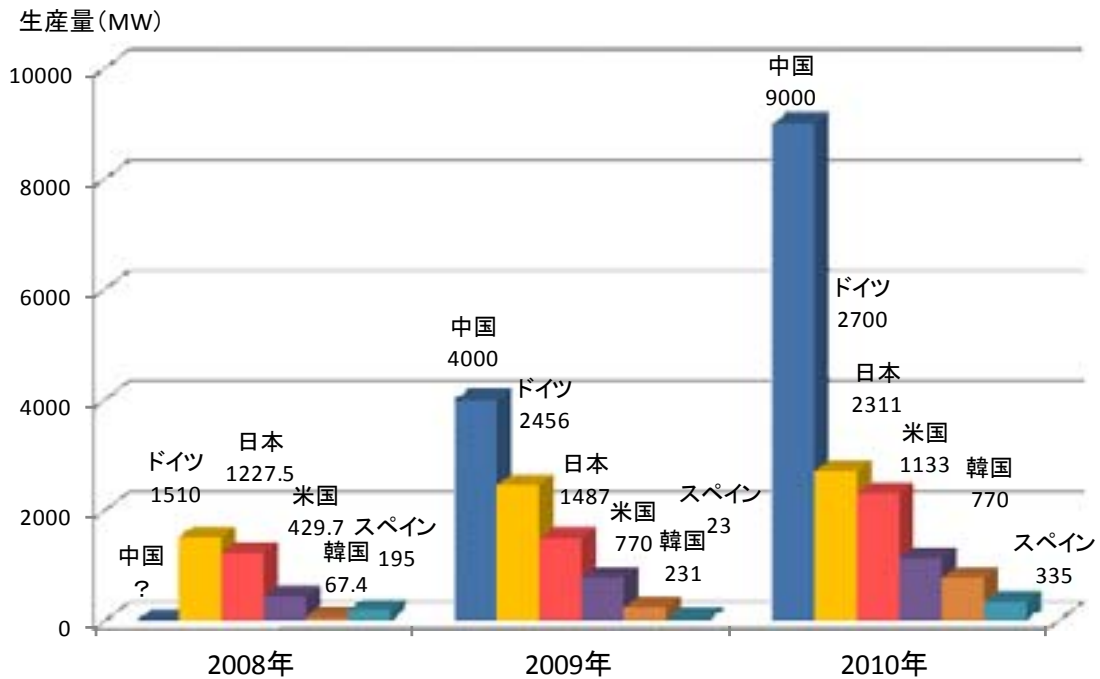
(出所)IEA-PVPS「TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS」より作成

(注)中国は、2010年からIEA-PVPSの統計に加算開始。台湾・フィリピン・インドは、IEA-PVPS非参加国なので、カウント外。ただし、台湾は、5300MW程度の巨大な生産能力があるとされている。

¹⁷ ドイツ、スペインのFITは、発電量の全量が買い上げられる。ちなみに2009年時点の制度では、日本での余剰電力の買い取り価格は48円/kWhで、一般家庭の電気料金(約24円/kWh)の約2倍である。

¹⁸ 太陽光発電の発電コストが既存の電力料金の価格と同等になること。

図表 2-4 主要国の太陽電池生産量の推移

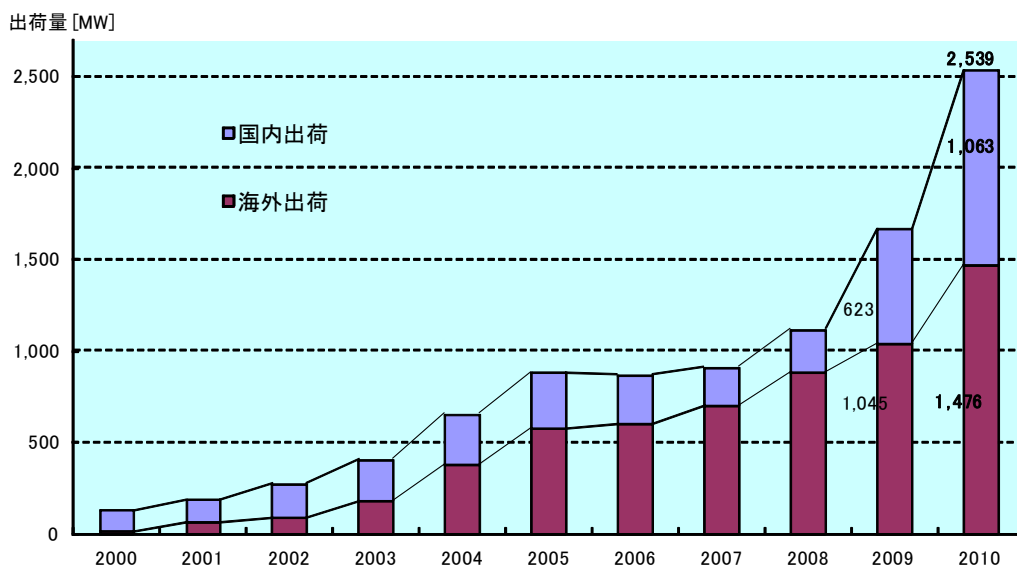


(出所)IEA-PVPS「TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS」より作成
 (注)2008年における中国の生産量は不明。

IEA-PVPS によると、先述した IEA 非加盟国も含めた世界全体での 2010 年度太陽電池生産量 (23,000~24,000MW)のうち、中国での生産量が 38%を占め、非参加国を含めても太陽電池生産量のトップは中国であると推定されている。また、台湾のシェアは 16%と推定され、日本に迫る勢いで生産量を伸ばしている。

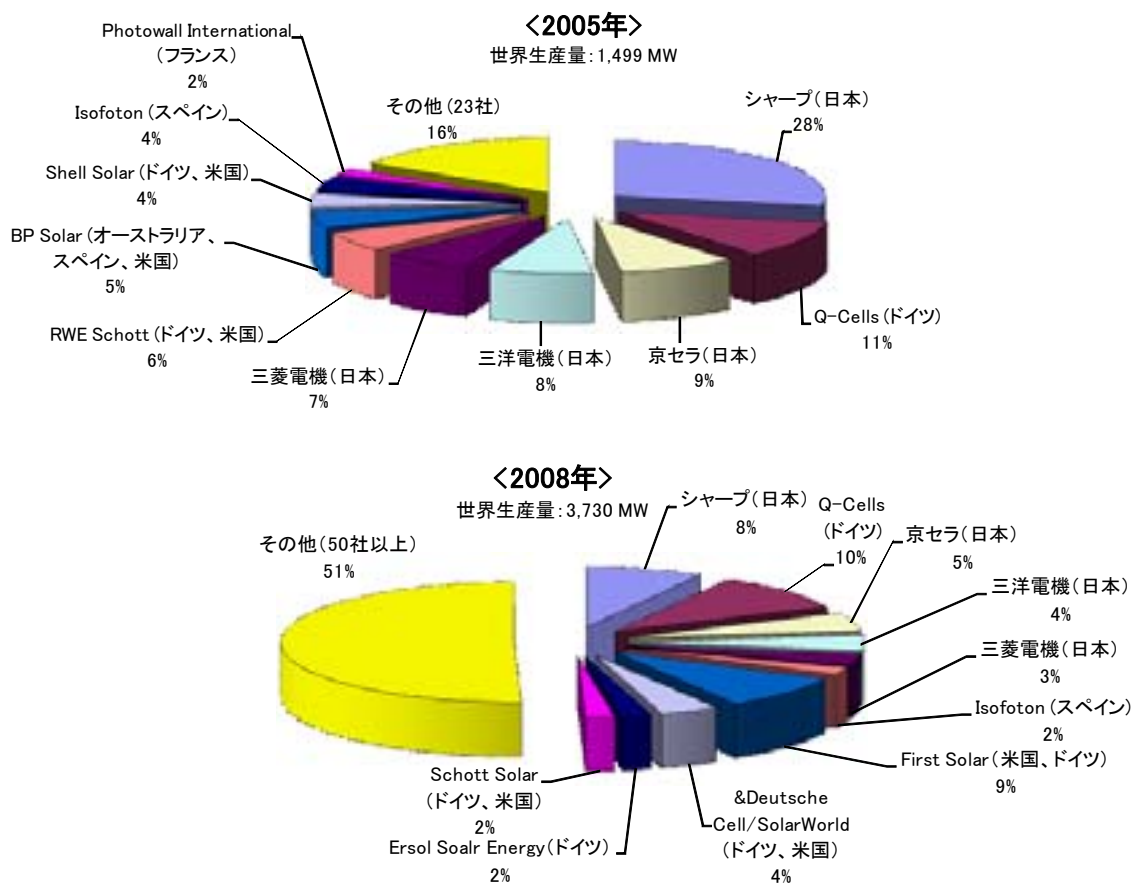
このように、新興国が急速に勢力を伸ばしてきたなか、日本は、導入量ランキングと同様、その優位性を年々下げている。また、日本の太陽電池生産量は、国内需要よりも輸出に多く向けられている。

図表 2-5 日本の太陽電池出荷量の推移(国内出荷 vs 海外出荷)



(出所)JPEA 太陽光発電協会「統計・資料」より作成

図表 2-6 企業別太陽電池生産量世界シェア(2005 年および 2008 年、IEA 加盟国のみ)



(注 1) 世界生産量は IEA-PVPS が公表している IEA 加盟国での生産量
(出所) IEA-PVPS「TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS」(2006、2009)より作成

メーカー別の太陽電池生産量シェア(2005 年および 2008 年、IEA-PVPS 参加国に限る)をみると、2005 年においては、シャープ(日)28%、Q-Cells(独)11%、京セラ(日)9%、三洋電機(日)8%、三菱電機(日)7%と、日本メーカーが世界シェアの上位を占めていたが、2008 年には、ドイツ Q-セルズがシェア 10%で世界第 1 位、2 位は米国ファーストソーラー(米・独での総生産量)が 9%、トップを譲ったシャープがシェア 7%で 3 位になった。さらに最近時点では、その欧米勢をも凌ぐ中国メーカーや台湾メーカーが台頭し、2010 年時点で、サンテックパワー(中)が世界トップ、以下、JA ソーラー(中)、ファーストソーラー(米)、インリー・グリーンエナジー(中)、トリナソーラー(中)などが続き、かつてトップだったシャープや Q-セルズ(独)は、その後塵を拝している。この他にも、IEA-PVPS 非参加国である台湾のジンテック、モーテックなどの勢力も、既に京セラを凌ぐ規模に達していると言われている。

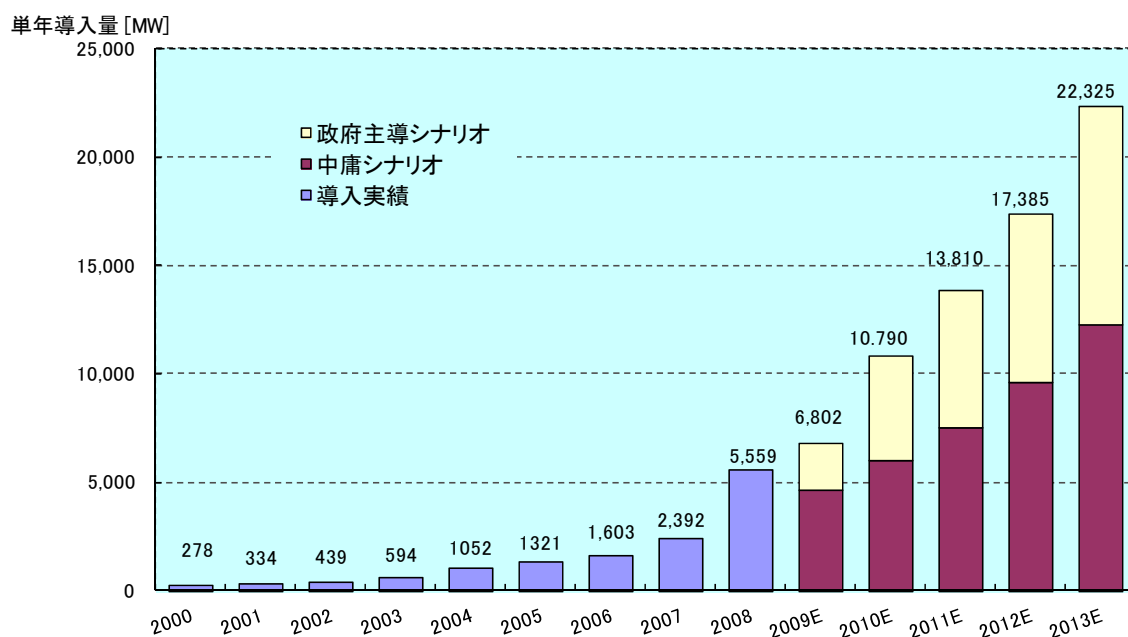
このように、市場拡大につれ、参入企業の数が急速に増えるなか、これまで培ってきた技術や経験もさることながら、資本力がモノを言う世界になりつつあり、企業間の投資競争は激しさを増している。

今後の世界市場の成長を占う際には、やはり各国政策の動向が大きな要素となる。例えば、2007 年から 2008 年にかけて急激に市場拡大した際の原動力は、主にスペイン市場の成長促進策を契機にしたものだが、その成長率はスペイン政府の予想を上回るものであった。タリフ(買い取り額)の水準を高く設定しすぎたと考えたスペイン政府が、太陽光発電システム市場の過熱を抑制するための法改正を

2008年に行ったことから、2008年から2009年にかけての成長はやや鈍化した。

しかしながら、日本をはじめイタリアでもFITの導入が始まるなど、各国の推進施策は続いており、世界の太陽光発電システム市場は、今後も順調に成長していくことが予想されている(図表2-7)。しかも、全発電量に占める太陽光発電の構成比はまだ低く、今後の拡大余地を大いに残している。引き続きCO₂排出量削減の有力な手段であることから、長期にわたっての成長が見込まれている。

図表2-7 太陽光発電の単年導入量予測



(出所)EPIA「Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013」(2009)より作成

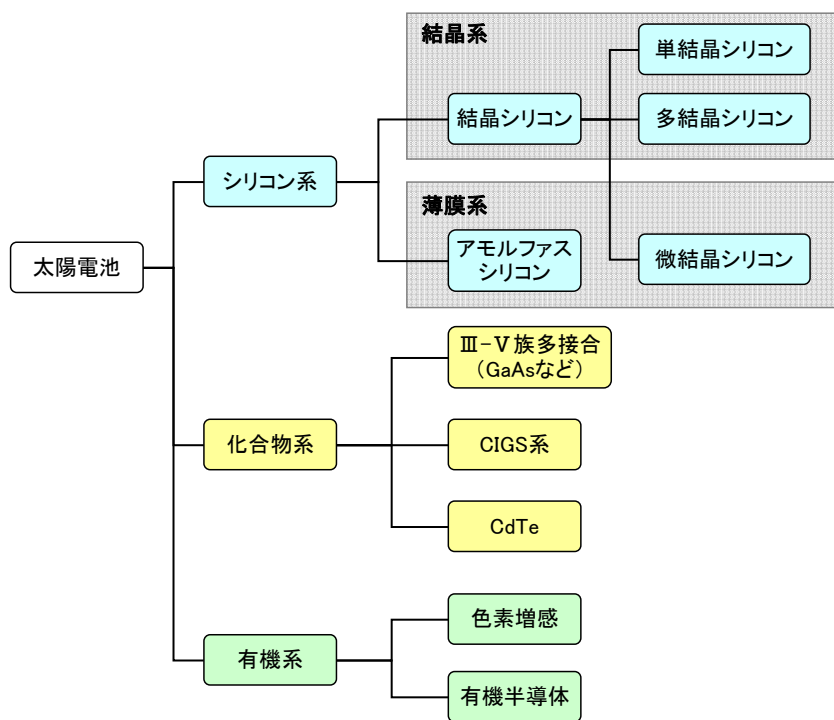
(3) 太陽電池産業の概要

① 太陽電池の種類と特徴

太陽電池には様々な種類のものがある。太陽電池の分類図(図表 2-8)をみると、使用される材料で分類した場合、シリコン系、化合物系、有機系の3つに大別することができる。シリコン系とは、光吸収層の材料にシリコンを用いた太陽電池であり、現在最も広く使用されているタイプである。化合物系とは、光吸収層の材料に Cu、In、Ga、Al、Se、S などからなる化合物を用いた太陽電池であり、最近量産化が開始されたばかりの新しいタイプの太陽電池である。有機系とは、光吸収層に有機化合物を用いたものであり、まだ研究段階ではあるが、生産コストを引き下げる余地が大きいと将来が期待されている。

シリコン系太陽電池は、さらに結晶系と薄膜系に分類される(図表 2-8 中網掛け部)。結晶系は、素子の厚みが数十～数百ミクロンの太陽電池を指し、現在の主流となっているタイプである。薄膜系は、素子の厚みが数ミクロン以下のものを指し、省資源での製造が可能であり、シリコン系の中では今後主流になっていくと考えられている。各太陽電池の概要と、主な製造・開発メーカーについては、図表 2-9 のとおり。

図表 2-8 太陽電池分類図



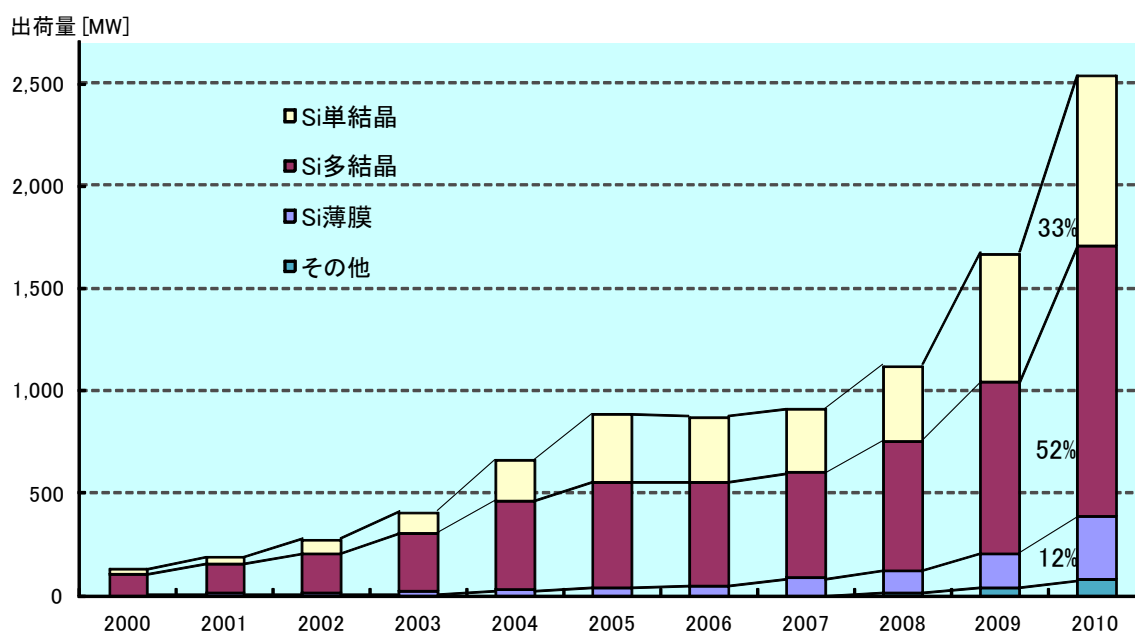
(出所) NEDO HP(<http://www.nedo.go.jp/nedata/17fy/01/k/0001k004.html> (2010年3月))、
(独)産総研 HP(http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/about_pv/types/groups.html (2010年3月))より作成

図表 2-9 各種太陽電池の概要および主な製造・開発企業

| 太陽電池種類 | | 特徴 | 用途 | 主な国内企業 | |
|--------|---------|--|---|---------------------------------|-----------------------------|
| シリコン系 | 結晶系 | 単結晶シリコン | 最も古くからある太陽電池。高純度シリコン単結晶ウエハを利用するため高価であるが、エネルギー変換効率が高い。 | 産業用、発電事業用 | シャープ 京セラ 三洋電機 |
| | | 多結晶シリコン | 現在最も広く使われている太陽電池。多結晶シリコンを使用し、エネルギー変換効率は単結晶に劣るが低コストでの製造が可能。 | 主に住宅用 | シャープ 京セラ 三菱電機 三洋電機 |
| | 薄膜系 | アモルファスシリコン | ガラス基板上にシリコンを非結晶（アモルファス）状態で薄膜形成してつくる太陽電池。エネルギー変換効率は結晶系のものに劣るが、低コストで大面積の電池を量産できる。 | 産業用、発電事業用 | シャープ カネカ 三菱重工 |
| | | 微結晶シリコン | 多結晶シリコンを非常に細かくしたものを基板上に成膜してつくる太陽電池。大幅な低コスト化が期待されている太陽電池。 | 研究開発段階 | — |
| 化合物系 | Ⅲ-V族多接合 | GaAs（ヒ化ガリウム）または Ge（ゲルマニウム）基板上に薄い GaInP、GaInAs 層を形成したもの。非常に高価だが、最もエネルギー変換効率の高い太陽電池。 | 産業用、発電事業用（宇宙） | シャープ | |
| | CIGS系 | シリコンの代わりに、Cu（銅）、In（インジウム）、Ga（ガリウム）、S（セレン）を使用する。低資源・低コストに加え、シリコン系の薄膜太陽電池よりも高いエネルギー変換効率が期待できる。 | 研究開発段階 | ソーラーフロンティア（昭和シェル石油） ホンダソルテック | |
| | CdTe | Cd 化合物薄膜を用いた太陽電池。毒物であるカドミウムを用いるが、環境性能は高い電池。日本では販売されていないが、欧米では実用化が始まっている。 | 産業用、発電事業用 | —（米国企業） | |
| 有機系 | 色素増感 | 光吸収層にシリコンのような無機物ではなく、有機化合物を用いた太陽電池。製造が簡単で材料も安価なことから大幅な低コスト化が見込まれる。 | 研究開発段階 | シャープ ソニー TDK | |
| | 有機半導体 | 導電性ポリマーやフラーレンなどを組み合わせた有機薄膜半導体を用いる太陽電池。色素増感型よりも構造や製法が簡単になるとみられている。 | 研究開発段階 | シャープ 三洋電機 三菱化学 新日本石油 | |

（出所）（独）産総研 HP (http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/about_pv/types/groups.html (2010年3月))、NEDO「太陽光発電ロードマップ (PV2030+)」(2009年6月)より作成

図表 2-10 日本における太陽電池種類別の出荷量推移(海外向け含む)



(出所) JPEA 太陽光発電協会「統計・資料」より作成

世界の太陽電池種類別の国内生産シェアの推移(図表 2-10)をみると、現在、最も多く生産されているのが多結晶シリコンの太陽電池で、2010 年度では全体の約 52%を占める。次いで生産量が多いのが単結晶シリコンで約 33%であり、結晶系は、単結晶、多結晶を合わせ約 85%のシェアであり、市場の主役となっている。

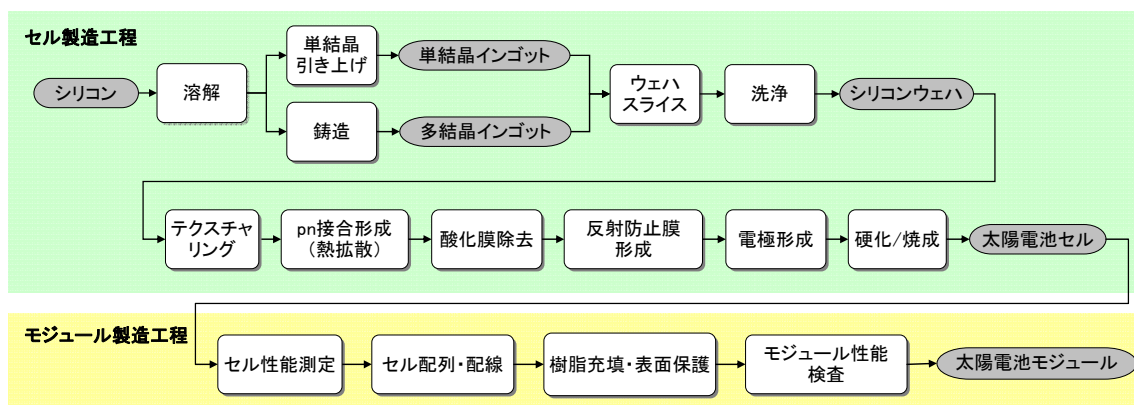
薄膜系の太陽電池は、徐々にシェアを伸ばしつつあるが、結晶系に比べるとまだその比率は低い。しかし、シリコンの消費量が少なく、生産コスト引き下げの余地が大きいことから、太陽電池メーカー各社が開発を行っており、今後の成長が見込まれる。

② 太陽電池の製造プロセス

太陽電池の結晶系と薄膜系では、その製造工程が大きく異なる。結晶系では、シリコンウエハに処理を施してセルを製造するが、薄膜系ではガラス基板上にシリコンまたはその他物質の薄い膜を成膜することでセルを製造する。具体的な結晶系シリコン太陽電池及び薄膜系シリコン太陽電池の製造工程は、以下のとおりである。

まず、結晶系シリコン太陽電池の代表的な製造工程(図表 2-11)をみると、結晶系シリコン太陽電池では、最初に原料となるシリコンを溶解してシリコンインゴットを作り、これを薄くスライスしてシリコンウエハとする。シリコンウエハの表面に光を閉じ込めるための凸凹形状(テクスチャ)を形成し、拡散炉でリンをシリコン内に拡散させた後、光の反射を抑える反射防止膜を成膜する。成膜後のウエハの表裏面に電極を形成し、焼成/硬化させることでセルが作られる。その後、セルはモジュール工程に送られ、複数のセルを組み合わせてモジュール化される。モジュール工程では、まず各セルの性能評価が行われ、良品のみが選び出される。良品のセルを並べて配線し、封止剤で封止し、モジュールの性能評価を行い、太陽電池モジュールとなる。

図表 2-11 結晶系シリコン太陽電池の代表的な製造フロー



(出所) 企業ヒアリング内容及び各種資料より作成

図表 2-12 結晶シリコン太陽電池の製造に使用する主な装置

| | 工程名 | 製造装置名 |
|---------|-------------|--------------------|
| セル製造工程 | シリコンインゴット製造 | シリコン溶融炉 |
| | ウエハスライス | ワイヤーソー |
| | 洗浄 | 洗浄装置 |
| | テクスチャリング | テクスチャリング装置 |
| | pn 結合形成 | 拡散炉 |
| | 反射防止膜形成 | PVD 装置、プラズマ CVD 装置 |
| | 電極形成 | スクリーン印刷機 |
| | 硬化/焼成 | 焼成炉 |
| モジュール工程 | セル性能測定 | セルテスター |
| | セル配列・配線 | 自動配線装置 レイアップ装置 |
| | 樹脂充填・表面保護 | 真空ラミネート装置 |
| | モジュール性能検査 | モジュールテスター |

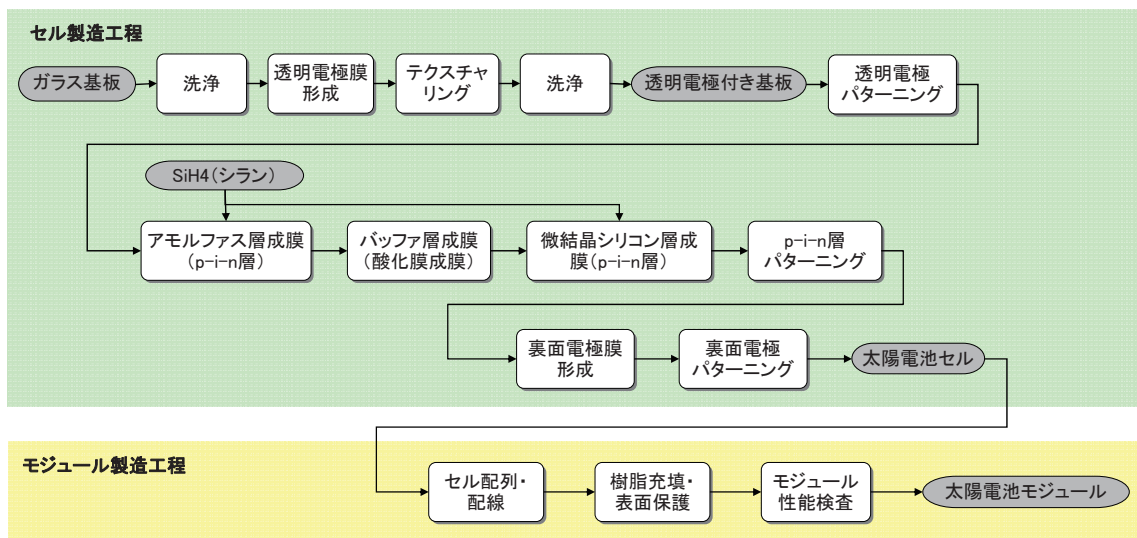
(出所) ENF 社 HP 太陽光発電関連会社データベースより作成

結晶系シリコン太陽電池の製造プロセスで使用される主な製造装置をみると、結晶系では、次に示す薄膜系と比較して製造工程が多く、使用される機器の種類も多いことがわかる。

薄膜系シリコン太陽電池の代表的な製造工程(図表 2-13)においては、薄膜系シリコン太陽電池は、シリコンウエハを用いるのではなく、ガラス基板上に極薄のシリコン膜を成膜することで製造される。まず、透明電極付きのガラス基板上にレーザーを用いてパターニングを施し、回路を形成する。その後、原料ガスであるシランガスとその他の希釈ガスをプラズマ CVD¹⁹法にて基板上に薄膜形成させ、レーザーでパターニングを行う。そして、基板の裏面に PVD 法により電極膜を形成させ、レーザーでパターニングした後、端子を接続し、太陽電池セルとなる。セルはモジュール工程に送られ、太陽電池モジュールとなる。モジュール工程は、セルの性能検査工程がないこと以外は結晶系シリコン太陽電池と同じである。薄膜系シリコン太陽電池では、既にガラス基板上に大きなセルが形成されているためである。

薄膜系シリコン太陽電池の製造に使用される主な装置をみると(図表 2-14)、薄膜系の製造工程では、コアとなる装置は、PVD 装置やプラズマ CVD の薄膜製膜装置になる。モジュール工程で使用される装置は、結晶系のものと同じものが多い。

図表 2-13 薄膜系シリコン太陽電池の代表的な製造フロー



(出所) 企業ヒアリング内容及び各種資料より作成

図表 2-14 薄膜系シリコン太陽電池の製造に使用される主な装置

| | 工程名 | 製造装置名 |
|-----------|---|-------------|
| セル製造工程 | 洗浄 | 洗浄装置 |
| | 透明電極膜形成 バッファ層成膜 裏面電極膜形成 | PVD 装置 |
| | テクスチャリング | テクスチャリング装置 |
| | 透明電極パターニング p-i-n 層パターニング 裏面電極パターニング | レーザー加工機 |
| | アモルファス層成膜 微結晶シリコン層成膜 | プラズマ CVD 装置 |
| | モジュール工程 | セル配線 |
| 樹脂充填・表面保護 | | 真空ラミネータ |
| モジュール性能検査 | | モジュールテスター |

(出所) ENF 社 HP 太陽光発電関連会社データベースより作成

19 PVD=物理気相成長(物理蒸着)、CVD=化学気相成長(化学蒸着):それぞれ、物質表面に薄膜を堆積する方法。半導体素子や太陽電池製造工程のコアとなる標準的製法。太陽電池製造において、代表的な PVD 手法は、スパッタリング、真空蒸着など。代表的な CVD 法はプラズマ CVD 法。

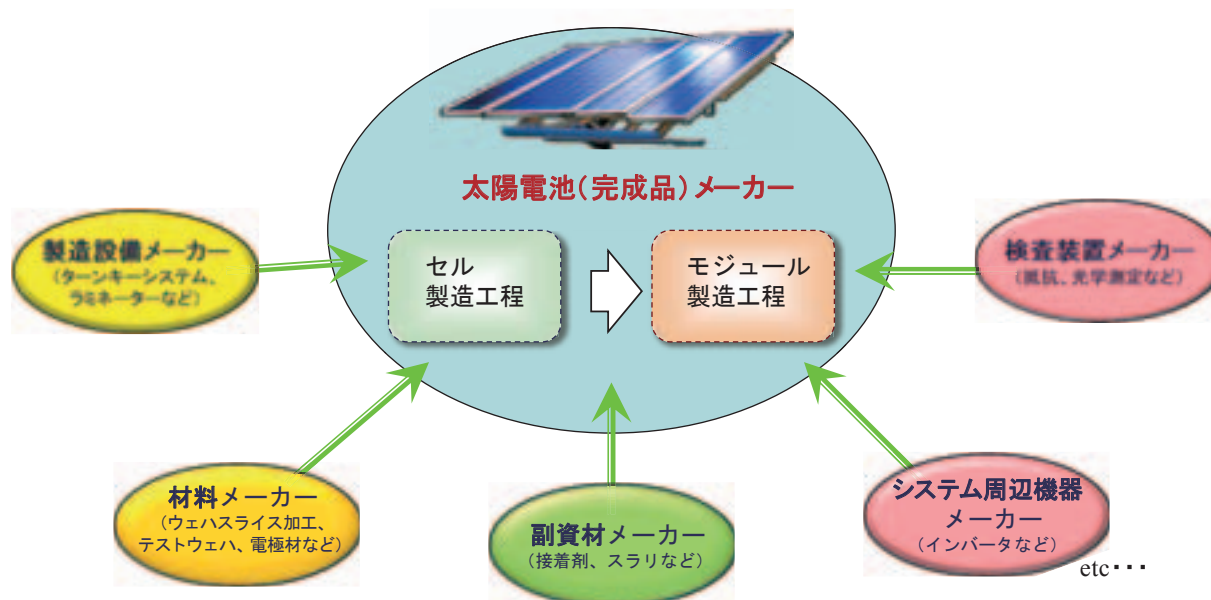
(4) 太陽電池産業を構成する企業群

太陽電池産業は、太陽電池メーカーを中心に、シリコンやガラス基板といった原材料を供給する材料メーカー、電極材や封止剤を供給する副資材メーカー、製造装置メーカーで構成されている。

太陽電池産業を構成する世界の主な企業のカテゴリ別企業数(図表 2-16)をみると、企業数の構成としては、巨大企業が肩を並べる太陽電池セルメーカーが約 200 社と最も少なく、モジュールメーカー約 900 社、生産設備メーカー約 1,400 社、原材料メーカー約 2,400 社というように、川上に行くほど企業数が増える構造となっている。

太陽電池産業の特徴としては、各生産設備区分にターンキー・システムを提供する企業が存在することが挙げられる。ターンキー(turn the key)とは、鍵を回せばすぐに設備が稼働する状態にして引き渡す一括受注の形態をいう。例えば、薄膜シリコン太陽電池の生産ラインは、PVD 装置、プラズマ CDV 装置、レーザスクライビング装置、洗浄装置など一連の装置で構成されたターンキー・システムで納入されることが多い。ターンキー・システムの最大のメリットは、生産に必要な一揃いの装置をいちどきに装備できるため、太陽電池製造のための技術やノウハウの蓄積がなくても、資金さえあればすぐに生産開始できる点である。新興国の新進メーカーは、このターンキー・システムの効用を最大限活かし、太陽電池市場での急速な台頭を示してきたといえる。

図表 2-15 太陽電池の生産体制における中小企業を含む各社の役割(イメージ図)



(出所)企業ヒアリング内容及び各種資料より作成

図表 2-16 太陽電池市場に関連する主な企業数(2010年3月時点)

| 分類 | 延べ企業数 | 詳細装置名(社数) |
|----------------|-------|--|
| セルメーカー | 211 | — |
| モジュールメーカー | 863 | — |
| 生産設備メーカー | 1,390 | |
| インゴット/ブロック生産設備 | 78 | <ul style="list-style-type: none"> ・ターンキー・システム(2) ・鋳造炉/凝固炉(20) ・引上げ装置(30) ・検査設備(15) ・インゴット切断機&研削盤(9) ・その他(2) |
| ウエハ生産設備 | 218 | <ul style="list-style-type: none"> ・ターンキー・システム(9) ・切断機(39) ・洗浄装置(56) ・検査設備(66) ・研磨機/研削機(8) ・その他(40) |
| セル生産設備 | 494 | <ul style="list-style-type: none"> ・ターンキー・システム(15) ・エッチング装置(68) ・洗浄装置(36) ・拡散炉(40) ・コーティング/沈殿(62) ・スクリーン印刷(34) ・他の炉設備(33) ・検査設備(127) ・切断器/画線器(39) ・その他(40) |
| 結晶モジュール生産設備 | 386 | <ul style="list-style-type: none"> ・ターンキー・システム(27) ・検査設備(101) ・ガラス洗浄装置(29) ・タブ・ストリング(49) ・ラミネート(65) ・フレーミング設備(35) ・その他(80) |
| 薄膜太陽電池セルの生産設備 | 214 | <ul style="list-style-type: none"> ・ターンキー・システム(38) ・検査設備(39) ・コーティング/沈殿(60) ・切断器/画線器(43) ・洗浄装置(11) ・エッチング装置(23) |
| 原材料・副資材メーカー | 2,364 | — |

(出所)ENF 社 HP 太陽光発電関連会社データベースより作成

2 風力発電機産業の概要と動向

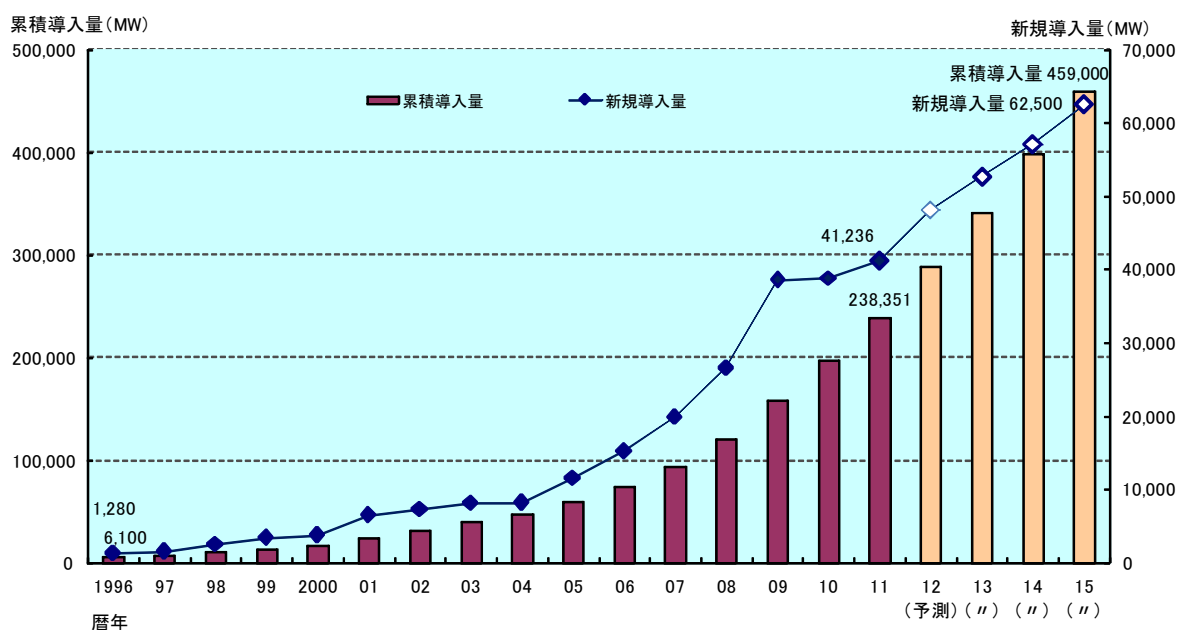
(1) 風力発電システムの導入状況

① 世界の導入状況

風力発電は、他の再生可能エネルギーと同様、環境意識の高まり、エネルギー価格の高騰そして雇用を中心とした経済効果への期待などから、既存の火力や原子力などの代替技術として注目されるようになった。例えば、ドイツ、スペイン、デンマークでは、風力発電システムによって得た電力の買い取りを義務づける制度や発電システム建設のための補助金を設置し、導入を公的に支援してきた。また、アメリカでは大半の州が電力事業者に対する「再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準」を定めている他、税控除や補助金等の支援措置を設けている。これらの支援政策が、欧米各国の風力発電システム導入を下支えしている。

また風力発電は、再生可能エネルギーのなかでも特に経済性にすぐれ、大量導入が可能なエネルギーとして期待されている²⁰。上述の各種公的支援の下、風況良好な場所に高効率な大規模風車を集積させた発電基地、いわゆる「ウインドファーム」の運営は、十分に事業として成立している。近年の原油価格の高騰もあり、欧米各国ではこのようなウインドファームの新設及び旧設備のリプレースが進んでいる。

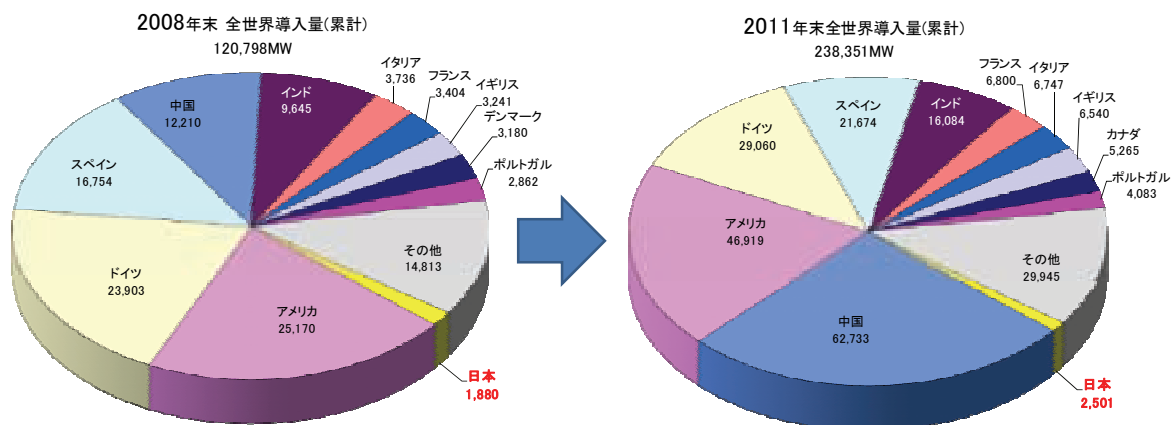
図表 2-17 世界の風力発電導入量の推移



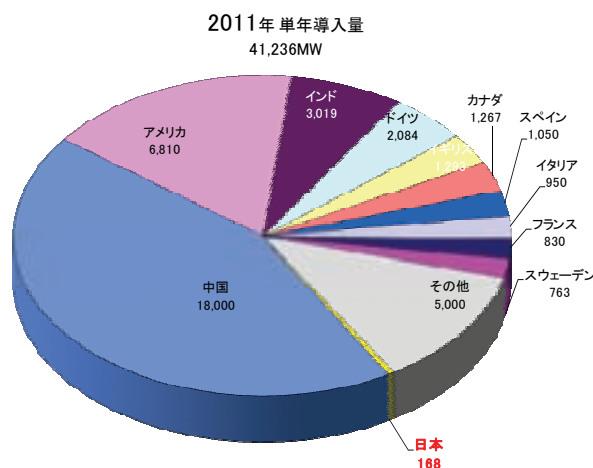
(出所) Global Wind Energy Council「The Global Wind Report」及び「Global Wind Statistics」より作成

²⁰ (財)新エネルギー財団「風力発電に関する Q&A 集」(平成 21 年 1 月)では、米国環境活動家レスター・ブラウンによるコスト比較として、バイオマス発電 5.8-11.6 セント/kWh、水力発電 5.1-11.3 セント/kWh、風力発電 3.3-5.5 セント/kWh を紹介し、現在の技術で経済的に大量導入が可能なうえ発電コストの点で優れている、としている。関連して、NEDO「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)」(2009 年 6 月)資料によれば、米国ソーラーアメリカ計画における太陽光発電コスト目標として、5-7 セント/kWh(電力事業用分野における 2015 年目標、2005 年のベンチマークは 13-22 セント/kWh)等が紹介されている。このことから、現時点での風力発電のコスト優位性が明らかである。ちなみに、同ロードマップで掲げるわが国の太陽光発電の技術目標は、2010 年に 23 円/kWh、2020 年に 14 円/kWh、2050 年に 7 円/kWh 以下。

図表 2-18 国別にみた風力発電の累積導入量(左:2008年、右:2011年)



図表 2-19 国別にみた風力発電の単年(新設)導入量(2011年)



(出所)両図表とも、Global Wind Energy Council,「The Global Wind Report」及び「Global Wind Statistics」より作成
 (注)2008年全世界導入量(累積)は、最新統計で120,291MWに修正されているが、国別の修正値は示されていないので、本グラフでは、2008年末時点統計を使用した。

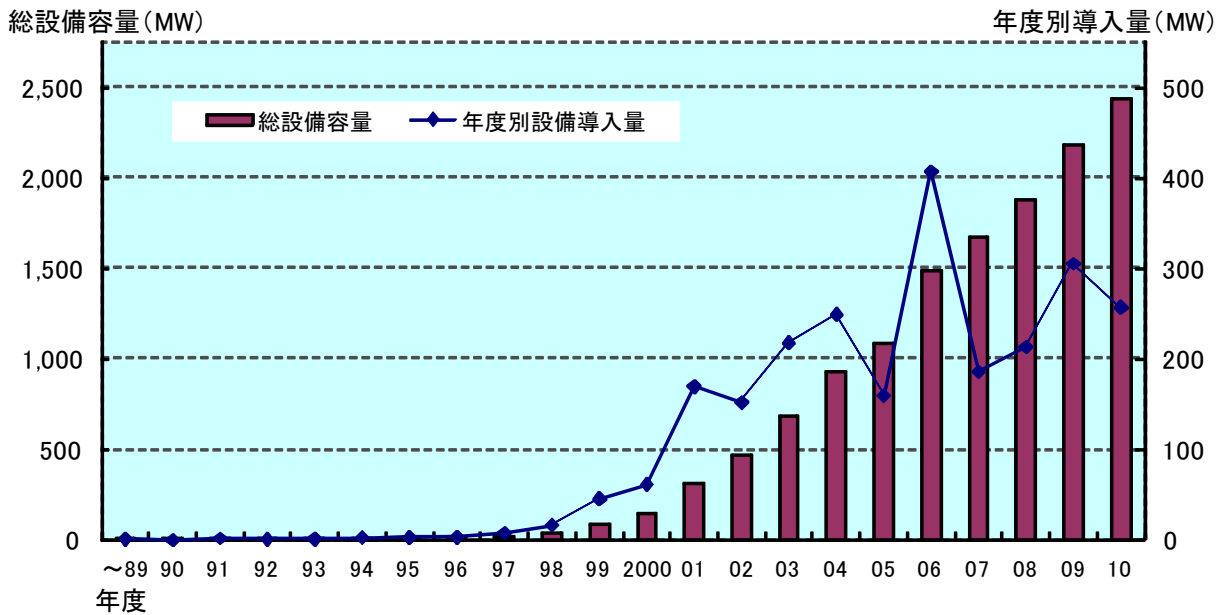
さらに、風力発電ビジネスの経済効果も注目されており、2008年の世界金融危機後には、各国とも、いわゆる「グリーン・ニューディール」に類する産業振興策を打ち出した。その中でも風力発電は経済波及効果の高い産業として注目され、積極投資の対象となっている。こうした動きを反映して、世界の風力発電導入量(図表 2-17)は急増しており、今後も大幅な拡大が見込まれている。

なかでも特筆すべきは、急速にエネルギー需要が増大している中国やインドでは、政策によって強力に推進されている点である。特に中国の勢いは急激で、2011年では世界全体の44%に当たる圧倒的な導入量(図表 2-19)をみせ、足元わずか2~3年のうちに累積導入量でも世界トップに立った。

② 日本の導入状況

前述した世界的な急拡大基調に対し、日本では風力発電の導入量はやや伸び悩んでいる。

図表 2-20 日本の風力発電導入量の推移



(出所) NEDO HP「日本における風力発電設備・導入実績」より作成

(注) 図表 2-17 が暦年統計であるのに対して、本表は年度統計であるため、最新時点が異なる。

1970年代の石油危機以来、日本では風力発電は数少ない国産エネルギーの一つとして注目され、技術開発と導入支援が行われてきた。しかし、日本では、どちらかというと太陽光発電の方に注目が集まる傾向もあって、他国に比べ導入支援政策がやや見劣りしており、単年(新設)導入量は今一つ伸び悩んでいる状況にある(図表 2-20)。2011年の単年導入量は、世界全体のわずか0.4%で、累計導入量、単年導入量ともに世界トップ10圏外にとどまっており(図表 2-18~19)、今後の伸長が期待される。

(2) 風力発電システムの概要²¹

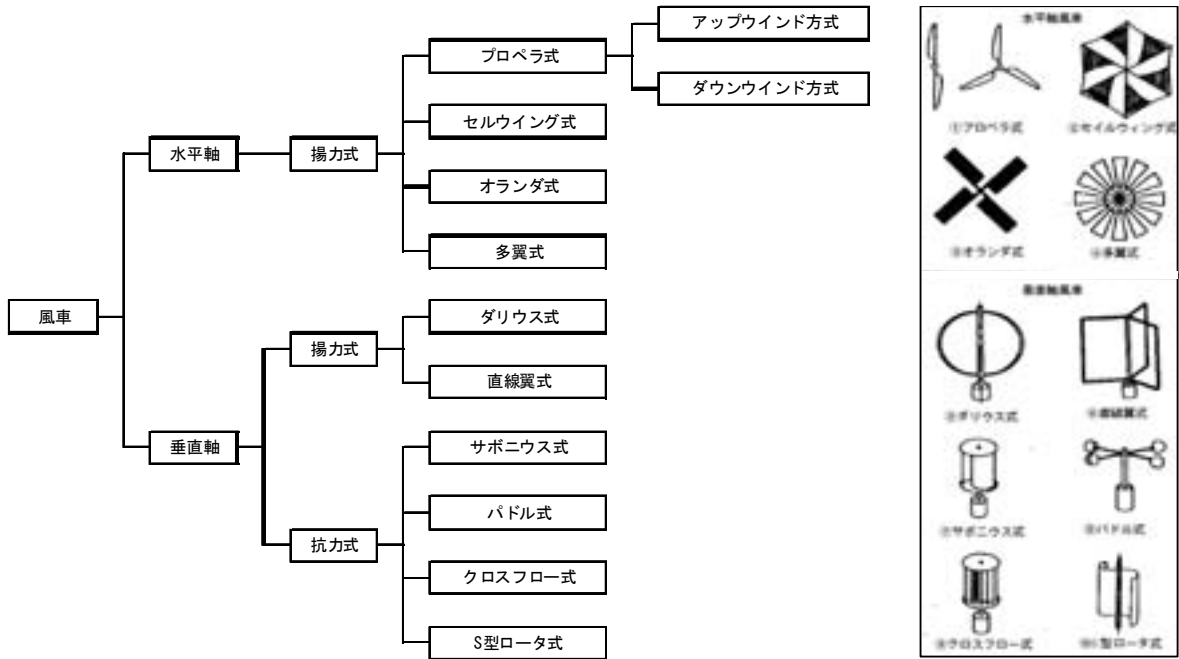
① 風車の種類と特徴

風力発電システムには、それぞれ特徴を持つ様々な種類・規模のものが実用化されており、典型的な整理としては、風車の形態による分類がある(図表 2-21)。例えば、「水平軸」とは玩具の風車かざぐるまのように回転軸が水平方向をとる種類のもので、効率がよい半面、回転面を常に風に向けねばならないという課題を持つ。「垂直軸」とは回転ドアのように回転軸を垂直方向にとる種類のもので、どの風向でも捕らえられるものの、効率が悪い上に一度停止すると自力での再始動が難しいという課題を持つ。

風車の規模による分類では、NEDOは図表 2-22のように整理している。最も小さいものはマイクロ風車と呼ばれ、街灯や家庭用電源などの小規模需要に単独で用いられることが多い。これに対し大型風車は、「ウインドファーム」と呼ばれる大規模風力発電基地を構成するため複数で設置されることが多く、大きなものになると、1基あたりの発電容量5MW、プロペラ部分の最高到達点が150mを越える巨大建造物になる。小規模なものについては、様々な種類の風車が現時点で実用化されているものの、中型以上のもの

²¹ 本項(2)の内容は、主にNEDO「風力発電導入ガイドブック(2008年2月改訂第9版)」に依拠している。

図表 2-21 風車の種類



(出所)NEDO「風力発電導入ガイドブック(2008年2月改訂第9版)」(2008年2月)

図表 2-22 定格容量からみた風車の分類基準

| 分類 | マイクロ風車 | 小型風車 | 中型風車 | | 大型風車 |
|--------|--------|--------|----------|-------------|---------|
| | | | I | II | |
| 出力(kW) | 1未満 | 1~50未満 | 50~500未満 | 500~1,000未満 | 1,000以上 |

(出所)NEDO「風力発電導入ガイドブック(2008年2月改訂第9版)」(2008年2月)

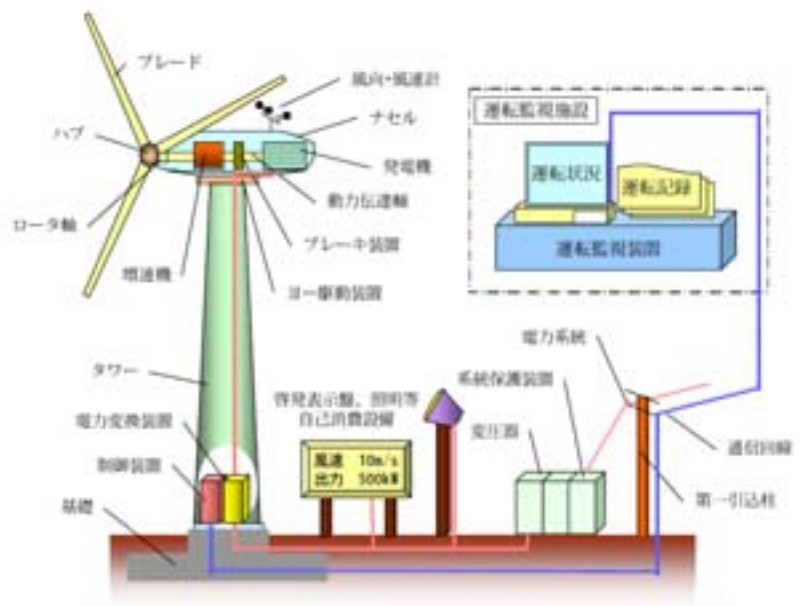
では、現実的には、プロペラ式がほとんどを占めるようになっている。従って、本稿では、プロペラ式の大型の大型風車を中心に取り上げる。

② 風力発電システムの構成

風力発電システムは、大きく分けて、ロータ系(ブレード、ロータ軸、ハブ)、伝達系(動力伝達軸と増速機)、電気系(発電機、電力変換装置、変圧器、系統保護装置)、運転・制御系(出力制御、ヨー制御、ブレーキ装置、風向・風速計、運転監視装置)、支持・構造系(タワーと基礎)から構成される(図表 2-23)。特に中核となるナセル内には、伝達系と電気系の主要装置が集中している(図表 2-24)。

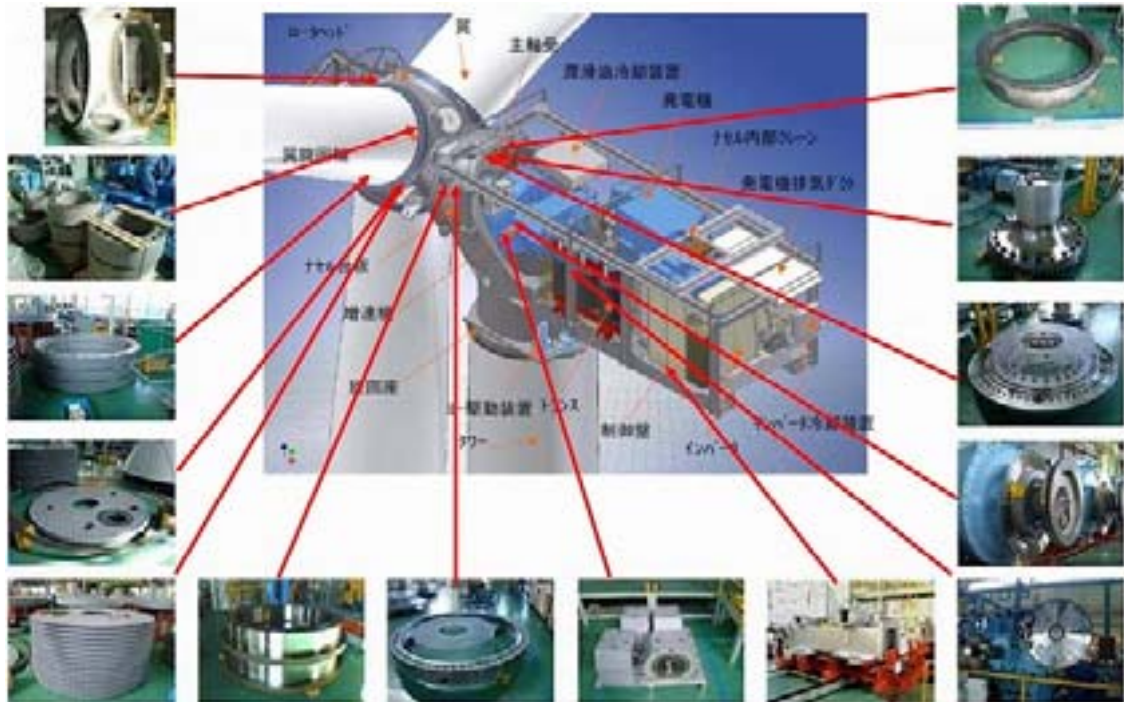
図表 2-23 風力発電システムの機器構成例

- ブレード…回転羽根、翼
- ロータ軸…ブレードの回転軸
- ハブ…ブレードの付け根をロータ軸に連結する部分
- 増速機…ロータの回転数を発電機に必要な回転数に増速する歯車(ギア)装置
- 発電機…回転エネルギーを電気エネルギーに変換する機器
- 電力変換装置…直流、交流を変換する装置(インバータ、コンバータ)
- 系統連系保護装置…風力発電システムの異常、系統事故時に設備を系統から切り離し、系統側の損傷を防ぐ保護装置
- 出力制御…風車出力を制御するピッチ制御あるいはストール制御
- ヨー制御…ロータの向きを風向に追従させること
- ブレーキ装置…台風時、点検時等にロータを停止させる装置
- 運転監視装置…風車の運転/停止・監視・記録を行う装置
- ナセル…伝達軸、増速機、発電機等を収納する部分



(出所)NEDO「風力発電導入ガイドブック(2008年2月改訂第9版)」(2008年2月)

図表 2-24 風車の構成部品



(出所)是松康「風力発電装置」日本機械学会誌 112 巻 1085 号、2009 年、p.278-281

(3) 風力発電機産業の特性と関連する企業群

① 高い経済波及効果

上述したように、多くの電気機器と精密な機械部品から構成される風力発電システムは、これに関連する産業において広範な裾野が形成されている。

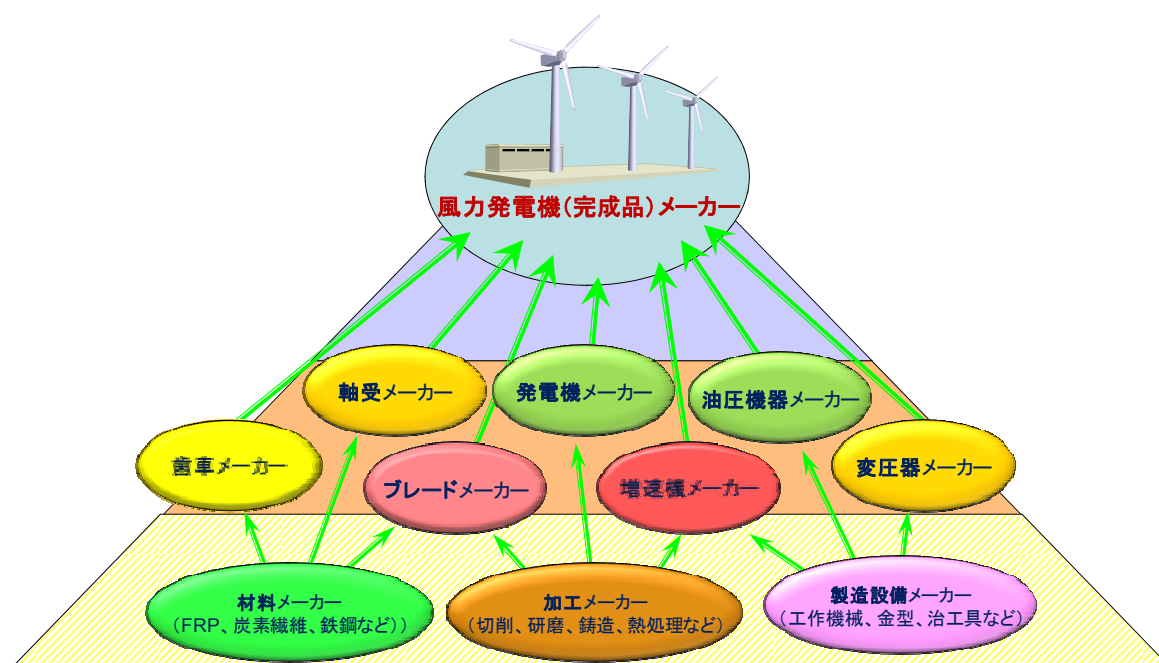
たとえば、2MW級風車を年間500台(1GW)量産するためには、ナセル組立工場に800人の労働力が必要となり、これに設計等の間接作業を含めると風車メーカーには約1,000人の労働力が必要となる、とする試算がある²²。また、別の先行研究では、ブレード、増速機、発電機等の部品を製造するためにはその数倍から15倍の雇用が生まれることから、年産1MWあたり、ナセル組立で1人、ブレードで2人等、全体で10～15人の雇用が生まれると試算しており、さらに大型風車のコストの約7割は部品の購入費であることから、完成風車の2倍から3倍の経済波及効果があるとしている²³。

風車はこのように、最終的には約1万点にのぼる精密な機械部品・電気機器が、関係メーカー間の摺り合わせを経て製造・組み立てられる高付加価値製品としての側面を持っており、我が国を代表する自動車産業にも似た重層的なピラミッド構造のサプライチェーンを要することから、産業として十分な雇用・経済波及効果が期待される(図表2-25)。

② 風力発電機に関連する企業群

世界の主要な風力発電機メーカーとそのシェア(図表2-26)をみると、欧米企業が依然強さを維持しているものの、近年急速に勢力を拡大してきた中国メーカーの存在感がかなり大きくなっている。具体的に

図表2-25 風力発電機の生産体制における中小企業を含む各社の役割(イメージ図)



(出所)企業ヒアリング内容及び各種資料より作成

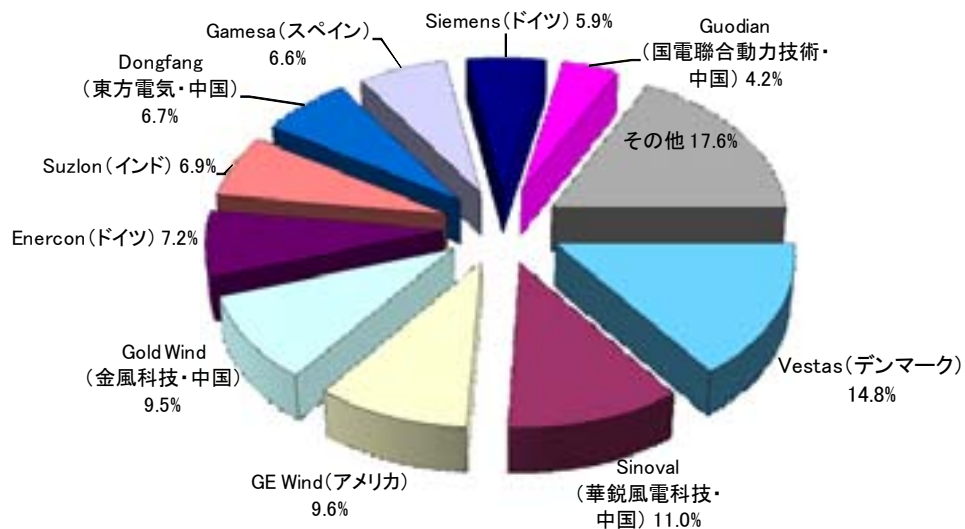
²²是松康「風力発電装置」日本機械学会誌 112 巻 1085 号、2009 年、p.278-281

²³上田悦紀「風力発電の産業効果」電機 2009 年 7 月号、p.9-15

は、トップ 10 のうち4社が中国メーカーであり、そのシェアを合計すると全体の3割を超える。日本企業の首位は三菱重工業だが、世界的にはトップ 10 圏外に位置する。

日本国内の主要なメーカー群(図表 2-27)をみると、大型風車の最終製品メーカー4 社の他、素材・部材やシステム構成部品を供給する 200 社以上の企業が存在しており、全国各地において、ある程度の集積を形成している(図表 2-28)。こうした国内企業群による風力発電機の輸出額をみると、年間 300 億円

図表 2-26 世界の風力発電機メーカー上位 10 社のシェア(2010 年)



(出所)BTM Consults World Market Update 2010 より作成

図表 2-27 日本の主な風力発電機メーカー及び同部品メーカーの例

| 分野 | 企業名 |
|-------|--|
| 大型風車 | 三菱重工業、日本製綱所、富士重工業、駒井鉄工 |
| 小型風車 | シンフォニアテクノロジー、ゼファー、GH クラフト、那須電機鉄工、エフテックなど |
| ブレード | 三菱重工業、日本製綱所、GH クラフト |
| FRP | 日本ユビカ、昭和高分子、大日本インキ、日本冷熱、旭硝子、日本電気硝子、東レなど |
| 炭素繊維 | 東レ、東邦テナックス(帝人)、三菱レイヨン |
| 発電機 | 日立製作所、三菱電機、東芝、明電舎、シンフォニアテクノロジーなど |
| 変圧器 | 富士電機、利昌工業など |
| 電気機器 | 日立製作所、三菱電機、東芝、富士電機、安川電機、明電舎、フジクラなど |
| 大型軸受 | NTN、ジェイテクト、日本精工、コマツ、日本ロバロ |
| 歯車機器 | 石橋製作所、大阪製鎖、コマツ、オーネックス、ネツレン |
| 油圧機器 | カワサキプレジジョンマシナリ、日本ムーグなど |
| 機械装置 | ナブテスコ、住友重機械、豊興工業、曙ブレーキなど |
| 鉄鋼・鋳物 | 日本製綱所、日本鋳造など |

(出所)上田悦紀「風力発電の産業効果」電機 2009 年 7 月号, p.9-15

3 電気自動車産業の概要と動向

(1) 電気自動車等²⁴の普及状況

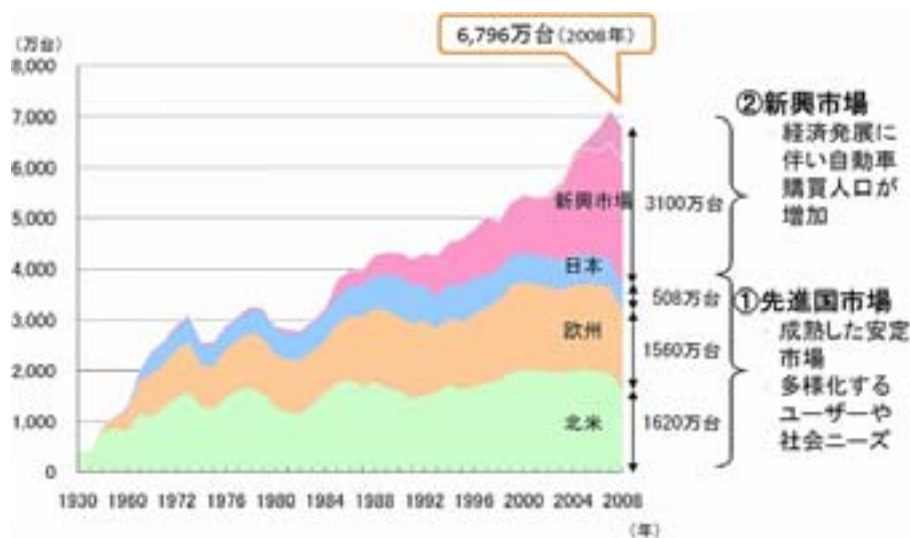
① 世界の取り組み状況

今日の自動車市場では、新興国での需要拡大に伴う生産台数の急増を背景に、資源不足や地球環境問題の深刻化が声高に叫ばれており、低燃費かつ環境負荷が小さい電気自動車等への関心が以前にも増して高まっている。

実際に、世界の自動車市場は、ここ20年で約1.5倍に急拡大している(図表2-30)。その内訳をみると、先進国では伸び悩んでいるものの、急速な経済発展を続ける新興国での市場規模は急拡大を続けており、現在では先進各国を凌駕する規模にまで成長している。半面、原油を中心とする資源価格は、ときに大きく高騰し、2000年1月にはWTI原油1バレルあたり約27ドルだったものが、2008年には140ドルを超える事態となった。長期的にみても、いずれ枯渇が見込まれている石油依存からの脱却も求められている。さらに、新興国の急激なモータリゼーションによる大気汚染などの問題においても、ガソリン車は深刻な汚染源であり、それへの対策が必要とされている。

以上の点から、燃費に優れ、環境負荷の小さい次世代自動車の普及が急務とされており、ハイブリッド車を含む電気自動車等は、最も現実的な中核技術として世界中で開発が進められている。現時点での導入規模からすると、まだまだ普及途上にあるものの、各国は電気自動車等の研究開発や普及を支援する政策を次々と打ち出しており(図表2-31)、急速に普及する下地は整いつつある。

図表 2-30 グローバル自動車市場の推移



(出所) 経済産業省次世代自動車戦略研究会自動車全体戦略ワーキンググループ第一回資料 5-1
「自動車産業を巡る現状と課題」(2009年11月)

²⁴ 本稿での「電気自動車等」とは、エンジンを搭載せずモーターだけで走行する狭義の「電気自動車」と、エンジンとモーターを併載する「ハイブリッド車」の両方を含むものとする。ただし、産業や部品などの名称としては、ハイブリッド車を含んだまま、「電気自動車産業」や「電気自動車用部品」などと表記する。なお、燃料電池車もエンジンを持たずモーターのみで走行する電気自動車的一种だが、本稿では、「燃料電池車」と特記する。

図表 2-31 各国の次世代自動車(主に電気自動車等)の開発・普及支援施策

| 国 | 主な支援施策 |
|------|--|
| アメリカ | <ul style="list-style-type: none"> ・自動車電池製造及び電気自動車の普及促進に総額 24 億ドルを助成 ・燃費の良い新車への買い替えに際し最大 1 台 4500 ドルの補助 |
| ドイツ | <ul style="list-style-type: none"> ・電気自動車を 2020 年までに 100 万台、2030 年までに 500 万台以上普及 ・景気対策の一環として次世代リチウムイオン電池を開発 ・プラグイン・ハイブリッド自動車と電気自動車の駆動装置開発、電池リサイクルの研究開発に 1 億ユーロの補助 ・2012 年を目処に、最大 10 万人、1 台 5000 ユーロの電気自動車購入補助 |
| フランス | <ul style="list-style-type: none"> ・2020 年までに 200 万台の電気自動車を生産することを目指し、10 年間で総額 25 億ユーロを関連研究及びインフラ開発に充当 ・2015 年までに 100 万箇所、2020 年までに 400 万箇所以上の電気自動車用充電スタンドを整備 ・2015 年までに 10 万台の電気自動車を普及するため、1 台 5000 ユーロの補助金を設置 |
| イギリス | <ul style="list-style-type: none"> ・超低炭素自動車の購入に際し、1 台 2000～5000 ポンドを補助 |
| イタリア | <ul style="list-style-type: none"> ・環境対応車への買い替え優遇措置の適用条件と補助額を拡大 |
| 中国 | <ul style="list-style-type: none"> ・2011 年までに電気自動車を含むエコカー生産台数を 50 万台に増加させる ・2012 年までに研究開発に 100 億元を拠出 ・50 億元を投資して新エネルギー自動車の産業基地を設立 ・新エネルギー自動車の個人購入に対する補助 |
| 韓国 | <ul style="list-style-type: none"> ・プラグイン・ハイブリッド自動車の研究開発を官民共同で推進 ・世界 4 大エコカー産業国としての地位獲得を目指し、2012 年までにハイブリッド自動車を含む環境技術市場での韓国のシェアを 8%にすることを目指す |
| インド | <ul style="list-style-type: none"> ・電気自動車及び電動バイク購入の際に約 30%を補助 |
| 日本 | <ul style="list-style-type: none"> ・環境性能に優れた自動車に対する自動車重量税・自動車取得税の特例措置 ・環境対応車への買い換え・購入に対する補助制度 ・「次世代自動車用蓄電池開発」として、2007～2011 年度で 110 億円の予算を投入 ・「革新型蓄電池先端基礎研究」として、2009～2015 年度で 210 億円の予算を投入 ・2009 年度から「EV/PHV タウン構想」を開始 |

(出所)経済産業省次世代自動車戦略研究会自動車全体戦略ワーキンググループ第一回資料 5-1
「自動車産業を巡る現状と課題」(2009 年 11 月)より作成

② 日本の普及状況

新興国を含めた世界市場では、まだまだ普及途上にある電気自動車等だが、日本ではハイブリッド車を中心に順調に普及し、今後も短期的には景気浮揚対策として、中長期的には温暖化対策等として、そ

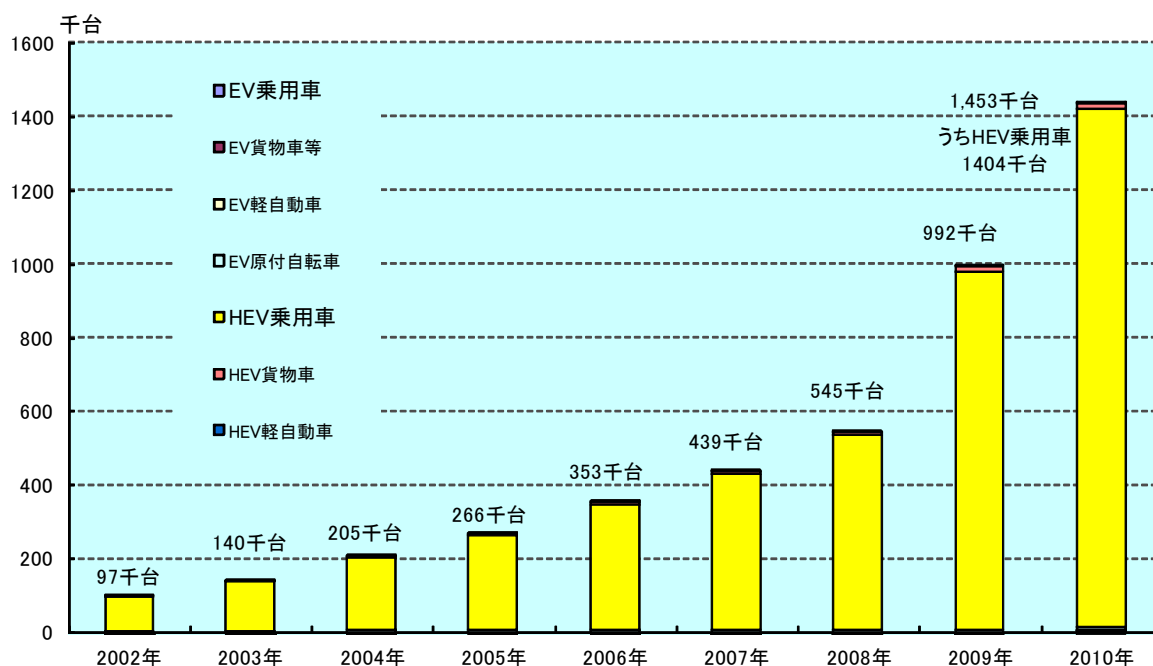
の普及が推進される可能性が高い。

2010 年度末時点で、わが国には約 145 万台の電気自動車／ハイブリッド車が保有されており、うち大半の 140 万台は、ハイブリッドの乗用車が占めている(図表 2-32)。2010 年度末の全自動車保有台数約 7,866 万台²⁵と比較すると、全体の 2%にも満たない状況ではあるものの、電気自動車等の保有台数が着実に伸びてきたことがわかる。こうした動向は、2009 年 4 月に「エコカー減税(環境対応車普及促進税制)及び「エコカー補助金」(環境対応車普及促進対策費補助金)を実施したことにより顕著となった。実際これらの大規模政策の効果が現れた 2009 年の新車乗用車販売台数の車種別ランキングでは、ハイブリッド車であるトヨタのプリウス、ホンダのインサイトがそれぞれ 1 位と 5 位を占めることとなり(図表 2-33)。以来、プリウスは、2011 年末現在まで3年連続で 1 位を維持している。

上述のエコカー減税・補助金には、環境対策と景気浮揚対策の 2 つの側面がある。当初 2010 年 3 月末までと予定していたエコカー補助金は景気低迷にあえいでいた産業界に歓迎され、同年 9 月末まで延長された²⁶。今後におけるこの種の各種推進策も考慮したうえで、環境省では、各種環境対応車の保有台数が、2020 年までの 10 年間で、約 10 倍の 1,500 万台近くになると見込んでいる(図表 2-34)。

このように日本では、他国に先駆けて、既に電気自動車／ハイブリッド車が普及段階に入っていると考えられる。

図表 2-32 電気自動車等保有台数統計(推定値)



(出所)次世代自動車振興センターHP「電気自動車等保有・生産・販売台数統計」より作成

²⁵ 自動車検査登録情報協会 HP. 自動車保有台数統計データ(2011 年 3 月)

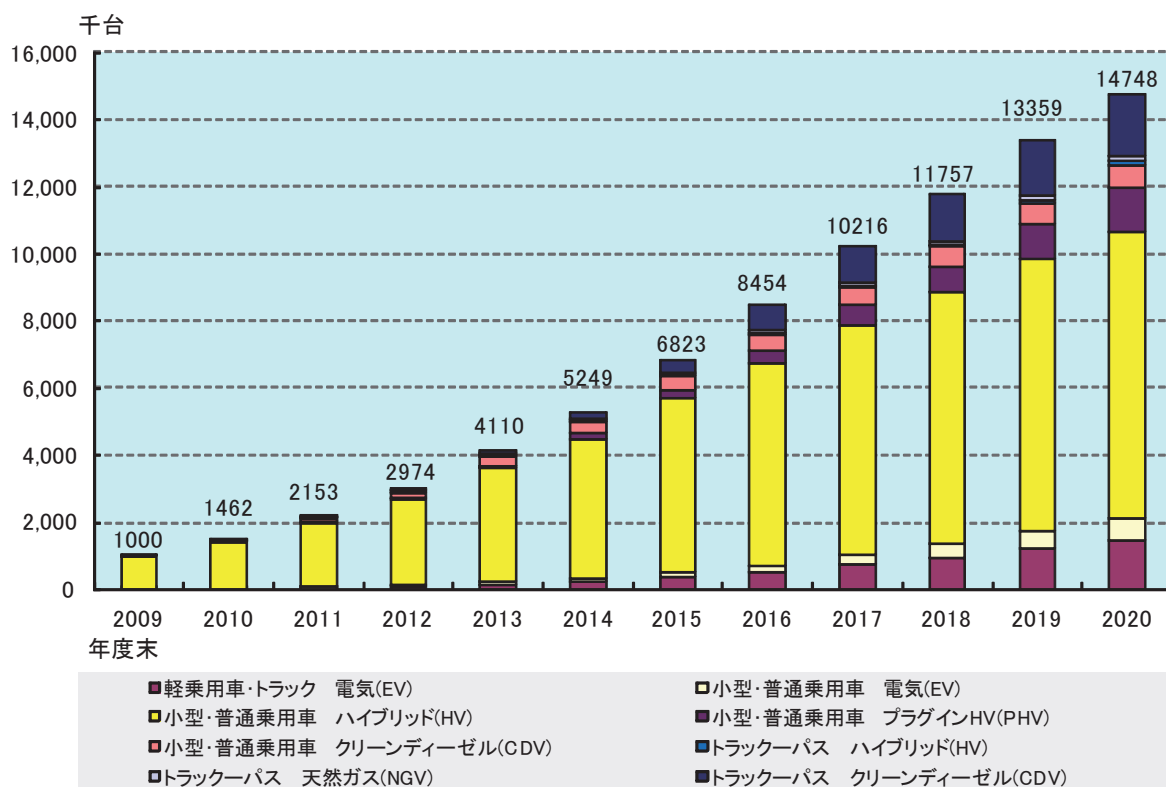
²⁶ 自動車取得税・自動車税のエコカー減税は、2012 年 3 月まで。重量税は、2012 年 4 月まで。

図表 2-33 2009 年 新車乗用車販売台数年間ランキング

| 順位 | 通称名 | メーカー名 | 台数 | 対比(%) |
|----|-------|-------|---------|-------|
| 1 | プリウス | トヨタ | 208,876 | 285.7 |
| 2 | フィット | ホンダ | 157,324 | 89.9 |
| 3 | ヴィッツ | トヨタ | 117,655 | 95.4 |
| 4 | パッソ | 〃 | 98,883 | 135.9 |
| 5 | インサイト | ホンダ | 93,283 | |
| 6 | カローラ | トヨタ | 90,178 | 62.6 |
| 7 | フリード | ホンダ | 79,525 | 157 |
| 8 | セレナ | 日産 | 78,836 | 108.1 |
| 9 | ヴォクシー | トヨタ | 71,426 | 101.8 |
| 10 | ノート | 日産 | 65,745 | 104.8 |

(出所)自動車販売協会連合会 HP「新車乗用車販売台数ランキング」(2010 年 1 月)より作成

図表 2-34 環境対応車保有台数見通し



(出所)環境省環境対応車普及方策検討会「2020 年における環境対応車普及等による自動車関連の CO₂ 削減見通しについて」(2009 年 12 月)より作成

(2) 電気自動車等の製品としての特徴

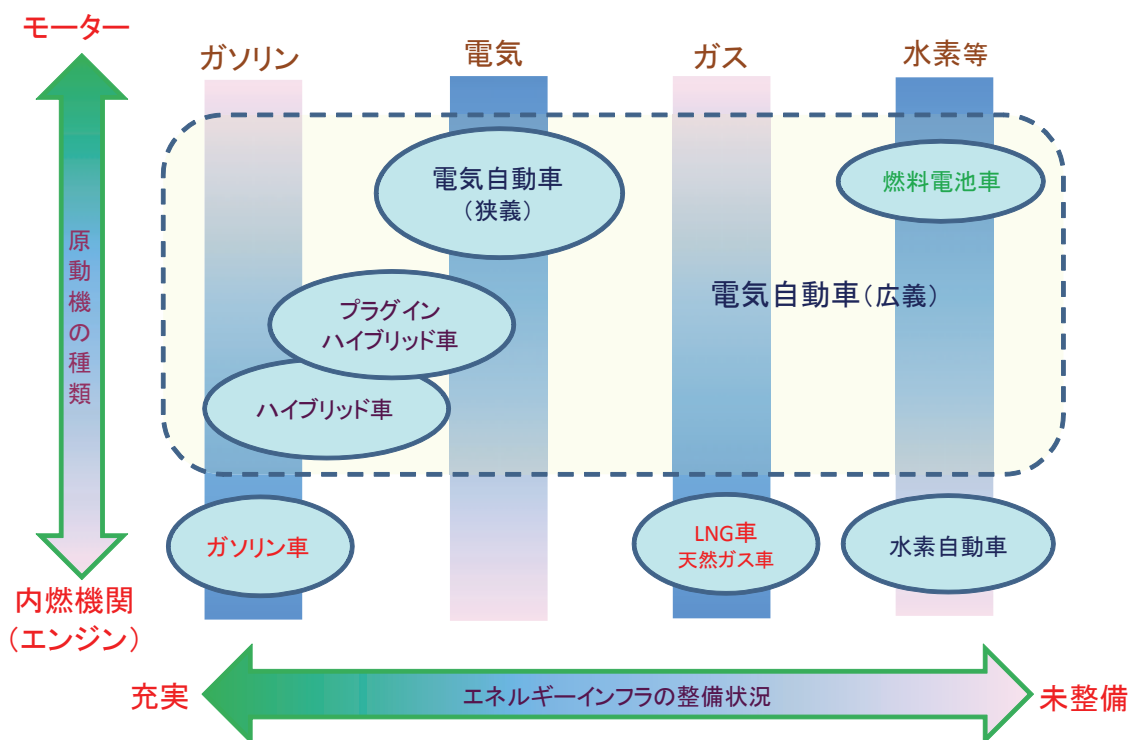
① 電気自動車とは

電気自動車とは、電気エネルギーによりモーターを用いて走行する自動車の総称である。原油から走行まで(“Well to wheel”)の総合効率では、電気自動車はエンジン車(ガソリン車、ディーゼル車)の約1.5倍の高効率に達するとも言われている²⁷。

歴史を振り返ると、実は、電気自動車の方がガソリン車よりも早く登場した。しかし自動車用エンジンの性能の安定と向上や石油供給設備の普及の結果、1900年頃までにはガソリン車が主力となった²⁸。その後も石油危機等を契機として度々注目を集めることはあったが、電力供給インフラの不足、エンジン車に比べ高い価格、短い走行距離等の課題を克服できず、十分な普及には到らなかった。

従来、電気自動車と言えば、二次電池²⁹を内部電源とし、電力でモーターを駆動するもの(狭義の電気自動車)を指すことが多かったが、最近ではモーターとエンジンを併用するハイブリッド車も類義あるいは同義の概念として加わってきた。このハイブリッド車も、モーターやエンジンの役割の違いから、シリーズ方式、パラレル方式、スプリット方式などと分類されることがある。また、内部電源として燃料電池を使用するものは、特に燃料電池車と呼ばれ、外部電源から充電可能なハイブリッド車は、特にプラグイン・ハイブリッド車と呼ばれる。これらは便宜上図表2-35のように整理できる。

図表 2-35 電気自動車等の分類



(出所)各種資料より作成

²⁷ 森本雅之「電気自動車」森北出版、東京(2009年7月)

²⁸ 自動車技術会自動車技術ハンドブック編集委員会「“電動車両”。自動車技術ハンドブック環境・安全編」(2008年1月)、森本雅之「電気自動車」森北出版、東京(2009年7月)

²⁹ 放電のみできる電池を一次電池、充電して繰り返し使用できる電池を二次電池と呼ぶ。

② 電気自動車の構造

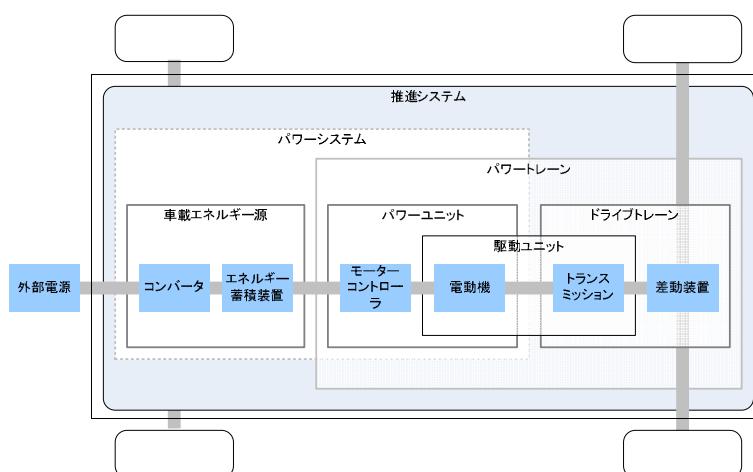
ここで、あらためて電気自動車の構造をみると、同自動車は、車載エネルギー源(コンバータ、エネルギー蓄積装置(バッテリー))、パワーユニット(電動機、モーターコントローラ(インバータ))、ドライブトレイン(トランスミッション、差動装置)から構成されている(図表 2-36)。

エンジン車との最も大きな違いは車載エネルギー源である。特に車載バッテリーは、現在最も技術競争の激しい分野となっている。また電圧が高くなることから様々な専用の電装品を要する。

ドライブトレイン部分は、一見ガソリン車に似ているが(4輪独立駆動方式等を除く。)、モーターはエンジンと比較して広範な回転数で制御が可能のため、複雑な変速機構を使う必要が基本的にはない。

このように、電気自動車(狭義)では変速機構を中心に、エンジン車で用いられていた多数の部品が不要となり(図表 2-37)、エンジン車と比べ構造が単純になる。また、電気部品は標準化しやすく、バッテリー等一部の部品を除く大幅な低コスト化が可能になると見込まれている。

図表 2-36 電気自動車の基本構成³⁰



(出所) 森本雅之「電気自動車」森北出版、東京(2009年7月)

図表 2-37 ガソリン車と電気自動車の主要部品

| 車種 | エンジン車 | 電気自動車(狭義) | ハイブリッド車 |
|---------------------|---|--|--|
| パワートレイン | エンジン+CVT | モーター+減速機構 | エンジン+ハイブリッドシステム |
| エンジン(モーター)用機構部品 | ローラ・ロッカ・アーム バルブ バルブばね ピストンリング ピストン・コンロッド インジェクタ ベルト | クランク軸 吸排気マニホールド 水ポンプ エアコンプレッサ ラジエータ エアクリーナ 排気管 | ローラ・ロッカ・アーム 吸排気マニホールド ラジエータ エアクリーナ 排気管 |
| 変速機用機構部品 | 転がり軸受 スプールバルブ 電磁ソレノイド ブレーキ・クラッチ プーリー 遊星歯車 | CVTベルト 油圧ポンプ トルコン ロックアップクラッチ デファレンシャル | 転がり軸受 遊星歯車 油圧ポンプ ダンパ デファレンシャル |
| 補機駆動用および走行用・発電用モーター | オルタネータ スタータ 電動パワーステアリング | 走行用 電動パワーステアリング エアコンプレッサ | モーター・インバータ冷却 ブレーキ負任 |
| 電池・インバータ | 12V電源 | 12V電源 高圧用電池(Liイオン) インバータ | モーター・インバータ冷却 エンジン冷却 モーター・インバータ冷却 電動ブレーキ |
| | | DC-DCコンバータ 電池監視システム 高圧ハーネス | 電動パワーステアリング エアコンプレッサ |
| | | | 12V電源 高圧用電池(Ni-MH) インバータ |
| | | | DC-DCコンバータ 電池監視システム 高圧ハーネス |

(出所) 林達彦「部品メーカーも HEV/EV シフト」日経 Automotive Technology、Vol.14(2009年9月)

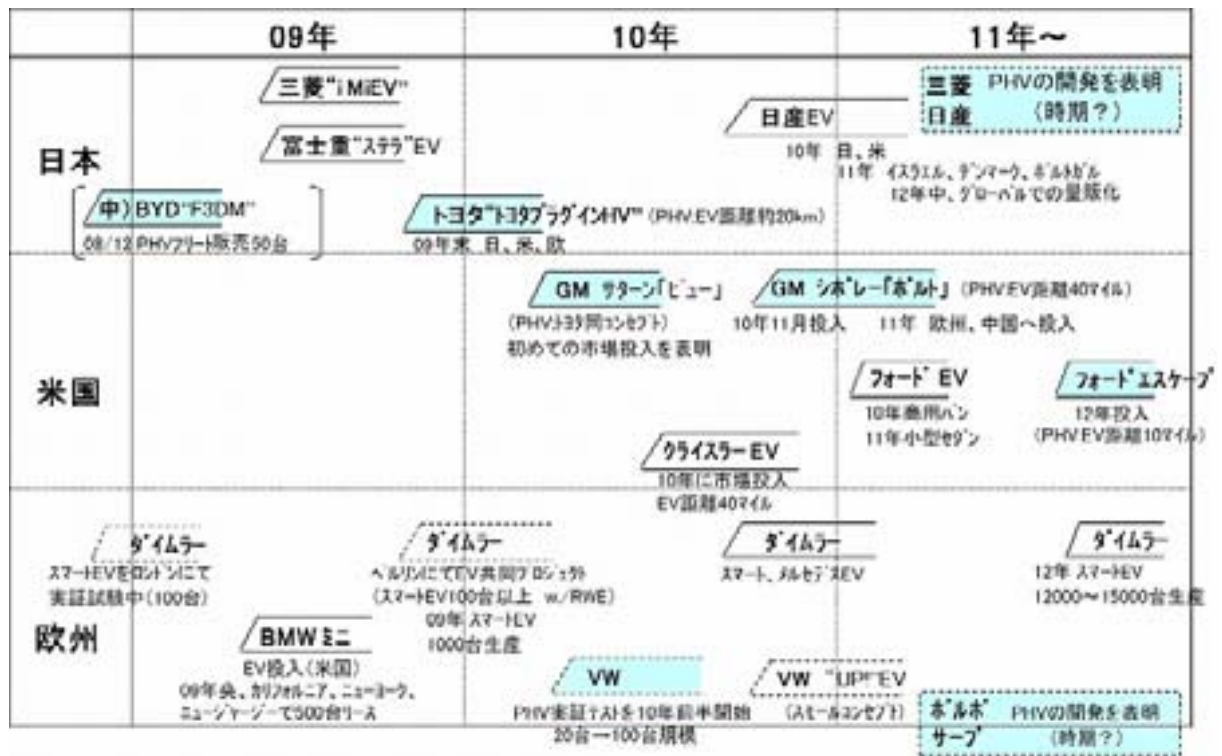
³⁰ ここで使用されている用語は、JIS D 0101 に準拠している。

(3) 電気自動車産業の特性と関連する企業群

① ビッグスリーからスモールハンドレッドへ

足元の製品化状況を見ると、1997年に初の量産型ハイブリッド車(トヨタ プリウス)誕生以来、狭義の電気自動車(三菱 i-MiEV、日産 リーフ、富士重 プラグインステラ等)や、プラグイン・ハイブリッド車(トヨタ プリウス PHV)などが相次いで開発され、日本の自動車メーカーが当市場において一歩リードしている。しかし、既に世界中の主要自動車メーカーで電気自動車等市場への参入が進んでいる(図表2-38)。また前述のように電気自動車は基本構造が単純なため、他業界からの参入やベンチャー企業の台頭も容易と考えられている。こうした状況を評して「ビッグスリーからスモールハンドレッドへと産業構造が変化する」と指摘する論考もある³¹。

図表 2-38 日米欧における電気自動車等の導入の動き



(引用者注1)EVは電気自動車(狭義)、PHVはプラグイン・ハイブリッド車の略。

(引用者注2)凡例:白色はEV、青色はPHV。点線は(当資料初出時点で)未確定内容を含むもの。「11年～」に長方形で示した2ケースは、開始時期が(当資料初出時点で)未確定のもの³²。

(出所)経済産業省次世代自動車戦略研究会自動車全体戦略ワーキンググループ第一回資料 5-1「自動車産業を巡る現状と課題」(2009年11月)

³¹村沢義久「電気自動車が創るニュービジネス:「燃やさない文明」と電気自動車の役割」協創マッチングフォーラム資料(2009年9月)

³² 経済産業省担当者への確認による。

図表 2-39 既存大手メーカー以外の電気自動車等メーカーの例

| 電気自動車等メーカー | 国 | 主要電気自動車等 |
|---------------------|-------|-----------------|
| Aptera Motors | アメリカ | Aptera 2e |
| BG Automotive Group | アメリカ | C100 |
| BYD Auto | 中国 | F シリーズ、S8、e6、G3 |
| Chery Automotive | 中国 | S18 |
| Coda Automotive | アメリカ | Coda |
| Th!nk global | ノルウェー | Th!nk City |
| オートイーブイジャパン | 日本 | ジラソーレ・ZAA-OPEST |
| シムドライブ | 日本 | エリーカ |
| タケオカ自動車工業 | 日本 | ミリュウ |
| 東京アールアンドデー | 日本 | IZA |

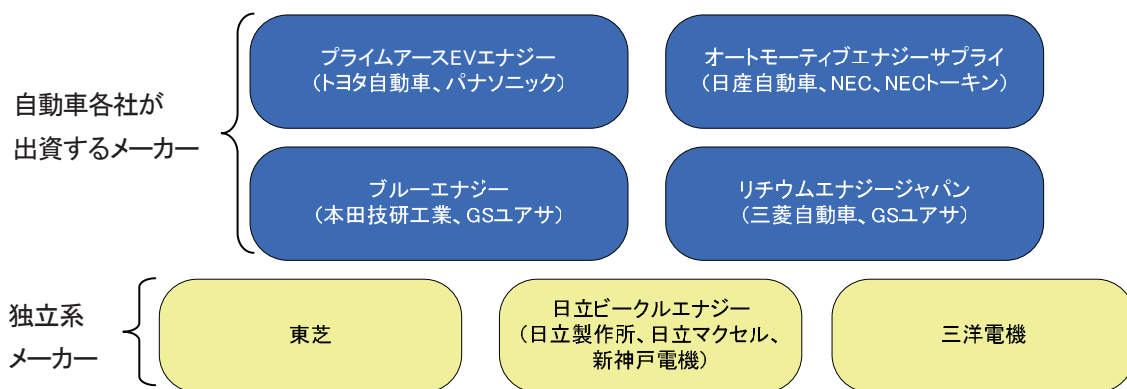
(出所) 各種資料より作成

② 部材メーカー及び周辺産業

前項のような自動車メーカー各社の動向を受けて、Tier 1、Tier 2 等と分類される部品サプライヤー群も、電気自動車等への対応を進めている。また、これまでは自動車部品との関係が希薄だった電気機器メーカー等も、電気自動車等用パーツを供給する事業に向けて参入を開始している。

特に顕著なのがバッテリーである。これまで日本で発売されたハイブリッド車では、ニッケル水素電池が主に採用されていた。しかし、重量エネルギー密度、出力密度、充放電特性と言った電池システムの主要性能を比較すると、今後の電気自動車等ではリチウムイオン電池が主流となることは間違いない。既に大手自動車メーカー各社が、リチウムイオン電池技術を持つ企業と専門メーカーを立ち上げて供給体制を整えている他、独立系として車載用リチウムイオン電池の製造に乗り出す企業も相次いでいる(図表 2-40)。また、リチウムイオン電池の主要素材(正極材、負極材、セパレータ、電解液)でも、化学品メーカー間で激しい技術競争が進んでいる(図表 2-41)。

図表 2-40 車載用リチウムイオン電池の主要な国内完成品メーカー



(出所) 各種資料より作成

図表 2-41 車載用リチウムイオン電池の主要な国内材料メーカー

| 部材 | 主な材料メーカー |
|-----------|---|
| ケース・ラミネート | 大日本印刷、富士発条、パワー精密、ハシモト |
| 正極 | 日本電工、住友金属鉱山、三菱化学、日亜化学工業、日本化学工業、本荘ケミカル、日揮触媒化成、戸田工業 |
| 負極 | 日立化成、クレハ、三菱化学、昭和電工、石原産業、日本カーボン |
| セパレータ | 宇部興産、旭化成 |
| 電解液 | 富山薬品、三菱化学、宇部興産、三井化学 |

(出所) 日経エレクトロニクス、日経 Automotive Technology、日経ものづくり、日経マイクロデバイス、次世代電池 2010、日経BP社、2009年11月等各種資料より作成

電気自動車等の周辺産業としては、自動車本体以外にも、充電インフラを中心とした周辺設備の需要が生じることから、電機メーカーの間でも参入の動きが見られる。

また、スマートグリッド構想における車載バッテリーの次世代送電網への活用や、近距離移動専用の「通勤カー」を活用したカーシェアリングサービスの実現等、製品としての電気自動車の応用範囲の拡大や用途開発も進んでいる。

このように、電気自動車産業自体の市場拡大はもちろん、その周辺分野での新産業創出についても、今後ますます期待が高まっていくといえよう。

第3章 環境・新エネルギー産業を支える先進的中小企業へのインタビュー調査

本件では、前章でみた環境・新エネルギー産業の動向、製品や生産プロセスの詳細、当該産業を構成する国内外の企業群の実態を踏まえたうえで、実際に当該産業で活躍している中小企業を対象として詳細なインタビュー調査を実施した。重点的な質問項目としては、各社の環境技術や事業の特徴、環境・新エネルギー産業に参入することとなった経緯、当該産業での活躍を可能としている当社の強み、当該市場の展望、今後の戦略についてである。インタビュー調査先は、本稿の主眼である中小企業はもちろん、最終製品メーカーである大企業も対象とし、そこでは、業界の動向、中小企業に期待する役割などに関するヒアリングを行った。

以下、我が国環境・新エネルギー産業を支える中小企業へのインタビュー調査結果を詳述する。

図表 3-1 インタビュー調査先

| 分野 | 企業名 | 環境技術・事業概要 |
|--------------|--------------|---|
| 太陽電池 関連 | ナミックス株式会社 | 太陽電池前面・背面電極剤の開発・製造 |
| | 株式会社石井表記 | 太陽電池ウエハの製造、ウエハ製造装置の製造 |
| | 株式会社エヌ・ピー・シー | 太陽電池製造装置 (セルテスター、真空ラミネータ等)の製造 |
| | 株式会社アドバンテック | 真空配管部品及び真空排気管製造、シリコンリサイクル事業、 高効率太陽電池パネル製造・販売事業 |
| 電気自動車 関連 | 大和化成株式会社 | リチウムイオン電池のガスケット製造 |
| | 太平洋精工株式会社 | ハイブリッド自動車・電気自動車用ヒューズの開発・製造 |
| | 株式会社ハセテック | 電気自動車用高速充電器の開発・製造 |
| | 株式会社テクノクラーツ | 電気自動車、ハイブリッド自動車の制御システム設計 |
| 風力発電 関連 | 株式会社三谷製作所 | 風車大型金属部品の製造 |
| | 株式会社オーネックス | 風力発電タービンの増速機部品の熱処理 |
| 省エネ・ 蓄電関連 | 株式会社西山製作所 | 熱交換器向け多葉状伝熱管の製造 |
| | 株式会社西部技研 | 省エネ空調用全熱交換機器の開発・製造 |
| | プライミクス株式会社 | 電池の電極製造に使用される高速攪拌機の開発・製造 |
| 完成品 メーカー | シャープ株式会社 | 太陽電池の製造 |
| | 株式会社三菱重工業 | 風力発電機の製造 |

1 太陽電池関連

| | | | |
|-------|---------------------------------------|------|----------------|
| 企業名 | ナミックス株式会社 | | |
| 本社所在地 | 新潟県新潟市 | 従業員数 | 446名（2010年末現在） |
| 事業内容 | エレクトロニクス用導電ペースト、絶縁コーティング剤の研究、開発、製造、販売 | | |
| 環境技術 | 太陽電池前面・背面電極剤の製造・開発 | | |

（注）当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 主力商品であるアンダーフィル剤³³は、世界の30～35%のシェアを占め、太陽電池電極剤においても世界の10%のシェアを占める。
- ◆ 研究開発型企業としての投資を惜しまない。新規材料開発にあたっては、当社電極材が使用された太陽電池の完成後の性能まで考慮しているため、発注元の製造プロセスや材料管理方法まで十分把握した上で提案している。基礎研究・要素技術研究にも積極的に先行投資を行い、大学との連携・委託研究も多数実施している。
- ◆ 大企業が本気で参入しづらい小さな市場規模の分野であり、かつ、発注元との共同開発が必要なオーダーメイドの製品分野を攻める戦略が奏功している。

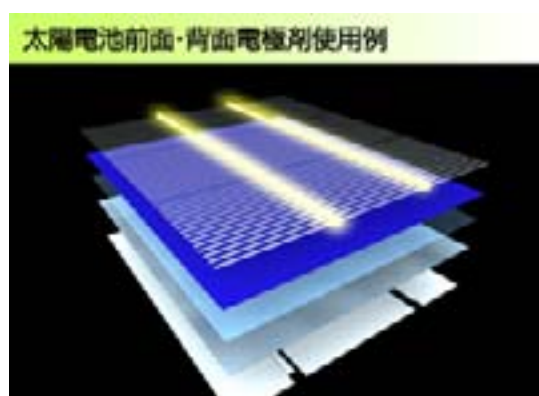
【本事例における環境技術】

『太陽電池用電極剤』

太陽電池セルで発電した電力を集電し、電流を取り出す電極を形成するための材料。その製造工程では、銀やアルミをベースに調整したペースト状の電極剤を、太陽電池ウエハにスクリーン印刷し、乾燥・焼成することで電極とする。太陽電池の発電効率（変換効率）を高めるためには、重要な要素となる。

世界でのシェアは、フェロ社（米国）、デュボン社（米国）³⁴がほとんどを占めており、国内では当社のほか、（株）リタケカンパニーリミテドなどが製造している。

図表 3-2 太陽電池用電極剤



（出所）ナミックス株式会社 HP

³³ 半導体の封止において、チップと基板との隙間に流し込む絶縁材料。

³⁴ デュボンは、標準品を販売しており、それを採用するメーカーも多い。

(1) 会社概要・事業内容

■一般塗料から導電・絶縁材料の開発に進展

ナミックス(株)は、1947年、現社長の祖父により塗料メーカーとしてスタートした。その後、顧客からの依頼に応じていくなかで、電子部品用の防湿塗料や絶縁塗料の開発を手掛けるようになり、やがて現在につながる絶縁ペースト、導電ペースト(銀ペースト)の開発へと発展してきた。1980年には、現社長の父である2代目社長が、拡大するエレクトロニクス分野市場を睨んで、一般塗料事業を廃止し、電子部品用ペースト製造に集中することを決断した。

■2つの分野で、世界的シェアを誇る

現在の事業の柱は大きく4つあり、1つめは以前からの電子部品材料(導電材、絶縁材)、2つめは半導体封止剤、3つめは導電接着剤、4つめが太陽電池(主に電極剤)である。

そのうち、電子部品の実装における半導体の封止では、現在、チップと基板との隙間に絶縁材料を流し込む“アンダーフィル”という方法が業界の主流になっている。このアンダーフィルこそ、25年ほど前に取引先から依頼され、当社が世界で初めて開発したものであり、そこで用いるアンダーフィル剤は、当社売上の1/3~1/2を占める主力商品となっており、世界シェアも35~40%を占める。中でも、液晶テレビ用のICパッケージの封止剤については、世界の7割を生産している。

太陽電池関連は、15年ほど前から始め、当社の売上の10%程度であるが、少しずつ割合が高まっている。太陽電池関連は、世界市場の10~15%のシェアをもつ電極剤(導電ペースト(銀ペースト))が中心であるが、絶縁部品の開発も行っている。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■顧客が行う開発に秘密裏に協力する形で参入

1995年ごろ、大手電機メーカーから電極剤の開発依頼があった。電極剤開発の経験はあったものの、当初は、用途を教えてもらえず、要求仕様のみ

伝えられて開発を求められたため、うまくいかなかった。材料の配合には、最終的な用途を理解したうえで削るべき性能は削るというトレードオフの関係があるため、目的がわからないと開発は難しい。

結局、大手メーカー側が自社開発した成果のヒントを与えてくれ、それを踏まえて量産にむけた改良を加え、何とか要求を満たすことができた。

その後、大手メーカー側の工法の簡素化を図ってハンダ処理が不要な材料開発にも成功するなど、当社独自のレシピを獲得できた。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■顧客の製造プロセスを深く理解した開発

電極剤は、太陽電池の発電効率を左右する重要な部材であり、かつ顧客ごとに最適仕様が異なる非常にデリケートな部材であるため、当社の売上げの9割程度がオーダーメイドである。サンプルも何百~何千という数に上る。

ウエハへの印刷(塗布)のしやすさだけでなく、焼成を経て最終製品になった状態での性能が求められるため、印刷工程だけでなく、他の工程(特に焼成)、他の製品・部品の状況も、最適成分に影響する。すでに出来上がった顧客の生産プロセスに合わせるよりも、最初から一緒に作り上げる方が早い場合もあるくらい、調整はデリケートなものである。

こうした顧客ごとに異なる製品・製造プロセスと、ペースト材料の配合とをマッチングさせるのには、長い時間がかかる。当社では、顧客の製造プロセスを理解し、的確な材料を開発するために、材料メーカーであるにも関わらず、試作・実験用の太陽電池製造設備まで備えている。

■設計性能を実現する徹底した品質管理

仕様が定まれば、様々な材料を配合・微細分散しながら分子レベルの状態までを考慮して均質に混合し、ペースト状の製品とする。これには標準的なロールミル製法を用いるが、品質管理を徹底するためのシステム化を図っている。管理項目は30に及

び、極めて高い品質管理を実施している。例えば、万一配合ミスがあった材料が生産工程に回らないよう秤量データをホストコンピュータで監視し、自動で工程をストップさせたり、個人の技能に依存するロールミルの間隙調整をシステム化したりなどの工夫を行っている。管理能力を審査するため、工程ごとの担当者認定制度もある。

■主取引先への一社依存を脱し、新規開拓

先述の発注元である大手電機メーカーは、太陽電池の生産において、世界的にも大きなシェアを得ていたため、太陽電池市場の成長に比例して取引量は伸びていった。また、同社との共同開発で取得したノウハウもあったので、しばらくは、同社とのみ契約していたが、やはり新規顧客開拓は必要なため、共同開発ノウハウにロイヤリティを支払っていいという覚悟で、新規ユーザーとの取引を開始した。複数のユーザーと取引をしてわかったことが、太陽電池材料も、半導体分野(封止剤等)同様、ユーザー各社すべてのスペックが異なるということだった。独の大手メーカーは、欧州製設備を使用しているし、日系企業の多くは自社開発だ。また、中国・台湾等の新興メーカーは出来上がった一式の設備(ターンキー設備³⁵)を導入している。

しかし、同じ設備メーカー製のターンキー設備装置であっても、ユーザー(太陽電池メーカー)によって印刷や焼成のスピード・方法が違うため、電極剤には個別のカスタマイズが必要である。世界最大手である競合先海外メーカーは、標準品の電極剤を売っているが、当社では、全顧客の7~8割に当たる企業とそれぞれ共同開発を行い、顧客の設備を実際に使いながら開発するようなオーダーメイドの製品を納めている。これまで資金力にまかせ、ターンキー設備を導入してきた台湾などの新興メーカーも、最近では競争力確保のために自社オリジナル技

術を求め始める傾向があり、当社にとってのビジネスチャンスとなっている。また、同じ会社製のターンキーであっても、太陽パネルメーカーによって、運転するスピードや方法が違うため、やはり材料のカスタマイズは必要となる。ターンキーとなっても7~8割は共同開発を行っている。

台湾や中国のユーザーとの取引もあるが、海外において当社の知名度はまだ低いと感じている。EUとの取引も始まるだろう。EUは要求レベルが高いと感じている。

(4) 当社技術の強みの源泉

■現場開発以外に基礎研究にも先行投資

研究開発や基礎研究に力を入れており、全体で約160人の研究員(120人のエンジニア、30~40人のアシスタント)がいる。新規の材料で開発し始めると1~5年はかかる。成分だけ合っていればよいのではなく、実際に使用されて要求性能が出るまで開発は終わらない。それには、ユーザー工場の温度管理や材料管理方法まで知る必要がある。こうしたカスタマイズに要する研究開発コストを当該ユーザーに別途請求することはなく、量産を見込み材料単価に上乗せして価格を決定している。計画どおり売上が伸びず研究開発投資を回収できないこともあるし、わずか数年³⁶後のモデルチェンジも常である。研究開発は必要な先行投資と考えている。電極剤の導電ロスを減らすことが、太陽電池の発電効率向上を実現させている。当社の研究開発はそういう貢献をしていると考えている。

個別の顧客ニーズに対応する開発エンジニア以外に、15人程度が基礎(要素技術)研究にあたっている。基礎研究では、“材料”にまつわる研究を対象に1人およそ5テーマを抱えており、長短期あわせ100テーマ程度が進行中である。

大学との連携・委託研究も行っている。長岡技術

³⁵ 設置後は、ただキーを回すだけで(Turn the key)太陽電池の一貫製造がすぐに始められるといわれる設備。太陽電池製造のノウハウや人材がなくても事業を立ち上げられることから、新興メーカーで採用され、太陽電

池生産量を押し上げているといわれている。
³⁶ 携帯電話で1年、太陽電池で数年。ただし、太陽電池も変換効率向上に向けた開発競争が熾烈で、今後サイクルが短くなるかもしれない。

大学、秋田大学、山形大学、岩手大学、大阪大学などと合計およそ 10 教室に、学術的な検証や新原材料活用の基礎研究などをそれぞれ委託している。また、印刷メーカー等他社との共同研究も実施している。

当社の研究員は、化学だけでなく、電気、機械も周知のうえ電子部品の構造を知り、アプリケーションを理解することも求められている。売上高 156 億円³⁷に対し、研究開発費が 15 億円であるので、約 10% の R&D 比率である。微細な材料の結合面なども見るため、電子顕微鏡や各種分析機器、クリーンルームなどを備えており、2008 年には、40 億円かけて新しい研究所を完成させた。これは内外に、研究開発に力を入れていることのアピールにもつながっている。

中小企業といえども、ときには海外の大企業とも競争していくために、先行投資が欠かせない。おかげで、銀粉材料では他社には真似のできない要素技術中の要素技術と言えるものを獲得するなど、「特殊材料ならナミックス」と言っていただけになった。

■技術発表会や報奨制度で人材を育成

新卒・院卒の理系学生を毎年 10 名程度採用するほか、中途採用もしている。地方であるため化学系の就職先が限定されていることや、研究共同先の大学の研究室の推薦もあることから、優秀な人材の確保ができています。

社内の技術発表会で、優秀なプレゼンを表彰し図書券を授与したり、職務発明について、社内発明登録時、特許の取得時、利益創出時など、複数のタイミングで報奨する制度を設けたりして工夫をこらし、研究者の意欲を高めている。

■特許侵害提訴の教訓もあり、知財管理を強化

10 数年前に、当社が開発し特許を取得せずに使用していた技術について、大手メーカーから特許

侵害として訴えられた³⁸。この教訓から、今は特許性のあるものは取得することとしている。かつては、特許により技術が盗まれるという意識であったが、今は「訴えられるリスク」が大きいと考えている。

また、当社の特許を使用して、材料加工を外部に委託しているものもある。ペーストに加える前の加工(例えば、硝酸銀から多様な銀粉に加工)する工程には技術ノウハウが詰まっている。

知財グループを立ち上げて、特許の出願、管理にあたっている。グループには 4 人配属しており、出願費用、維持費、人件費等で、年間数千万円の費用をかけている。

■ニッチ市場で先行し、早期に優勢を獲得

封止剤も太陽電池電極剤も、時代に先行したことと、ニッチ市場であることが有利となっている。例えば、一つのチップに使われる封止剤はせいぜい 0. 数ミリグラムと極少量であるため、世界全体でも 30 トン(1000~2000 億円)程度の市場規模しかない。しかも量産に向けた標準品がない。当社は 10~15 トンの生産量で、世界市場の 30~35%を占めている。

標準品はなくても、市場が拡大し始めれば、大手他社が参入してくる。封止剤は 25 年ほど前から生産しているが、15 年ほど前に市場が拡大し大手の競合企業が出てきたために、4~5 割だったシェアが今は低下している。こうした拡大市場では、後発企業にもチャンスがいくらでもある。

こうしたことから、ニッチな市場を攻めることが重要と考えている。封止剤の競合相手には既に大企業もあるが、市場が小さい間は、まだ大きな資金を投入してこないため、当社でも勝負できる。市場が拡大したら、次のニッチな分野を探す。

今後有望な分野として、太陽電池業界、自動車業界などのほかにも、いろいろチャンスはあると考えている。このため、顧客の動きを敏感に感じ取り、新しい情報に漏れなく対応していこうと考えている。海

³⁷ 2011 年 3 月期では、約 230 億円。

³⁸ そのときは、公証人役場に社内発明を承認してもらっていたのと、販売実績があったために、先使用例で回避できたが、今であればそれも難しいであろう。

外の学会での発表や展示会への出展も積極的に参加していくことで顧客獲得につながることもある。

■顧客の開発情報が集まり、優位性が一層高まる。

前述のように、顧客の製造プロセスを教えてもらい共同開発を行うことが多い³⁹。小さい市場でもリーダー的地位を維持することで、ユーザーによる秘密裏の新規開発情報までが集まり、さらに優位に立てる。これは、常に先行して取り組むことの大きなメリットである。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■太陽電池は、技術変革があっても引続き有望

先般の金融危機で、売上の落ち込みがなかったのは太陽電池関連のみだった。この事業をもう少し太い柱にできればよいと考えている。

現在主流の結晶系は、あと5～10年いけるだろうが、シリコン価格や変換効率限界の問題もあり、いずれ薄膜系が台頭してくると思われる。薄膜系太陽電池のパネルに占める電極のウェイトは、結晶系に比べ小さく割は悪いが、市場は確実に大きくなる。

どのような方式が新しく現れても、逃がさず対応していくつもりである。

■一つの事業に偏らないバランス展開

IT向けや家電向けなど多方面で多用途に使える電子部品や封止剤と異なり、太陽電池電極剤などは基本的に単一用途。もちろん、太陽電池分野には期待しており、売上ウェイトも拡大しているところであるが、太陽電池だけに依存すると危険なので、事業の柱は4～5本でバランスよく展開していきたい。

人類が電気エネルギーを用いる限り、電極の需要はなくなる。さらなる軽薄短小を追求する中で必要とされる技術を提供していきたい。電気自動車や燃料電池分野などへの参入チャンスも、常にウォッチしている。例えば、ハイブリッド車は、通常の

ガソリン車の4倍くらい電子部品を使うという。当社も売上を伸ばしていきたい。

当社では、1971年の「ハイメック(銀ペースト焼成型導電ペースト)」、80年代の「ユニメック(熱硬化型導電ペースト)」、「チップコート(半導体用高純度絶縁ペースト)」など、先人が節目でヒット商品を開発し、今も稼ぎ頭となっている。今の研究所でも、将来の稼ぎの核となる開発を行うよう、研究員に発破をかけている。

■経営者の思いを、目の届く企業規模で実現

海外取引先も多いが、海外生産は行わず、すべて国内生産である。輸出出荷時に品質変化を防ぐためマイナス20℃冷凍の特殊梱包にしているものもあるように、品質管理が重要であること、製品の容量が小さいことなどの理由もあり、現地駐在程度にとどめ、今後も国内での研究開発及び生産体制でいくつもりである。

また、加工下請けや組立事業に移行することは、まったく考えていない。設備投資が必要であり、その更新ループに入ってしまうのは避けたいからである。

資金調達目的もあって、上場を検討した時期があるが、上場のメリットは少ないと判断し検討をとりやめた。ニッチ狙いの戦略やかなり高い研究開発投資額などについて投資家からの理解は得にくいだろうし、経営者の「思い」で事業をしている部分もある。堅実な投資を行っている間は上場不要と考えている。

研究開発型企業であるので、常に新しいものを入れて成長し続けていかないとならない。ただし、大企業にはしたくない。社員500人以下くらいの社長の目の届く適正規模を保ちながら、複数のニッチ分野でバランスよくリードしていく企業でいたい。

³⁹ 顧客によってはプロセス情報を開示せず、こういうものを作ってほしい、という要求を繰り返し、合格したもので取引を始める場合もある。

| | | | |
|-------|--|------|------------------|
| 企業名 | 株式会社石井表記 | | |
| 本社所在地 | 広島県福山市 | 従業員数 | 390名（2012年1月末現在） |
| 事業内容 | 磨く・切る・貼る・塗るなど表面加工技術に特化したメーカー 研磨機などプリント基板製造装置、太陽電池用ウエハのスライス装置、 太陽電池用ウエハのスライス、機械向け操作スイッチパネル、 液晶用配向膜塗布装置 | | |
| 環境技術 | 太陽電池用ウエハスライス装置製造、太陽電池用ウエハのスライス | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 従来は、太陽電池用シリコンウエハをスライスする場合、主として鉱物性の油に研磨剤を混ぜたスラリー液が使用されていた。これを約10年かけて水溶性のスラリー液を開発し、作業中の臭い・火災発生など工場環境の改善、ウエハの洗浄工程の簡素化などを可能とした。
- ◆ 創業以来の強みである製造装置技術を起点とし、「製造装置に用いる消耗品の供給」「自社製造装置を活用した部品製造・加工」「ある製造装置で培った技術を他分野の製造装置開発にココ展開」という事業戦略方針をもち、有望事業を開拓してきた。
- ◆ 自社内の生産設備投資、技術人材活用のための配置戦略などが、自前技術を支える源泉となっている。

【本事例における環境技術】

『マルチワイヤーソー』

マルチワイヤーソーは、シリコンの塊であるインゴットをブロック状にしてスライスし、約180～200 μ mのウエハに切り出す装置である。かつてこの工程では内刃のブレードソーが多く使用されていたが、ウエハの大口径化に連れ、マルチワイヤーソーが主流となった。ブレードソーに比べ切り屑が少ない、同時に多数のウエハを切り出せる、という長所を持つ半面、ヒビが発生しやすい、スラリー管理が難しい、という技術課題がある。

図表 3-3 石井表記製マルチワイヤーソーIT500W-B



(出所)株式会社石井表記 HP

(1) 会社概要・事業内容

■表面加工技術から太陽電池製造装置に発展。

当社は、ネームプレート(機械に貼る名札)の製造から出発し、自社で使う機械、消耗品の製造も手がけ、ユーザーにも販売するが、「磨く・現す・薄く切る」など「表面を表現する技術集団」にこだわっている。

現在の主要事業は、①電子部品製造装置、②ディスプレイ及び電子部品、③太陽電池ウエハの製造などであるが、機械装置だけでなく独自に開発した、消耗品も販売する場合が多い。

当社のビジネスの中核は、製造装置の生産・販売である。製造装置技術を基盤としつつ、①その製造装置に用いる消耗品供給ビジネス⁴⁰を行う、②商品である製造装置を自社内でも用いて、自ら部品の製造・加工ビジネスを行う、③既存の製造装置の生産で培った技術を他分野にヨコ展開し、新たな製造装置ビジネスを行う、という基本戦略をもっている。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■1990年の経営危機の時から、新規事業に長期投資。

太陽光発電分野に参入した背景には、1990年の不況に見舞われた経験がある。それまで、プリント基板製造装置・ディスプレイ事業の2本柱で会社を運営してきたが、再度不況が来た時に備えて、新たな事業開発を決定し、太陽電池分野、液晶用配向膜塗布装置などの研究開発を同時に手がけ、最初に芽が出てきたのが太陽電池関連の技術であった⁴¹。

開発着手当初は経営環境が厳しかったが、それでも研究開発に10数年かけることができたのは、危機感をバネに早い段階でのトップの経営判断があったからである。当時の社長(現会長)は、当時の常務(現社長)に既存事業の運営を一任したうえで、当時の専務の方には「石井表記らしいものを開発せよ」と命じ、新規事業開発に専念させた。着手当初は経営も相当厳しかったが、3年目を過ぎた頃には既存事業である

ネームプレート事業とプリント基板事業が盛り返し、新規開発を下支えできるようになった。このように経営トップの強い意志、それを実践するための役員の専任、そして研究開発を支える企業体力が整ったことで、長期的な事業開発が可能となったのである。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■自らの製造装置で太陽電池ウエハを生産。

太陽電池事業でも前述した事業展開の基本戦略に従い、各種装置(研磨装置、マルチワイヤーソー、仕上げのための剥離洗浄装置)生産、消耗品(研磨機に使用する研磨剤、マルチワイヤーソーに使用するスラリー液等。)生産及びウエハ生産をそれぞれ事業化している。ただし、ウエハのスライスは、協力企業に加工委託した。

太陽電池ウエハ加工の主な顧客は、シリコンメーカーとパネルメーカーである⁴²。この事業では支給されたシリコン材料をウエハとして出荷するまでの工程、つまり面取りや研磨等の前処理、マルチワイヤーソーによる約150 μ m厚のウエハのスライシング、検査を行う。当社製のウエハは割れにくい、電気特性がよいと評価されている。ここに、当社のエッチング技術と、独自に開発したスラリー液に由来するシリコン表面特性の優位性が出ていると考えられる。また、セル/モジュールメーカーからは、表面仕上げが短時間で済むと好評を得ている。

■既存技術の応用と長期の新規技術開発

太陽電池ウエハのスライシング工程において、その前処理や後処理の工程は、元々当社に強みのあった技術であった。前処理工程ではシリコンのインゴットを研磨する。インゴットのブロックの表面が整っていないと、マルチワイヤーソーでスライスする際、ウエハが割れてしまうことがある。これは人間の爪を切ったときに切り口にやすりをかけておかないと、爪が割れやすくなるのと同じことである。これは従来から当社が培って

⁴⁰ 消耗品供給の事業化という基本戦略は、2000年頃に現社長の発案で開始した。

⁴¹ ディスプレイ技術は事業化したが、半導体技術については事業化を断念した。

⁴² インゴットからパネル製造まで一貫して内製化している太陽電池パネルメーカーはごく一部で、大抵のパネルメーカーはスライス加工を外部委託している。

きた表面処理技術の延長線上にある技術だった。また、後処理工程は、スライス後のウエハからのガラス・アルミ層を剥離する洗浄であるが、この技術はプリント基板生産に際し用いてきたアルカリエッチング技術を基礎としている。

このため前処理・後処理に係る技術開発は、数ヶ月程度で目処がついた。しかしスライス技術の開発には10数年かかった。製造装置自体の難しさもあるが、それ以上に消耗品であるスラリー液の開発が難航した。スラリー液の特性は生産性に決定的な影響を与える。通常のスラリー液では分散媒にポリエチレングリコールを使用するところ、当社では、環境に優しく特性に優れた水溶性研磨剤を開発し使用している。

■自ら製造、ターンキービジネスへも展開

こうしてマルチワイヤーソー（製造装置）は出来上がり、2000年3月には装置の販売を開始した。しかし、当時はまだ太陽光発電業界も漸く上向き始めた時期で、納入実績の乏しい当社の装置を採用するメーカーは現れなかった。

そこで、2002年5月、当社は、自社装置を使ったウエハ生産を開始した。ウエハ生産を通じて、ユーザーの目線でマルチワイヤーソーの活用ノウハウが蓄積し、これを活かして装置の改良にも努めた。装置とオペレーション双方のノウハウ蓄積が、現在のターンキー⁴³ビジネス（製造装置一式を全て供給し、技術指導していくというビジネス）のベースとなっている。

(4) 当社技術の強みの源泉

■自前技術へのこだわりを支える設備投資

当社は、「表面を表現する技術集団」としてあくまで独自技術に基づく印刷、研磨、洗浄、薄く切るなどの技術にこだわってきた。自社技術へのこだわりを貫く当社の生産体制には、以下の特徴がある。

第一に、生産設備のほとんどを社内に揃えている。仮に当社が都市に立地していれば、取扱商品の量も多く、ある程度の量を発注できる外注先も見つけられ

ただろう。しかし当社のある備後地区では、多品種・少量・短納期の発注を受けることが多く、その都度協力企業を見つけることは難しい。このため自社にほとんどの生産設備を用意する必要があった。このような背景から、当社では長い時間をかけて自社内に生産設備を整えてきた。そして製品の付加価値化や歩留まり改善の取り組みを進める際にも、製造装置を自作するようになっていったのである。こうして「ユーザーの立場から実践的な生産技術を開発する」という企業風土が醸成された。

■技術人材活用のための人材配置戦略

第二に、技術人材を効率的に活用するための人材配置戦略をとっている。当社では、部門売上が5億円になるまでは研究開発を「企画開発本部」のなかで進める⁴⁴。そして5億円を超えるようになると、開発した技術は「事業本部」に移管される。この際、当該研究開発に携わった人間も技術と一緒に事業本部に移り、その技術を事業現場で支える立場となる。仮に開発部隊と事業化部隊を縦割りにすると、開発部門は売れない技術ばかり開発し、事業化部門は技術がわるくて売れないという理由ばかり並べるといことが生じかねない。そこで、当社では、開発と事業化のどちらの段階も、同じ人材が支えるという方式をとっているのである。現在、太陽電池事業等を担当する各事業部に、それぞれ開発から携わった10~20名の技術者がおり、改良に取り組んでいる。

また売価のプレが大きい最先端技術分野の担当には技術力を牽引する役割を、成熟した技術分野の担当には業績を支える役割を期待している。冒頭に述べた通り、十分に成熟した製造装置技術については「技術の他分野への横展開」を図っている。これにより、技術の成熟に取り組むことで、昔から当社に貢献してきた技術者に対し、更に技術者として活躍するための場を提供することが出来る。

⁴³ 「ターンキー」については、第2章1(4)参照。

⁴⁴ 当社では、常時40~50名の社員が、研究開発本部で研究開発に携わっている。

■近隣立地の協力企業群と切磋琢磨

製造装置の需要は山谷の差が大きく、しかもニッチ市場であることから、固定費低減のためにファブレス生産方式を採っている。10年程前に協力工場13社に当社の近隣に集まってもらった。この企業群を現在「サンテクノグループ」と呼んでいる。このサンテクノグループの各社に、生産を委託している。当社が営業、開発、設計までを担当し、その後続く製造・組立は、こうした協力企業が行う。そして最後の機器の試運転・調整は、再び当社が担当している。

グループ各社は、当社にとって単なる外部委託先には留まらない。当社が研究開発等に関するリスクをとる代わりに、製品の生産に要する設備投資のリスクはグループ各社にとってもらっている⁴⁵。協力企業と当社の間が馴れ合いにならないように、協力企業内にもきちんと競争原理が働くよう、発注の仕方を工夫している。また当社以外からの受注もとってもらい、色々研鑽してもらっている。もたれ合いの構造を生まず、ある程度の緊張感を保ってもらえるよう、相互の関係を調整している。各社には当社との取引によってしっかり儲けてもらいたいと思っている。その代わりに、きちんと設備投資・人材投資をしてもらいたい。

部品を製造している協力企業は、当社製品である製造装置のユーザーでもある。ユーザーとして当社の製造装置に様々な意見を言うことができるが、当社にとって大変重要である。技術者だけに製品開発を任せきってしまうと、スペックばかり高くなって売れなくなってしまう。ユーザーとしての協力企業から声が届き、潜在的なニーズに常に触れ続けることが、当社の技術者にとって、本当に製品に求められているものが何かを感じるために、重要なのである。

■ベンチャー精神の根付く立地場所を選択

現在当社が立地している場所は、広島県が造成した工業団地である。広い土地が必要だったこともこの場所で操業を始めた理由の一つだが、他にも、①小

さなセットメーカーが多く存在し、機械作りに必要な技術の調達が可能だったこと、②福山エリアにはベンチャー精神が根付いており、人件費がそれほど高くななくても優秀な地元人材を採用できることが大きなメリットである。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略⁴⁶

■太陽電池市場は長期的拡大を期待

太陽電池ウエハのコスト低減と変換効率向上の2つの命題は困難だが、市場規模の点では将来にわたって魅力的である。当社ではスラリー液の改良を中心に、この命題に対応していく。

ウエハ製造装置(マルチワイヤーソー等)市場について見ると、主要市場であるヨーロッパでパネルメーカーの生産がフルになれば、製造装置の新規発注が期待できる。一方、中国市場では、新規参入組のパネルメーカー等が増えつつある。これらの企業では金属シリコンの生産からパネル製造まで全て自前で行うようだ。いずれは、当社の製造装置の販売先になりうると考えている。海外生産については、当社の仕事では、書かれた図面のみに従って中国等で大量生産できる類のものは少ないので、今は念頭がない。

■安定と成長性の均衡のため複数分野で事業展開

太陽電池市場は有望ではあるが、コストの引き下げ要求は強く、安易に大きく依存できない状況にあり、安易に将来推測はできない。そのため、当社は他にも性格を異にする事業を併行して展開している。最も古くからあるネームプレート及び操作パネルの生産は、安定した業績が期待できる。太陽電池とともに研究開発を開始した液晶ディスプレイの加工技術は、現在最も伸びている分野であり、今後も成長が期待できる。このように当社全体としては、今後も複数の事業分野で着実に業績を上げていきたいと考えている。

⁴⁵ ただし、グループ各社が設備投資をする際に、当社が援助することもある。

⁴⁶ 2009年～2010年時点のインタビュー当時の見解。

| | | | |
|-------|------------------------------|------|--|
| 企業名 | 株式会社エヌ・ピー・シー | | |
| 本社所在地 | 東京都荒川区 | 従業員数 | 294名（連結）（2009年8月時点） 594名（連結）（2011年8月時点） |
| 事業内容 | 太陽電池製造装置事業、真空包装機事業 | | |
| 環境技術 | 太陽電池製造装置（セルテスター、真空ラミネータ等）の製造 | | |

（注）当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 太陽電池モジュール工程の主要4装置において、世界シェアは約5割。
- ◆ 馴染みのない他業界の顧客から、特注の真空装置を受注したことが参入のきっかけ。日本にまだ市場がなかった当時から、国内顧客に頼ることなく、いち早く海外に目を向け、自ら世界市場で事業展開したのが成功の要因。
- ◆ 多様な装置納入を通じて蓄積したノウハウにより、各ユーザーの要望に合わせた装置開発ができること、世界中の顧客から様々な情報を集められることが、現在の当社の最大の強み。

【本事例における環境技術】

『真空ラミネータ』

真空ラミネータは、太陽電池モジュールの品質（特に寿命）を決める最も重要な装置。太陽電池セルの表面にEVA樹脂のシートを熱圧着させ保護膜を形成させる。セルとEVAフィルムを隙間なく（気泡が入ることなく）張り合わせるため、真空下での圧着を行う。真空技術に加え、ガラス基板の温度そりを抑えるノウハウ等も必要となる。

競合先は、主にドイツ、スイスのメーカー。国内メーカーでは、日清紡エレクトロニクスなどが製造している。

図表 3-4 真空ラミネータ



（出所）株式会社エヌ・ピー・シーHP

(1) 会社概要・事業内容

■食品包装装置から太陽電池製造装置へ

㈱エヌ・ピー・シーの前身は、日本で初めて食品真空包装装置を作った「日本ポリセロ工業」である。同社は、従業員 10 数名程度の会社であったが、同社製の包装装置は頑丈で、業界での評価が高かった。

92 年に日本ポリセロ工業が財務破綻した際、前年に商社から転職してきた社員達を中心となり、債権・職人を引継ぎ、㈱エヌ・ピー・シーを立ち上げた。現在の役員のうち 5 人がそのメンバーである。

設立当初は、食品包装装置メーカーであったが、現在は 9 割以上が太陽電池関連事業である。当社では、装置の全ての設計および組立を行っている。

製造拠点は、東京の本社工場(主に食品真空装置)、松山の 3 工場(太陽電池関連)。松山工場で製造した装置を、いったんばらして運搬し、顧客工場内で組み立てる。営業拠点はシンガポール、上海、アメリカ 2 拠点、ドイツ 2 拠点の計 6 拠点である。当社の営業部門は 60 名、技術部門は開発部 10 名と設計部 70 名からなる。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■異業種からの用途不明の受注が契機

太陽電池市場への参入のきっかけは、1994 年にそれまでの顧客であった食品業界とはまったく異なる業種の企業 2 社から、ほぼ同時にバッチ式の小型真空包装機をベースにした特注品の注文を受けたことである。注文を受けたときは、用途の分からないまま、要求される仕様に合わせて納入した。後に、小型太陽電池モジュールを作成する研究開発用のものだったとわかった。当時はまだ、太陽電池市場もかなり未熟な時期だった。

その後、他の太陽電池パネルメーカーからの引き合いも増え始めたことから、真空包装装置が太陽電池製造工程に不可欠な装置であることに当社が気づき、自ら太陽電池製造装置業界へ参入することとした。

■カスタム品の製造能力が奏功

日本では、第一次オイルショック翌年 1974 年の「サ

ンシャイン計画」、1993 年の「ニューサンシャイン計画」により、国内メーカーでの太陽電池の研究開発が始まった。94 年当時、国内メーカーでは手作業でモジュール化を行っていたが、真空ラミネート処理だけは手作業で対応できないため、当社に真空包装装置(真空ラミネーター)の注文がきた。

太陽電池用に求められる構造は、食品用のものと構造や配線などが基本的に共通しているため、熱板の改造のみで適用が可能であった。当時、国内で真空包装機を製造していた会社は 4、5 社あったが、その中から特に当社に引き合いがきた理由は、当社はカスタム品も製造していたこと(他社は標準機のみを売っていた)や、本社が東京にあったのは当社だけであったことなどが挙げられる。

■参入当初から海外市場へ目を向け展開

研究開発用の小型真空包装装置の生産実績を通じてノウハウを積み上げたことで、比較的大型の量産用装置が完成できたので、これをもって太陽電池市場に本格進出しようと考えた。これが 1996 年のことである。

しかし当時は、日本には太陽電池製造装置の市場がほとんどなかった。そのため、世界に目を向ける必要があった⁴⁷。

■市場の成長に先駆け、ノウハウを蓄積

1996 年に、まず米国へ進出した。営業拠点を北米に構え、日本で生産した真空ラミネータを米国に送っていた。当時、米国で太陽電池を作っていたメーカーは 10 数社であったため、全てのメーカーに営業に回り、注文を取り付けていった。米国太陽電池メーカーの様々なニーズに応える形で製品の改良を行い、地道にノウハウを蓄積していった。

欧州で太陽電池が注目され始めたのは 1998 年頃である。そこで、1998 年に当社は、オーストリアで太陽電池モジュール工程の世界初の自動化システムの展

⁴⁷ 2010 年の太陽電池の設置量割合の推計は、欧州が 72%、北米が 11%であり、日本は 5%にも満たない(Solarbuzz 社の資料による)。現在においても、日本市場のみではビジネスとして成り立たない。

示を行い、その翌年にドイツに営業拠点を設立し、欧州に進出した。真空ラミネータをもって海外太陽電池市場に参入し、その後、顧客の要求に応じ、製品のラインアップを増やしていった。

会社創業メンバー(現役員)は、商社時代の海外営業経験が豊富であり、海外に出て行くことに対する抵抗は小さかった。日本にまだ市場がなかった時代から、世界に目を向け、いち早く太陽電池装置市場に参入したのが成功の要因であろう。最初のリードが大きかった。当時、太陽電池市場はかなり小さく、商売として成り立たないと思われ、他社は参入してこなかった。当社はその間に時間をかけてこつこつとノウハウを蓄積してきた。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■2つの主力製品の世界シェアは5割以上

太陽電池製造工程は、上流のセル工程と下流のモジュール工程からなる⁴⁸。当社製品はモジュール工程の主要4装置である、セルテスター、セル自動配線装置、真空ラミネータ、モジュールテスターの全てを製造している。セル自動配線装置と真空ラミネータにおいては、当社の世界シェアは5割以上である。

年間の販売台数は、数十台オーダーである⁴⁹。納入先太陽電池メーカーにおけるモジュール工程の完全な自動化は、まださほど進んでないため、ライン一式での受注は全体の10%未満であり、売上の50%は単体機での受注である。ただし、最近、ラインの一部(幾つかの装置を組み合わせた)注文が増えつつある。

■高精度の製造装置が、太陽電池の性能を保持

セル工程では、セルの性能(エネルギー変換効率)をいかに上げるかが求められるのに対し、モジュール工程ではモジュールとしてのエネルギー変換効率をいかに下げないか(ロスを少なくするか)がポイントにな

る。そのため、モジュール工程で使用する製造装置には、確実に高精度で動くことが求められる。

特に、真空ラミネータには(太陽電池セルの表面にEVA樹脂のシートを熱圧着させ保護膜を形成させる装置)、気泡が入ってシートがはがれることのないよう、真空下での高精度の圧着、ガラス基板の温度制御が必要とされる。

■内製化されないモジュール工程装置

上流のセル工程装置は、大手のセル(太陽電池パネル)メーカーにより内製されていたり、一式のターンキー・システム⁵⁰として提供されていたりするが、モジュール工程装置は、社外調達されることが多い。工程の流れがある程度スタンダード化されており、太陽電池パネルメーカーが自ら独自装置を開発するよりも当社などから調達する方が安いからである。

競合先は主に欧州勢であり、それぞれの製品種類ごとに2~4社の競合先がある。ドイツ、スイスのメーカーは技術力が高く、技術面で切磋琢磨している。

(4) 当社技術の強みの源泉

■先行したノウハウの蓄積、情報収集力が強み

当社の持つ技術上の強みには、モジュール工程のサイクルタイムの短さ、真空ラミネータ装置における、熱板の高精度の温度制御技術などが挙げられる。

個別技術の強みは他にもあるが、最も大きな強みは、これまで積み重ねてきたノウハウだ。市場が未成熟な頃から、米国にて太陽電池メーカーの様々なニーズに応える形で改良を行い、また他の製品への要望も聞きながら、地道にノウハウを蓄積していった。

また、世界中にユーザーがいるため、様々な情報を集めることができる。この高い情報収集力も製品開発における当社の強みである。

■顧客の要望に合わせた装置開発力

太陽電池製造装置に汎用品はなく、現在も技術革新が進んでいる段階である。セルはどれも同じように

⁴⁸ 第2章1(3)②参照。

⁴⁹ 50MWクラスのモジュール工程を構築するための装置(セルテスター×2台、自動配線装置×4台、真空ラミネータ×4台、モジュールテスター×1台)の総額は、およそ5.5~7億である。

⁵⁰ 「ターンキー」については、第2章1(4)参照。

見えるが、太陽電池メーカー毎に異なっており、使用する製造装置も一つ一つ要望に合わせて作り分ける必要がある。当社は、こうしたユーザーの要望を受けて、各社に応じた製品を開発し製造することで、カスタム技術やノウハウを蓄積してきた。

また、逆にいうと、もともと当社が特別に独創的な技術を持っていたわけではない。仮に、他社がいち早く市場参入していたなら、その企業も同じように成功していたと思う。いわば、他社がしない行動にいち早く取り組んだということが強みの源泉であろう。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■市場全体の拡大で汎用品市場も誕生するか

グリッドパリティ⁵¹が達成されれば、汎用品市場、コピー機市場、中古市場、廉価版市場が生まれ、製造装置市場は拡大するだろう。ハイエンド機(特注品)市場がなくなることはないが、新市場が拡大するだろう。

■太陽電池の進化を見越した製造装置開発

事業戦略として、ハイエンド機は残しつつ、ロウエンド機の製造も行っていく予定であり、2008年には、当時の相場価格の3~5割低い価格で高性能の新型モジュールテスターを発表した。ロウエンド機を製造していくにあたり、知財対策を強化している⁵²。

現在、主軸の結晶系に続き、今後拡大すると見込まれている薄膜系や化合物系の太陽電池の製造においても、やはりモジュール工程は必要であり、これらへ対応するための開発も行っている。

■真似のできない国内製品の性能

中国、台湾など、アジアは大きな売り先である。実は、中国、台湾では、既に当社のコピー製品が確認されており、安価なコピー機に顧客が流れたこともあったが、結局は性能に満足できずに当社商品に戻ってきている。従って、コピー商品を脅威だとは思っていない。

ない。当社の製品は、ラインで大量生産しているものではなく、一つ一つ技術者が作っているため簡単に真似できない。ニーズに応じた製品を作るのは、日本でしかできないと考えているため、海外に製造拠点を置いていない。日本の強みはものづくりであり、その強みを捨てて海外で生産しても、むしろ世界では戦えないというのが、当社社長の持論である。

■市場の横展開よりも深堀りをめざす

川上の太陽電池セル工程や、液晶パネル製造装置への参入は考えていない。一装置メーカーとして、研究開発、製造、販売、アフターサービス(トラブル対応、メンテナンス等)をきちんと実施することが、事業展開の最も重要なポイントであり、その基本がきちんとできていれば現状の分野でも問題ないと考えている。

当業界は、見た目ほど華やかな世界ではない。市場は拡大するが、大きな儲けが期待できるような業界ではなく、利益目当てで参入するのは容易ではない。市場が拡大すれば、半導体製造装置メーカーなどからの参入もあると思うが、脅威とは考えていない。

■太陽電池以外の新規な分野の探索も

太陽電池製造装置以外の新規分野としては、真空断熱材⁵³分野が有望ではないかと考えている。冷蔵庫用真空断熱材向けの真空包装機の引き合いは、いくつか来ている。本格的に参入するかどうかはまだわからないが、建材用途にも広がれば将来性があると考えている。

⁵¹ ある特定の発電方式について、その発電コストが系統(グリッド)電力と価格的に競争できることを意味する。

⁵² 現在、当社が保有している特許は、申請中のものも含めると20件ほどある。

⁵³ 真空断熱材(VIP: Vacuum Insulation Panel)とは、多孔質の心材(グラスウールが主に用いられる)を金属のラミネートフィルムで被膜した後、内部を減圧して封止した断熱材。気体熱伝導率の寄与がほとんどゼロとなるため、高い断熱性能を得られる。

| | | | |
|-------|--|------|-----------------|
| 企業名 | 株式会社アドバンテック | | |
| 本社所在地 | 愛媛県西条市 | 従業員数 | 87名 (2008年5月現在) |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・真空配管部品及び真空排気管製造 ・半導体向けガス配管及び真空配管製造 ・半導体製造装置向け部品製造 ・半導体向け化成品の製造販売 ・テスト用ウエハ販売 | | |
| 環境技術 | シリコンリサイクル事業、太陽電池の分析・評価・コンサルティング 等 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ シリコンリサイクル事業、太陽電池の分析・評価・コンサルティング事業等、半導体及び太陽電池を中心とした環境・新エネ事業を積極的に企画・展開。
- ◆ 地元ものづくり企業や技術系ベンチャー企業と当社が補完関係を構築できるよう、これらのパートナー企業が苦手とする業務内容(半導体検査等)を当社で引き受けた。これによって地元企業との競争を回避した他、企画提案力や事業付加価値を強化することに成功。
- ◆ 急速な市場拡大と技術革新の中で、顧客半導体メーカーに次々と生じていた新課題に、当社から柔軟に対応しビジネスチャンスをつ捉えた。

【本事例における環境技術】

『シリコンリサイクル』

シリコンの単結晶を精製する際には、結晶の先端部分(トップ)と末端部分(テイル)に高濃度の不純物が蓄積するため、スクラップとして処理される。これらのスクラップは、高純度が要求される通常の半導体には使用できないものの、要求純度が比較的低い太陽電池には再利用できる。当社はトップ、テイル、テストピース等の未利用シリコンを回収し、太陽電池向けウエハにリサイクルしている。

図表 3-5 太陽電池へのシリコンリサイクル



(1) 会社概要・事業内容

■装置メーカー等を顧客にニッチ市場を開拓

当社は、独立起業を目指し証券会社を退職した現社長が 1995 年に起業した。当初から、後発小規模企業にも進出可能なニッチ市場を求め、半導体産業への進出を決めた。

当社の主力事業の一つは、半導体製造装置等の機内における真空配管事業で、売上構成割合は 3 割強である。半導体装置メーカー、液晶製造装置メーカー、真空装置メーカー、国立研究機関等の約 700 社を顧客とし、各社製品内に配管される真空装置モジュールを組み上げて納品している。共同創業者である副社長が真空技術を取り扱うことができたことから事業化した。

もうひとつの主力事業は、試験・開発・研究に用いるテストウエハの供給で、売上構成割合は 4 割程度である。半導体製造には、数十～数百の工程があるので、製造装置の試験や半導体の新規開発に際しては、工程毎に少量だが多様な種類のテストウエハが必要となる。これはロットが小さ過ぎて、大量生産を前提とする通常の半導体メーカーでは供給できない。そこで当社は、半加工状態の様々な「標準品」のウエハをストックしておき、発注を受け次第、成膜等の仕上げ加工を施して出荷するという方法をとった。できるだけ少ない種類の標準品から、できるだけ多様なテストウエハが加工できるよう、標準品セットを設計する技術力が鍵になる。半導体の世代交代や顧客ニーズの変化に合わせて、日々、標準品セットの改良を続けている。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■ベンチャーと連携し、リサイクル事業へ

シリコンリサイクル事業の出発点は、顧客企業から使用済みテストウエハ等を回収するサービス事業である。使用済みテストウエハからは使用したメーカーの開発情報が漏出してしまふおそれがあるため、その処分時には厳重な機密管理が求められる。当社では、これまで回収サービス後廃棄処分していた。それをリサイクル可能にしたのは、当社と関係が深

い PVG ソリューションズ(株)の解析・設計技術である。同社との関係は、当社が社会の動向を受け「環境&クリーンエネルギー」という事業戦略を打ち出した 2005 年頃、特に太陽電池事業に関心を持ち、様々な有識者と連絡を取った。その一つが、後の PVG ソリューションズだった。同社は、大手パネルメーカーを退職した技術者達が 2007 年に創業したベンチャー企業で、結晶系太陽電池の分析・設計に関して高度な独自技術を持っていた。当初、連携してビジネスを行う算段も特になかったが、「純日本産技術を応援したい」という心情から、アドバンテック社長個人が PVG ソリューションズの創業に出資した。

その後、連携の見込みが立って、当社が法人として出資し、現在は当社屋のクリーンルームの一部を貸与し、そこに PVG ソリューションズが設備を持ち込み、分析業務を行っている。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■太陽電池ウエハ・セル関連の環境事業を開始

当社は、真空配管事業とテストウエハ事業の取引関係や、半導体検査技術を核として、当業界に関連する環境保護事業を企画・実施している。その一つがシリコンリサイクル事業である。この事業では各種のシリコンスクラップを、主力事業の顧客である製造装置メーカーや半導体工場等から回収し、リクレイムウエハ⁵⁴やソーラーグレード⁵⁵ウエハとして再利用する事業を行っている。

もう一つは、太陽電池ウエハ・セルの解析・評価・改善提案事業である。これは独自の分析・設計技術を用いて、顧客であるパネルメーカーの開発を支援するビジネスである、世界中から多くの有力メーカーの依頼を受けている。

両環境事業の鍵は、前述の PVG ソリューションズとの提携である。同社のエンジニアリング・ものづくり能力と、当社の半導体関連メーカー・素材メーカー

⁵⁴ 不良ウエハから製造されるテスト用ウエハのこと。

⁵⁵ 太陽電池用として十分な純度を有するシリコンウエハ。極めて高い純度が要求される半導体用シリコンに対して、こう呼ばれる。

との取引関係から築かれたネットワークが相互補完して、この事業を成立させている。

(4) 当社技術の強みの源泉

■機密保持・環境配慮ニーズに応える提案

シリコンスクラップを当社が引き取ることは、従来は顧客に対する採算外のサービスの一環だった。ところが、シリコン市場で需給が逼迫すると、シリコンスクラップはむしろ売れるものとなってきた。ただし、前述の通り、使用済みスクラップには研究開発上の機密技術の情報が含まれていることから、排出側企業は機密を確実に保護できる企業に引き渡したいと考える。当社には、これまでの事業で培ってきた信頼があるからこそ、この事業が成立するのである。

また当社では、シリコンスクラップの出所についてもきちんと管理しており、どの工場からでたスクラップかも把握している。環境配慮気運の高まりのなか、当社では、顧客企業が「自社の不要シリコンで電気を作っています」と社外にアピールできる旨を強調して、大手半導体メーカーに売り込んでいる。これにより、ただのリサイクル以上の利用価値を生み出していると考えている。

■小口の実績を積み重ね企画提案力を磨く

創業時は、半導体製造装置メーカーへのパーツ供給を主業としていた。パーツ供給事業を選んだのは、発注単価は低いが回転率が高く、資金負担が小さくて済むからである。また、市況が好調で急速な技術革新の進む分野であれば、後発の中小企業でもチャンスがあると考え、半導体産業に目をつけた。後発参入企業としての生き残りをかけ、とにかくお客様から発注してもらうためにどうすればいいのかという視点から、遡って事業のあり方を探った。パーツ供給で一定の信頼を得ると、顧客側もまだまだ色々なものが足りない時期だったため、様々な相談を受けるようになった。小回りのきく営業・企画提案を繰り返すうち、新しい企画や課題のテーマが出ると声をかけられる立場になった。

■社外との連携を前提とした事業モデル

顧客から相談を受けるたびに、鉄鋼業を中心とした地場のものづくり企業に、「この価格でこういうものを作ってもらえるなら、当社が設計・営業・販売・品質管理を引き受ける」とビジネス連携をもちかけた。このように創業以来、提案力と QCD⁵⁶で競争力を発揮できるよう努力した。どこまでを当社内部で引き受け、どこからを外注先地場企業に任せれば競争力を維持できるのかと試行錯誤を繰り返すなか、顧客や地場企業の苦手な工程を当社が引き受ける方式で、事業モデルが確立されていった。顧客は納期の厳しい機内配管を苦手とし、地場企業は設計と検査工程を苦手としていた。これらの工程を当社内で引き受けたことが、現在の真空配管事業とテストウエハ事業の基礎になった。

この他、前述の通り、PVG ソリューションズに出資したことで、太陽電池のエンジニアリング技術を前提とした事業計画が立てられるようになっていく。このように外部の経営資源の導入にむけて柔軟に協力関係を築けることが、企画力・競争力の支えになっている。

■顧客に張り付き、問題解決能力を発揮

最も力を入れていかねばならないのは、企画・提案のできる人材を育てることである。当社の場合は、「誰にもできない新しいことを開発しろ」と言っているわけではない。そうではなく、お客さんから困っていることを聞き出して、その解決策を提案する能力が必要である。つまり、ヒアリング力、VA/VE⁵⁷力だ。当社には R&D 部門を特に置いていないが、これは、開発の起点がお客様の側にあると考えているからだ。

当社では、営業にも工学系大学院出身の人間を配置している。営業能力とは、相手から価格を聞き

⁵⁶ Quality (質)、Cost (コスト)、Delivery (期限)

出す能力ではない。「コイツには解決能力がある」と信頼され、相談を受け、なんらかの答えを提案し続けられる能力である。

現在営業には、25名程度を配置している。営業担当には、最初から最後まで、つまり仕入先を相手とする素材の買い付け、外注先の手配、売値の値付けまで一人で全てやらせている。上場を目指した一時期、監査法人の助言を受けて、営業部・資材部等の部門に分けたことがある。やってみた結果、当社の提案力や強みは、営業から納品までの全てをその場の人間ができたことにあったのだ、と改めて気がついた。現在では部門制は全て廃止し、元の体制に戻している。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■既存マーケットに過度に期待や依存をしない

日本の社会が大きな変革期を迎える中で、当社としても変革がなければ、発展はおろか存続すら危うくなるかも知れない。

次世代半導体の製造工程が、これまでと同じ産業構造に支えられるとは限らない。実際に真空事業では、加工対象物の大型化に従い排気量が大型化してきている。こうなると、ロットが大きくなり内製でも対応しやすくなるため、顧客側からみて、今後も機内配管を当社に外注するのが効率的とは限らない。テストウエハ事業でも同様である。景気変動というよりも次世代半導体生産体制へのシフトが進む結果として、既存マーケットが縮小傾向にあるのではないかと見ている。

太陽電池市場そのものの今後についても楽観していない。今多数ある市場のプレーヤーは、半導体ブーム以上のスピードで、一部の企業を残し淘汰が進むだろう。勝ち残れる日本企業はそれほど多くないと考えている。

かつて順調だったこれら半導体関連市場も、以前の水準まで必ず戻ると言えない状況だ。

■環境を軸に新事業展開を検討

これまでは半導体関連事業の業績がよかったため、新規事業の研究開発にも余裕を持って臨んでいた。しかし今後は、「選択と集中」が必要である。そのような「選択と集中」の候補の一つが「環境&グリーンエネルギー」なのである。今後は新たに高効率太陽電池パネルの製造販売、カーボン・オフセット⁵⁸事業、クリーン開発メカニズム⁵⁹事業の立ち上げを検討中である。いずれの事業でも、地元企業と地域社会にメリットをもたらしたいと考えている。

⁵⁷ Value analysis, Value engineering。事業全体の流れのなかで、どの箇所が価値を創出しているのかを分析することを、ヴァリュー・アナリシスと呼び、これに基づいてより高い付加価値の創出を目指して事業設計することを、ヴァリュー・エンジニアリングと呼ぶ。

⁵⁸ ある場所で排出された温室効果ガスを、植林や再生可能エネルギー事業などによって直接的、間接的に吸収する活動を指す。

⁵⁹ 地球温暖化対策の国際枠組みを定めた「京都議定書」に定められた手法の一つで、先進国が自国の技術と費用負担のもと、途上国で温室効果ガスの排出を削減し、その削減量を自国の目標達成に利用する、という手法。

2 電気自動車等関連

| | | | |
|-------|----------------------|------|----------------------|
| 企業名 | 大和化成株式会社 | | |
| 本社所在地 | 大阪府堺市 | 従業員数 | 10名(2012年2月時点同社HPより) |
| 事業内容 | 精密射出成形製品の企画・開発・生産・販売 | | |
| 環境技術 | リチウムイオン電池のガスケット製造 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 国内外を通じてあまり例のない電池用ガスケットの専門メーカー。既存の小型ガスケット事業は、世界市場の一翼を担う実績をもつ。さらに、自社の強みをより活かせる電気自動車用大型ガスケット事業で研究開発を進め、急速に生産を拡大している。
- ◆ 経営、設計、製造のすべて工程を十分に熟知しているのが、中小企業の強み。これにより、顧客の要求性能を実現する材料を、配合からオーダーメイドで設計・加工する総合的な技術力を発揮。
- ◆ 製造工程のデータ管理による品質管理、無人化・自動化の徹底により、不良品ゼロ、高い生産効率を実現している。

【本事例における環境技術】

『(電気自動車用)リチウムイオン電池用ガスケット』

ガスケットとは、構造に気密性、水密性を持たせるために用いる固定用シール材であり、電池では正極と負極との絶縁を確保する役割も果たしている。リチウムイオン電池の電解液は可燃性であるため、ガスケットには特に高い気密性と絶縁性が求められる。材料として使用するフッ素系樹脂は、耐熱性であるため、高温での加工が必要であり、また腐食性も高く、射出成形の難易度が高い。

電気自動車用大型ガスケットには、安全性確保のため、小型のものに比べ格段に高い品質性能が求められる。また、軽量化に向けた小型化、普及に向けた低コスト化の要求も強い。

図表 3-6 小型ガスケット製造工程



(出所) 中小企業庁「キラリと光るモノ作り小規模企業」部門選定企業一覧 2009
経済産業省「雇用創出企業」2010

(1) 会社概要・事業内容

■オイルショックを契機に製造業に転換

1954年、前社長が農業用ビニール卸として当社を創業した。その後、オイルショック時に仕入れ単価が1週間で激変して大きな損害を被り、75年に卸売業から製造業への転換を始めた。製造業としては、自転車のゴム製オイルシールの生産から出発した。

■顧客から打診受け、射出成形事業を開始。

85年末、電池メーカーから、ソノブイ⁶⁰用海水電池のプラスチックセパレーターを作れないかとの打診があった。これが射出成形事業の始まりである。同電池メーカーは、それまで手作りで対応していた薄肉加工を量産する必要が生じたが、対応できるメーカーがなかったために、仕入先の全部に声を掛けていたようである。それを受けて当社では、既存の外注先に生産委託しようとしたが、その外注先では作れなかったことから、素材から検討して、自ら生産を始めようと考えた。そこで、最新鋭の射出成形機を購入することにしたが、機械の納品を待たず、展示場での展示用機械を早朝に借りて生産した。それほど、当時はがむしやりに新規事業に取り組んだ。以降、当該電池メーカーから電池関係の絶縁やパッキンの発注をもらうようになった。

■世界市場の一翼を担う小型ガスケット専業

現在の当社は、電池用ガスケットの専業メーカーとなっている。売上割合は、2009年には、大型ガスケット(電気自動車用)1割、小型ガスケット(携帯機器用)9割であったが、2010年には大型が伸び、全体の5割になった。

当社の製造する小型ガスケットは、携帯電話用小型二次電池用であり、世界市場の一翼を担っている⁶¹。小型ガスケットの市場が拡大し、中国、ブラジルメーカー等で大量生産している。これまで、品質面

⁶⁰ 吊下式ソナー内蔵の無線浮標。潜水艦の出す音を探知して航空機に伝送するブイ。

⁶¹ 世界で最初の角型小型電池であるソニーウォークマンの電池にも、当社のガスケットが使用されている。

で差別化してきた日本製については、これからも、高密度化、高速度化等、より高性能化にむけた改善が要求されるだろうが、市場は成熟化し、価格競争に入るだろうと予想し、当社ではこれ以上の展開はしないつもりである。

一方、大型ガスケットは、当初、開発試作や量産試作等の少量の注文しかなかったが、単価が高いため少量でも売上への貢献が高い。量産については、ブルーエナジー(ホンダ、パナソニック系のリチウムイオン電池メーカー)から正式発注内定があった段階で、これに就いて、堺浜に新工場(大阪府)を2010年5月に建設し、大幅に生産拡大した。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■他社が躊躇した素材加工への挑戦

リチウムイオン電池では、PP樹脂、PFA(フッ素系)樹脂のガスケットが求められる。PFAはかなり高温での加工が必要であり、腐食性も高いため、射出成形を行うことが困難であった。

この会社は無理と考え、手を出さなかったが、当社は持ち前のチャレンジ精神から取り組み、研究開発の積み重ねにより、見事実現させた。これには特別なブレークスルーがあったわけではなく、金型、成形機、成形条件、高分子の知識すべてを総動員することで成功に至った。

他社であきらめたものが、当社ではできたのは、開発志向の社長の創業者思想(理念)によるものと考えている。「他ができないから敢えてやる」というのが好きな、根っからの開発型の人間であると思っている。こうしてチャレンジしたおかげで顧客の信頼を獲得した。

■実績と技術水準から電気自動車の仲間入り

電気自動車用大型ガスケットは、2004年の電気自動車エリーカ⁶²への納品が最初である。まさに1個取りの手作り製品であり、エリーカの初代から納品

⁶² 2004年に製作された8輪駆動の電気自動車。慶應義塾大学を中心に38の企業が携わって開発された。

している。これまでの小型ガスケット等の実績により2000年頃から、「パッキンといえば大和化成」と業界で認知されるようになっており、エリーカのガスケットを受注できたのも、そのおかげである。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■大型ガスケットへの格段に高い品質要求

大型ガスケットは、自動車に使用されるため安全性確保への要求が高く、小型ガスケットに比べ、求められる品質性能レベルが格段に上である。ガスケットの成形前後において、材料に生じる化学的・物理的特性の変化を検証した上で、それらをコントロールし、成形状態を把握する技術を確立する。これにより、高品質・長期保証に対応している。作り手として素材の中身を深く知らなければ、品質の高度化はできないと考えている。

納品先に合わせて材料配合を変える、いわば素材ベースからのオーダーメイドは、小型ガスケットの2~3種で実施しているが、こうしたオーダーメイド生産は、大型ガスケットでも実施していくつもりである。

■材料メーカーから独自仕様で素材入手も

大型ガスケットを手がけた頃から、インキや樹脂を扱う材料メーカーと共同開発を行っている。同メーカーとは、携帯電話用ガスケットの頃からの付き合いであり、信頼を積み重ねてきた。同メーカーと当社は、今では、樹脂の配向性や分子の並び方といった性能までもコントロールするようになっている⁶³。大企業である同メーカーが、小ロットの材料開発を行ってくれるのは、電気自動車市場の将来性に期待してのことであろう。

■大型ガスケットの単価と市場規模

既に、自動車用リチウムイオン電池の国内主力メーカー3社のうち2社と取引があるほか、他の参入企業からもサンプル提供等の依頼が来ている。

大型ガスケット⁶⁴の単価は大きい。電気自動車1台には、1つ当たり50個のガスケットを搭載する電池が4つ必要であり、ガスケット1個10円として、自動車1台あたり2000円分の売上となる⁶⁵。

当初は試作ばかりだったが、月200万円程度の売上になった。さらに、新工場設立後は、売上げが急増した。

(4) 当社技術の強みの源泉

■顧客のニーズを具現化して問題解決

当社は、電池メーカー側のニーズを具体的に数値化して、ガスケットに求められる材料組成・組織に落とし込む、いわば「コーディネータ業務」を担っている。取引先からもらった図面だけから用途・目的を押し量り、設計するのである。

当社社長は、これまでの経験から、問題の要点を感覚的につかみ解決することに長じている。生産用機械設備メーカーや材料メーカーに向けて、問題解決のためにいろいろな注文を出し、高品質のものが製造できるように調整している。

■ものづくりに対する心構え

当社では、「ものづくりの最終的な目的は環境や平和のため」と考えており、数年前から受け持っている大学の寄附講座でも、それを見失わないことが大事と諭している。

■設計の全てを把握できることが中小企業の強み

中小企業では、社長の立場から、企画、設計、現場、高分子の技術、経営、営業、資材のすべてを見ることができる。これは強みである。一方、大企業では一部の研究者のみが設計に携わっており、逆に研究者は現場を知らないことが多い。

そうは言っても、現場での知識・感性だけでもダメである。現場は、設計通りにできているか確認する場所にすぎず、企画・開発時点で製品の9割は完

⁶³ こうしたノウハウは特許の対象とはならない。

⁶⁴ ニッケル水素電池を採用しているホンダとトヨタのハイブリットに向けては、納品していない。

成させておくものと考えている。

また、顧客の電池メーカー側では、担当研究者の異動・世代交代により、過去からの技術を継承しきれていない。一方、これまでの電池技術開発を通して累積した知識を保持しているのは、当社の強みである。

■情報を収集し、新しい技術開発に活用

当社社長は、普段からの情報や知識の吸収が必要と考えており、セミナーや展示会、異業種交流会に頻繁に出席している。ベースとなる知識がないと、ひらめきや解決策も生まれてこない。例えば、異業種交流会で見た、金魚すくいロボットの画像認識センサーが、今の当社の品質チェックセンサーに生きている。

また、顧客からの相談や連携の打診等などの形で、最新の情報が集まってくるのが、トップランナーの強みと考えている。

■大手とは違う本気度

大型ガスケットの競合先は何社かあるが、当社における研究開発の段階までには至っていない。当社は、電池用ガスケット専門のプラスチック成形メーカーであり、ガスケットに対する豊富な技術的蓄積や、ソニーのウォークマン時代から積み上げて来た実績によって、あらゆる角度からガスケットにアプローチできる専門性を有している。

他の参入大手(化学素材メーカーなど)では、ガスケット以外の製品分野も扱っており、ガスケットに対する本気度が当社とは違うと思っている。

■生産機械稼働時のデータを集約・工程管理

不良品を「つぐらない」ではなく、いわば、不良品を「つぐれない」仕組みの構築を図ってきた。

電動マシンの機械操作時にデータをすべてパソコンに記録し、それに統計処理を施して工程を管理している。あわせて、ISO9000 に基づいた管理票、

手順書で管理している。

20 年ほど前、横河電機が工程管理のレコーダーを開発し売り出していた。出来た製品をチェックするのではなく、工程を管理するのである。これを射出成形の現場で最初に活用したのが、当社であった。データ管理による品質保証は、技術的に他社でもできることであるが、データの管理項目、管理数値の内容は、開発意図を正確に理解しないと設定できない。当社は最適な条件を設定することで、良品の製造管理工程の構築を可能とし、信頼を得てきた。

小型に比べ、大型ガスケットでは品質要求が高くなるため、顧客ニーズを満たすのに必要な品質基準(数値)を再検討して、品質基準項目は増えた。

■自動化、工程改善でコスト競争力を獲得

唯一自動化している 5 号機においては、品質管理を極め、不良品ゼロを目指した結果、1回も止まらない稼働が可能となっている。稼働前の最初のうちに工夫すれば、稼働時に、省力化、効率化が実現する。

射出後の切断工程にレーザーメスを導入することにより、5 人分の工程が減り、コストが半分になった。こうした改善の継続的取り組みが競争力の源泉になっている。自動化ラインにより、経済産業省の掲げる「リチウムイオン電池のコストを1/7にする」という目標実現を目指している。

■産学連携、支援事業等の活用

産学連携による研究開発例で言えば、堺市産学協同研究開発事業や、独立行政法人科学技術振興機構の研究成果最適展開支援事業に認定されたものがあり、レーザーによる樹脂材料と金属との接合技術の研究開発を大阪大学と共同で行っている。また、全国中小企業団体中央会から採択されたものづくり中小企業製品開発等支援補助金を活用して、高機能低価格ガスケットの試作を行っている。

こうした認定のほか、外部からの表彰も多く受けたことは、資金面のみでなく、人材確保の面にも好影響を及ぼしている。

65 これに対し、小型ガスケットは1個 10mg、1円である。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■単体の樹脂製品からモジュールの供給へ

樹脂と金属を接合する技術を、当社からの提案で阪大と共同で研究開発している。樹脂製品(ガスケット)単体として納品するのではなく、樹脂(ガスケット)と金属(周辺部品)を合わせたモジュールを製造し、納品できるように考えている。用途は宇宙産業や医療産業向け等と壮大に考えている。

燃料電池への展開も視野に入れているが、燃料電池に当社のガスケット技術が必要とされるかどうかはわからない。それまでのつなぎとしても、今は、リチウム電池向け大型ガスケットに注力している。

■堅実な経営をこれからも推進

今後、EV用リチウム電池需要が拡大することが見込まれるが、そのうち2~3割、5万台分程度を当社で扱えれば十分と考えている。

堅実に小回りの利く経営をしているので、昨年来の金融危機の影響もない。

ガスケットは電池全体の価格の1~2%の相場を維持すると思われる。電池市場の拡大に伴い、現在20億円の市場が2018年度には約3兆円になると予測されている。ガスケット市場(300~600億円)の10%(30~60億円)を獲得するべく、高精度かつ低価格を売り文句にして顧客へアプローチを行う。引き続き堅実に事業を拡大させていくつもりである。

| | | | |
|-------|---|------|-----------------|
| 企業名 | 太平洋精工株式会社 | | |
| 本社所在地 | 岐阜県大垣市 | 従業員数 | 331名（2011年6月現在） |
| 事業内容 | ・自動車用回路保護機器（ヒューズ）の成形・組立・プレス ・精密金属プレス用金型設計・プレス加工・組立 | | |
| 環境技術 | ハイブリッド自動車・電気自動車用ヒューズの開発・製造 | | |

（注）当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 1970年代に、ガソリン自動車用ヒューズの画期的な生産方法を確立し、特許を取得。自社での技術開発に加え、海外の優れた技術をライセンス生産する等、最高の技術にこだわり続けることで、国内において圧倒的トップメーカーの地位を確立する。
- ◆ その技術力が評価され、トヨタ自動車「プリウス」の開発プロジェクトに招聘された。ここで開発したHEV車用ヒューズが世界で高く評価され、HEV車用ヒューズで世界をリードしている。
- ◆ パーツメーカーという立場から、自動車メーカーやTier1メーカーの技術動向を読むことの重要性を経営として認識。技術開発においては、顧客企業とのすりあわせを最重視しており、自社社員を顧客企業に常駐させることも多い。

【本事例における環境技術】

『EVヒューズ』

ヒューズは、定格以上の電流が流れた際に回路を保護し、発火等の事故を防ぐための部品である。自動車用ヒューズには、100℃以上の温度変化があり、数年にわたり走行の衝撃を受け続けるという劣悪な環境のなかで、過不足なく溶断しなければならない、という極めて高い精度が求められている。通常の自動車用ヒューズは12ボルト程度の電圧で適切に特性を発揮するよう設計されているのに対し、EVヒューズには250～300ボルトという、これまでの自動車用ヒューズで経験のない高圧帯で、高精度の溶断特性を実現することが要求されている。

図表 3-7 EVヒューズ



（出所）太平洋精工株式会社HP

(1) 会社概要・事業内容

■ニッチ製品市場で世界シェア4割を獲得

当社は、自動車用プレス部品メーカーである太平洋工業(株)の特殊部品部門が1961年に分離独立したことで、設立された。太平洋工業の取り扱い製品のうち、グリースニップル⁶⁶、リベット⁶⁷、ガラス管ヒューズの製造を担当した。

自動車用回路保護機器(以下自動車用ヒューズ)は、まさにニッチ分野だった。当時、当社は、ガラス管ヒューズを全自動で生産する技術を確立し、特許を得ていたため、コスト競争力が極めて強かった。さらに、他社ヒューズメーカーの廃業をきっかけに、当社のシェアは一気に高まった。

その後当社は、ガラス管ヒューズから、アメリカ企業が開発したオートヒューズへと切り替えた。ガラス管ヒューズと比べると、オートヒューズは断線後の交換作業が容易になるという利点があった。当時、他にも自動車用ヒューズメーカーが国内にあったが、他社はオートヒューズの先進性には気付かなかったようである。当社は、ガラス管ヒューズを生産技術を磨き上げていくなかで技術を評価する目を養え、オートヒューズの優位性を見抜くことができた。

その後も継続的に研究開発投資・設備投資を重ね、知的所有権も確保している。こうすることで自動車用ヒューズ市場を着実に獲得していった。現在は、国内シェア85%、世界シェア40~50%である。

当社のもう一つの事業の柱は、精密金属プレス部品で、主に液晶テレビ、プラズマテレビ、次世代ゲーム機、携帯電話等の家電製品について、金型の設計と製作・部品生産までを行っている。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■世界初、HEV自動車用ヒューズを開発

1993年頃、トヨタからプリウスの開発への参加を要請され、ハイブリッド自動車用ヒューズ(以下、電

気自動車用とあわせEVヒューズ)を開発した。トヨタ側が共同開発を必要と考え、ヒューズのトップ企業である当社に直接声をかけたと思われる。

EVヒューズは、従来の自動車用ヒューズとは、扱う電圧が全く違う。通常の自動車用ヒューズは12V程度だが、EVヒューズでは250~300Vの高電圧を扱う。この電圧は、通常の自動車用ヒューズの国際規格の範囲を外れるレベルであり、特別に技術開発を要する領域であった。他分野の機器で使われている既存の高電圧ヒューズもあったが、価格の面から、性能の面から、自動車にはとても使えないものだったため、自動車用の高電圧ヒューズを新規に開発する必要があったのである。

■自動車業界で希少な電気工学の担い手

通常、自動車業界では、機械工学系の技術者が主力と言われており、ハイブリッドの開発に際しては、電気工学系の技術者の必要性が高まった。大自動車メーカーでも、ハイブリッド車に要求されるような高電圧の扱いにはあまり経験がなかったと言われる。

当社としても、この開発がどのくらい大変なものになるのかは、着手するまでわからなかった。開発で突き当たった課題の多くについて、例えばどのような素材を選択すべきか、また高電圧下で実際に破断した場合、周辺にどのような影響が生じるのか等については、当社にとっても初めて経験することばかりだった。

その後、当社のヒューズが搭載されたプリウスが走り始めると、世界中の関連メーカーからEVヒューズや自動車用ヒューズの引き合いがくるようになり、飛躍的に知名度があがった。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■特有の厳しい要求事項をクリアする必要性

自動車用ヒューズには、主に5つの特有の要求事項がある。①様々な振動に耐えられること、②マイナス40℃から120℃までの温度変化に耐えられること、③極めて細い電線が使用されるので高精度な

⁶⁶ 機械の可動部分に、グリースをグリースガンで注入するための部品

⁶⁷ 金属板や鋼材などをつなぎ合わせるために打つ鉋(びょう)

溶断性能を発揮できること、④10年以上、信頼性を維持できること、⑤サイズ・重量が小さいこと、である。これらのいずれにおいても、高い技術が求められている。

現在のように、自動車の快適さを支えているカーエレクトロニクス部品が多くなるほど、多くのヒューズが必要となる。例えば、1970年代のトヨタカローラに使用されていた自動車ヒューズは8本だったのに対し、現在のカローラは40本、レクサスは130本である。しかしヒューズの本数が増えても、ヒューズ全体を収めている「ヒューズボックス」の大きさ、つまり自動車のなかでヒューズのために用意されている空間の大きさは、ほとんど変化していない。これがヒューズのような元来小さい部品であっても、さらなる小型化要求が厳しい理由である。

小型化、軽量化、生産性改善による低コスト化が主要な研究課題である。

(4) 当社技術の強みの源泉

■技術進化の担い手を自負し研究開発に重点

基本的に自動車用ヒューズは標準品の扱いであり、一度採用されると数年は使ってもらえる。これはTier1メーカーや自動車メーカーの都合である。グローバルに商品を販売し、保守部品も用意しなければならないこれらのメーカーからすれば、自動車用ヒューズを頻繁に更新するのは好ましいことではない。従って、「新車には必ず新開発のヒューズが求められる」という訳ではない。それでも当社は、開発技術部門にはかなりの人数を配置している。同規模の他の部品メーカーと比べても、多いのではないか。研究開発に当たって、開発中止のための目安・基準などは設けていない。国内唯一のヒューズ専門メーカーとして、「自分達が開発しなければ、誰がこの分野で技術開発するのか。」という強い自負心を持っている。

ヒューズの新規開発案件は、カーエレクトロニクスニーズの拡大によって標準品だけでは対応できなくなった場合や、カーメーカー主導の大規模なコスト低減プロジェクトが立ち上がった時など、Tier1以上

の上位メーカーが主導して始まる。発注元メーカーの違いによって、バッテリー特性等の自動車ヒューズの使用環境が一本化されていないこと、ヒューズに求められる性能が多様であることから、ヒューズ開発に際しては、ハーネスメーカーや自動車メーカーとの連携が重要となる。当社は、開発スタッフをゲストエンジニアとして発注元に出向させる等の方法で、緊密な連携を維持し、これに対応している。

■生産技術が要。特許より国際標準化が重要

当社の機密のほとんどは加工技術である。加工技術は、生産性とコストには影響するものの、製品の性能には直接影響はない。特許はあまり取得しない。そもそも他社でも以前から使っている技術かも知れないし、出来上がった他社の製品を分析してもそこに使われた加工技術が当社の技術をコピーしたかどうか判別することはできないので、特許で守ろうとしても守れない。当社のような企業にとって、特許は必ずしも魅力的ではない。

一方、生産性改善のためには、自動車ヒューズ全般にとっても、標準化(規格化)は非常に重要である。当社は、自動車技術会「電子電装部会ヒューズ分科会」の幹事企業を務め、国内外の規格策定に積極的に活動している。EVヒューズについては、2006年に、国内でJASO D622という規格を策定した。ISOにも申請中である。

誰でも生産できるようなものならば、規格化してもメリットはない。例えば、JASO D622を策定したのは、当社のEVヒューズには誰も追いつけないだろうと確信しているから、規格化して優位性を決定づけようという戦略である。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■市場拡大に伴い、他社も参入。

最近では、もともと重電等の分野で高電圧向けヒューズを供給してきた企業などが、EVヒューズ市場に参入してきている。これまで自動車用ヒューズはニッチ市場だと思われてきたが、HEV/EV関連市場の成長の勢いが無視できないものになり、他社も

参入意欲が湧いてきたのであろう。

■ 今後はマーケティング力が重要。

今後は、マーケティング力が、研究開発力とほぼ同じレベルで重要になってくる。お客様が何を欲していて、当社はそれをどのタイミングで出せるかである。これは企業の総合力の勝負と言える。どんなに良い技術も、マーケティングと両立できていなければ売れない。技術力とマーケティングを一体化させる努力が必要である。営業担当者は技術力を、開発・設計担当者の方はマーケティング力を、それぞれ強化しなければならない。

■ 勝ち残る技術、企業を見抜く力

世界の自動車の業界地図が、ビッグスリー体制からスモールハンドレッド体制になるのならば、「勝ち馬を見抜くこと」こそ、当社が生き残るための必須条件ということになる。これは今までの自動車部品メーカーが、最も苦手としているところなのではないか。

これからは中国系やインド系のメーカーに対しても、日系向けと同じサポートのレベルで供給できなければならないと考えている。

同様に、世間でもはやされる技術が本当に生き残るものなのか見極めなければならない。当社のような部品メーカーは、技術的な流行にいちいち振り回されていてはならない。この見極めは嗅覚と直感に頼るしかなく、こうした感覚は、日頃の仕事のなかで磨いていかねばならない。

| | | | |
|-------|---|------|------------------|
| 企業名 | 株式会社ハセテック | | |
| 本社所在地 | 神奈川県横浜市 | 従業員数 | 250名 (2009年8月現在) |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・産業用電源機器の設計製造 ・産業用機器等の設計製造 ・精密板金筐体等の設計製造 ・その他上記各号に付帯または関連する一切の事業 | | |
| 環境技術 | 電気自動車用急速充電器の開発・製造 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 当社の持つ産業機器用電源の製造技術が大手企業の目にとまり、共同開発のオファーが来た。当時、電気自動車はまだまだ先の見えない分野であったが、大手企業と連携できるビジネスチャンスであり、社内技術者のモチベーション向上にも繋がると判断し、新技術開発に挑戦した。
- ◆ 産業用機器向けの電源ユニットの開発で培った設計技術やパワー半導体についての技術・ノウハウを、急速充電器開発へヨコ展開。洞爺湖サミットにおける電気自動車の走行デモでは、当社の急速充電器が採用された。

【本事例における環境技術】

『電気自動車用急速充電器』

三相 200V の電源を用い、電気自動車バッテリーへの急速充電を行う装置。車と充電器間で通信を行い、バッテリーに供給する電流値をコントロールしながら充電を行うシステムになっている。ニッケル水素、リチウムイオン電池どちらにも使用できる。当社は、急速充電器以外にも中速充電器と普通充電器をラインナップしており、急速充電器は、10～20分で走行距離 60Km、約 30 分で 120km に相当する充電が可能。中速充電器は、15～25 分で 60Km 相当の充電が可能。普通充電器は、3～4 時間で 60Km 相当の充電が可能となっている。

図表 3-8 電気自動車用急速充電器



(出所)株式会社ハセテック HP

(1) 会社概要・事業内容

■産業用機器の設計・製造が主力事業

設立当時(昭和9年)は、特殊な深絞り技術を用いて、大型送信器の部品を製造していた⁶⁸。

現在の事業は、4部門からなる。1つめは電波機器部門で、国防分野や衛星通信分野向けに、主にアルミ製の通信機器、筐体の製造を行っている。長年培ったアルミ溶接技術がこの事業の要である。

2つめは産業機器部門である。当社では基礎研究・開発は行っておらず、ベンチャー企業などから、機器のアイデア・仕様を吸い上げ、それを実際の装置に具体化している。OEM、またはEMS⁶⁹の形になる。水晶の外観検査機や、三次元光造形装置などの実績がある。

3つめはパワー半導体部門である。電力の送配電や、発電用モーターの制御等に用いる大出力(数千ボルト、数百アンペア)向けの半導体素子(主力製品の直径は12.5cm)を製造している。パワー半導体は全て東芝の受託生産である。

4つめは電源機器部門である。パワー半導体を用いた、高速エレベータや半導体拡散炉制御に使用する大型電源ユニットを製造している。台湾の超高層ビル「台北101」⁷⁰のエレベータにも当社が製造した電源ユニットが使われている。

これらの4部門は、ほぼ同規模の売り上げである(EV用急速充電器を除く)。足元では、設備投資の冷え込みから、産業機器部門の売り上げが低い、半導体部門、電波機器部門の調子がよいため、全体では例年と同程度の売り上げを維持している。

■新たに電気自動車用の急速充電器事業へ

⁶⁸ この技術が(株)東芝(当時の東京電気(株))の目にとまり、子会社化の引き合いがきて、戦前戦中の一時期、子会社であったが、1945年分離独立し、現在に至る。

⁶⁹ Electronics Manufacturing Serviceの略で、電子機器の受託生産を行うサービスのこと。なお、OEMはOriginal Equipment Manufacturingの略で、相手先(発注元)ブランドで販売される製品を製造すること。

⁷⁰ 2004年竣工時点での世界一の超高層建築物、世界一のエレベータ上昇速度。

従来の4事業に加え、新しい事業にしていこうと考えているのが、電気自動車用の急速充電器事業である。社内に、充電事業推進室を設置している。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■産業機器向け電源技術に、東京電力が着目し共同開発のパートナーに

産業用の電源を作っていたことが東京電力(以下東電)側の目にとまり、2005年に先方からの打診があった。当時、東電は電気自動車の普及に向けて、充電器の共同開発を行うパートナーを探していた。東電からのオファーは、パートナー各社から資金や技術の拠出を求める共同研究の形であった。

その当時、電気自動車はまだ先の見えない分野であったため、大手企業である同業他社では本格的に動き出しにくく、結果、身軽な中小企業である当社に声がかかったのではないかと考えている。

■2つの理由から共同研究に挑戦

オファーを受け入れた理由の一つは、東電とのつながりができることが大変魅力的であったためである。当社のような中小企業に東電から直接オファーが来ることはまずない。当時から、市場としてここまで大きくなることを見込んでいたわけではなかった。加えて、もう一つの理由としては、当社の技術者に新しい分野に挑戦させ、モチベーションを高めたいという意図もあった。

今でこそ、環境に貢献する技術として積極的にアピールしているが、当初、東電からのオファーを受けた頃は、まだそういう意図はあまりなかった。

■約1年の開発期間を経て、販売開始

急速充電器の最初の開発体制は、当社の技術者2名、東電の技術者2名で行った。東電側としても、まだ先行きのわからない充電器の開発については社内で反対意見があったようで、東電の技術者側にとっても異論を排しての思い切った開発だったようである。

開発期間は約1年で、2006年に急速充電器の1号機が完成した。この1号機をコンパクト・軽量化した2号機を2007年に開発し、この2号機は同年、神奈川県工業技術大賞地球環境技術賞を受賞した。2008年には、洞爺湖サミットにおける電気自動車の走行デモ用として、当社の急速充電器が発注され、6台納入した。

現在、急速充電器の小型化、作業性の向上のための改良を続けている。試験用に三菱 i-MiEV を1台購入したりして、実用テストを行いながら充電器の開発を行っている。

■最終ユーザーを意識した営業やデザインへ

2009年3月から正式に販売を開始した。石油会社(ガソリンスタンドへの設置)、レイクアリーナ箱根(環境省事業の事業)などが最初の取引先である。

当社の既存の事業では、製造業の固定顧客との取引が多く、これまで営業担当は、特に新規顧客開拓に努めるようなことがなかった。また、既存事業でも相手は製造業であり玄人になるので、当社にとって、充電器事業は、不特定多数の一般最終ユーザーに向けて販売する初めての試みとなる。このため、営業部門やメンテナンス部門を新たに設置し取り組んでおり、企業として、貴重な経験になっている。産業機器事業の方における市場拡大の際にも、こうした経験が生きてくると考えている。また、官庁や自治体への納入にも努めており、入札手続きなどについても初めて経験した。

さらに、玄人相手の商売ではあまり重視されなかった製品デザイン設計に努めたのも新しい経験であった。外観の色、社名ロゴの有無は顧客が指定できるようにしているが、当社にはデザインのノウハウはなかったため、社外の専門家に依頼した。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■車両側との通信環境を整える技術が必要

急速充電器は、車と充電器の間でCAN通信⁷¹によるデータのやり取りを行って、バッテリーに供給する電流値をコントロールしつつ、充電を行うシステムになっている⁷²。最初に、車がバッテリーの状態を判断し、充電器に給電の指示信号を出す。充電器は車側からの指示通りに電気を供給するだけであるので、充電先のバッテリーの種類がニッケル水素であっても、リチウムイオンであっても、充電器側から調整する必要はない。

電気自動車側の駆動制御と充電器側で行う制御の共通点はないが、CAN通信における車側のプロトコルに対応するよう、充電器側のソフトウェアをすり合わせるのに技術が必要⁷³である。

充電器側としては、(時間当たり)送電量を増やすことに問題はないが、バッテリー側の負担が重くなる。そのため急速充電では、電池寿命に対する影響を軽くするため、バッテリー容量の80%までしか充電を行わない。家庭用電源100Vによる通常の充電では、満充電が可能である。

充電器の開発では、車側とつなぐコネクタの規格が大きな課題である。現状の充電器のコネクタは、既存の規格(JEVS: Japan Electric Vehicle Standard 日本電動車両規格)に基づいて設計しているため重い。利便性を高め国際競争力を確保するためにも、日本自動車研究所(旧日本電動車両協会)で新しい規格の作成を進めているところである。

■今後も新規参入が見込まれる急速充電器

充電器はインフラ設備であるので、設置すれば終わりではなく、保守、点検等が必要である。

急速充電器の設置は、東電が先頭に立って進め

⁷¹ Controller Area Network、相互接続された車載機器間のデータ転送に使われる規格

⁷² 急速充電器によると、富士重工ステラで、15分の充電(電池容量の80%の充電)で60km走行が可能、三菱 i-MiEV で、30分の充電(電池容量の80%の充電)で120km走行が可能である。この数字の違いは、搭載されているバッテリーの違いによる。

⁷³ 普及のためにCAN通信の世界標準化が必要と考えられる。現在トヨタ以外同じ規格であるが、戦略的に取り組んでいくべきである。

ており、ガソリンスタンドや商業施設、公共施設等の各所に設置されている⁷⁴。当社から直接販売・設置したのもでも 40～50 台ほどある。

販売当初、急速充電器を製造しているメーカーは、大手である高岳製作所と高砂製作所、それに当社の 3 社だけで、東電からの全発注分のおよそ 1/3 を当社が受けていたが、その後、数社が市場参入している⁷⁵。東電の目的は、充電器の設置を進めて電気自動車を普及させることであるので、当社だけでなく、他社にも広く発注を行っている。充電器の開発自体はオープンである。これからも参入は増えるだろう。

■市場動向を見ながら生産能力を拡充中

当社の生産能力の水準としては、今後、インフラ整備として充電器の設置を進めていくのならば、40～50 台/月程度の生産台数が必要だと見ている。例えば、傘下のディーラーへの設置を考えている車メーカーからの発注も見込まれる。今は、市場の様子を見ながら、生産体制の整備を進めているところである。

充電器のマーケティングは、東電とは関係なく当社が独自に行っている。充電器の注文も、東電を通してではなく当社に直接くる。当社が直接販売することについて、東電の了承は得ている。

急速充電器の開発チームは、マネージング、営業も含めて全部で 12 名である。うち、エンジニアが 6 名、マネージャーが 2 名、残りは営業、保守サービス担当である。

(4) 当社技術の強みの源泉

■電源ユニットの開発で培った設計技術

当社の技術の基本は、東芝からの OEM を通じて培ったものである。当初は電源ユニットの組み立て

のみの委託事業であったが、東芝からの技術指導を頂きながら当社で設計もできるようになり、その後、設計から製造までの事業譲渡を受けることになった。この電源ユニットの開発で培った設計技術が充電器開発にも活かしている。

また、当社の技術者には、アナログ技術者が多い。アナログ技術は実務を積まないと一人前にならないため育成に時間がかかる。アナログ技術者を多く抱えていることが当社の強みである。

急速充電器は屋外設置を念頭に置き、安全性を重視した設計を行っているが、ここでも産業機器メーカーの強みが活かしている。

■士気の向上と技術・ノウハウの横展開

全 25 名の当社技術者のうち、若手電気系技術者を中心に 6 人が充電器開発に携わっている。急速充電器開発から得た一番のメリットといえば、これまでにない試みを通して、技術者のモチベーションが上がったことである、話題性があるため、社の知名度も上がり、外部から賞も受けた。そうした士気の向上が、今後の新製品開発につながることに期待している。

大型半導体⁷⁶を製造しているため、もともと半導体自体の原理は深く理解しており、この知見が小型の電源機器の製造に役立っている。製品のヨコ展開はしていないが、技術ノウハウのヨコ展開が行えている。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■電気自動車だけでなくインフラにも注目集まる

日本国内は 100V 電源が多いが、海外では 200V のところが多く、中には 400V のところもある。こうした電源の構成から考えて、海外では急速充電器が求

⁷⁵ (社)次世代自動車振興センターの「充電設備導入費補助」の対象機種一覧をみると、2012 年 1 月現在、急速充電器メーカーは、ハセテックを含め 20 社。普通充電器メーカーは、同 14 社となっている。

⁷⁶ 当社の製造している半導体は大型のパワー半導体であり、発電や、エレベータ、車両などに使用されるもので、すべて東芝に納品している。

⁷⁴ 急速充電器の設置場所を Google マップ上にまとめたものは、<http://www.asahi.com/car/ev.html> 参照。

められる必要性は低いだろう。

電気自動車は、数多くのメーカーが開発を行っており、徐々に市場に出始めてきている。ただし、電気自動車の普及のためには、インフラ整備が重要であり、電気自動車だけではなく、インフラを供給する側にも注目が集まり始めている。

■多様な充電ニーズに対応していく展開

急速充電器には、3相200Vの電源が必要である。3相200Vの電源がない施設に、急速充電器を設置するためには、新たに電源を敷設しなければならない。電源工事に4~5百万円かかった例もある。このため、建築業界やコインパーキングなどでは、単相200Vに対応した充電器へのニーズがある。

例えば、家庭用単相100V電源で三菱の電気自動車i-MiEVに充電を行った場合、約14時間程度かかる。単相200V電源だと半分の約8時間で済む。三菱i-MiEVは、100V、200V、どちらの電源でも充電可能なので、家庭用電源で200Vに電流値を上げて充電できないかといったニーズもある。

当社としても、急速充電器だけではなく、様々なところへの設置を想定して、単相100V、単相200V電源向けの多様なスペックの充電器への展開を考えている。

また、今よりさらに急速な充電をめざす場合、送電側に技術的な問題はないが、バッテリー側に限界がある。ただし、今後バッテリーの技術が向上し、状況が変わる可能性もある。

■市場の成長に伴い新たな事業戦略が必要

急速充電器を製造している他の大企業に対して、

真正面から勝負しても中小企業である当社は勝てない。また、インフラ整備のための製品であるので、一通り整備が済めば、需要は一息ついてしまう。価格戦略以外の戦略が必要になってくる。

海外展開も視野に入れている。海外での販売を行う場合は、当社が直接行うのではなく、他の企業、例えば、車メーカーなどに依頼する形もある。

■ニッチな製品分野で強みを発揮する戦略

当社はこれまで、ニッチな製品分野で技術力を高めてきた。そのため、あまり量産製品を作ることは得意ではない。市場が拡大し、大手企業が充電器の市場に参入すると、当社としては太刀打ちしにくい。これからもニッチな分野を探索し、事業展開を図りたいと考えている。

■国際標準（規格）化における国への期待

私見ではあるが、インフラ整備を重視する日産自動車のようなメーカーがある一方、車だけ作ればよしと考えている自動車メーカーもある。民間企業の足並みは必ずしも揃っていない。電気自動車を普及させるためには、インフラ整備を国が主導して進めていくことが重要である。

また、充電器は、車側と通信を行いながら充電するため、プロトコルの規格化が大変重要な要素となる。民間各社の差別化戦略に基づき、バラバラに設計を行っていたのでは、結局、世界市場で日本は勝てない。これまでは、東電がイニシアチブを取って規格化を進めてきたが、本来は国がリードして取り組むべきである。そうしたところを国に期待している。

| | | | |
|-------|---|------|------------------------|
| 企業名 | 株式会社テクノクラーツ | | |
| 本社所在地 | 広島県広島市 | 従業員数 | 110名 (2012年2月時点同社HPより) |
| 事業内容 | ・技術者派遣（自動車開発・設計、コンピュータシステム開発、空調・衛生システム設計、電気設備、消火設備、技術文書翻訳・通訳） ・自動車、情報家電、建築設備の受託設計 ・自動車、情報家電向けの試作・金型設計製造 | | |
| 環境技術 | 電気自動車・ハイブリッド自動車のモーター／インバータ／メーターに関する電子制御ユニットの制御設計、製品設計、搭載設計 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 創業者は、建築事務所を退職し独立。自動車業界と情報家電業界で派遣社員として設計業務の経験を積んだ後、自ら派遣業を開業。特に自動車メーカー向けの技術者派遣では、基幹的な設計作業に関与してきた。
- ◆ 積極営業で電気自動車関連の設計業務を受注したのを契機として、現在の主力ハイブリッド自動車の設計にも関与。2009年からは、県内自動車部品メーカーを主体としたプラグイン・ハイブリッド自動車の開発プロジェクトにも参加するなど、地域内の先端企業として認知されている。
- ◆ 今後は、電力制御・バッテリー制御技術に注目。独自技術を核とし、派遣業、受託設計業、自社製品製造販売の3事業部門のバランスのとれた成長を目指す。

【本事例における環境技術】

『電気自動車・ハイブリッド自動車の電子制御ユニットの開発・設計』

電子制御ユニット(ECU)は、カーエレクトロニクス部品を制御するコンピュータで、その範囲は、エンジンやトランスミッションを制御するパワートレイン系から、ブレーキやステアリングを制御するシャーシ系、パワーウィンドウやロックを制御するボディー系等まで多岐に渡る。自動車の電子化が進むと、一台の自動車に使用されるECUは100個、ハーネス全長も50kmに達すると見られており、小型化・統合化を可能とする設計技術が求められている。

図表 3-9 ハイブリッド自動車に使用される各種電子制御ユニット(ECU)



(出所)ルネサスエレクトロニクス HP より

(1) 会社概要・事業内容

■自動車・情報家電の開発・設計を担当

当社の主要事業は、設計技術をコアとする技術者派遣及び受託設計である。主な顧客は、自動車メーカー、情報家電メーカーで、新型機種の開発のタイミングで当社に声がかかることが多い。設計の他、ソフトウェア開発、自社製品の製造販売(後述)も手がけている⁷⁷。事業構成割合では、現在のところ技術者派遣が大半を占めている。

■地公体主導の産学官連携でも注目

広島県と中国経済産業局は、自動車関連産業を地域の基幹産業と考え、当地では比較的集積の薄いカーエレクトロニクス技術と組み込みソフトウェア技術を育成する方針で、力を入れ始めたところである。この一環として、部品メーカーを中心とした産学官連携を呼び掛け、プラグイン・ハイブリッド車向けの電装品技術開発に取り組んでいる。当社はEV/HEVの開発実績を持つ数少ない地元中小企業として注目され、この取り組みに参加している。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■積極営業でわずかな機会を活かし実績積む

当社が最初にEV関連の事業を手掛けたのは、1996年である。この年、ある電力会社がEVを導入することとなり、これに関連して①車載バッテリーの劣化試験、②車載バッテリーの寿命で決まる可能走行距離の記録システムの開発、③バッテリー残量等の各種メーターの設計、という3種類の業務が外部委託されることとなった。これらは公募にはならなかったが、社長は人づてにこの案件を知り、コンペへの参加を申し込んだ。このコンペで、設計事務所という体裁ではなく人材派遣業という業態であっても、当社には電力制御システムの設計能力があるという点を強くアピールすることに成功し、受注を勝ち取った。さらに1997年には、当社の派遣社員が、大

⁷⁷ 生産は全て広島市内のメーカーに外注しており、自社には一切生産設備を持っていない。これは身軽でいたいという経営判断の結果である。

手自動車メーカーのHEV開発にかかわる設計業務を担当するという機会も得た。

以上のように、当社では、EV/HEVの案件がそれほど多くない早い時期から、他社に先立って実績を積むことができた。当時は、現在ほどEVやHEVが注目されていたわけでもなく、またこの先市場が伸びるという見通しもなかった。当社としても、この分野を強くしていくという、特に確固たる事業戦略があったわけでもない。当社のように設計技術を持つ会社として出来る仕事に何があるのかを考えながら、積極的に受注獲得のための営業活動を展開した結果である。

そして、これら早めに積み上げた実績により、当社は、この分野において、地域内の先端企業の一つとして認識されることになった。さらに、広島県と中国経済産業局が地元企業を対象とした技術開発予算を設けたため、当社もこれに応募した。県や経済産業局としても、まさか地場にEV/HEVのエレクトロニクス開発の実績を持つ企業があるとは考えてなかったところに、実績ある当社が応募してきたため、少なからぬ驚きの下で採用されることとなった。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■EV・HEVの電子制御ユニットを開発・設計

電気自動車(EV)・ハイブリッド車(HEV)のモーター・バッテリー・インバータ・エンジンの電子制御ユニット(ECU)の開発サービスとして、制御設計、製品設計、搭載設計を提供している。これまでに、電気自動車用バッテリー劣化解析システム、バッテリー放電・回生制御システム、走行状態のリアルタイム表示システム等の開発実績がある。

(4) 当社技術の強みの源泉

■電子系技術の重要性に着眼、体制を充実

当社社長がまだ建築事務所に勤めていた頃、自動車メーカーに勤めていた先輩から、「これからはマイコン制御の時代だ。マイコンの技術もないようでは、時代に取り残されるぞ」という話を聞かされた。

確かめてみると、確かに、大学生等がアセンブラ⁷⁸に取り組み始めていた。このことにショックを受け、早速、自分でマイコンキットを買って勉強を始めた。これが後のソフトウェア開発技術の基礎となった。今でも当時のマイコンの詳細まで覚えている。

その後も電子系の事業を手掛けたいという考えが強く、現在に至るまで 7~8 年の間、電子系出身の新卒社員を継続的に採用した。まずは、派遣業務を受託し、現場の業務を通じて力をつけてもらっては、ソフトウェア開発の受託業務に挑む、というサイクルで人材育成と実績を積み重ねてきた。

■ハード面に比べ普遍的なソフト技術の活用

当社がEV/HEVという先端技術分野に参入できた理由の一つとしては、当社の事業分野が制御・管理を目的としたソフトウェア技術であったことが挙げられる。車両というハードウェア面では、大きな技術革新があったものの、ソフトウェア面においては、そこまで本質的な革新を要しなかった。

例えば、当社が手がけた EV/HEV の燃料メーターの管理ソフトウェアに求められる機能は、エネルギーの残量をドライバーに向けてオンタイムで表示し、いつまでにエネルギーを補給しなければならないかを判断させること等である。この機能的な要請事項は、ガソリン車とディーゼル車の間で特に差異がないように、ガソリン車と EV/HEV の間でも大きな差異はない。だから、当社のこれまでの経験やソフト設計に関する技術資産が、こうした新しいハードの上でも十分に活かせるのである。

■営業力で顧客層の幅を広げ、リスク分散

当社のような下請け企業への発注は、発注元である大企業の景況に左右される。創業直後に「世の中の製造業は、見込み生産の大手メーカーと、その下請け企業で成り立っている。下請け企業側が生き残るためには、取引先(発注元)を分散させておく必

⁷⁸ アセンブリ言語を機械語に変換するプログラム。アセンブリ言語とは、コンピューターを動作させる機械語を人間にわかりやすくした言語。

要がある」と言う言葉に触れ、正しくその通りと共感したのである。この課題への対策として、当社では、創業時から取引先の分散に取り組んでいる。技術を磨くことと、営業活動も含めて事業分野の幅を広げることが特に重視した。EV/HEV への進出はこの取り組みの一環であった。

■継続的に経験を蓄積した専門家集団に

創業以来の当社のメイン顧客である自動車業界と携帯電話を中心とする情報家電業界は、これまで、ともに発展産業だった。発展産業は総じて、開発サイクルが短く、技術者も不足している⁷⁹。そのうえ、大企業では正社員の異動が多く、社内だけで製品開発に必要な専門能力を全て育成することは、困難である⁸⁰。一方、技術系の派遣業サイドでは、派遣に差し向けている社員に経験と最前線の技術が蓄積していく⁸¹。例えば自動車のドアの設計であれば、当社が差し向けている一人の派遣社員が何年にもわたって継続して担当するので、開発経緯も記憶している。自動車メーカーで設計変更を検討するときには、当社からの派遣社員が自動車メーカーの正社員に、これまでの開発経緯を説明できるという状況になっている。

一度実績を作ったなら、それを元に積極的に営業活動を展開した。単純作業員ではなく、エンジンコントロールや吸排気システムの専門家集団として各自動車メーカーから認識されるようになり、頼られて声を掛けてもらえる会社になり、と頑張ってきた。その結果、大企業側の持っていないノウハウが蓄積していくことで、モデルチェンジのたびに当社

⁷⁹ 現在、自動車メーカーの正社員は残業が認められない状況で稼働している。この状況に新車種投入が加われば、途端に人手が足りなくなると言われる。

⁸⁰ どちらの業界も製品種数が多い上、モデルチェンジも多い。そのため、設計製図や計測等の工程が次々とアウトソースされ、さらに派遣社員向け業務に変化したという経緯がある。ただし、近年は各社とも、アウトソースや派遣に頼らない工程の割合を増やしている。

⁸¹ 実際に当社は、エンジンのシリンダーブロック、エンジンコントローラ、吸排気システム等、自動車システムのなかでも機密性の高いモジュールの設計を任されてきた。

に声が掛けられるようになった。

■白紙から専門家を育てる研修制度に注力

ビジネスは、人材が全てだと考えている。当社は基本的に新卒者のみ採用しており、中途採用は稀である。当社のカラーに染まってくれるような、白紙の人材が欲しいからである。そのため当社では、有望な人材をひきつけることが出来て、一から専門家を育てていくことのできるような、充実した研修システムを用意するよう努めている⁸²。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■電力制御・バッテリー制御に注目

当社は、今後も、主に自動車業界と情報家電業界を中心に事業展開する方針である。いずれの業界においても、電力制御、バッテリー制御が今後注目の分野である。当社としてもここに一層、力を入れていきたいと考えている。

■受託設計、自社製品も拡大し、3本柱事業に

また当社では、事業分野だけでなく、事業の形態についても幅を広げたい。現在は派遣業が中心だが、今後は受託設計、自社製品製造販売も、派遣事業と同規模の事業となるよう、成長を目指す。

受託設計では、ソフトウェア開発に力を入れている。事業構成割合はまだまだ小さいが、電子系出身の新卒社員を採用し、派遣事業を通じて力をつけさせ、時々、受託設計業務を受注する、というやり方で受託の割合を増やしている。近い将来、当社の3本柱の1つになると考えている。

また、長年派遣業を営んでいく中で、自ら製品を作って、自社の社名ロゴ付きで梱包されたモノをお客様に届けられるメーカーになりたい、と思うようになった。こうして近年、初の自社製品として、金型加工機に装着するユニット「すっぽん」を考案し、特許を取得した。「すっぽん」は、従来金型だけでは製造

できなかった複雑な形状の部品を、金型の一工程のみで簡単に製造できるようにした画期的な商品である⁸³。メーカーとして初の仕事であるが、この商品は様々な賞を受賞⁸⁴し、多数の大手企業に採用されている。

⁸² 技術者が顧客の会社に派遣されているという当社の独自の事情により、外部リソースを活用した研修体系となっている。

⁸³ 従来は、金型加工機で、ある程度の形状まで成型した後に、金型で抜くことの出来なかった箇所を別途機械加工していた。

⁸⁴ 例えば、2012年には、第4回ものづくり日本大賞の製品・技術開発部門優秀賞を受賞した。

3 風力発電関連

| | | | |
|-------|--|------|-----------------|
| 企業名 | 株式会社三谷製作所 | | |
| 本社所在地 | 広島県尾道市 | 従業員数 | 36名(2011年12月現在) |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・各種精密機械工作 ・陸用機器（芯出、組立、据付）工作 | | |
| 環境技術 | 風車大型金属部品の製造 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 当社は各種精密機械工作を事業としており、製鉄所のロール、シャフトといった重厚長大部品の加工を得意としている。
- ◆ 以前から取引のあった材料商社から引き合いを受け、風車の大型金属部品加工へ参入した。
- ◆ 当社の強みは、至急加工や多品種への対応など様々な要望に応えられること、技術の継承やCAD/CAMなどにより会社に蓄積された技術である。
- ◆ 近年の風車メーカーは、品質を均一にするために、一つの製品を一社にまとめて全量発注するようになってきており、受注のためには、発注元の要求する量の生産が可能な設備を保有している必要がある。当社はこれまで少量他品種の部品加工が主であったため、風車部品の量産のためには新規の設備投資が必要であったが、風力発電機は今後伸びていく産業であると判断し投資に踏み切った。

(1) 会社概要・事業内容

■ 船舶用エンジン部品から製鉄所向け部品へ

当社は、各種精密機械工作を主業としており、JFE スチール(株)福山地区向けの部品加工と風車向け部品加工が事業の柱である。JFE スチール以外にも、多くの企業と取引を行い、様々な部品の加工を請け負っている。

重厚長大部品の加工を得意としており、製鉄用ロール⁸⁵、シャフトの加工、化繊機関連部品(化繊ノズル⁸⁶など)の加工も行っている。短期納品、至急加工、多品種加工への対応が当社の強みである。こういった要望に対応できるように、同じ設備を自社で複数台保有している。

当社が尾道に進出してきた当時(昭和5年)は、船の発動機(焼き玉エンジン⁸⁷)の製造を主業としていた。戦後、ディーゼル発動機が普及しはじめたことから、当社の事業も小型ディーゼルエンジンの整備・据え付け・販売の方に変化していった。当時はエンジンの部品が手に入りにくかったため、プロペラや、プロペラ軸などの整備のための部品を自社で加工するようになった。このディーゼルエンジン用の部品加工が現在の事業の起点である。

昭和39年に日本鋼管(株)(現 JFE スチール)が福山に進出してきてからは、日本鋼管関連の部品加工にシフトした。当時、日本鋼管には地元の企業を育て、地元から部材を調達しようという考えがあったため、当社も含め、地元の企業に仕事の依頼が

⁸⁵ 鋼板を巻き取るロール。

⁸⁶ 化学繊維用の紡糸ノズル。熔融した樹脂をこのノズルから押し出して紡糸する。

⁸⁷ グローエンジンのこと。第二次世界大戦以前、小規模な定置動力や小型船舶の動力に主に用いられていた。

多くきた。しかし、現在は、JFE スチールから海外向け発注も多くなり、中国・韓国企業を相手に厳しいコスト競争を行っている状況である。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■取引実績ある商社からの引き合いで参入

風車向け大型金属部品の加工については、当社と風車メーカーとの間に材料を扱う商社が介在している。この商社が風車メーカーから受注した幾つかの部品のうち、1点の部品の加工を当社が行うことになった。

他の事業で、この商社との付き合いがあったことから、当該風車向け大型金属部品加工の引き合いが当社にきた。これまでの実績から当社の設備と技術力が、発注元の要求を満たすと判断されたようである。

風車に関しては、(加工業者の目線でいう)中型の部品加工が求められる。当社は加工の種類、取り扱える部品のサイズが豊富であり、このことが目にとまるとみられる。旋盤は最大 10m の長さのものまで、5 面加工機は 3.5×6.5m のものまで、研磨は 10m のサイズのものまでの加工が可能である。

■風力発電市場の成長性を見越し、新工場建設

風車メーカーが考えている将来の生産計画に、当社が対応できるかどうかが発注の条件であった。本社工場での生産能力は、月 10 基分の生産が限界であり、新しく設備投資を行うかどうかで悩んだ。

折しも、尾道の本社工場が手狭になってきており、立地が海の傍ということで高潮などの被害を受けるリスクもあったことから、新しい工場を建てる計画は、以前から持っていた。

新エネルギーの分野はこれから伸びていくと考えられること、その当時(2007 年)、風車メーカーの事業が採算ベースに乗ってきたこと、生産計画も右肩上がりということもあり、設備投資に踏み切った。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■風車の大型金属部品の製造も基本は切削加工

風車の大型金属部品についても、これまでの当社の事業と同様に基本は切削加工である。メーカーから部材を渡され、これを仕様通りに加工する。加工設備はすべて自社で工面することになる。

図面を元に、当社で CAD データを作成し、これを CAM データ⁸⁸に起こして、各種の工作機器で加工を行っている。

■単独では取れない発注も商社経由で獲得

風車メーカーから材料商社に幾つかの部品が発注され、商社は、部品毎にそれぞれ適した企業に加工を依頼しているようである。

当社は、材料商社と契約を結んでおり、風車メーカーと直接契約を交わしているわけではないが、加工に関する技術的な打ち合わせは、風車メーカーと直接行っている。

その他の部品についても、当社の保有している設備で加工が可能なものについては、商社から引き合いが来る。

こうした風車向け部品については、当社のような規模の小さな企業が大メーカーである発注元に直接営業を掛けて仕事をとってくるのは難しい。商社に間に入ってもらったほうが効率的である。

風車の部品に関して、海外のメーカーからの取引の話は今のところ来ていない。仮に引き合いがあったとしても、当社が直接仕事を受けることはなく、風車メーカーと当社の間に入っている材料商社に相談をした上でのことになる。風車に関する部品加工については、この商社を介して仕事を受けるということ社内ルールにしている。

■均一品質のため全量を一社発注する傾向

最近の発注元は、職人の技能よりも設備が充実している企業を選択する傾向が見られる。これは、製品の品質バラつきを嫌がったことである。職人の優れた技能に依存して作った製品は、品質の最大値は高い代りに、どうしても品質にバラつきが出てし

⁸⁸ 工作機械で読み込むための加工データ。

まう。一方、設備主体で作った製品は、そこそこの出来であっても品質のバラつきが小さい。

そこで、品質を均一にするという目的から、一つの製品を一家にまとめて発注するようになってきている。つまり、メーカーが求めるロットの全量を、一家独力で加工できない場合は受注できないということである。

当社は元々、多種少量の部品の加工を事業としてきた。風車向けの部品は生産量が多く、当社がこれまで取り組んだことのない量産になる。そのため、風車向け部品の量産に対応できるよう、新工場を建て、設備投資を行った。

■参入障壁高くはないが片手間では無理

風車向け部品とはいえ、加工技術自体に特別な独自性はないので参入障壁は低く、設備さえ揃っていれば参入は可能であろう。ただし、自動車用や船舶用向け部品加工の設備をそのまま流用することはできず、加工設備を整えるためには時間を要する。他の用途の部品を主業としている企業が手持ち設備で即座に参入するというのは難しいだろう。

しかし、仮に、加工設備が揃っており、当社よりもコストが安い企業があれば、メーカーや商社はそちらの企業に乗り換える可能性もある。

■海外市場向けにコスト重視は不可避

現在、日本の風車メーカーのシェアは、世界的にみればまだ低く、海外でのシェア積み増しのためには更なるコストダウンが必要である。今後、コストダウンの要請は、より一層きつくなっていくと考えられる。

定期的な部品単価の改定についても、今後、量産が進むにつれて行われていくだろう。

(4) 当社技術の強みの源泉

■短納期、多品種加工対応で海外勢力に対抗

短期納品、至急加工、多品種加工への対応が当社の強みである。こうした要望に対応可能なのは、同じ設備を自社で複数保有しているからである。

現在、競合先には韓国、中国の企業も含まれ、加

工が簡単な部品については海外に発注されることが多く、加工が難しい部品、特に短納期が求められる部品について国内の企業に発注される。様々な要望に機敏に応じていることにより、当社を選んでいただいていると考えている。

また、見積り依頼の際に、発注元から組立図だけしか示されないこともあり、それだけをもって加工にかかる見積りをするのにも経験が必要である。実際に加工を行ってみると、想定外のコストがかかることが多々ある。

■組織として技術を蓄積する仕組み

当社の一番の強みは、技術管理にあると考えている。当社は、当社規模の会社の中では早い段階で CAD/CAM システムを導入し、組織的に技術データが蓄積されるように管理を行っている。個人の技術を高めることも重要であるが、最も大切なのは組織に技術が蓄積されることである。

また、定年退職した技術者に製作所に入ってもらい、若手に技術指導を行っている。ただし、リスクを分散させるために、特定少数のスペシャリストは出来るだけつくらない。一人の技術者が1つの技術に特化してしまうと、その技術者がいなければその加工ができないことになる。どの技術者も一通りの加工ができるように育成を行っている。多少の技術の不足分は設備の性能でカバーする。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■投資需要の影響を受ける風力発電市場

それ以前はとても活況だったが、リーマンショックが起きた影響により、2009年度前半は受注残のみで、2009年度後半には、風力発電関連の発注が止まった。風車の建造は、電気事業者が実需のために行うものと、投資ファンドが稼働収益からの配当狙いで行うものとの二種類がある。リーマンショック直後は、後者の新規投資が停止し、風車の在庫が余るようになり、新しく風車を建造するための部品需要が大きく減った。いわば片肺になった形である。そ

の後、ようやく見通しが立ってきたところである⁸⁹。風車メーカーには大口の商談も来ているようである。

■風車向けと他分野向けのバランスが重要

リーマンショック後のように、市況の浮沈によって部品の発注が完全に止まってしまうこともあるため、風車関連の仕事だけに依存するのはリスクが高い。

量産品(風車関連の部品)は、一定以上の量が確保され価格の下落がなければ、収益性が高く魅力的であるが、事業の比率はある程度に抑えるつもりである。量産品生産と並行して、これまでの事業である多品種少量品の加工も行い、リスクを分散させることが重要だと考えている。

このため、当社の従業員規模にしては多めの 7、8 名の営業マンを、得意先毎に配置している。新規に顧客開拓するための営業というより、既存顧客のメーカーに御用聞きに出向き、多品種の部品加工の案件を獲得するために、その後のつながりを作っておくなどの取り組みをしている。

⁸⁹ 2011 年末には、1 年半ぶりに生産開始したとのこと。

| | | | |
|-------|----------------------------|------|-----------------------|
| 企業名 | 株式会社オーネックス | | |
| 本社所在地 | 神奈川県厚木市 | 従業員数 | 285名（2012年2月時点同社HPより） |
| 事業内容 | 自動車、建機、電気機器、産業工作機械の各種金属熱処理 | | |
| 環境技術 | 風車発電タービンの増速機部品の熱処理 | | |

（注）当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

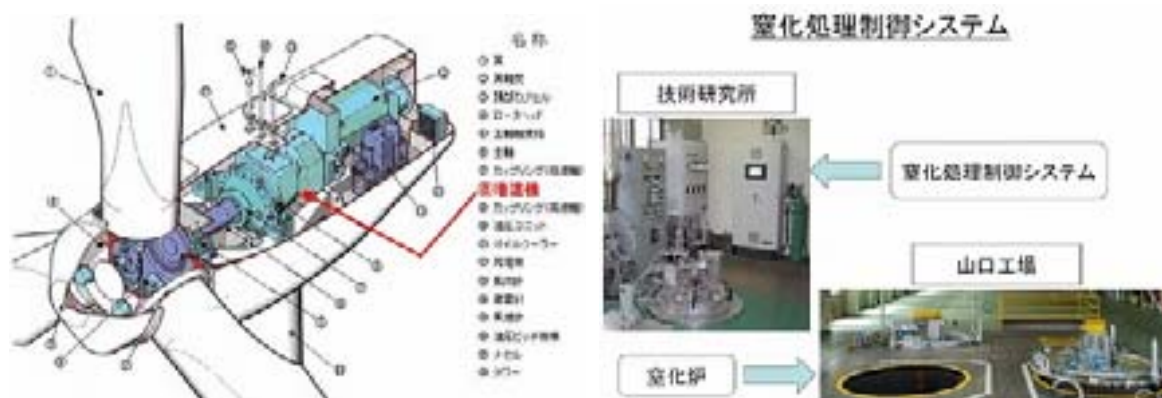
- ◆ 60年にわたり様々な産業の多様な部品・部材を熱処理。国内外主要メーカーからその技術力を評価される。業界有数の大規模施設や海外企業の最新技術を導入。分析・品質管理にも強みあり。
- ◆ 船舶向け大型部品の納入先だった当社の顧客が新たに風力発電用部品に新規参入するに際して、当社が風力発電タービンの増速機等の浸炭・窒化を受注した。それまでの大型部品加工で積み上げてきた実績と技術が評価された結果である。
- ◆ 熱処理では、長年の経験からしか得られないエンジニアリングのデータ・スキル・ノウハウが決め手となり、それらに基づく技術力、品質管理能力に対する顧客からの信頼を得ていることが、当社最大の強み。
- ◆ 今後は韓国のビジネスパートナーを慎重に選び、韓国からの受注拡大を目指す。

【本事例における環境技術】

『浸炭、^{ちっか}窒化処理』

浸炭は、高温の鋼に炭素が固溶する現象を利用した表面硬化技術の一つで、表面処理法の中でも最も一般的なものである。窒化は、表面に窒化物を形成させ硬化する方法で、浸炭に比べ低温で処理できる、変形が少ない、高い硬さが得られる、耐食性に優れる、といった長所があるが、窒化層が浅いため大きな部品には難しいとされている。当社は最新の窒化処理制御システムを導入し、大型部品の窒化処理に取り組んでいる。

図表 3-10 増速機と窒化技術



（出所）株式会社オーネックスHP

(1) 会社概要・事業内容

■60年の実績を持つ熱処理専門企業

当社は、鉄鋼部品・非鉄金属部品の調質から浸炭・窒化・高周波焼入れまで各種熱処理加工を行う金属熱処理企業である。直近の顧客業種の構成割合は、自動車部品 3~4 割、産業工作機械(風車を含む)3~4 割、建設機械 1~2 割、電気機器数%、その他 1 割程度である。東京で 1950 年に創業し、神奈川県、埼玉県、山口県、長野県と全国各地域に展開している。現在海外拠点は無い。

当社は、熱処理専門企業の中なかでは大手といえ、技術力も外部から高く評価されている。ISO9001/14001 はもとより、各種完成品メーカーの技術認定を受けている。

創業当初から船舶のスクルーシャフトなど大型部品の熱処理を得意としてきたが、特に山口工場では、最大で直径 2.2m、全長 6m、重量 25t という大型部品の熱処理が可能である。埼玉の工場には国内最大級の浸炭バッチラインを備え、一度に大量の部品の熱処理が可能である。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■大型部品の実績から風力発電向け部品受注

現在の風力発電向け大型部品の多くは、創業当初から三菱重工業(株)及び(株)石橋製作所から受注してきた船舶向け部品や大型クレーン部品の延長線上にある。当社が風力発電向けの大型部品を受注できたのは、同種・同規模部品で積み上げてきた熱処理実績と、当社技術への信頼による。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■風力発電タービンの増速機等を熱処理

石橋製作所が製造し三菱重工業に納品している風力発電用タービン部品のうち、多段ギヤ、遊星歯車、衝撃吸収部品に対する浸炭処理・窒化処理を受託している。当社における風力発電関連の売上ウエイトは、好調時には上位を占めていた。当社としても将来性を高く評価し、2007年2月に風力発電向けの熱処理工場として山口第二工場を設立した。

(4) 当社技術の強みの源泉

■危機の中で、あえて若手を伸ばす改革断行

現社長の就任にあたり、開発・生産・経理の 3 つの側面から当社のあり方を見直し、「未来ある会社にするための 100 箇条」を定め、改革に乗り出した。

その直後にリーマンショックが発生。創業者社長から見ても、「過去に記憶にない」ほどの打撃を受けた。一部の顧客が週 4 日の休業に入るなどしたため、当社の生産量は半減した。苦渋の決断ではあったが組合とも相談し、賃金カット・レイオフに踏み切った。これは昭和 50 年頃に実施した新卒人材の採用延期以来の措置だった。

しかし当社では、この不景気を改革の契機と考え、創業 60 年の企業として伝統、技術、優秀な顧客を引継いだうえで、若手が失敗を恐れずにチャレンジできる会社にしよう、という取り組みを開始した。先人が築いた伝統がある分、若手が上に遠慮して、言うべきこと・言いたいことを言えない雰囲気があったこと、またコーポレート・ガバナンスに関する考え方が急速に変化する中で、現代の上場企業にふさわしい経営を改めて目指す必要のあったこと等から、あえて創業以来の功労幹部社員についても一線から退いてもらった。そのような取り組みの効果もあり、若手技術者でも物怖じすることなく、必要な意見を表明する文化が根付きつつある。

■設備能力以外の独自の品質管理能力

熱処理産業は確かに設備産業だが、設備さえあればできる、というものでもない。風力発電機向けとはいえ当社が担当する部品は、直径が最大でも 1m 未満のもので、極めて大きいというほどではなく、設備規模だけでできるなら他の熱処理会社もできる⁹⁰。しかし、熱処理の場合、処理後の成否の判断が難し

⁹⁰ かつて重工各社は、様々なギヤボックスを内製していた。しかし、現在の日本の重工各社は、内製体制を縮小し、ものづくりはしっかりした専門業者に外部委託したうえで、自社はブランドや総合提案力で勝負する、という姿勢にあるといわれる。

く、厳密には切断して解析してみなければわからない。小型部品ならば抜き取り検査で実際に切断して解析することも可能だが、大型部品は数も少なく高価で輸送日数もかかるため、処理後の本物の部品を検査のためだけに切断するわけにはいかない。そこで同素材のテストピースを部品と同時に炉に入れ、テストピースの熱処理の出来具合から部品の状況を推測するしかないが、この管理手法には長年の経験からしか得られないエンジニアリングデータ、スキル、ノウハウが必要である。当社については、これまでの実績から、この品質管理能力の高さに定評があるため、発注が続いている。

■顧客に評価される技術力の獲得に向けて

当社の最大の強みは、当社の技術力に対する顧客からの信頼である。信頼は本来、取引実績を含む総合的な成果であり、特定の活動に帰着することは難しいのだが、当社では顧客に評価される技術力を獲得するため、例えば以下のような取り組みを行っている。

■経営者自ら顧客の技術ニーズを探索

社長自ら全ての顧客を訪問し、当社にどのような技術を望んでいるのか確認した。その結果、熱処理後の歪みの発生が最も問題視されていて、歪みのできるだけ生じない熱処理技術に対するニーズが強いとわかった。そこで、従来の浸炭から、プレスクエンチ⁹¹や窒化など、様々な角度から歪みの小さく済む技術の導入を進めることにした。こうした異なる熱処理技術のメニューを増やすことで、より顧客の個別ニーズに沿った提案ができるようになっていく。

■最新設備を導入し、海外企業と技術提携

窒化は、浸炭と比べて省エネで工程数も少なく、今後ロボット向け部品や小さな摺動部品に適した技術だと注目している。しかし窒化処理を使いこなす

ためには、高度なモニタリング技術を要する。現在当社は、アメリカでトップの窒化処理技術を持つ企業と技術提携するとともに、日本にまだ3台しかないという高機能炉を導入した。そして、この炉のモニタリングデータを提携先企業に自動送信できるよう改良して、直接技術指導をうけている。

■F1 マシンの熱処理に挑戦し、極限の技術を経験

歪みの問題については、当社が本田技研工業(株)のF1マシン向け部品の熱処理を担当した経験も活かしている。F1マシンの部品は軽量化のため全て極端に薄く、しかも穴あきだった。このような部品は通常よりも歪みがひどく出るが、当社はこのような究極の熱処理をこなしてきたおかげで、現在のハイブリッドカー／電気自動車で求められている軽量化の流れにもついていけるのである。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■国際的な風力発電市場は中長期的に有望

欧州、米国、中国、韓国等を見ると、新エネルギーと言えどどの国も風力発電が主流である。国際市場として十分に有望な分野として、今後当社の柱となる事業の一つと考えている。

ただし、国内の市場は未だ育っていない。当社は、国の役割を期待して政策提言にも積極的に取り組んでゆくつもりである。

■海外市場を目指し、パートナー企業探し

風力発電分野は有望分野だが、国内メーカーだけを頼りにしているわけにはいかない。外需を見ると、造船業が盛んだった韓国では、造船不況克服に向け、政府のリーダーシップの下、風力発電に取り組んでいる。また中国も、政府主導で大型風力発電の導入を急いでいる。当社は今後、韓国や中国からの受注を目指していきたい。釜山から門司港までは80kmしかなく、山口工場での熱処理が十分採算に合うことは確認している。

海外からの熱処理受注獲得と実際のオペレーションにおいては、海外のパートナー企業との提携

⁹¹ 金型で対象に加圧しながら加熱する熱処理法。

も重要である。そのため、ここ数年、韓国やアメリカの企業と信頼関係を築き上げてきた。今後も優秀で元気のある海外企業との関係を深めてゆきたい。マーケットの縮小期に、パイを取り合うのではなく共有していけるような相手を探していきたい。

■顧客が内製している潜在需要にねらい

社内に「New Business Model チーム」を立ち上げて、新ビジネスを検討している。現在、既存顧客企業層が外注している熱処理加工市場の規模は、国内で 400 億円程度だが、潜在顧客企業層が外に出さず自社内で内製している熱処理分を換算すると、2,500 億円規模と見られている。新ビジネスとして、これら潜在顧客企業内の熱処理内製分を掘り起こしていきたい。

(5) その他政策提言等

日本は技術や製品を輸出して成り立つ国なのだから、風力発電技術の開発にももっと積極的に乗り出すべきであると思う。例えば現在の日本では、各種規制のために洋上風力発電を試行できない。無理に国内で売ろうとせずに、世界で一番の技術を育てて、輸出するのがよい。日本は造船、自動車、重機、建機に強みのある国なのだから、風力でも十分に世界で勝負できるはず。政府は、重工各社が風力発電機製造に参入する気を起こさせるような政策を打つべきである。

政策決定の場に大企業や学識者の意見だけでなく、中小のものづくり企業の意見もとりあげるべきなのではないだろうか。

4 省エネ・蓄電関連

| | | | |
|-------|--|------|-----------------------|
| 企業名 | 株式会社西山製作所 | | |
| 本社所在地 | 神奈川県小田原市 | 従業員数 | 150名（2012年2月時点同社HPより） |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・小径精密引抜鋼管（構造用鋼管・配管用鋼管）の製作 ・異形伝熱管の製作 ・二重管式熱交換器の製作 | | |
| 環境技術 | 家庭用自然冷媒ヒートポンプ給湯器向け熱交換器の部品製造 | | |

（注）当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 自動車向けの鋼管、銅管による電熱管及び熱交換器の製造を主業とする。直径6mm以下の小径精密引抜鋼管の冷間引抜加工で全国シェア80%。
- ◆ 特殊形状の鋼管を引き抜く技術を活かして熱交換器を開発提案。家庭用自然冷媒ヒートポンプ給湯器「エコキュート」に採用される。
- ◆ 常時5名程度が新商品開発に取り組む。公的資金や公的試験機関の支援も積極活用。

【本事例における環境技術】

『二重管式熱交換器及びキャピラリー⁹²チューブ抱合伝熱管』

2流体間での熱交換を目的とする小型熱交換器としては、円管を使用した二重管式やプレート式の熱交換器が一般的である。これらで熱伝達量を増加させるには、管の延長や径の拡大が必要となる。当社は独自の形状を持ち、従来の二重管の伝熱効果を遥かに上回る「多葉状伝熱管」を用いた二重管式熱交換器を新たに開発。さらにこの応用として「キャピラリーチューブ抱合伝熱管」を開発。従来より、小型で高効率な熱交換器を実用化させた。

図表 3-11 多葉状伝熱管を用いた二重管式熱交換器(上)及びキャピラリーチューブ抱合伝熱管(下)



（出所）株式会社西山製作所 HP

⁹² 毛細管または毛管とも呼ばれる。直径の小さい管のこと。

(1) 会社概要・事業内容

■小径鋼管では、全国シェア 80%の存在感

当社の主力事業は、売上の8割程度を占める小径精密鋼管の冷間引抜加工⁹³である。特に直径6mm以下の小径鋼管では全国の80%のシェアを占めている。この鋼管の7割は、自動車向け部品として二次加工メーカーに納品されている。もう一つの事業分野が、銅管の冷間引抜加工による伝熱管及び熱交換器の製造で、売上の約2割に当たる。一般的に、引抜加工業は規格品の扱が多いが、当社では特注品生産が主である。

生産拠点は、主力の秋田工場と本社工場(小田原)の2箇所であり、1973年に稼働した秋田工場では、周辺が農業地域だったことから通常用いる酸洗設備が許可されず、当時最新の無酸化熱処理炉を採用した。創業時はボールペンの芯、雨傘のシャフト、テニスラケット等を作っていた。

やがて、酸洗を原因とする小径管の閉塞トラブルで大手自動車部品メーカーが困っている、という情報を得た。ここで当社が無酸化熱処理炉を用いて課題を解決し、自動車部品を手がけるようになった。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■独自開発した特殊形状管の用途を模索

持ち前の開発心で、当社では、日頃から何か面白い形状に鋼管を引き抜くことができないか、と新商品開発に向けた試行錯誤を繰り返していた。こうした取り組みのなかで1995年頃、たまたま現在の多葉状鋼管(断面が6枚程度の葉が開いたような形状になっている鋼管)の原型となる形を引き抜いた。当時の開発部長は、これが非常にユニークなもので引き続き用途開発に取り組む価値があると考えた。

最初に見つかった用途は、酸素切断用のシャー

プランス⁹⁴である。シャープランスは、大きな口径の管の中に小さな径の管や線を複数挿入して作る。大口径管として当社の多葉状管を用いることにより、この製作工程を簡略化できることがメリットだった。

次の用途は、自動車向けの排気ガス再循環(EGR)システム⁹⁵用部品である。自動車メーカーから相談を受けたある商社が、他の部品メーカーとともにEGR用部材の開発に取り組んでいたが、それまで仕様を満たすものができずに悩んでいた。当社の営業チームは商社からこの悩みを聞き、仕様を当社に持ち帰ってきた。それを精査したところ、素材は当社得意の鋼材ではなくステンレスではあるが、多葉状管の成形技術が応用できるものであることがわかった。そこでステンレスで多葉状管を製作し、発注元自動車メーカーに持ち込んだところ、その技術審査に合格できた。以降、当社がこの部材を担当している。

■公的支援を活用した熱交換器開発

1998年、更なる用途開発のために、以前から測定・検査を依頼する先だった神奈川県産業技術センターに相談した。センターは多葉状管の表面積の大きさに注目し、銅材にして熱交換器に利用する、というアイデアをくれた。そこで当社が試作し、センターが試験・測定するという共同開発を開始した。2000年には、中小企業基盤整備機構の中小企業技術革新制度に採択され、市場調査を実施した。2003～2004年には、中小企業技術開発産学官連携促進事業に採択され、産業技術センター及び(株)カノウ冷機との共同研究開発に着手した。このなかで、多葉状鋼管の引抜技術を応用した「キャピラリーチューブ抱合伝熱管」の開発に成功し、カノウ冷機製の業務用冷凍機に採用された。

⁹³ ダイスとプラグという2種類の金型の間を引き抜いて、素管と呼ばれる金属管素材の直径・形状・肉厚を変える技術である。ダイスとは素管の外側側に当てて管の断面形状を決める治具であり、プラグとは素管の内側側から当てて肉厚・形状を調整する治具である。

⁹⁴ 鋼材やセラミック等の素材をガス溶断・溶接する際に、高圧酸素を吹き込む管をランスと呼ぶ。シャープランスは、ランスの中に助燃剤となる金属性の芯線を数本から数十本内蔵したもので、これにより熱量を向上させることができる。

⁹⁵ エンジンからの排気ガスを再度吸気させることで、NOX低減や燃費向上を図る機構のこと。

■商社の協力で新規取引先を開拓

多葉状伝熱管を熱交換器として最初に採用したのは高木産業のガス給湯器「エコジョーズ」で、追い焚き用熱交換器として採用された。どの企業も熱交換器の断面は同心円だと思いきみ、それ以上の工夫をしていなかったところに参入余地があった。同心円の管より当社の多葉状管の方が、内管の表面積が大きい分だけ熱交換の効率もよく、製品として優位性がある。

当社の銅製品の取扱量が増えていくにつれ、銅を主力に扱う商社との付き合いが深まった。当該商社は三洋電機も得意先としており、当社の熱交換器を三洋電機に紹介してくれた。当時三洋電機では、自然冷媒型給湯器「エコキュート」の効率改善が進められていた。三洋電機の担当者は、多葉状熱伝導管を高く評価し、最終的に追い焚き用熱交換器として採用された。またキャピラリーチューブ抱合伝熱管も、エコキュートにおける CO₂ 冷媒 \leftrightarrow 水の間の熱交換器として採用された。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■自然冷媒ヒートポンプ給湯器エコキュートに熱交換器・伝熱管が採用される

当社が提供する伝熱管・熱交換器の主力製品は、それぞれキャピラリーチューブ抱合伝熱管と、多葉状伝熱管を用いた二重管式熱交換器である。前述したとおり、いずれも三洋電機製の自然冷媒型ヒートポンプ給湯器「エコキュート」に採用されている。多葉状熱伝導管は、追い焚き用熱交換器としての優れた熱交換性能が評価され、また、キャピラリーチューブ抱合伝熱管は、CO₂ 冷媒 \leftrightarrow 水管の熱交換器として熱交換性能に加え、耐圧性能について高く評価された結果である。

(4) 当社技術の強みの源泉

■自由な新商品開発チームを常設

小田原本社には5名程度の開発チームを配置している。外部から特定の仕様に基づく試作や研究を受託するための組織ではなく、当社のコア技術であ

る引抜加工技術について、普段から自由に開発し、新商品や新用途を検討するための組織である。今回の一連の開発に関しても、事業化までこのチームが一貫して担当した。こうした自由な研究開発チームを常設していることが当社の特徴である。

■全工程の設計を通してノウハウを発揮

引抜加工で最も難しいのは工程設計である。引抜加工の規格品では、外径、肉厚、公差が指定されるのだが、規格の寸法を守るだけでは後工程で別の加工を施すときに不具合を生じることがある。このため、そのような不具合をあらかじめ見越した上で、それを回避し得る工程設計が必要とされる⁹⁶。最終目標とする形状を得るまでどのように加工すべきか、例えば、後工程で管を曲げたとしても求められる性能が維持されるためにはどうすればよいか、経験・ノウハウを身につけていないと対応できない。最終的には、全工程に関わるダイスやプラグ等の治具の設計から対応していかなければならない。当社ではダイスメーカーにも協力を求めた上で、当社の技術者・チームに蓄積されているノウハウ・能力を発揮し、工程設計をしている。

■製品評価は公的機関や他社の協力で

設計・生産のノウハウには自信があったが、開発した製品の性能を評価する技術・ノウハウについては、当初社内になかった。このため、社外のリソースを積極的に活用することとし、検査・測定技術に優れた産業技術センターに評価を依頼した⁹⁷。また材料メーカーにも、サンプルを渡して評価を依頼している。顧客側も、当社から納品した製品を評価している。

⁹⁶ 当社の技術優位は、特殊な設備や特許で守られたものではなく、独自のノウハウの蓄積による。従って、特に有形の参入障壁があるわけではない。しかし、当社はこのニッチな市場で既に 80%のシェアを握っており、たとえ他社が資本を投入して後追い参入し競合したとしても、得られる果実は大きくないといえよう。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■エコキュートの普及拡大は不透明

自民党政権時代にエコキュート普及目標 520 万台を掲げたが、未だ道半ばなので、まだまだ拡大余地は大きい。ただし普及は、導入助成金やオール電化住宅の新築件数によって決まるため、不透明な部分がある。

エコキュートが海外に売れるかは未知数。風呂は日本独自の文化で、欧米はシャワーだ。それでも北欧では関心があるようで、エコキュート・メーカーは進出を検討している。ここでは寒冷地仕様(不凍処理)という技術課題がある。当社の部品を用いた熱交換器も北欧向け製品に採用されている。

■海外市場を目指し、市場テストを実施

アメリカと韓国をマーケットとして、様々な市場テストをしている。韓国ではエコキュートに似た製品の関連技術を、アメリカでは冷凍庫に似たヒートポンプの関連技術を想定している。

もっと展示会等でアピールする必要があると考えている。外国からの技術照会はあるし、ホームページにも1日80件のアクセスがある。この技術の裾野はもっと広いので、きちんと用途開発しなければならない。

⁹⁷ 現在では、産業技術センターは、検査・測定業務をしていない。このため過去のセンターとの共同研究の蓄積をデータベースとし、当社で自己評価している。

| | | | |
|-------|--|------|------------------------|
| 企業名 | 株式会社西部技研 | | |
| 本社所在地 | 福岡県古賀市 | 従業員数 | 200名 (2012年2月時点同社HPより) |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・イオン吸着式全熱交換器事業 ・機能性ハニカムエレメント事業 ・デシカント除湿機・空調機事業 ・VOC濃縮機器 / VOC濃縮燃焼装置事業 | | |
| 環境技術 | 省エネ空調用全熱交換機器の開発・製造 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

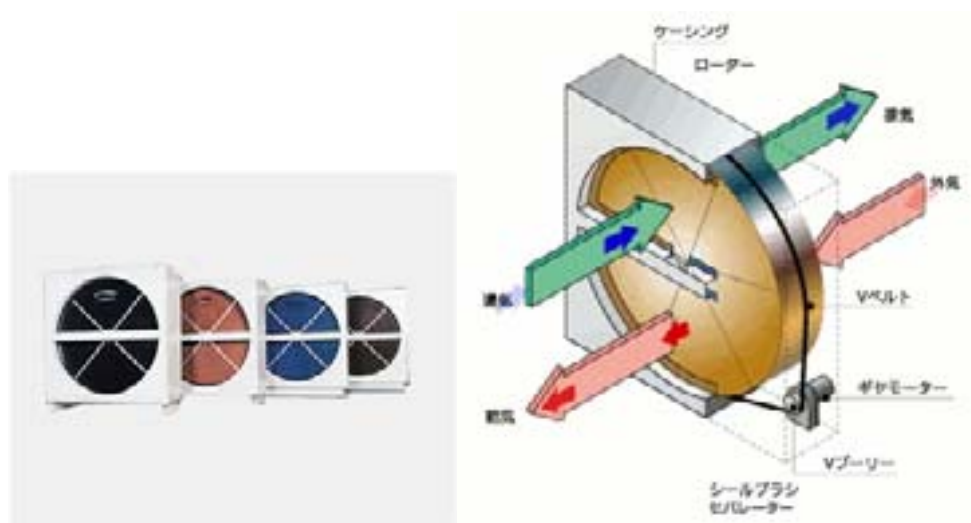
- ◆ コア技術であるハニカムロータと、それを搭載する全熱交換器、デシカント除湿機、VOC濃縮装置を軸に事業を展開している。
- ◆ 付き合いのあった企業から、全熱交換器の開発を打診されたことが当分野への参入のきっかけ。当時、国内では全熱交換器を製造できるメーカーはなかった。
- ◆ 当社は、吸着材の研究を長年にわたって続け、世界で初めて全熱交換器用ハニカムロータにイオン交換樹脂を採用し、これが世界のスタンダードになった。当社の技術開発は、全く新しいアイデアを生み出すということではなく、様々な課題から実現されていない既存のアイデアを、技術の開発により、実現可能にしていくというものである。

【本事例における環境技術】

『全熱交換器用ハニカムロータ』

屋内の空気を換気する際、排気中に含まれる熱と水分を回収して、給気中に戻す装置である全熱交換器において、心臓部となる部品。アルミまたはセラミック製のロータ(回転子)をハニカム構造(蜂の巣構造)にし、気流と接する表面積を大きくしている。当社のハニカムロータは、熱の回収、水分の吸着(除湿)、脱臭の機能を有している。ロータ表面に付着させる吸着材にはイオン交換樹脂等を用いている。

図表 3-12 全熱交換用ハニカムロータ



(出所)株式会社西部技研 HP

(1) 会社概要・事業内容

■大学発ベンチャー企業として出発

先代社長が、九州大学工学部勤務の傍ら、自らの研究室を私設したのが当社の始まり(1961年)。企業からの委託研究の成果に対する報奨金を基に会社を設立した。大学発ベンチャーのはしりである。

起業当時は、企業からの委託研究を受けていた。例えば、三洋電機(株)や日本板硝子(株)からの委託で、自動車のリアガラスに用いられるデフロスター(面状ヒータ)の開発を行っていた。

現在の会社の事業は、コア技術であるハニカムロータ、およびそれを用いた全熱交換器、デシカント除湿機⁹⁸、VOC⁹⁹濃縮装置の開発・製造である。

現在社員は200名で、うちR&D部門には40名の人員を割いている。心臓部であるロータの開発部門に20名、製造装置の開発部門20名を配置している。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■社外からの全熱交換器の開発打診が始まり

起業当時は、面状ヒーターやFRP(繊維強化プラスチック)応用製品の開発を行っていたが、その後の石油ショックの影響からヒーターの材料調達が難しくなり、更に、ヒーター自体の売上也落ちてきたことから、新たな分野を探索する必要が出てきた。

そんな折(1972~73年頃)、付き合いのあった企業から、全熱交換器はできないかと引き合いがあった。当時、全熱交換器はスウェーデンの会社が技術を有していたが、国内では製造できるメーカーはなかった。

■全熱交換器に着手

先代社長は流体力学が専門分野であり、以前に読んだ論文の中に全熱交換器に関するものがあったのを覚えていた。それを足がかりに、全熱交換器の開発に着手した。1年程でサンプルを完成させ

た。

開発のための資金は、通商産業省(現経済産業省)の技術開発補助金や中小企業に対する債務保証制度(VEC:財団法人ベンチャーエンタープライズセンター)の認可を受けるなどして、資金手当てを行った。

全熱交換器の最初の営業先は、先代社長が縁のある九州大学の恩師の研究室に出入りしていたメーカーであった。このメーカーの技術者が全熱交換器に目をつけた。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■ハニカムロータの製造が当社のコア技術

当社では、全熱交換器、除湿機、VOC濃縮装置の心臓部であるハニカムロータを製造し、空調機器メーカー等に納入している。

当社の全熱交換器用ハニカムロータは、空気中の水分も吸着することができる。水分の吸着には通常シリカゲルを用いるが、シリカゲルだと臭気成分も吸着してしまい、換気の際に臭気の戻りが発生してしまう。この問題を解決するために、当社は1998年に世界で初めて、イオン交換樹脂を採用した。現在では、このイオン交換樹脂を用いるのが世界のスタンダードになっている。

ハニカムのロータを形成し、そこにイオン交換樹脂を付着させるところに、他社が真似できない独自技術がある¹⁰⁰。

■当社ロータの国内シェアで約70%を獲得

イオン吸着式全熱交換器は、ビルなどの大型空調に用いられ、対向式と直交式の二種類がある。当社が採用しているのは対向式回転型である。日本では当社が最初にその製造を行った。

以前は、全熱交換器は独立した一つの機器とし

⁹⁹ Volatile Organic Compounds の略。揮発性有機化合物。

¹⁰⁰ 米国において、この技術の特許申請を行っているが、ロイヤリティでの商売は行っていない。国内でも海外でも、ロータ製造事業を行っていく。

⁹⁸ デシカント(乾燥剤)を用いた除湿機。

て見られていたが、今は空調器に組み込まれている。現在は、モジュールとしてのロータを組み込んだカセット販売がメインである。

大企業がハニカムロータを部材として使いたいと考えた場合、内製で一から開発を始めるのは非効率的なため、外部から調達することになる。市場自体がそれほど大きくなくニッチな市場なので、多くが当社からロータを購入する形になる。全熱交換器における当社ロータの国内シェアは、約 70%を占めている。

■ユニット販売から完成品ビジネスに展開

当社が製造しているデシカントタイプの除湿機は、露点温度 -80°C ～ -100°C にもなる極めて乾燥した空気をつくることができる。

除湿機分野では、除湿ロータのユニットを空調機器メーカーに販売するだけでなく、標準品(当社仕様の除湿器の完成品)の製造・販売も行っている。当社の除湿機関連の売上の 30～40%を標準品が占めている。標準品を売るビジネスの方が儲かるため、ユニット販売よりも標準品販売にシフトしていきたいが、サブコン¹⁰¹からのユニット注文も相当数入ってくるので完全にはシフトできていない。

以前は、OEM 製品の生産を行っていたものの、当社を名前が冠した標準品販売はなかった。そこで、標準品ビジネスの足掛かりとして、スウェーデンの除湿機メーカーである DST 社(スウェーデンの大手除湿機・加湿機メーカーであるムンターズ社の元社員が立ち上げた会社、除湿機の標準品販売を行っていた。)を 1993 年に買収し、除湿機の輸入販売を行った。輸入品を販売しながら、当社の標準品を作っていた。

標準品の販売に加えて、除湿機のレンタル業も行っている。一般的に除湿機を利用したい期間は限られており、レンタルの要望がある。機器をレンタルで試してもらい、性能が気に入ったら購入してい

ただという流れを考えている。

■リチウムイオン電池製造にも除湿ロータ需要

除湿機の納入先は、主に食品、製薬、倉庫業などである。海外では国防分野用途¹⁰²が多い。

近年では、電気自動車等に向けたリチウムイオン電池の製造ラインに当社の除湿ロータを納めることが増えてきている。同分野への除湿ロータの売上は、当社の除湿機売上の約 20%を占める。

先般、海外企業から 30 台程の除湿ロータの大量受注が来た。リチウムイオン電池の製造設備への投資を行っているようである。

リチウムイオン電池の製造ライン向けの除湿ロータは、空調設備メーカー(サブコン)を経由して、電池メーカーに納入することになる。発注の流れは、電池メーカー→サブコン→当社の流れである。

その他、研究用途の比較的小さなドライルーム市場もある。除湿機を組み込んだ小型のドライルームを一式の製品として当社で生産し、大学や企業の研究所に納めている。

最近では、家庭用のドラム式洗濯機に、熱風を使わないで済むデシカントタイプの除湿機を搭載しようという流れがある。某電機メーカーと開発を行っているところである。

これとは別に、以前、家庭用の除湿機(松下電器産業(株)のドライジェンヌ)に当社のロータを納めていたこともあったが、家庭用機器のメーカーの要求スペックは厳しく、かつ単価も安いため、市場規模は大きい儲からなかった。そのため現在では、家庭用電気機器への供給は行っていない。引き合いが来ても断るようになっている。

■VOC 濃縮ロータは、法規制による特需到来

VOC 濃縮装置については、燃焼機器メーカー向けに販売している。VOC 濃縮機用のロータは、セラミックをハニカム状に加工した後、焼成し、ゼオライト

101 ゼネコンの下請けとして、工事の一部を請け負う建設業者を指す。

102 電気機器が搭載された兵器(戦車等)の乾燥に使用される。電子機器が含まれるため、加熱乾燥は適さない。

を含浸させる。ハニカムロータに付着するゼオライトの量は、ロータの自重の約 3~4 割の重さにも相当する。

当社の VOC 濃縮装置では、1 回通すだけで 95% まで VOC を除去可能である。低濃度・大風量の排気から VOC を概ね除去・濃縮するだけでも、後段の燃焼装置の負担をかなり下げることができる。

VOC 濃縮装置は、大気汚染防止法¹⁰³で定められた削減達成期限の到来で、特需があった。

(4) 当社技術の強みの源泉

■吸着材について世界初の技術開発に成功

当社は、ロータ表面に付着させる吸着材については、長年研究を続け、世界で初めてイオン交換樹脂を採用した実績がある。現在は、このイオン交換樹脂が世界のスタンダードになっている。

イオン交換樹脂の採用は、当社技術者からの発案だった。コンセプト自体は以前からあったが、どの会社も採用していなかった。社内でも当時は無理だという意見が多かったが、もしあの時に、イオン交換樹脂の採用を躊躇していたら、今のように、当社が技術的に秀でることはなかったであろう。

当該発案をした技術者は、世界で初めてシリカゲルをハニカム上に合成する技術を開発した者でもある。この合成技術の開発には 4~5 年の時間を要した。他社でも試みられていたが、その当時はどこも成功していなかった(現在は他社でも行っている)。

当社の技術開発の性格は、全く新しいアイデアをゼロから生み出すということではなく、様々な未解決の課題があって実現できないでいる既存のアイデアを、ひとつひとつ課題解決していくことにより、実現可能にするというものである。

■自社開発の重要装置、技術情報管理を徹底

イオン交換樹脂は、パウダー状に砕いた樹脂をスプレーすること(スプレーコート)で、ハニカム表面に

付着させている。このスプレーコートが独自技術であり、スプレー装置は自社内で開発・製造したものである。

設備の自社開発・製作には費用がかかるものの、結局は、他社製品を購入するより安上がりである。

中国工場にもこのスプレー装置を設置しているが、技術情報の管理には非常に気を使っている。創業当時以来ずっと、自社で製造した装置は外部に見せないようにしている。

■若手技術者の士気と技術の向上を図る施策

なるべくサイエンス色のある開発を行っていきたいとは考えているが、やはり泥臭い技術開発になってしまう。若手の技術者は、サイエンスが出来ると思って当社に入社する人が多く、多少ギャップを感じているようである。このギャップをいかに解消するかが、一つの悩みである。

最近、若手技術者のモチベーションと技術力の向上の為に、学位を取得させる制度を作った。現在、九州大学理工学部にて、技術者 1 名が学位研究を行っている。この制度により、優秀な人材の確保・育成、組織としての技術力向上の両面を狙っている。

学位研究内容も、もちろん当社に有用なテーマとしている。当社のハニカムと触媒を組み合わせると新しいことができればと考えている。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■国内市場の飽和、海外市場に狙い

全熱交換器での当社の主力商品は回転型であるが、ここ数年、国内市場は伸びていない。新規の空調設備の導入が減り、国内では飽和してしまっているため、今後は、海外(米国・中国)に展開していく必要がある。

全熱交換器は、付加価値が低く単価が安い商品である。そのため運搬コストが馬鹿にならない。また、納期は 3~4 週間と短期であり、日本から海外に運ぶだけでこの程度の時間がかかってしまう。そのため、中国、米国に工場を建て、現地生産を行うようにした。立ち上げ当初は運営のノウハウも無く苦労した

¹⁰³ 平成 22(2010)年度までに固定発生源から排出される VOC 量を平成 12(2000)年度に比して 3 割程度削減することとされている。

が、昨年から徐々に製造も軌道に乗ってきており、生産性も向上している。

海外での取引は、商社などを通さずに、当社に直接オファーが来る。この業界はさほど大きくないため、直接取引になる。中国での事業立ち上げは、外部のコンサル会社は使わず、全て自分たちで行った。

取引をしている会社は、欧州系・日系・台湾系・米国の会社が多い。なかでも中国系の会社との取引はこれから増やしていこうとしている。

最初、中国で生産プロセスを立ち上げた。当初はリース物件の工場で生産をしていたが、2010年2月に3倍規模の自社工場が完成し、現在順調に稼働している。

■全熱交換器はモジュール商売の B to B、除湿機は完成品販売の B to C のビジネスを展開

全熱交換器は、空調機の中にモジュールとして組み込まれるものであるため、空調機器メーカーが市場を押えており、完成品市場への参入障壁が高い。一方、除湿機市場については、まだ開拓の余地がある。そこで、スウェーデンで除湿機の完成品販売を行っていた DST 社を買収し、同社が現地で既に確立していた完成品の製造および販売方法を真似て、日本の完成品市場に参入した。

全熱交換器については、モジュール商売の B to B のビジネスを進めつつ、除湿機については、完成品をユーザーに直接販売する B to C のビジネスを展開していこうと考えている。

| | | | |
|-------|---|------|---------------------|
| 企業名 | プライミクス株式会社 | | |
| 本社所在地 | 大阪府大阪市 | 従業員数 | 205名 (2012年1月20日現在) |
| 事業内容 | ・液体・粉粒体の乳化・分散・混練・微粒化機器の製造、販売とシステムエンジニアリング ・高性能容積式ポンプ「サインポンプ」の製造と販売 ・乳化・分散に関するハードとソフトの研究と新製品開発 | | |
| 環境技術 | 電池の電極製造に使用される高速攪拌機の開発と製造、販売 | | |

(注)当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

【本事例のポイント】

- ◆ 研究試作機から量産機械まで、また攪拌に関する全用途、全業種を顧客として事業を行う、攪拌機専門総合メーカー。全方位で事業を展開することで、情報が集まりやすく、ノウハウも蓄積しやすい。
- ◆ 顧客の持ち込むサンプルで攪拌の実演、結果分析を行う「テスト室」での提案、量産機オーダーメイド開発の際のやりとりなど、顧客との技術的なコミュニケーションが重要と認識し、ニーズ把握、技術提案力、開発力の向上に役立てている。
- ◆ 1997年に特許を取得し製品化したフィルミックスは、これまでと異なるメカニズムを持ち、これまで作れなかったものの製造を可能とする画期的なものであり、燃料電池やリチウムイオン電池の電極製造等、クリーンエネルギー分野での需要が期待されている。

【本事例における環境技術】

『薄膜旋回型高速攪拌機』

容器内でPCホイールが高速度で回転することにより、薄膜状になった対象物質に大きなエネルギー(ずり応力)が投入され、攪拌される。これまでの攪拌メカニズムと異なるため、高品質なもの(均質な粒度分布の実現)、これまで作れなかったもの(ナノオーダーの粒子等)の製造が可能となる。

また、通常バッチ式で行われる攪拌を、連続製法で実施できるため、整備投資コスト、製造時CO₂排出量、設置面積を半減できるという特徴を持っている。

図表 3-13 フィルミックス



(出所)プライミクス株式会社 HP

(1) 会社概要・事業内容

■攪拌機(ミキサー)に特化した専門メーカー

戦後、繊維業界において、海外から導入した油性染料・顔料をうまく混ぜ合わせたいというニーズが生じた。これに対応して、当社創業者が、日本初の高速攪拌機“ホモミキサー”を開発したのが端緒。

一口で攪拌といっても、「乳化」「分散」「微粒化」「混練」などの分野があり、さまざまな業界で使われている。化粧品、医薬、食料品メーカー向けが多いが、最近では IT 業界で用いる半導体の封止材、研磨スラリー材などの製造等にも広く使われている。

国内には、化粧品、インク等それぞれに特化した攪拌機製造業者もあるが、全方位に向けて提供しているのは当社のみである。また、当社は、研究試験用途の小型汎用機(標準品)¹⁰⁴から量産用途の大型オーダーメイド機まで、一連の製品を取り揃えている。

■幅広い業界を相手に継続的な営業

攪拌という工程は、広い業界に共通する基本プロセスであるため、顧客は数千社に上る。例えば、日経株式欄に名を連ねる化学・食品の企業はすべて顧客である。しかし、省力化・自動化を目的とした標準的な攪拌機については、一度納品すれば30年くらいは使えるので、元来、爆発的な売り上げを見込める市場ではない。壊れるまで使っていただくのがほとんどであるが、顧客内部の技術革新に伴ってその製造プロセスが改まる際には、新機種を購入いただくこともある。

業界の間口が大変広いため、営業部隊は、40人程度いる。このほかに顧客対応でメンテナンスを行うサービス部門がある。

■環境市場対応の電池デバイス対策部を設置

06年には、近年の環境保護気運の高まりを受けて、クリーンエネルギーを製造するためのプロセスエンジニアリングに特化した電池デバイス対策部(PEACEと称する:技術者部員10名)を立ち上げ、力を入れている。

ここでは、リチウムイオン電池(メインは自動車向け)、燃料電池、キャパシタ(二次コンデンサ)の3用途にむけて営業を行っている。現在、電池デバイス部門の売上は、全社の約20%になっている。特に97年に特許を取得した新製品「フィルミックス」の販売に注力している(詳細後述)。

■海外市場への展開と生産拠点の配置

日本で生産している製品の15%は、韓国、台湾、米国などに向けて輸出されている。特に携帯電話用電池メーカー向けが多い¹⁰⁵。

また、中国向けについては、上海の現地法人で生産し納品している。中国における売り上げは、日本の15%程度である。中国向け製品を日本で生産しているのは、コスト競争力がないため、現地での生産を進めている。試験機やコア部分については、日本で生産したものを使用している。

(2) 環境・新エネ事業への参入の経緯

■顧客とともにエネルギー分野に積極展開

エネルギー分野への展開・拡大は、顧客大手メーカーによる模索と、当社側の製品用途の模索とが合致したものと考えている。

エネルギー分野との付き合いは、特段新しいものではなく、1970年代にさかのぼる。例えば、航空機燃料の爆発防止のためのエマルジョン化(乳化)技術、NOx発生抑制のためのボイラ用化石燃料のエマルジョン化技術、オイルショック時の石炭利用のための石炭・重油分散技術などである。

このため、新分野へ進出したという意識はあまりない。電池関連での初めての顧客は、1991年のリチウムイオン電池のための研究試験機の納品だった。

当時、電池デバイス市場の立ち上がり当初は、「ナノ」微粒化が話題の頃と重なり、興味を持ってもらいやすかった。

¹⁰⁴ 年間1,000台以上を販売する標準化された小型機である。

¹⁰⁵ 納品先メーカーの出荷台数から計算すると、世界で生産されている携帯電話(年間1億2千万台)の46%で、当社製造機械を用いて作られた電池が搭載されていることになる。

■新発想の攪拌技術開発に継続的な集中投資

当社における製品開発のエポックは、これまでと異なる攪拌メカニズムを備えた薄膜旋回型高速ミキサー(以下、「薄膜旋回型高速攪拌機」という。)である。1990年頃から、現会長(古市實)が、抹茶を茶笥で立てることから発想を得て、研究開発に着手し、約7年の歳月を経て、97年に特許取得、製品化させた。現在16カ国での特許を取得済みである。

140~150人規模の社員規模の企業において、3~4人の技術者を配置し7年もの間、研究に従事させるのは、大きな投資であった。数百万円規模の補助金はもらっていたと思うが、ほとんどが自前投資であり、大学等と連携することなく単独研究で完成させた。

(3) 環境・新エネ事業と技術の概要

■新発想攪拌機の特徴と可能性

薄膜旋回型高速攪拌機は、これまでとまったく異なる攪拌メカニズムによるため、高品質なもの(均質な粒度分布の実現)が作れるばかりか、これまで作れなかったもの(ナノオーダーの粒子等)までも作れるようになる。

また、通常バッチ式で行われる攪拌を、連続製法(CDM:Continuous Dispersion Mixing Process)で実施できるため、整備投資コスト、製造時CO₂排出量、設置面積を半減できるという特徴を持っている。

■クリーンエネルギー分野での活用に期待

例えば、電気自動車向けリチウムイオン電池の電極製造には、サブミクロンやナノサイズ級の粒径制御が必要であるが、薄膜旋回型高速攪拌機は、これに優れた性能を発揮すると期待されている。

また、固体高分子(PFC)系燃料電池における白金担持カーボンの電極を製造する際にも、薄膜旋回型高速攪拌機が有効である。高価な白金触媒を薄く均質につけられるため、製造業者にとっては大きなコストダウンになる。

先述したように、クリーンエネルギー向けの販売を本格的に始めるために電池デバイス対策部を立ち上

げたが、現在は、薄膜旋回型高速攪拌機のユーザーのほとんどが電池デバイス分野の顧客である。

研究開発用途はもちろん、製造設備としても多くの企業に採用いただいております、ほぼすべての世界大手電池メーカー(50社以上)に納品済みである¹⁰⁶。

■更なる用途開発のための共同研究も実施

薄膜旋回型高速攪拌機の可能性の全容は、まだ当社自身でさえ把握しきれていない。そのため、現在は、ミシガン州立大学に実用用途研究の委託研究を行っているほか、パナマのナノディスパーションテクノロジー社(NDT社)と用途開発の共同研究を行っている。水中のコケモモなどからのバイオエタノール生成、石炭液化、炭酸カルシウムの製造など多岐にわたる。

(4) 当社技術の強みの源泉

■オーダーメイド機が多く、すり合わせが重要

国内顧客の特徴であるが、量産に用いる大型機の場合、発注元各社の独自仕様に従ったオーダーメイドとなるため、1台きりの納品が多い。こうした量産用のオーダーメイド機の売り上げは、台数ベースで3割であるものの、金額ベースでは7割を占める。

発注元ニーズとのすり合わせが重要であり、量産機の設計の前に、発注元を含め、ニーズを把握している営業担当者や設計に携わる関係者全員が一堂に会して、意思統一を図るための「キックオフミーティング」を行う。

■テスト室を設置、営業にも開発にも貢献

顧客には、国内2拠点にある来社テスト室に、材料を持ち込んでもらい、先方の担当技術者に実際に性能を確認してもらっている。来社テスト室には高価な分析機器¹⁰⁷も取り揃え、2名のスタッフを専属として配置しており、当社としても力をいれている。

¹⁰⁶ 試験機でも十分な生産能力があるため、納入先社内でも量産用で使用されている可能性もあるが、当社では把握できない。

¹⁰⁷ 粒度分布計(約1500万円)、電子顕微鏡(1000万円以上)など。

テスト室には、毎日のように顧客がテストに訪れており、そこで、攪拌方法(温度や速度など)を提案しながら、機種を紹介していく。

こうした顧客ニーズの先端的な部分におけるお付き合いは、営業につながるだけでなく、把握したニーズを開発に生かすこともできる。また、効果を確認してから売ることが出来るので、製品の信頼性も高まる。このようなかたちの顧客とのコミュニケーションは、今後ますます重要になってくる。

■設計部門にも製造部門にもノウハウが蓄積

攪拌工程の自動化・省力化を目的とする簡単な装置は、他社でも真似ができると思うが、個々の顧客ニーズを踏まえたすりあわせによる製品開発は、他社には真似のできないことだと思う。

外部への生産委託も利用しているが、心臓部(コアテクノロジーに係る部分)は自社内で製造している。特にブラックボックス化しているわけでないが、製品内のコンピュータプログラムは、社外のものが勝手に変更できないようになっている。コンピュータプログラムは、3人ほどのチームで担当しており、扱える技術者は1人ではない。他の重要なパートである「設計(カスタマイズ)」「製造(切削加工なども含む)」「調整」なども、基本的にチームで対応している。

中でもノウハウが最も蓄積されているのは、顧客のニーズに応える設計の部分である。また、製造についても、例えば製品内部で、回転部と非回転部との隙間を0.5mmに保ったまま、180km/hで回転させるための切削技術等もハイレベルである。

■顧客満足度を高めることを最優先

技術は重要であるが、技術にプライドを持ちすぎることは、会社として危ないと考えている。「技術開発型企業」と名乗ることで、驕りが生じてしまうからである。あくまで顧客のニーズにあわせ、顧客満足度を高めることが最重要と考えている。そのために、ブランド、ITなどの戦略を策定しており、また、あらゆる接点でCS調査を実施している。

■“機械屋”を自認

当社は、“機械屋”であると考えている。電極の生産そのものや、電池メーカーからの加工委託・アウトソーシングを受けるつもりはない。加工委託については、依頼・相談があったこともあるが、天然材料の制御や品質の保証などを考えて、難しいと結論した。特に、完成品の性能の検証は、電池メーカーでなければ、時間がかかりすぎる。

納品した攪拌機について、スペックどおりに動いているかは保証するが、それによって出来あがるものの性能については保証していない。

(5) 市場の見通し、今後の事業戦略

■拡大する電池市場に向けて高まる需要

リチウムイオン電池、燃料電池、ニッケル水素電池など、いろいろな形態での電池の発展があるだろう。電池には、材料が異なるものの必ず電極は必要であり、電極を製造するためには、今後も当社の攪拌技術が求められる。太陽電池の蓄電池でも同様である。

当社における、電池デバイス部門の売上シェアは現在約20%である。今後拡大を見込んでおり、4割程度まで行くと思う。

■他社に真似されない高付加価値製品へ

試験機や先行技術に強い当社の特徴から、逆に一過性の需要で終わってしまう可能性もある。実際に、リチウム電池向けでは、試験機ではかなり売れたものの、量産用攪拌機の段階になると、国内外で他社に負けてしまった。コピー機ができれば、価格の安いものに流れてしまう。薄膜旋回型高速攪拌機では、特許や、その他まねできない要素があるため、同じ轍を踏まないつもりである。

現在、医薬業界向けに「滅菌しやすい攪拌機」を研究開発中である。現在、欧州メーカー製の類似製品があるものの、価格が高い。限定的なマーケットではあるが、顧客ニーズに基づき取り組んでいる。

5 大手企業インタビュー（太陽電池関連）

| | |
|------|---|
| 企業名 | シャープ株式会社 |
| 事業内容 | エレクトロニクス機器（AV・通信機器、健康・環境機器、情報機器） 電子部品（液晶、太陽電池、その他電子デバイス） |
| 環境技術 | 結晶太陽電池、薄膜太陽電池、LED 照明機器等 |

（注）当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

（1）産業の概要、展望

■市場は拡大するが、採算は厳しい。

太陽電池の普及が進んでいるが、市場自体は今後さらに拡大するものと考えている。脱石油の必要性は皆の認識するところであり、新エネルギーの中でも太陽電池の市場拡大は必至である。将来的には、半導体や液晶よりも大きなマーケットとなるだろう。

しかし、コストダウンの課題は残っており、産業として厳しい状況でもある。現在は参入障壁が低いために競争が激しく、また、安価な CdTe 系がプライスリーダーになっているため、どの企業も採算は厳しい。現在の開発競争で一步抜き出た、グリッドパリティ¹⁰⁸を突き抜けたところが、勝ち残ると考えている。同産業は政策に左右されるところが大きく、グリッドパリティの実現も政策が大きく影響する。

■生産ノウハウ付きのターンキー装置の普及

参入障壁が低いのは、製造装置メーカーがノウハウを内蔵させた装置（いわゆるターンキー装置）を供給し、製造ノウハウのない電池メーカーであっても、それを購入すれば製造できるからである。中国での結晶系太陽電池生産が飛躍的に拡大したのはこのためであり、一部では、薄膜系のターンキー装置も出た。

ターンキー装置を購入して電池を製造する海外メーカーにおいては、製品の出来は、材料と装置次第であり、技術的な差別化はほとんどできていない。

装置性能に多くを依存する薄膜系では特にその傾向が現れるだろう。

■日本企業の独自製造技術による差別化

一方、日本メーカーは、装置メーカーにいろいろな要請をしたり、共同開発を行ったりして、こつこつと自前の製造技術を向上させてきた。

太陽電池生産に関わる技術開発には、大きく「変換効率を上げる技術開発」と「生産効率を上げる技術開発」がある。前者は、理論効率（理論的には可能な効率）に至らない要因（表面反射、電極影、電子再結合など）を一つ一つ取り除いていくものであり、技術者の本領が発揮される分野である。一方、後者は装置メーカーとの共同で開発を進めていく分野である。

当社の堺工場の薄膜製造装置については、東京エレクトロンと設立した合弁会社¹⁰⁹で開発を行っている。なお、コア部分の当社の知見、ノウハウ（レシピ）はブラックボックス化し、他社に提供した後も利益の一部は当社に還元される仕組みになるよう考えている。

ターンキー装置を購入して参入した競合先等との一番の差別化ポイントは、20年～30年後を見据えた信頼性（アフターケア体制も含む）である。これは、住宅向け、メガソーラー向けに限らず共通事項である。

（2）太陽電池の種類

■材料による種類とその構成比

太陽電池には、シリコン系と非シリコン系があり、

¹⁰⁸ 発電コストと電力料金（日本では 23 円/kwh）が同等になること。電力料金が高く太陽光強度の強いところが有利なので、イタリアが一番早く達すると言われている。

¹⁰⁹ 東京エレクトロン PV 株式会社。

シリコン系はさらに、結晶系(単結晶と多結晶)と薄膜系に分類される(第2章参照)。

当社の太陽電池のおおよその生産割合は、2009年時点で、結晶系が9割、薄膜系が1割、その他わずかな宇宙用途の化合物系(GaAs)¹¹⁰がある。

結晶系には単結晶と多結晶があるが、シリコンの供給動向等によってその生産割合は変動する。単結晶と多結晶の製造ラインは切り替えにより共有することも可能であるが、当社では、切り替えに要するコストや効率等の観点から、共有できる設定にはしていない。2009年時点の生産ラインの割合は、単結晶4:多結晶6程度である。

■結晶系(単結晶と多結晶)と薄膜系

シリコンは、地球上に非常に多く存在する資源であり、無害で安定的な、他に代え難いすばらしい材料と考えている。

単結晶は、変換効率が高いがコストも高い。一方、多結晶は、単結晶に比べて変換効率は劣るが、割安である。発電量あたりのコスト(コストパフォーマンス)は単結晶の方が悪いが、日本家屋の限られた小面積の屋根においては、総発電量が大きいこと、また、見栄えがよい(単結晶の方が黒くて好まれる傾向にある)ことで、単結晶が選択されるケースも多い。耐久性はどちらも十分で問題がない。

原価については、ポリシリコンが逼迫し、材料コストが高騰した時期もある¹¹¹。シリコン価格が高いと材料使用量が少ない薄膜系が優位であるため、薄膜系が注目を浴びた。

補助金が打ち切りになった後でも、ある程度まで結晶系が拡大するが、将来的には、薄膜系シリコンのシェアが結晶系に追いつくと考えている。そして、

その後棲み分けが起こるだろうと予測している。当社が、結晶にも薄膜にも力を入れているのは、そのためである。当社は、変換効率を向上させたタンデム型の薄膜太陽電池を商品化している。

■非シリコン系太陽電池

現在、人工衛星等宇宙開発用に生産しているGaAs化合物の理論効率は、60%以上と最も高いレベルであるが、材料が高価であり、また特殊な生産方法によるため、シリコン系に比べ非常に高価になる。宇宙の特殊な環境での耐候性、宇宙船の限られた移動空間等を考慮し選択されているが、地上用として、集光型システムが実用化されつつある。

有機(フラーレン)、色素増感、量子ドットの変換効率は、今後向上が期待される分野である。

市場で伸長が著しいのは、CdTe系を製造するファーストソーラー(米国)である。特に、金融危機以降、少しでも安価なCdTe系を採用する動きが高まった。CdTe系が価格水準を決定するケースが多く、他社の収益を圧迫している。日本ではCd(カドミウム)の使用に抵抗感があるが、米国・欧州ではメガソーラーを中心に導入が進んでいる¹¹²。

(3) 中小企業の役割

■結晶系シリコンにおける役割

インゴットのスライス加工は、専門企業にアウトソーシングしている。また、電極材料は、複数の中堅企業から購入している。電極材料を扱う大手企業もあるが、当社向けにカスタマイズしてくれるという利点により、中小・中堅企業からも購入している。

工程外注については、「拡散」工程の上流である「テクスチャ(精密洗浄)」工程は、技術力のある中小企業に委託している。また、「スクリーン印刷」工程なども中小企業が実施している。

生産設備については、「印刷」工程や「焼成」工程の機器は、中堅メーカー製である。他の工程や半導

¹¹⁰ 日本の人工衛星搭載太陽電池は、シャープ製 100%である。

¹¹¹ 世界で7社しかなかったポリシリコンメーカーは、90年代にPC向けに設備増強した後の半導体不況で大幅赤字に陥った経験があり、太陽電池増産によるポリシリコン逼迫の状況でも、すぐに生産増強を行わなかった。このため、価格が一時的に高騰したが、その後、中国をはじめ多くの企業の参入により価格は下落した。

¹¹² ファーストソーラーは、使用後の製品はすべて回収するなどの体制を敷いて事業を行っている。

体の生産工程などに比べて工程の規模が小さく、半導体とは異なる技術を要することが、中堅メーカー製を採用した理由である。その他、「拡散」や「反射防止」などの工程は大手メーカー製である。

その他、シリコンその他の主材料調達、搬送等については、中小・中堅企業との取引は限定的だ。

スライス加工や洗浄工程を外部に委託するための物流コストは無視できない。従って、参入のポイントとしては、「納入先工場に近い立地」が挙げられるだろう。ちなみに、堺工場では、そうした立地の優位性も考慮している。

■薄膜シリコンにおける役割

薄膜系は、一貫装置による生産であるため、結晶系に比べ、中小企業と関わりは比較的少ない。

電極も、既に硝子に電極がついた状態で供給されるため、中小企業は絡まない。他の材料調達先（封止剤やバックフィルム等）についても、特に中小企業ではない。

■インバータにおける役割

当社のインバータは、当社ブランドであるが、一部、OEM 調達のものがある。

インバータは、モジュールとまったく別の技術を必要とするが、モジュールの電気特性に合わせて設計することから、連動して開発設計を行っている。電気特性は、何直列で何系統など発注元ごと（またはモジュールごと）によって異なる。

国内の住宅向け市場では、国内メーカーがモジュールとインバータとをセットでシステムとして供給しており、当該メーカーが保証を行う体制であるのに対し、外国では別の「システムインテグレーター」がコーディネートを行い、保証もするケースが多い。このため、モジュールとインバータは別々に選択される¹¹³。

■技術開発における役割

技術開発については、中小のベンチャー企業との連携がある。それらの企業は、材料開発などのノウハウを持ち、規模の大小はあるが生産設備を所有しているケースが多い。また、太陽電池に特化した企業というわけではない。NEDO 事業で連携することもある。

■アウトソーシングの可能性

産業の成熟に伴い、生産効率向上を追求するため、サプライチェーンの中でアウトソーシングの活用が広がるかもしれない。

今後アウトソーシングの可能性があるのは、モジュールのアSEMBルである。セル製造は拡散工程等があるため、一箇所で実施した方が効率よいのに対し、モジュール組立はその後の運搬を考えれば、需要地に近いほうがよいからである。

¹¹³ スペインのメガソーラーを、ドイツのシステムインテグレーターが担当することもある。当社の製品の多くが欧州に輸出されているが、「欧州全体」が市場である。

6 大手企業インタビュー(風力発電関連)

| | |
|------|--|
| 企業名 | 三菱重工業株式会社 |
| 事業内容 | 船舶・海洋事業、原動機事業、原子力事業、機械・鉄構事業、航空宇宙事業、汎用機・特車事業、冷熱事業、工作機械事業等 |
| 環境技術 | 風力発電 |

(注) 当第3章の内容は、09年～11年の間に実施した聞き取り調査当時のものである。

(1) 当社環境事業の概要

■ エネルギー・環境事業統括戦略室を設置

環境をテーマにした2008年の洞爺湖サミット開催を契機に、同年4月にエネルギー・環境事業統括戦略室を設立した。当社のエネルギー・環境に関する方針立案・政策提言、トータル環境ソリューション提案、他社との協業についての指針作成などがミッションである。

低炭素社会実現のためには、省エネ技術、電気自動車、自然エネルギー、原子力、これらを支えるスマートグリッド、リチウム電池等の蓄電技術が必要だと認識している。

当社の見方では2020年くらいまではインフラや制度の整備等の準備段階の時期であり、それ以降に大幅に削減ができるのではないかと考えている。

具体的には、風力発電の他、高効率ガスタービン、CCS(CO₂を圧縮して地中に貯留するシステム)とIGCC(石炭ガス化複合発電)の複合システム、原子力発電、太陽光発電、電気自動車、リチウム電池、ヒートポンプ、バイオマスエネルギー、CTL¹¹⁴などの製造販売と開発を行っている。

(2) 風力発電産業の概要、展望

■ 海外では風力発電が環境対応の主役

世界的には、CO₂排出量削減対策という点と、まず最初に風力発電が挙げられる。また、費用対効果の観点からも、風力が挙げられることが多い。

2009年時点で、世界の電力需要の70分の1を風力が発電している。新しく建設される発電所のうち、

世界平均で1割、先進国では4割が風力発電であり、いずれ風力発電の占める割合が10%を超えるのは確実だと見られている。年間2万台程度新設すると、約5兆円分になる。年率1.3倍程度の成長率が続くと仮定するならば、世界の風車市場の規模は2020年以前にトヨタの売上(20～30兆円)に匹敵する。

当社の風力発電設備の生産シェアは約2～3%で、世界では11～13位であるが、2008年に製造した風力発電所の設備容量は803MW。これは同時期に国内のすべての太陽電池メーカーが製造した設備容量合計1,200MWに迫る量である。風車の平均設備利用率23%は太陽電池11%の2倍なので、発電電力量に直せば逆転する。

風車のエネルギー変換効率は40～50%あり、太陽電池の20%弱の2～3倍ある。逆に設備単価は太陽電池の1/2以下と安い。結果的に発電コストも太陽光発電の1/4以下になる。世界的には経済性の良い風力発電のほうが、太陽光発電より約6倍も普及が進んでいる(編者注:2010年末太陽電池累積導入量35GWに対し、風力発電198GWで約5.7倍)。

■ 産業振興・雇用確保の期待も大きい。

大型風車のサイズはジャンボジェット機よりも大きく、また部品点数が約1万点と多く、関連部品メーカーの裾野が広いので、産業振興と雇用確保への貢献も大きい。象徴的に、オバマ大統領がグリーン・ニューディールの政策演説をする際には、風力発電設備メーカーの工場を背にすることが多いのは、こういう事情がある。

¹¹⁴ CTL(Coal To Liquid)。褐炭から液体燃料などを作る。

世界ではいずれ、エネルギー・環境関連産業が自動車産業を追い抜くといわれている。

■グローバル化で、風車メーカーの淘汰が進む

世界の風力発電市場が成熟すると、自動車産業同様に淘汰が進み、グローバルに活躍する企業は、5社程度に絞られる可能性がある。この一端を日本に持ってこようと、当社は頑張っているところである。しかしながら、自国で実績を積み、技術力をアピールしてからでないと海外に出ていくのは難しい。残念ながら、日本は風力発電の長期導入目標を設定しておらず、日本の風力市場は、世界の1%以下にとどまっている。

新産業の成長にとって、一定規模以上の母国市場は非常に重要である。世界の風力発電設備メーカーの成長過程には、母国市場が飽和した段階で一つの岐路がある。この時点で国外に進出していくことができなければ、淘汰されて倒産してしまう。太陽電池についても、同様の成長パターンが見られている。

また、風力発電設備市場の買い手は、個人から電力会社に移りつつある。つまり、発電所全体としての設備の市場になりつつある。そのため、風車だけを製造している企業ではなく、当社や GE、シーメンスのように、風力発電に限らない様々な発電設備のメニューや周辺設備を、総合的に提案できる企業が生き残るだろう。

■ポイントは、大型化・制御の高度化・軽量化

風力発電設備は、約3年ごとにモデルチェンジしているが、そのポイントは、「大型化」「制御の高度化」「軽量化」の3点である。

一番大きな変化は「大型化」である。1995年～2003年にかけて、500kW から 2500kW 程度まで一気に大型化した。これは発電能力を拡大して規模の経済性を狙った動きである。さらに、欧州で洋上風力発電が導入され、設置台数を少なくして建設コストを減らすために、5000kW 以上の超大型風車が開発されている。

「制御の高度化」については、例えば、現在の風車は、発電量が大きく変動する影響を抑えるために「可変速制御¹¹⁵」に変わってきている。この制御方式が標準になったのは、2000～2006年の間である。2001年では1割だったが、2006年の時点で全風車の90%程度が可変速制御を採用している。今の風車には、可変速運転のために定格の約30%容量のインバータ/コンバータが搭載されている。今後、送電網への風力発電の連系¹¹⁶量が増えると高度な力率や位相の調整が求められる。これには100%定格容量のインバータ/コンバータと、同期発電機を組合せた風力発電機の方が対応し易いので、今後5～6年で、風力発電用のインバータ/コンバータの需要が(風力市場の成長に加えて)3倍以上に拡大する可能性がある。

「軽量化」のための技術開発は、引き続き重要である。風車の出力は、羽の長さの2乗で増える、重量は3乗で増える。更なる大型化のためには軽量化が必要であり、最近では、炭素繊維を風車に使う方向に向かっている。

(3) 中小企業の役割

■大型風車を製造する中小企業は1社

日本で出力300kW以上の大型風車(最終製品)を生産し販売している中堅・中小企業は、駒井ハルテック(旧社名は駒井鉄工)1社だけである。同社は、大型風車の中ではやや小型の300kW風車を製造している。10トントラックで運べるので、離島・山間部・都市部等のニッチ分野を狙うことができる。

■大型風車は、中小企業が部品を供給

大型の風力発電設備を構成する約1万点の部品のうち、中小企業が生産している部品は多い。取引

¹¹⁵ ロータの回転数を風速に応じた最適値に制御する方法。定格風速以下の風速領域においては、風エネルギーから最大のパワーを獲得するように回転数を制御し、定格風速以上の風速領域においては、風のエネルギーの流入を調節しながら定格出力に維持する制御方式。

¹¹⁶ 電力会社の配電線網(系統)に発電設備などをつなぐことを系統連系という。

形態は航空機産業と似ている。中国や欧州から調達する標準規格品もあれば、技術・価格でコンペを行い調達するもの、個々に委託契約を結び試作や開発を行うものなど、機器・部品により様々である。

ただし日本では、大型風車を年間百台以上量産しているのは当社だけであるため、裾野の広がりや、まだ長崎風車工場の周辺が多い。当社が直接取引をしている下請けの中小企業は20～30社程度。その中で有名な企業に、増速機(歯車装置)を製造している石橋製作所がある。当初は、当社が当該装置を内製していたが、コスト競争に勝つために、現在は設計のみを社内で行い、部品は外部から調達し、生産は石橋製作所に委託している。さらに石橋製作所の協力企業として、歯車熱処理、軸受け製造等を担当する中小企業が20社ほどある。

他の例としては、大型軸受の製造がある。大型風車1台あたり大型軸受を20個程度使用する。世界の風車を年産約2万台とすると、必要な大型軸受は約40万個になり、自動車向け需要の縮小を補う新市場として期待されている。契約は複数年で行うので、1回の発注個数が数千～数万オーダーになりつつある。大型軸受の量産メーカーは世界でも限られる。日本には、NTN(三重県桑名、石川県羽咋)、ジェイテクト(大阪府国分)、日本精工(神奈川県藤沢)の3社ある。各社の主力工場の周辺には、部品加工を下請する中小企業の産業集積が形成されている。

支柱(タワー:φ3～4m、長さ20～30m)やナセル台板(フレーム)などの大型鉄構品はアジア(中国や韓国)からも調達するが、インバータ、軸受、歯車、発電機などの基幹部品は日本製を用いる。特に、軸受や歯車といったミクロンオーダーの精度が要求される部品は、日本製が優れている。これらの機器は要求する仕様を提示し、それに応じて作ってもらうことになる。当社の機械部門は、風車生産に用いる工作機械を販売しており、工作機械を同部門から提供することもある。また、発注元から求められる精度レベルに応じて、部品毎に外注先部品サプライヤーを変えている。

精度誤差は、荷重や騒音に影響するが、技術の向上で、今や軸受や歯車の音は人の耳では聞き取れない程である。歯車は噛み合うことで本来の力が加わって変形するが、変形後に設計寸法となるように見越して作る。また、表面処理による寸法の変化も予め計算に入れて作製する。このような精密加工部品は新興国ではまだ難しい。新興国で製造される風車は、当社と全く同じ図面であっても、基幹部品に安易に新興国製品を使うと3台に1台は止まってしまうのではないかと懸念されている。

■電力機器の市場は大手向き

風力の大型化と送電網連系の要求の高度化に伴い、インバータ/コンバータの市場は、風力発電自体以上の拡大が見込まれている。

富士電機、日立、東芝の大手が素子を、日立や明電舎等が発電機等、風力発電向けの電力機器の提供に取り組んでいる。

■国内での風車設置に必要な制御機器

日本では、季節風と山岳地形による複雑な風況のため、頻りに風車のピッチ制御やヨー制御を行わなくてはならない。そのため欧州向けに作られた風車を日本に持ってくると、故障で頻りに止まることになり易い。

制御のソフト開発にはノウハウが必要である。長年、風車を作ってきたメーカーにしかできない。風車市場に新規参入する場合、この制御部分が大きな障壁になっている。

■小型風车市況は、国内では伸び悩み。

世界では、小型風車の市場も大型風車につられる形で伸びている。市場規模は数千億円オーダーである。IEA/IEC リエゾン会議¹¹⁷の主導により、品質管理のためのラベリング制度が既に始まっている。

¹¹⁷ 国際エネルギー協会(International Energy Agency)と国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission)の連絡会議

る。

日本でも、さまざまなタイプの小型風車が、中小企業で開発・上市されているが、日本では小型風車の景況はよくなかった。これは余剰電力買取制度において、太陽光発電に比べて小型風力発電の買取価格が著しく低く抑えられていたことが大きい。

国内市場が余り期待できないとして、ゼファー、シンフォニアテクノロジー(旧社名は神鋼電機)、ニッコーなど世界へ進出する戦略をとっている小型風車メーカーも多い。

■メンテナンス市場も拡大

風車のメンテナンスには、風車設置の初期費用の約 3%が毎年必要になる。メンテナンス市場は、年間 1 兆円程度である。例えば、当社が米国に設置した風車 3,000 台につきメンテナンスの人員を約 300 人雇用している。メンテナンス要員は、風力発電メーカーの契約(つまり、メーカーによる保証期間)が終わると、風車のオーナーに雇われる形になる。

(4) 中小企業に期待すること、アドバイス

当社製の風力発電設備では、部品の 70%は日本企業から、30%はアジア・欧米から調達している(アジアと欧米からの調達は、規格標準品が多い)。

以前は単独メーカーへの発注が多かったが、数量増に伴い、複数社に分散発注して安定供給を図っている。

風車機器市場は、自動車市場ほど成熟していないので、参入障壁はそれ程高くなく、中小企業にとってもチャンスである。

中小企業が風車機器市場に参入する場合に重要なのは、何が出来るかを表す実績と、タイミングだろう。タイミングとは、例えば約 3 年に 1 度の風車メーカーの新機種開発のサイクルに合わせてタイミングよく売込みが出来るかどうかということである。

また、当社の資材担当者のコンタクト先を知らないため、商談が始まらない事もあるだろう。現在、生産の一大拠点を長崎から横浜にシフトしており、関

東近郊のサプライヤーを増やしていければと考えており、サプライヤー候補を集めて説明会を開いたりしている。

さらに今後、海外で生産拠点を作る必要がある。そのため、サプライヤーとしては生産したものを売ってくるだけでは駄目で、当社の世界展開の際についてきてくれるかも見極めている。

中国や韓国で造船事業から風車事業に転換した企業例があるが、これは両者の技術のベースが似ているためである。造船事業は、エンジンからスクリューへの歯車を介した動力伝達技術や、巨大な鉄構物の引き回し、防錆塗装など風車事業に転用可能な技術を含んでいる。造船工場の大きさ、設備が、広い仮置きスペースを必要とする風車の製造に向いていたことも要因の一つだろう。

第4章 環境・新エネルギー産業を支える中小企業の技術とビジネスチャンス

前章まででみてきたように、地球温暖化防止に向けて世界的な取り組みが推進されてきたなか、国内的な背景として、東日本大震災以降の電力供給制約等も加わったことで、これまで以上に再生可能エネルギーや省エネルギー促進への期待が高まるとともに、これを後押しする新たな環境技術の開発が強く求められている。こうした技術開発の一端を担っているのは、紛れもなく中小企業であり、今日、その役割がいっそう重要性を増していることは間違いない。

本章では、まず、環境・新エネルギー産業の各分野で実際にみられる中小企業の重要な役割について、前章のインタビュー実例を取り上げて具体的に整理していく。その上で、急速に拡大するこれらの産業に参入した中小企業の成功事例に注目して、共通点やポイントを整理しながら、環境・新エネルギー産業において中小企業が見出すべき新たなビジネスチャンスについて、詳述していくこととする。

1 環境・新エネルギー産業における中小企業の役割と期待

(1) 太陽電池市場における中小企業の役割と期待

太陽電池産業における中小企業が担う重要な役割

- ① 太陽電池生産においては、大企業がセル生産からモジュール化まで一貫して手掛けることが多いが、中小企業も、製造設備や原材料・副資材などの供給元として、重要な役割を果たしている。
- ② 中小企業が供給する製造設備としては、例えば、ウエハのスライスやガラス基板の加工、洗浄、検査工程、モジュール工程のテスト、配線、ラミネート等に用いるものであり、中核的な製造装置は除くが、多様な周辺装置を中小企業が供給している。
- ③ 施工やメンテナンスまで含む太陽光発電システム市場が拡大し、同時に、価格低下によって用途拡大することにより、多様な企業ニーズや用途にきめ細かく対応できる中小企業の強みが、さらに発揮されると考えられる。
- ④ 当産業が成熟していくに従って、モジュールのアッセンブル工程などについて、大手メーカーからのアウトソーシングが拡大する可能性がある。

太陽電池メーカーといえば、著名な大手電機メーカーの名が浮かぶように、大企業の独壇場のような印象がある。確かに、太陽電池生産は、大規模設備による大量生産という装置産業的な色彩が強く、セル生産からモジュール化までの一連の工程が直結しており、一貫した連続作業を通してつくられていく(図表 4-1)。つまり、中小企業が切削・プレス・表面処理等の加工を施した部品群を、完成品メーカー(アッセ

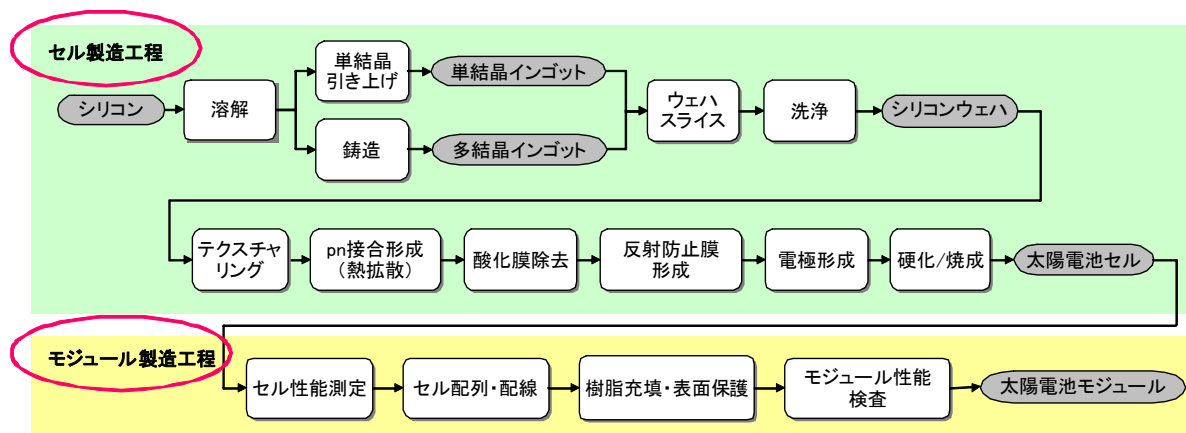
ンブラー)が最終製品に組み上げるといった構造ではないのである。現実には、セル¹¹⁸メーカーについては、資本力のあるシャープ、京セラ、昭和シェルといった大手企業を中心であることから、一見して、中小企業の関与が薄いイメージを持って不自然ではない。

しかしながら、太陽電池産業は、大手の完成品メーカーのほかに、原材料の供給メーカー、副資材メーカー、製造装置メーカー、システム周辺機器メーカーといった多くのプレーヤーが関連するという裾野の広い一面も持っている(図表 4-2)。そのなかでは、実は、中小企業も重要な役割を担っており、その存在感は決して小さくない。

実際に、太陽電池産業に関連する国内企業の一例を、中小企業を中心にみてみよう(図表 4-3)。同表の従業員数の欄をみればわかるとおり、中堅・中小企業が大きな存在感を示している。特に、太陽電池産業において、中小企業が重要な役割を果たしているのは、太陽電池メーカーの周囲を固める製造装置、原材料・副資材分野である。製造装置の中でも、セル生産のコアとなる PVD や CVD 装置等ではなく、その周辺の装置を供給している中小企業が多い。例えば、結晶系太陽電池製造ラインにおいては、シリコンウエハのスライスや、洗浄、検査の工程、薄膜系ではガラス基板加工や洗浄の工程、そして結晶系・薄膜系両者に共通するモジュールのテスト、配線、ラミネートの工程等に用いる装置である。本調査のインタビュー先企業では、石井表記、エヌ・ピー・シー¹¹⁹がこれに該当する。

このように、中心的な製造装置以外の周辺装置を主体に中小企業が供給するようになったのには、日本では、大手電池メーカーによる垂直統合型の太陽電池生産が主流であり、そのコアとなる製造装置を

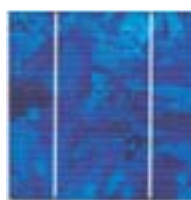
図表 4-1 結晶系シリコン太陽電池の代表的な製造フロー例



太陽電池セル(単結晶シリコン)



同(多結晶シリコン)



(資料)インタビュー結果及び各種資料により作成

118 第 2 章 1(4)参照。日本においては、太陽電池のセルメーカーがセル生産からモジュール化までを一貫して手掛けることが多く、モジュール化のみを事業とする企業は少ない。

119 エヌ・ピー・シーは、本レポート発行時点では、中小企業基本法に定義される企業規模を超えており、中小企業ではなくなっている。

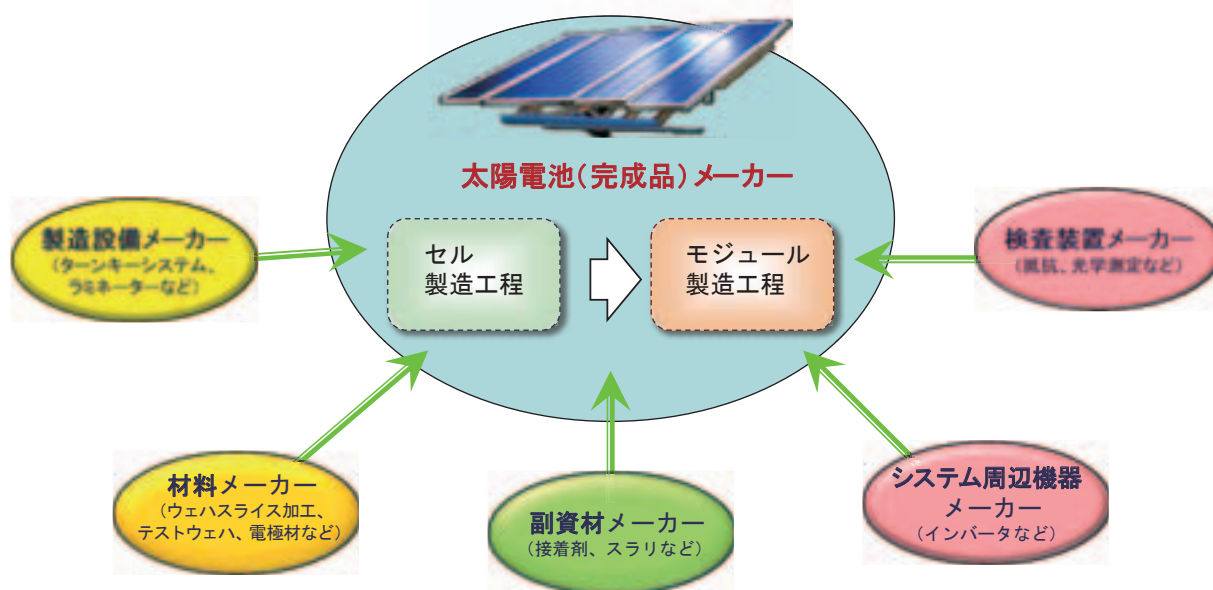
電池メーカー自身で内製する傾向にあったことが背景にある。しかし、近年の急激な市場拡大を受けた欧州・中国等の生産力増強に伴って、生産設備を内製するより、効率的に外部調達しようとするケースが増えてきている。さらに、太陽電池のコストダウンへの要請が強まり、水平分業型の太陽電池生産への移行は今後も進んで行くと考えられる。そのなかで、製造装置を供給する中小メーカーの役割は、太陽電池生産ラインの上流・下流両方向へ対象を広げていくとともに、その重要性も高めていくことが予想される。

原材料・副資材分野においても中小企業が果たす役割は大きい。シリコンやガラス基板といった消費量の多い主材料ではなく、消費量こそ少ないが必須・不可欠なものとして、電極材(導電ペースト)や、シリコンウエハスライス時に用いるエポキシボンド、ウエハ研磨時に用いる SiC スラリといった副資材を中小企業が供給している。

これらの材料は、機能的にも、太陽電池の性能を左右する光電変換効率等に影響を与える重要な部材であり、太陽電池メーカーの生産ラインの個性に応じて、細かなチューニングを行う必要がある。主材料でなくても、セルおよび製造装置との相性を見極める高い摺り合せの技術が必要であり、中小企業のカスタマイズ能力が活きる分野である。インタビュー先企業のなかでは、アドバンテック、ナミックスが、これに該当する。

以上のように、一般的な印象と異なるかもしれないが、中小企業は太陽電池産業の重要な一翼を担っており、しかも当該製品分野において、非常に高いシェアを占めている企業も少なくない。例えば、前出のエヌ・ピー・シーは、モジュール工程の主要装置の一種であるセル自動配線装置と真空ラミネータの分野で、世界シェア 5 割以上を獲得しており、同じく前出のナミックスは、電極剤の供給で世界シェア 10～15%を占めている¹²⁰。本件のインタビュー先企業以外でも、ナプソン株式会社(東京都江東区)のように、太陽電池ウエハの抵抗率測定装置の分野で、日本・韓国・台湾の市場をほぼ独占している例もある。

図表 4-2 太陽電池の生産体制における中小企業を含む各社の役割(イメージ図・再掲)



(資料)インタビュー結果等により作成

120 インタビュー当時の数値。

いずれも、中小企業ならではの専門性を活かして、担当製品分野を深く究めた結果であろう。

このような太陽電池産業の生産体制をイメージ化すると、図表 4-2 のようになる。上述したように、太陽電池生産は、セル生産からモジュール化までの一連の工程が直結しており、完成品メーカーの工場内において一貫した連続作業のなかでつくられていく。そのため、サプライチェーンを通して集約されてきた部品群を、アッセンブラーが組み上げる構造ではなく、工程ごとに外注～加工～納品を繰り返す構造でもない¹²¹。全体を俯瞰すると、一貫生産ラインを自社内に擁している完成品メーカーを中心として、放射線状にサプライチェーンが形成されており、そのサプライチェーンを通して、中小企業等が製造設備・原材料・副資材を供給している構造になっている。次項の風力発電機にみられるような裾野の広いピラミッド型の重層構造ではないが、立場は違えど中小企業が要所で貢献している点は同様である。

また、今日の太陽光発電システム市場の拡大を受け、電池製造に参入する企業が増えており、また、電池パネル価格の低下により、太陽光発電の用途がますます広がりを見せている。その点からも、多様な企業のニーズや広範な用途にきめ細かく対応できる中小企業の強みが、今後さらに発揮されることが期待される。例えば、図表 4-3 に掲載している K 社や T 社は、小型のモジュール製造を強みとしている中小企業である。市場の全般的な拡大とともに、細分化された比較的小規模な案件も増え、こうした中小企業が活躍する場はさらに広がると思われる。

さらには、今後、当該産業が成熟化していくのに伴って、太陽電池の生産体制においても工程分業が進み、モジュールのアッセンブル工程などを手始めとして、従来大手メーカーが内製されていた工程が中小企業にアウトソーシングされる可能性がある¹²²。それらの工程担当として専門性を高めた中小企業の役割は増していくだろう。

¹²¹ ただし、結晶系シリコンにおける「テクスチャリング」や「スクリーン印刷(電極形成)」については、中小企業に委託している例もある。(シャープ(株)インタビュー)

¹²² シャープ(株)インタビューによる。

図表 4-3 太陽電池産業に関連する国内企業の例

| 分類 | 企業名 | 年間売上高 (09年3月期) [百万円] | 従業員数 (連結) [人] | 概要 |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|---|
| セル メーカー | シャープ | 2,847,227 | 22,500 (54,200) | 単結晶、多結晶、a-Si |
| | 京セラ | 1,128,586 | 59,514 | 単結晶、多結晶 |
| | 三洋電機 | 1,770,656 | 9,611 (86,016) | 単結晶、多結晶 |
| | 三菱電機 | 3,665,119 | (106,931) | 多結晶 |
| | カネカ | 449,585 | 3,332 (7,498) | a-Si |
| | 三菱重工 | 3,375,674 | 33,614 | a-Si |
| | 富士電機ホールディングス | 766,637 | — (22,799) | a-Si |
| | ソーラーフロンティア (旧昭和シェルソーラー) | — | — | CIS |
| モジュール メーカー | Y社 | — | 131 | 太陽電池モジュール専業 |
| | N社 | — | — | 太陽電池モジュール製造・販売 |
| | K社 | — | — | 太陽電池モジュール専業 |
| | T社 | — | — | 小型太陽電池機器の開発・製造・輸入・販売 |
| 生産設備 メーカー | I社 | 23,281 | 396 | ウエハ生産のターンキーシステム |
| | N①社 | 9,373 (2008年8月期) | 319 (339) | モジュール生産工程のターンキーシステム |
| | N②社 | — | 384 | モジュール生産工程のターンキーシステム |
| | A①社 | 241,212 (2008年6月期) | 1,811 | 薄膜系セル生産ターンキーシステム |
| | F社 | 36,653 | 174 | 定型凝固システム, 単結晶引上機, ワイヤソー |
| | N③社 | — | 39 | シリコンウエハ検査装置 |
| | E社 | — | 37 | ウェットエッチング装置 |
| | T①社 | 10,277 (2009年6月期) | 216 | 量産試作用プラズマCVD |
| | M社 | — | — | 電極形成用スクリーン印刷機 |
| | B①社 | — | 178 | 太陽電池用ガラス加工機 (切断、研磨、穴あけ、洗浄) |
| | L社 | 3,278 (2010年8月期) | 175 | パネル部材切断用ダイヤモンド工具 |
| | B②社 | — | 35 | インゴット材料特性解析器, 材料特性解析器, 薄膜太陽電池セル光学系検査システム |
| 原材料・ 副資材 メーカー | A②社 | 9,000 (2007年3月期) | 87 | ソーラーグレードシリコンウエハ製造、ウエハリサイクル事業 |
| | N④社 | 1,560 (2008年度) | 455 | 太陽電池電極材の製造・開発 |
| | N⑤社 | — | 70 | ウエハスライス時に使用するエポキシボンドの製造・開発 |
| | S社 | 7,726 | 96 | ウエハスライス用スラリ (SiC) の製造・開発 |

(注1) 売上高、従業員数、事業概要とも2010年3月時点の各社HP上で公開済みの情報による。ただし、記述の便宜上、大手のセルメーカーを除き社名はイニシャル表示とした。

(出所) 各社HPから作成。

(2) 風力発電機市場における中小企業の役割と期待

風力発電機産業における中小企業が担う重要な役割

- ① 風力発電機は、約 1 万点に上る多数の精密な機械部品と電気機器から構成され、関係メーカー間の摺り合わせを経て開発・製造・組み上げられるもので、高付加価値製品としての性格を有する。
- ② 風力発電機の生産体制は、自動車産業に類似したピラミッド型の重層構造を形成しており、中小企業を多く含む構成各社が、部品供給や外注の受託を担当して、これを支えている。
- ③ サプライチェーンの裾野は相当に広く、多様で広範なサプライヤー群にビジネスチャンスをもたらすことから、十分な雇用・経済波及効果を生むことが期待される。
- ④ 今後の市場拡大に伴う大型化・高性能化により、サプライヤーに対しては、さらに高い加工難度や精度への対応が求められるようになると予想される。また、担当したパーツの性能だけにとどまらず、完成品の耐久性や総合的なパフォーマンスを向上させるような技術が競争力を生むことになろう。

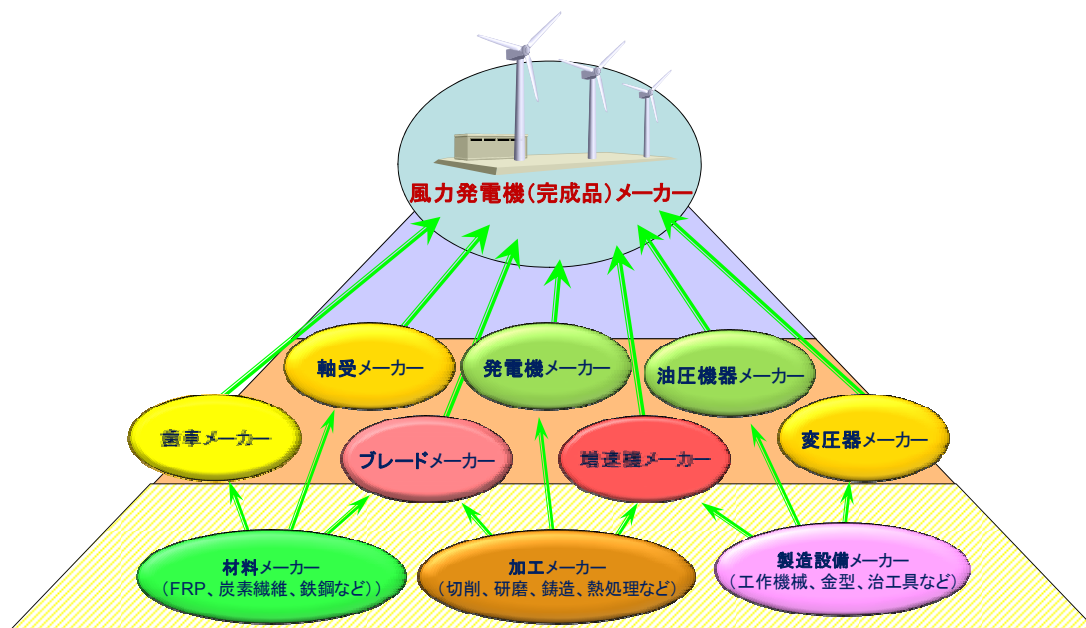
第 2 章で述べたように、風力発電機は、約 1 万点に上る多数の精密な機械部品と電気機器から構成され、完成品メーカー及びサプライヤー等の関係メーカー間の高度な摺り合わせを経て開発・製造・組み上げられるもので、高付加価値製品としての性格を有する。そうした部品点数が多い点や、動力の伝達装置や制御装置、運転監視装置等によって成り立っている点など、代表的な機械工業である自動車産業にも相通ずる部分が多い。そうした特性もあって、風力発電機を生産体制は、自動車産業に類似したピラミッド型の重層構造を形成しており、中小企業を多く含むサプライヤー各社が、部品供給や外注の受託を担当して、これを支えている。

そのなかで、中小企業がすでに活躍している分野は、発電機等の電気部品、軸受・歯車等機械部品等の製造や委託加工である。具体的な企業例としては、インタビュー先企業の中から**三谷製作所**や**オーネックス**、インタビュー先以外にも、石橋製作所、豊興工業等の例が挙げられる。

この分野では、重電・船舶・大型輸送用機器・鉄鋼・航空機等の既存産業での実績を積んできた企業の参入も多く、そこで培った大型部品加工等の技術・ノウハウが応用・活用されている。また、地域によっては、こうした既存産業に係る産業集積が形成されており、企業間で必要な技術の交流も進んでいることから、風力発電機に対しても、効率的な地域内生産体制を構築できる可能性がある。

ただし、風力発電機(特に大型のもの)の生産量についていうと、量産といっても電気製品や自動車の生産量に比べて桁違いに少ないことから、サプライヤーに対しては、少数の部品について高い加工精度で製造することが求められる。このため、生産設備のやり繰りや投資判断に課題を

図表 4-4 風力発電機の生産体制における中小企業を含む各社の役割(イメージ図・再掲)



(資料)インタビュー結果等により作成

含むことにはなるが、半面、小規模市場における専門性を活かしたものづくりで、日本の中小企業が優位性を発揮できるものと考えられる。市場が拡大期にある今、裾野の広い風力発電機の生産体制の一角を占めることによって、市場とともに企業が成長していく可能性を享受できよう。加えて、世界各国の市場が同時期に拡大しているなかで、海外メーカーの日本進出や、日本メーカーの海外市場開拓も急ピッチで進んでいる。例えば、海外メーカーのノックダウン生産のパートナーとなるなど、活躍の場を広げられる可能性もあるかもしれない。

こうした製造・加工工程で用いられる生産設備についても、中小企業によって供給されている機械や工具等も多く、波及効果が期待できる。ただし、風力発電機の生産では、太陽電池生産のような専用もしくは特殊な生産設備を要することはあまりなく、前述のとおり、既存産業で用いていた技術やノウハウとともに、設備も共通している。したがって、従来の工作機械等の需要(特に大型部品加工用の設備等)が相当程度増加するという動きに留まるが、今後、例えば、炭素繊維複合材のような新素材の採用や、製品もしくは工法の技術革新が進んだ場合には、それに対応する新しい設備需要が生じるのが常であるため、特殊技術をベースとした提案力を持つ中小企業にとっては、急速に対象市場が拡大する可能性もある。

以上のように、風力発電機産業では、多様で広範な部品サプライヤーに対して波及効果が期待でき、そこでは、大型かつ高精度な部品の加工能力とともに、まだまだ製品自体が技術進化の途上にあるなかで、柔軟な技術対応力も求められてくる。特に、完成品メーカー側さえも試行錯誤の過程にある未成熟な産業とも言え、だからこそ、中小企業ならではの摺り合わせ能力、コミュニケーション能力、提案能力を通じて、風力発電機自体の新規開発・能力増強・効率化に資することが期待されよう。

一方、現在の風力発電機市場は、発電機を作る製造業のほか、風力発電システムの設置・運営を含めた周辺関連産業として捉えることもできる。この周辺関連産業は、適地調査や環境影響度調査から始まり、建築・土木・電気工事や輸送、メンテナンス、エンジニアリング等も含んだ非製造業であり、さらに広範で直接的な波及効果が期待できる。本稿では、ものづくりを主眼に、風力発電機を含む環境・新エネルギー技術に注目しているため、こうした非製造業への波及効果に多く紙面を割くことはできないが、今後、注目していきたい分野であることは間違いない。

(3) 電気自動車産業における中小企業の役割と期待

電気自動車産業における中小企業が担う重要な役割

- ① 電気自動車（EV）では、当然、従来のエンジン車とは異なる部品・技術が必要となるが、そのサプライチェーン全体の構造としては、これまでどおり、完成車メーカーを頂点としたピラミッド型の重層構造をとることに変わりはない。
- ② サプライチェーンの全体構造は変わらないが、部品サプライヤーは、個々に電気自動車化に対応する必要がある、概ね次の3グループに分かれる。(ア)モーター、バッテリー、インバータ等、新たに必要となる部品のサプライヤー、(イ)ブレーキ、サスペンション、操舵系等、引き続き必要となる部品のサプライヤー、(ウ)エンジン、トランスミッション等、電動化後は不要となる部品のサプライヤー。
- ③ 今後の方向性について、上記(ア)の部品サプライヤーは、既存の電機業界で培った技術を発展させ、自動車特有の高い安全性・厳格な品質管理を実現したうえで、温度要件・振動要件・電圧要件等をクリアする。(イ)のサプライヤーは、電気系情報の収集に努め、電動化によって新たに追加・調整が必要な要素を含めて全体の摺り合わせを図る。(ウ)のサプライヤーは、エンジン部品等の製造で培ってきたコア技術を他方向に発展させ、これまで築いた自動車産業向けの取引経路を閉ざすことなく、他部品製造等にコア技術を展開する。

① 電気自動車化に対応する部品群ごとの3つの方向性

自動車は、極めて多様な部品群から構成されており、その部品点数は2～3万点に及ぶことが知られている。その自動車の生産体制は、完成車メーカーを頂点とするピラミッド型の重層構造となっており、Tier 1、Tier 2、Tier 3と数次にわたるサプライチェーンを形成している。こうした生産体制は、エンジン系、駆動・伝達系、制動・懸架・操舵系等に分かれ、各部品を供給する中小企業を含む多くの部品サプライヤーにより支えられてきた。

このように、多数の関連企業と巨大な市場規模を有する自動車産業においても、環境保護要請は喫緊の課題であり、今日、環境負荷の小さい次世代自動車の開発が急速に進められている。

主な次世代自動車とは、第2章で示したとおり、ハイブリッド車(HEV:Hybrid Energy Vehicle)、プラグイン・ハイブリッド車(PHEV:Plug-in Hybrid Energy Vehicle)、狭義の電気自動車(EV:Electrical Vehicle)が挙げられる。前二者がこれまでのガソリンエンジンの機構を残して新たに電気駆動系の機構が追加されるのに対し、電気自動車(EV)では、従来の内燃機関が不要になり、電気駆動系に取って代わることから、既存の生産体制に少なからぬ影響を与えるであろう。なかでも、エンジンとトランスミッションは、ガソリン車の最も重要な中枢部品と言ってもよく、高度な製造技術を持つ多数のサプライヤーがその生産に従事していたことから、仮にそれが消失した場合、インパクトはかなり大きい。しかしながら、自動車が万単位の部品点数を要する高度な組み立て型製品であることに変わりはなく、自動車の生産体制そのものは、これまでどおり、ピラミッド型の重層構造であり続けるものと考えられる。したがって、それを支える中小企業を含む部品サプライヤーは、引き続き重要な役割を担うものと考えられ、電気自動車の出現後であっても基本的に不可欠な存在であり続けるといえよう。

ただし、サプライチェーンの全体構造は変わらないとはいえ、部品サプライヤーは、個々に電気自動車化に対応する必要がある、その方向性は、概ね次の3分類の部品群によって分けられると考えられる。

- (ア) モーター、バッテリー、インバータ等、新たに必要となる部品のサプライヤー
- (イ) ブレーキ、サスペンション、操舵系等、引き続き必要となる部品のサプライヤー
- (ウ) エンジン、トランスミッション等、電動化後は不要となる部品のサプライヤー

② 部品種類によって分かれる電気自動車化への対応の方向性

(ア) モーター、バッテリー、インバータ等、新たに必要となる部品のサプライヤー

上述したとおり、電気自動車化に進むことによって、新たに電気駆動系の部品群が追加される。典型例として、三相同期モーター、リチウムイオン電池、インバータ、DC-DC コンバーター、充電器等が挙げられるが、その他の電装品・電子部品についても、従来のエンジン車に搭載されるものとは大きく異なる高電圧・大電流を必要とする。こうした部品群を供給する能力は、当然に一朝一夕で身につくものではないため、(ア)群の部品サプライヤーは、やはり、電機業界からの参入組が主力になると考えられる。このことは、当該電機系サプライヤー側から見れば、当社自体が新たに自動車産業の傘の下に入るというより、従来からの納入先であった大手モーターメーカーやバッテリーメーカーが、新たに自動車向けにも供給を始めることになっただけという印象を持つかもしれない。しかしながら、表面上の納品ルートが変わらなくても、最終的に自動車に搭載される製品となると、特に安全性・耐久性の面から電機業界にはない厳しい要求や仕様が求められる可能性は高く、従前のやり方では通用しない面も出てくる。(ア)の部品サプライヤーは、既存の電機業界で培った技術を発展させるとともに、自動車特有の高い安全性・厳格な品質管理を実現したうえで、温度要件・振動要件・電圧要件等という独特の仕様をクリアするよう、付加価値を高めていく必要がある。

ただし、こうした電機系部品について、現時点では、完成車メーカーが大手電機メーカーとの連携の下で開発を進めている最中であり、この段階で中小企業が開発パートナーとして連なる

ことは難しい。今後、現在開発中の技術の太宗が固まり、本格的な量産体制に入る段になれば、中小企業を含めたサプライヤーレイアウトが構築されると予想される。その際には、やはり、高品質・低コスト・安定した生産管理能力・量産後のVA/VE提案力を持つ中小企業への期待は高いだろう。

(イ) ブレーキ、サスペンション、操舵系等、引き続き必要となる部品のサプライヤー

例えば、制動・懸架・操舵系部品を始め、伝達・操縦部品や車体部品については、電気自動車化が進行しても、その必要性が失われることはほとんどない。従来どおり、高い品質性能かつ低コスト化が求められ、その向上に向けて努力を求められることも変わらない。ただし、電気自動車化に伴う技術革新や軽量化によって、新たな対応も必要になる。例えば、高温のエンジンが不要になるため素材の樹脂化が進み、LEDなどの採用もさらに進む。電気自動車ではモーターを利用した回生ブレーキが利くため、ブレーキの性能も変わる可能性がある。自動車は、数多くの部品の全体調和を必要とする製品であることから、この他にも多様な部品分野に影響が及ぶことは、容易に想像される。しかし、自動車部品サプライヤーの多くは、機械系の知見は豊富だが、電気系のそれを強みとしていないケースも多い。こうした状況を認識し、(イ)群の部品サプライヤーは、これまで以上に電気系情報の収集に努め、電動化によって新たに追加・調整が必要な要素を含めて、全体のすり合せを図っていく必要がある。

(ウ) エンジン、トランスミッション等、電動化後は不要となる部品のサプライヤー

言うまでもなく、電気自動車化で不要となる部品の代表例は、ピストンやバルブを始めラジエーターやターボチャージャーも含めたエンジン系部品、給油系部品、エンジン制御装置、スパークプラグ等であるが、この他にも、ガソリン車において重要部品であったトランスミッションが不要となる。これらは、ガソリン車の最も重要な中核部品群であり、高度な製造技術を持つ多数のサプライヤーが、我が国中小企業の強みでもある「摺り合わせ」を通して、その生産を支えてきた。これが全て消失するとしたら、影響は極めて大きい。

ただし、現時点では、電気自動車は未だ開発途上であり、エンジン等の需要が即座に消滅することはない。実際に、ガソリンエンジンの燃費や環境性能向上のための開発も当面続くとみられるし、部品サプライヤーの地位も急激に危うくなることはないだろう。それでも、電気自動車化の流れが進むのは間違いのないところ、(ウ)群のサプライヤーは、現状に安住することなく、ガソリン車が電気自動車に取って代わるまでの時間を有効に活かす必要がある。

エンジン部品等の製造で培ってきた自社の高度なコア技術を他方向に発展させ、これまで実績を積んで築いてきた自動車産業向けの取引経路を閉ざすことなく、他の機械系部品の製造等にコア技術をヨコ展開するのが、最も現実的といえる。

以上のように、電気自動車化への対応の方向性を部品群別にみてきたが、併せて全体を俯瞰してみると、自動車産業そのものにも変化が生じる可能性もある。すなわち、機械系が中心であった自動車産業においては、完成車メーカーが圧倒的技術力を背景に開発・生産をリードするという垂直統合型モデルが強くみられたが、電子・電気系部品が多用されるようになると、完成車メーカー

の知見が及ばない部分も多く出現することにより、各部品分野で独自技術を持ったメーカーが並び立って連携し、相互に技術提案するネットワーク型モデルに近づくのではないかという考え方がある。

こうしたモデルの下では、高度な専門性を持つ中小企業も、研究開発パートナーとして重用される可能性もある。本調査においても、電気分野に強い大和化成や太平洋精工が、大手メーカーと共同研究開発を行いながら業績を伸ばしていた。専門的独自技術を持つ中小企業の地位向上につながる動きとして注目されるが、半面、ベンチャー企業や異業種企業の活躍の場も広がると考えられ、競争環境がこれまで以上に強まる可能性も高い。

2 環境・新エネルギー産業への参入形態とタイミング

- ◆ 環境・新エネルギー産業で活躍している個別企業の参入事情に注目してみると、参入のタイプは大きく分けて、(1)自発的・自立的に参入を狙ったもの、(2)取引先等のリードによるもの、(3)既存市場がシフトしたもの、の3つが考えられる。
- ◆ また、参入のタイミングについてみると、エマージング市場である環境・新エネルギー関連市場の多くは、プロダクト・ライフサイクルでいう導入期若しくは成長期に位置しており、前章で紹介したインタビュー先企業は、例外なくこのいずれかの期において当該成長市場に参入を果たしている。
- ◆ 本項では、これら3つの参入タイプの違いによって、参入の決め手となった事由に何らかの特性がみられるのではないかと、また、プロダクト・ライフサイクルでいう導入期・成長期の違いに応じた参入戦略がそこに絡んでいるのではないかと、という仮説に基づいて、個々の事例企業の参入経緯を分析していく。

一般的に、ある製品種が市場に投入されてから、需要の盛衰を経て、最後にその寿命を終えるまでのサイクルを称して、プロダクト・ライフサイクルと呼び、経過期間ごとに、導入期・成長期・成熟期・衰退期に分類される。①導入期は、当初負担した製品開発費の回収が必要なうえ、市場が未熟なため利益効率がよくない時期、②成長期は、市場が拡大し量産効果が出て利益も急拡大するが、競合他社の後発参入を招く時期、③成熟期は、生産体制や競合状態も安定するが、需給が均衡し市場の成長は鈍化する時期、④衰退期は、需要が減り市場が縮小する時期である。

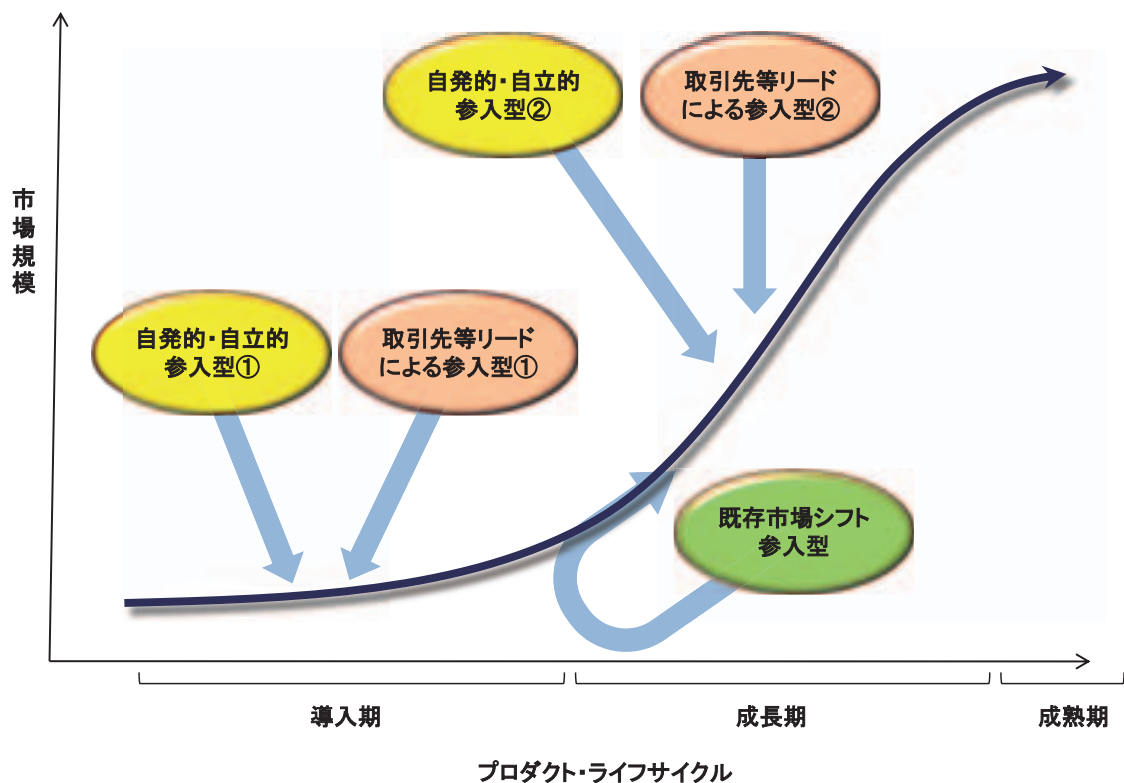
この観点から、本稿の主題である新エネルギー産業に着目し、まずは、太陽光発電の世界市場を例にとると、太陽光発電の存在が認識されるだけに留まっていた 2000 年代初頭までが導入期。ドイツ、スペインで FIT (固定価格買い取り制度) が導入されたのを背景に、市場が急拡大する時期以降が成長期、ということが出来る。日本国内市場においても、2000 年代初頭までが導入期にあたり、その後、家庭用電池の補助金制度に支えられてある程度の市場成長をみせたが、本格的な成長に入る前の 2005 年段階で当該補助金が打ち切られ、市場が縮小してしまった。この間、他国の先行を許したが、その後、世界的な環境保護意識の高まりを受けて、2009 年に補助金が復活し、FIT も導入された。さらに、2011 年には、新エネルギー需要のいっそうの拡大を背景に、国内市場の急拡大が進んでいるところである。2005 年以降の足踏み状態を経て、2009 年から第二次成長期の始まりといえることができる。

太陽電池市場の例をひくまでもなく、今後いっそうの成長が見込まれている環境・新エネルギー関連市場の多くは、プロダクト・ライフサイクルでいう導入期若しくは成長期に位置している。従って、前章で紹介したインタビュー先企業は、例外なくこのいずれかの期において当該成長市場に参入を果たしており、そうした市場の成長段階の違いに応じて、何らかの特徴的な参入戦略をみせている可能性がある。

また、個別企業の参入事情に注目してみると、参入のタイプは大きく分けて、(1)自発的・自立的に参入を狙ったもの、(2)取引先等のリードによるもの、(3)既存市場がシフトしたもの、の3つが考えられる。

本項では、これら3つの参入タイプの違いによって、参入の決め手となった事由に何らかの特性がみられるのではないかと、また、プロダクト・ライフサイクルでいう導入期・成長期の違いに応じた参入戦略がそこに絡んでいるのではないかと、という仮説に基づいて、個々の事例企業の参入経緯を分析していきたい。

図表 4-5 環境・新エネルギー市場の成長段階と参入タイミング(イメージ)



(1) 自発的・自立的に参入を狙ったケース

① 導入期における参入戦略

市場の将来性を見極め、自発的・自立的に参入対象市場に狙いをつけて、市場成長の初期段階から参入活動に着手したケースがある。最初のきっかけは、外部からもたらされることも多いが、それ以降は、積極的に情報を収集し、市場動向を読んで成長可能性を測り、自らの戦略をもって新市場に展開していくというかたちである。

インタビュー調査先企業から抽出すると、例えば、太陽電池製造装置の**エヌ・ピー・シー**は、もともとは魚などの食品を真空包装する装置のメーカーであった。1994年にそれまで取引のなかった他業界大手企業の複数から、小型真空包装機のオーダーメイド開発を請け負った。製品用途

さえ知らされない発注への対応がきっかけであったが、発注内容や発注元の状況、社会動向から、当社の装置が太陽電池の製造に有用なことを知り、当該市場への本格進出を決定した。取引先等のリード型ではなく、その発注内容等から、新市場の有望性についての“気づき”を得たのである。

1994年当時は、ニューサンシャイン計画(太陽電池等のエネルギー関連研究開発を国家プロジェクトとして進める計画)がスタートしたばかりの時期であった。国内太陽電池メーカーは手作業でモジュール工程を賄っていたが、そのなかの真空ラミネート処理だけは手作業では対応できないため、当社に真空包装装置の発注がきたものだった。当時、国内で食品用の真空包装装置を供給していた競合他社は4~5社あったが、その中から当社に特に引き合いがきた。他社と異なり、カスタム品も供給していたことが決め手になったと考えられる。当初は、技術力で特に優位だったわけでもなかったが、オーダーメイドで特殊な研究開発用機器を提供したことをきっかけにして、太陽電池市場の存在と将来性に気づき、当該市場への参入を決意した。この頃、まだ国内市場が過小だったことから、国内顧客に依存することなく、参入当初から米国市場に進出した点も当社独自の戦略による。その後、太陽電池市場の拡大や同技術の進展を背景にして、当社も事業を拡大し、技術を高度化できたのは、顧客サイドでさえ開発段階という初期の市場に参入し、急速な市場拡大の果実を享受できたことによる。また、早い段階から、未熟な国内市場だけに頼ることなく、積極的に海外に進出したことが功を奏し、現在は世界シェアの5割を占める地位を獲得している。

次に、太陽電池ウエハおよびウエハ製造装置を製造する**石井表記**をみると、上記ケースよりもさらに早い時期(1992年頃)に太陽電池事業への取り組みを開始し、10数年間の研究開発を経て事業化に成功している。もともとは、バブル崩壊による既存事業の業績悪化が、太陽電池産業を含む新分野に挑戦するきっかけとなり、トップの経営判断により、未開拓市場に向けて本腰を入れた開発に着手した。「当時の社長は、当時の常務(現社長)に既存事業の運営を一任したうえで、当時の専務の方には『石井表記らしいものを開発せよ』と命じ、新規事業開発に専念させた。」という。このように、未開拓の新市場に光明を見出そうとする場合には、相当な準備期間をもって資金的・人的な負担を覚悟しなければならず、経営トップの強い意志と、それを実践するための思い切った人員の配置、組織的な研究開発体制の整備が欠かせない。当社では、それができたため、長期的視点での新規市場開拓が可能となったといえる。

参入の意思決定時における市場規模は小さかったが、10数年もの歳月をかけて開発に見通しが立った時期が、折り良く太陽電池市場の成長期初期と重なったことや、技術面で、独自開発の水溶性研磨剤により高い生産性を実現できたこと、加えて、太陽電池用ウエハとその製造設備の両方の製造を併営することから得られる技術優位性などにより、売上全体の3割程度を占める主力事業となった。

さらに、電気自動車用ガスケットを供給する**大和化成**は、それまでの実績から「パッキン(ガスケット)といえば大和化成」と業界で認知されていた。電気自動車との関わりは、2005年に慶應義塾大学等によって開発された電気自動車(エリーカ)のために、1個とりの手作り製品として、同車用ガスケットを納品したのが最初であり、この受注も業界内における当社の評判が背景になった。

小型ガスケットについては、世界で製造される携帯電話の15%に同社製品が採用されるほどのシェアを誇るが、既に小型ガスケットの市場は成熟しつつあり、中国でも大量生産が始まったとい

う。そこで、同社は、電気自動車用大型ガスケット事業に主軸を転換する方針を選んだ。小型ガスケットで実績を積み、実験的な電気自動車開発に部品を供給するなど、電気自動車産業が立ち上がる早い段階から参入を決め、材料メーカーと独自に共同開発を進めるなど取り組んだ結果、大手電池メーカーからの発注内定を受けることができ、新規工場も建設した。

以上3社についてみると、自社が持つ既存の強みを活かせる分野を探索していくなかで、未熟だが成長可能性豊かな市場を見出し、早い段階から参入を決めた点が共通する。**エヌ・ピー・シー**では、真空包装装置の製造において、顧客の個別ニーズに対応できるカスタマイズ能力を有しており、これが異業種顧客からの手探り的な発注を呼び込んだ。その未知の用途分野が、当社が潜在的に望んでいた新規分野に該当するとみるや、早い段階で参入を決定した。加えて、商社出身の経営陣が海外のマーケット開拓力をもっていたことから、国内市場にこだわることなく、海外の太陽電池市場に戦略的に展開することができたのである。また、**石井表記**では、それまでの事業運営で得た卓越した研磨・洗浄技術をベースに、スライス工程が課題となっているウエハ加工分野において、自社技術をもってすれば、その課題を解決し参入できると考え、10年以上にわたる研究開発を実行し、参入を果たした。**大和化成**も、大手材料メーカーとも連携する材料設計力や当社独自の品質管理システムを有し、小型ガスケットにおいて既に業界内の信頼を勝ち得ていた。それが背景になって、実験的な電気自動車開発に関わることになり、電気自動車用大型ガスケットに大きな可能性を見出した。

いずれのケースも、自社の強みを研ぎ澄まし、その用途を探索していくなかで、初期段階の新規市場との出会うきっかけを得て、いち早く本格的な取り組みを開始したことが効果的であった。

一方、これらのケースは、ハイリスク・ハイリターンでもある。成功すれば、急速な需要の拡大、企業の規模・技術両面での急成長が実現できるが、参入対象市場の将来性を見極めを誤ると、自社の技術や販売力に問題がなくとも事業として失敗してしまう。また、主要発注元等から要請を受けての参入などではなく、自社技術主導型の自発的な参入の場合、顧客の具体的な技術ニーズを把握し、販路の見当をつけておくことが求められる。**石井表記**では、「自社は技術プッシュ型の展開であるが、市場需要を把握した上でのプッシュである」と自覚しており、太陽電池用ウエハスライス研磨剤を開発している最中でも、常に市場となる業界の声を確認し、求められる技術であることを確信していたという。

②成長期における参入戦略

市場が成長期に差し掛かる時期での参入は、今後の成長を見込むのが比較的容易である一方、競合他社の参入が相次いだり、先行企業に比べて技術面・営業面でのハンデは大きい。

例えば、**石井表記**は、上述のように参入の意思決定は導入期であるが、10年の研究開発期間を経て実際に参入したのは成長期であった。開発した技術には自信があったものの、それまで取引実績のない業界での販路開拓であったため当初は苦労したという。

前述①のように、市場自体が黎明を迎える時期ならば、顧客(太陽電池メーカー)も製法の構築やサプライヤーレイアウトを模索する動きが盛んであり、**エヌ・ピー・シー**の例のように、発注元からのアプローチもあり得る。また、本格的な成長期に入った後には、顧客が生産能力拡大の

ため、サプライヤーや設備の追加を図ることもある。いずれにも当てはまらない成長期の初期段階では、販路開拓に際して、別の戦略を考える必要がある。実際に、石井表記のケースでは、当初、太陽電池製造設備の供給を想定して事業を推進したが、当社製設備の稼働実績がないことがネックになった。それならば、当該設備を自社で用いて太陽電池の加工事業をしようと、受託加工に着手した。その効果で、技術指導からメンテナンスまで一貫して提供するターンキー型の設備販売ビジネスを展開できるようになった。優れた技術を確立していた当社でさえも、販路開拓においては特別な戦略を必要としていたことがわかる。その甲斐あって、現在では、加工事業と設備供給事業の両方を営むことで、ユーザー目線での技術改良ができる等、当社の強みの一つになっている。

同様に、市場が成長期にあるタイミングで、技術開発を推進しつつ参入した企業として、**アドバンテック**が挙げられる。当社は、シリコンリサイクルや太陽電池ウエハ・セルの解析評価を事業化して2002年以降参入している。当該事業は、太陽電池業界にあってもニッチ市場的色彩が強いが、当社では、太陽電池事業に先立って、半導体製造装置等向けの真空配管部品市場に参入した際にも、同分野が後発小規模企業にも進出余地があるニッチ市場だと見抜いた上で、参入したという経験がある。後発企業でも存立基盤を築くために、そうした市場を見出すとともに、小回りの利く営業や積極的な企画提案を行い、顧客側が抱えている課題の中に次なる事業の芽を見つけている。

ポイント

- ◆ 自発的・自立的に参入を狙ったケースのうち、①導入期における参入では、以下のような事例を見出すことができた。
 - (a) 既存製品のカスタマイズ能力に優れていたことから、過去にない特殊な発注を呼び込み、そこから新規分野の存在を知らせる情報を読み取って、これを契機に、自発的参入活動に着手した事例
 - (b) 経営トップの強い意思決定により、大きな経営資源を投じて、新規分野の開拓を果たした事例
 - (c) 既存製品で業界の信頼を勝ち得ていたことを背景に、新規分野につながる開発プロジェクトへの参加を果たし、以降、既存の飽和市場からの脱却を図って、新規分野に重心を移した事例

- ◆ 同様のケースのうち、②成長期における参入では、以下のような事例を見出すことができた。
 - (a) 先発組との競合上、設備供給の実績がなく受注が獲得できないことから、市場へのアプローチを変えて、当該設備を自ら使った受託加工を足掛りにした事例
 - (b) 既に成長期に入っているため、多くの競合他社が見込まれる市場の本流を狙わず、いまだ未開拓に留まっている周辺のニッチ市場を見出した事例

太陽電池以外でも、アドバンテックが最近着手した、またはこれから着手しようとしている分野には、排水処理の CDM 事業、カーボン・オフセット事業がある。いずれも技術市場としては後発であるが、社外で出会った優れた技術に新しいビジネスモデルと組み合わせることで、事業基盤を確立しようと試みている。

前述したとおり、一般的に、独自事業として成長期市場に新規参入する場合は、先発企業や同時期に参入してくる競合他社と伍して戦う必要があり、投資額も導入期参入の場合に比べ大きくなりがちである。アドバンテックは、太陽電池産業という大括りの市場では成長期に当たるが、個別には導入期にとどまっている分野(例えば、太陽電池関連のシリコンリサイクル市場)を見出し、狙いをつけた例といえる。当社の場合、証券会社勤務経験を持つ創業者社長のマーケティング手腕が活かされたものと考えられる。このように、参入対象市場が既に成長期の段階に進んでいる場合、参入に際して、優れた技術力を売り物にするだけでは不足で、市場情勢を分析した上で特別な戦略が求められるといえよう。

(2) 取引先等のリードにより参入を図ったケース

① 導入期における参入戦略

環境・新エネルギー産業分野の将来性を見込んで、大手メーカー等が新規参入を仕掛けるに際しては、部材メーカーや設備メーカーを巻き込んで実質的な共同開発を試みるケースも少なくない。当初は、対象市場や用途を隠されたまま受注することも多いが、以降、発注元との二人三脚で市場誕生に係るごく早い段階から参入を果たした中小企業のケースがみられる。こうしたケースでは、豊富な情報量や分析力をもって有望市場を見出すのは大企業であり、組織を挙げて市場を育てようとする意思も明確なことから、中小企業にとっては、独自の経営判断によるものより、確度が高く、安定した継続受注を期待することもできる。とはいえ、大手メーカー等のめがねに適い、共同開発のパートナー的存在としてノミネートされるには、かなりの狭き門をパスしなければならない。何が決め手になって声を掛けられるのか、インタビュー先事例企業の足跡をたどってみよう。

まず、本件事例企業のうち、これに該当するケースとしては、太陽電池用電極剤を供給する**ナミックス**の例が挙げられる。当社は、もともとは塗料メーカーであったところ、顧客からの多様な要望に応じてきたなかで、次第に電子部品用の防湿塗料や絶縁塗料などを手掛けるようになり、やがて絶縁ペーストや導電ペーストに発展するなど、中小企業ながら、この種の部材に関する主要メーカーとしての地位を固めてきた。こうした評判を聞きつけたとみられる直接取引実績のない大手メーカーから声が掛かり、特殊な電極剤の開発依頼を受けた。当初は、用途を明かされず要求仕様のみ伝えられて開発を始めたため、不調だった。前述したとおり、新規開発において、こうした発注形態は少なくない。導入期では、大手メーカー自身も太陽電池という新規製品の開発途上にあるため、試行錯誤的な面が大きく、また、競合上、自社の動向を他社に察知させたくないという意向が働くのである。しかし、「材料の配合には、最終的な用途を理解したうえで、削るべき性能は削るというトレードオフの関係があるため、目的がわからないと開発は難しい。」という事

情もあるため、ヒントを聞きだしたり、発注元の研究開発成果も踏まえたりして、最終的に顧客の満足を得ることができた。その結果、この大手メーカーとの独占的取引を10年以上獲得することとなり、その間、発注元の要望に応え続け、独自に材料開発技術を向上させてきた。2007年以降、他の太陽電池メーカーとも取引を開始しているが、国内では特に、各発注元によって求められるスペックが異なることから、ほとんど全て共同開発が必要なオーダーメイドだという。長年、顧客の変動するニーズに対応することで培われた能力が、こうした発注形態でも力を発揮し、また、複数の発注元とそれぞれ共同開発することで、多様な技術が蓄積され、情報もいち早く把握できる。今後、太陽電池産業の中でも、新たな方式(薄膜系、有機系など)や製法が採用される見込みであり、そこで誕生する新市場への対応も、優位に展開できることが期待される。

次の例としては、ハイブリッド自動車や電気自動車用のヒューズ(EVヒューズ)を製造する**太平洋精工**が、トヨタ自動車から開発を要請されたことがきっかけとなり、環境・新エネルギー産業分野に参入したという事例が挙げられる。トヨタ自動車から初代プリウス開発事業への参加を要請された1993年頃、当社はすでに自動車用ヒューズのトップ企業であったが、それまでは、トヨタ自動車との直接の取引はなかった。自動車用ヒューズに高い知見を有する当社にとっても、ガソリン車におけるヒューズとEVヒューズとでは、電圧がまったく違うために、この受注に対しては特別な新規技術開発が必要だったという。直接の参加要請を受けたことについては、「自動車メーカーでは、電気工学系よりも機械工学の技術者が多いため、トヨタのような大会社といえども、ハイブリッド車に要求されるような高電圧に関しては、どう扱えばよいか不明な点が多かった。当社としても、この開発がどのくらい大変なものになるのか着手するまでわからず、開発当初は初めて経験することばかりだった。」という。ヒューズのエキスパートとして高い評価を得ていた当社だからこそ、有能なサプライヤーを探索中だった大メーカーの目にとまったのだろう。

さらに、電気自動車用高速充電器を供給する**ハセテック**のケースでは、産業用電源機器で積み上げた実績に東京電力が着目し、共同開発の声が掛かったことで、環境・新エネルギー産業に参入することとなった。他にも同業で実績ある大手企業はあったが、当時、電気自動車はまだ先の見えない分野であったため、大手企業が取り組むには躊躇もあり、結果、フットワークの軽い中小企業の当社に声がかかったと考えられる。そうした不確実性の高いオファーではあったが、東電とのパイプができることは魅力的でもあり、また、自社の技術者に新しい分野に挑戦させ、モチベーションを高めさせたいと考え、参加を決めたという。ある程度以上の市場規模が見込めないと参入しにくい大手同業他社と異なり、たとえ小規模な市場に留まるとしても、それなりに事業を維持できる中小企業の身軽さが決め手になったといえよう。

以上の各事例のように、取引先等のリードにより新規市場に参入した場合、当然、当該取引先等との受発注が中心となるが、上記事例のナミックスや太平洋精工では、その後、当該取引先等以外の顧客も開拓することができた。ただし、当該取引先等との共同開発の成果が現行事業のベースになっている場合には、知財に係る権利関係の交渉が必要であり、ナミックスの例では、共同開発部分のロイヤルティを支払うことも考慮のうえ、他の顧客開拓を進めたという。そうした多少の制約はあるものの、力のある取引先等のリードを受けて、環境・新エネルギー産業などの新規分

野に参入する形態は、成功確率や事後の安定性の面からもやはり相当に魅力的である。取引先等のオファーを「呼び込む力」と、当初からその期待を裏切らない成果を出し続けていくことの両方がカギになろう。

ポイント

- ◆ 取引先等のリードにより参入を果たしたケースのうち、①導入期における参入では、以下のような事例を見出すことができた。
 - (a) 取引実績のない大手企業から、用途不詳の部材発注を受けたことが共同開発の端緒。畑違いの業界からの発注など多様な要請に応え続けてきたことが評価され、以降10年以上続く取引先のリードを呼び込んだ事例
 - (b) これまでの自動車業界では不足しがちだった電気系の知見を買われ、世界的完成車メーカーから直接、開発依頼が来た事例。既存の自動車業界向け電気部品では、トップレベルのエキスパート企業として、多くの知見を蓄積してきたことが決め手になった。
 - (c) 見通しが不透明な新規市場に対して大手同業他社が躊躇するなか、中小企業ならではの身軽さを活かして、巨大企業が進める共同開発案件への参加を決めた事例

- ◆ 同様のケースのうち、②成長期における参入では、以下のような事例を見出すことができた。
 - (a) 重厚長大産業用部品を供給していた中小企業に、商社経由で風力発電機用部品供給の打診が来た事例。生産能力の大幅増強が条件だったが、新たに設備投資を行い、受注を獲得した。
 - (b) 市場拡大に合せた製品性能の向上を図るため、中小企業が開発した新技術に目をつけた大手企業から、新規分野に導く発注が来た事例。

②成長期における参入戦略

市場が成長期に入って以降、取引先等のリードにより、中小企業が環境・新エネルギー産業に参入する場合には、2通りのケースが考えられる。1つは、取引先等の大企業自体が後発組であって、成長市場への後追い参入を実行するため、サプライヤーたる中小企業を伴うようなケース。他方は、既に導入期から新規市場を形成してきた取引先等の大企業が、さらなる生産拡大のためサプライヤーを追加・補強しようとするなかで、力のある中小企業を探索し声を掛けるようなケースである。例えば、薄膜系・有機系等の新タイプの太陽電池や洋上風力発電などの開発が現在進行形であるように、技術革新の只中にある環境・新エネルギー産業においては、その分野

で強みを発揮できる後発組大企業が参入を試みる例も相次いでおり、前者のケースで大企業と行動を共にする中小企業に、参入のチャンスが巡ってくる可能性も少なくない。他方、現在主流のタイプの太陽電池や風力発電機の供給を行っている主要メーカーが、さらなる生産力増強・性能向上のため、新たなサプライヤーを追加するケースの方は、より起こり得る機会であると考えられる。実際に、本件インタビュー先企業においても、そうした事例が多くみられた。

例えば、熱処理に強みを持つ**オーネックス**は、以前から造船分野の主要発注元である大手重工メーカーが風力発電機製造に参入するのに伴い、その部品の熱処理を受注するようになった。長い間、性質やサイズが近似している他分野部品の加工を通して、確かな実績と信頼を積み重ねてきた結果、新規分野でも円滑に受注できたと考えられる。このように、大手メーカーといえども新規分野に参入する際には、それなりのリスクを負いつつ踏み出すことになるので、これまでの実績から信頼の厚いサプライヤーに声掛けするのは、自然なことといえる。

同じく、風力発電機部品を供給する**三谷製作所**も、もともと船舶用などの重厚長大系部品の加工を得意としており、緊急加工や多品種加工への対応力を強みとしていた。2007年、風力発電機部品のサプライヤーを求めていた大手重工メーカーに向けて、大型金属部品を供給するという件で、商社から声をかけられた。その商社とはそれまでも取引実績があり、当社の設備と技術力を評価した上での引き合いであったが、「将来大幅な拡大が見込まれる生産計画を満たすこと」という条件がついていた。そのためには、当社も設備増強投資を行う必要があったが、悩んだ結果、工場の増設に踏み切ったという。

このように、既に成長軌道にある市場への誘いとなるため、直後から大きな商売が期待できるが、同時に、技術や品質管理はもちろん、物量的に大きな供給力や設備負担を求められることになる。

また、エコキュートの熱交換器部品を供給する**西山製作所**は、取引先の商社から大手電機メーカーを紹介された。今後ますます普及が進むであろう省エネシステム「エコキュート」の効率改善のため、大手電機メーカーは、新技術の導入を図っていた。そこで、当社の伝熱管を知り、これを高く評価し採用に至った。これも、市場の拡大と相まって製品性能の向上ニーズが高まり、サプライヤーの持つ新技術が求められたケースである。

さらに、省エネ効果の高い全熱交換器を供給する**西部技研**の例が挙げられる。当社がまだ面状ヒーター等を生産していた頃、全熱交換器市場にはまだ海外製品しかなく、日本製品の登場が待たれていた。そんな時期に、別件で付き合いのある企業から、今後成長が見込まれる全熱交換機を供給できないかと引き合いがあった。当社は、約2年の期間をかけ、全熱交換機部材を独自開発し、市場に供給して、今日の高いシェアを獲得するに至った。

以上のような事例をみると、取引先等の生産拡大に伴って相当量の供給力を求められたり、製品性能の向上のために新機軸の技術を求められたり、というように、取引先等の前向きな要望に応えられる中小企業側の強みが鍵になるといえる。特に、多数かつ多様な部品で構成される風力発電機等については、産業の拡大に伴ってピラミッド型の部品供給体制の裾野が広がっていくことから、今後、こうした参入形態が増加していくものと考えられる。

また、受動的に声掛けを待つだけでなく、自社の持つ技術や生産能力の中から、環境・新エネルギー産業に活かされるとみられる自社の強みを見極め、対外的に売り込む必要もある。実際に、事例企業においても、西山製作所では、「もっと展示会等でアピールする必要があると考えている。」とし、ナミックスでも「海外の学会での発表や展示会への出展にも積極的に参加していくことで、顧客獲得につながることもある。」と指摘するなど、商社や展示会を通じてアピールすることの効用を挙げている例も多い。さらに、発注サイドである大手メーカー（三菱重工業・風力発電機分野）からの聞き取り内容でも「自社で何ができるのかの実績を持って、売り込んできてほしい」という声があった。当然、発注サイドも情報収集に努めているが、すべてを網羅することはできず、サプライヤーからもたらされる有効な提案への期待を示している。

(3) 既存市場がシフトしたケース

これは、既存分野向けに製品を供給してきた中小企業において、自社技術等の汎用性が高いこと等により、社会情勢の変化に従って、製品用途や顧客・マーケットが環境・新エネルギー産業方向にシフトしたケースである。

例えば、攪拌機製造の**プライミクス**は、ナノオーダーレベルの粒子制御が出来る新製品を開発したが、近年もっとも有望な顧客は燃料電池メーカーになっている。

もともと、ほぼ製造業全般を顧客対象とする製品ではあるが、環境・新エネルギー関連の伸びが顕著なため、2006年には、クリーンエネルギー関連に特化した電池デバイス対策部を立ち上げた。現在、その売上げは、全体の約20%を占めている。もちろん、こうした専門部署を設置するなど力を入れた成果でもあるが、リチウムイオン電池・燃料電池をはじめとする電池市場自体が、今後、ますます拡大すると見込まれ、近い将来、全売上げの40%にまで達すると予想している。

続いて、自動車開発・設計の技術者派遣を行う**テクノクラーツ**は、その専門的能力の高さから、自然な流れで、1996年頃に電気自動車のシステム開発等も手がけるようになった。その経緯については、「当時、現在ほどEVやHEVが注目されていたわけでもなく、また市場が伸びるという見通しもなかった。特に、この分野を強くしていくという事業戦略があったわけでもない。設計技術を持つ会社として出来る仕事に何があるのかを考えながら、積極的に受注活動を展開した結果である。EV/HEVの案件がそれほど多くない時期から、他社に先立って実績を積むことができたおかげで、この分野における地域の先端企業として認められるようになった」としている。

こうした事例をみると、典型的には、攪拌機という製品そのものの用途が多様な製造業に必要とされる高い汎用性を持つことから、顧客構成も経済社会の情勢変化を反映し、自然と注目分野である環境・新エネルギー産業に傾斜していくケース。あるいは、自動車開発・設計という個別領域に関して深い専門的能力を持つことから、自動車全体の技術革新である電気自動車開発においても、その能力は不可欠で、自然体でも出番が回ってくるというケースに分けられる。

いわば、前者では、用途の“広さ”が、後者では、専門領域の“深さ”が、環境・新エネルギー産業という新規市場を招来したものである。

3 環境・新エネルギー分野への参入のポイント

現下の環境・新エネルギー意識の高まりは、経済社会情勢の変動を伴う大きな潮流であり、そこに、新たな需要、新たなビジネスチャンスが生まれることは間違いない。例えば、経済産業省の試算によると、2020年の世界の新エネルギー分野の市場規模は、およそ86兆円という巨額なものになることが予想されている。前章までで示したとおり、こうした市場は、決して大企業だけに役割が与えられるものではなく、多様なかたちで中小企業の活躍が期待されている。

本章では、こうして今後新たに生まれるであろうビジネスチャンスを獲得するために、企業戦略上何がポイントになるのか、中小企業がどのような点に留意すべきなのか、これまでの分析を踏まえ、提言していく。

事例から読み取れる6つの示唆

- (1) 既存事業分野で実績を積んできた姿を、環境・新エネルギー分野に挑戦中の有力企業に見出される例が少なくない。一見すると無関係な従来事業分野において、地道に顧客の信頼を積み重ねていくことが、新市場を“呼び込む力”になる。
- (2) 環境・新エネルギー産業は未だ新興市場的な色彩が濃く、大化けする可能性がある半面、先行きは不透明。参入・先行開発投資に際しては、既存中核事業の安定的運営を保ちつつ、複数の事業の柱を並立させる方針が有効。
- (3) 環境・新エネルギー産業が未成熟な分野であるほど、中小企業の持つカスタマイズ能力や、機敏な対応力が活きる。多様で変動しやすいニーズに応える備えが必要。
- (4) 環境・新エネルギー産業は、政策に依存する度合いが大きい。当該分野における政策動向・業界動向に関して、情報面での強みを養う必要あり。
- (5) ニッチで小さい市場ながら当該新エネ産業等には不可欠とされる製品分野市場、いわば“理想的に小さい市場”を見出し、優越的地位を築くポジショニングをめざす。ニッチトップを勝ち取れば、重要な開発情報等は自ずと集まる。
- (6) 環境・新エネルギー産業のもつ好イメージを活かす。従業員のモチベーション向上という対内効果も望める。

(1) 既存事業分野で積み上げた実績や信頼が新市場を呼び込む

環境・新エネルギー産業は、全くの新規分野でありながら、将来的には相当な市場規模に成長することが予想されている。したがって、大手企業といえども、相当程度の経営資源を投入し、相応のリスクを負担する覚悟を要することから、参入に際しては、万全の体制で臨もうとする姿勢がみられる。そうした状況下でサプライヤーを選定するとなれば、やはり、これまでの実績と信頼が重視される。

本件インタビュー先企業の例をみても、既存事業分野で実績を積んできた姿を、環境・新エネルギー分野に挑戦中の有力企業に見出され、それに伴う受注を得た例がみられる。例えば、オーネックスでは、「風力発電向け大型部品の多くは、創業当初から三菱重工業㈱及び㈱石橋製作所から受注してきた船舶向け部品や大型クレーン部品の延長線上にある。当社が風力発電向けの大型部品を受注できたのは、同種・同規模部品の熱処理実績と、当社技術への信頼性による。」とし、また、大和化成では、「これまでの小型ガスケット等の実績により、『パッキンといえば大和化成』と業界で認知されるようになっており、エリーカ(電気自動車)のガスケットを受注できたのもそのおかげである。」と指摘している。三谷製作所でも「他の事業で、この商社との付き合いがあったことから、当該風車向け大型金属部品加工の引き合いが当社にきた。これまでの実績から当社の設備と技術力が、発注元の要求を満たすと判断されたようである。」としている。

もちろん、積極的に環境・新エネルギー分野に狙いをつけて、前へ前へと売り込んでいくことも重要である。ただし、そうした活動もさることながら、一見すると無関係な従来事業分野において、地道に顧客の信頼を積み重ねていくことが、意外に重要な決め手になっており、それが新市場を“呼び込む力”となっているのである。

(2) 急拡大市場では、既存中核事業の安定的運営を保ち、複数の事業の柱を並立する

環境・新エネルギー産業は、技術の進化・市場の成長とも急速で、巨大市場を形成する可能性がある半面、未だ新興市場的な色彩が濃いのも事実。主役の交代も目まぐるしく、自社事業が持つ技術優位性や得意分野が進化の過程で脱落したり、主要な発注元やリード役になっていた主取引先が急に路線を切り替えたり、さらには、過当競争による採算の悪化が進行し撤退を余儀なくされる等の可能性もあって、先行きは不透明な部分も多い。したがって、当該事業のみを一本柱にして依存するのは、いかに有望市場であってもリスクが高いことを認識し、事業間・取引先間でバランスを取り、リスクを低減させる必要がある。

① 複数顧客との取引

経営基盤安定化のためだけでなく、複数顧客との取引は、知識蓄積・情報収集力での面で優位に立つ鍵にもなる。インタビュー先企業について取引先の数に着目すると、業界や製品の特性にもよるが、多くの事例企業が複数顧客との取引を実現している。特に、エヌ・ピー・シーやプライミクス、大和化成等にみられるように、その分野で先行し、高めのシェアを確保している企業においては、多数の顧客から新しい開発依頼や相談が持ち込まれ、技術面でも情報面でもさらに優位性を高めている。実際に、エヌ・ピー・シーでは、「世界中にユーザーがいるため、様々な

情報を集めることができる。この高い情報収集力も装置開発における当社の強みである。」とし、大和化成では、「情報が集まってくるのが、トップランナーの強みと考えている。」と指摘している。

また、ナミックスでは、太陽電池電極材の取引については、当初、同材の共同開発を行った大手電機メーカー1社のみとの独占的取引を続けていた。そうした安定的な継続取引が当社の飛躍の原動力になったのは確かだが、やがて、ライセンス料を支払ってでも複数の企業と取引することが有利と考えるようになり、複数顧客の開拓を図った。同社は、「新規顧客と取引を始めて、業界全体の様子がわかるようになった」とし、現在は、より優位に技術開発を進めることができているという。

もちろん、先述したとおり、複数顧客との取引は、経営基盤の安定化につながる。国内に最終製品メーカーが1社しかない大型風力発電分野において熱処理加工を行うオーネックスは、新しい顧客を開拓するため海外に目を向け、韓国や中国への展開を目指している。同社は、「風力発電分野は有望分野だが、現在の主発注元だけを頼りにしているわけにはいかない。」と考えている。

同じく取引先開拓に関して、テクノクラーツでは、「当社では創業時から取引先の分散に取り組んでいる。技術を磨くことと、営業活動も含めて事業の幅を広げることは特に重視した。EV/HEVへの進出はこの取組みの一環であった」としている。成長が急速で動きの激しい分野であるからこそ、複数顧客との取引を確保しておくことが大事といえる。

② 事業間のバランス

環境・新エネルギー市場で活躍する本件事例企業に対して、自社の事業構成について尋ねると、ほぼすべての企業が「バランスのよい事業構成で展開したい」と回答している。

例えば、石井表記では、「当社全体として、今後も複数の事業分野で着実に業績を上げていきたい」とし、ナミックスでは、「太陽電池分野には期待しており、売上ウェイトも拡大しているところがあるが、太陽電池だけに依存すると危険なので、事業の柱は4~5本でバランスよく展開していきたい」という方針を示している。両者とも太陽電池の有望さは認めているものの、過度の依存には警戒している。また、三谷製作所では、「量産品（風車関連の部品）は生産性が高く魅力的であるが、事業の比率はある程度に抑えるつもりである。量産品の製造と並行して、これまでの事業である多品種少量品の加工も行い、リスクを分散させることが重要だと考えている。」と指摘している。

急速に拡大する新産業特有の性格から、量産効果が高まり、収益への貢献度合いも日々大きくなっていくことが期待できる。ただし、勢い経営資源も多量に投入することになるため、想定外の市場変動を受けるとダメージが大きい。そうした事態に備えて、異なる性格をもつ事業を並行させることが賢明である。取り扱い製品だけでなく、例えば、テクノクラーツでは、「当社では活動分野だけでなく、業務の形態についても幅を広げたい。現在は派遣業が中心だが、今後は受託設計、自社製品製造販売も、派遣と同規模の事業となるよう、成長を目指す。」とし、オーネックスでは、「新ビジネスとして、これらメーカー内工程の熱処理の作業を請け負っていきたい。」と異なる業務形態にもバランス均衡を取り入れる企業もある。

また、半導体を扱って得た知見を電源機器の製造に活かしてノウハウの横展開を行うハセテックなど、複数事業の相乗効果を活かしている事例もあった。

一方で、開拓した新規分野に思い切って重心を移し、「選択と集中」で、経営資源を明確に重点投入する企業もある。食品真空包装装置から太陽電池装置に転換したエヌ・ピー・シー、小型ガasketから大型ガasketに戦略的に舵を切る大和化成などである。旧主力市場の先行きと新市場の将来性を比較検討しての決断といえる。

(3) 未成熟市場ほど、中小企業の持つカスタマイズ能力や、機敏な対応力が活きる

① 顧客とのコミュニケーションで潜在的な顧客ニーズを把握

環境・新エネルギー産業のような未成熟な成長市場であるほど、発注元自身も試行錯誤を繰り返している度合いが大きい。そうした顧客のトライ&エラー的要素を含む発注仕様に応じていくなかで、まだ表に現れていない顧客の潜在的な開発志向や方針を把握し、技術対応力・提案力を向上させ、ノウハウを蓄積していく。

例えば、プライミクスでは、「攪拌の自動化・省力化を目的とする簡単な装置は他社も真似できると思うが、顧客ニーズを踏まえた設計(すりあわせ)による製品開発は他社に真似できない。技術は重要であるが、技術に頼ることは、会社として危ないと考えている。あくまで顧客のニーズにあわせ、顧客満足度を高めることが最重要と考えている。」と指摘する。また、エヌ・ピー・シーでは、「米国にて太陽電池メーカーの様々なニーズに応える形で装置の改良を行い、また他の装置への要望も聞きながら、地道にノウハウを蓄積していった。」としている。参入当初の技術力はさほどでなかったと当社自身が自覚しているが、他社より先行して市場に参入し、多様な顧客ニーズに応じて腕を磨いてきたことで、他社を寄せ付けない地位を確保するに至った。そもそも、当社に太陽電池関連の発注が来たことも、もともと当社の持つカスタマイズ能力・対応力が他業界の発注元に見込まれたからである。

さらに、大和化成では、自社を評して、「どのような材料設計・製造をすれば、顧客の望む特性を実現できるのか、顧客のニーズを材料設計に落として素材メーカーに伝える“コーディネート”が仕事である」と考えている。経営者が顧客窓口から生産現場まで一連の情報を把握しているからこそできることであり、これこそが中小企業の強みである。

② 産業そのものの最先端情報をキャッチアップ

環境・新エネルギー産業は、それ自体が日々急速な技術的進化を遂げていることから、自社の属する分野において最先端の技術情報を把握できれば、市場を見通しリードしていく際に極めて有利になる。プライミクスでは、高度な分析機器を設置したテスト室を設け、顧客との技術的なコミュニケーションを密にすることを重視している。同社では、「顧客の先端的部分でのお付き合いは、信頼を得て営業につながるだけでなく、つかんだニーズを開発に生かすことができる」と指摘し、オーネックスでは、「全ての顧客を社長が訪問し、当社にどのような技術を望んでいるのか確認した」と、経営トップ自ら期待される先端的技術の把握に努めている。

上述のように、高度な分析設備や研究施設を顧客に開放し、技術的相談を持ち込みやすい状況を整えておけば、そうした相談をベースに技術提案力を高めることができる。結果、個々の顧客の満足度が向上するだけでなく、当社の中にノウハウが集まり、蓄積される。なにより、産業そ

のものの最先端情報が自ずと集積する結果になろう。こうした好循環のサイクルを形成できれば理想的で、さらに、業種や規模等それぞれ異質な顧客と幅広く接することで、次なる新分野の芽も見出すことができるのである。

③ 既存業界の大きな構造変化にもいち早く対応する

環境・新エネルギー意識の高まりは、新市場を誕生させるだけでなく、既存業界にもドラステックな変化を余儀なくさせている。例えば、ガソリン自動車から電気自動車にシフトしていくことによって、自動車業界構造は大きく変わり、主力となるプレーヤーも交代を迫られる。サプライヤーの立場からしても、取引先を巡る状況を見極めつつ、複数の取引先を確保するなど、構造変化に対応できる柔軟性を要する。この点について、太平洋精工では、「世界の自動車の業界地図がビッグスリー体制からスモールハンドレッド体制になるのならば、その中から「勝ち馬を見抜くこと」こそ当社が生き残るための必須条件ということになる。」と指摘する。

また、拡大する市場の中では、技術の主導権争いも熾烈である。例えば、太陽電池においては、現時点で、シリコン系・化合物系・有機系などの開発がそれぞれ進んでいるが、最終的にどの技術が勝ち残るか見極めることは、専門家ですえ難しい。こうした技術間の競争は、いずれの環境・新エネルギー分野でもうかがうことができる。従って、各社各様の見極めによっていずれかの分野に全勢力を投入するという選択もあるが、現実的には、どのように展開しても柔軟に対応できるよう備えておく方が賢明である。この点について、ナミックスでは、「どんな方式が新しく現れても、逃がさず対応していくつもりである」と、受け皿を広く保つ方針を明確にしている。他のインタビュー事例でも、新しい電源システムや新しい方式の太陽電池のシェアが高まった際などに、自社の技術がどのように求められるかどうか、早い段階で対応していく姿勢がうかがえた。

以上のように、環境・新エネルギー産業は、個々の顧客のニーズ変化、市場全体の技術進化、既存業界の構造変化など、大きな変化を伴いながら成長している。リスクの大小こそあるが、一般的に、大きく変化する市場には参入しやすく、また成長市場では成功しやすいのは確かである。例えば、ナミックスでは、「こうした拡大市場では後発企業にもチャンスはいくらでもある」と捉えている。

(4) 環境・新エネルギー産業は、政策依存の度合いが大きい。政策動向への注視が必要

第1章でも述べたように、環境・新エネルギー産業の動向は、環境政策によって左右される度合いが大きい。例えば、太陽電池製造装置のエヌ・ピー・シーは、国の「ニューサンシャイン計画」(1993年)により、その後の市場拡大を確信している。実際に、太陽電池市場の動向は、同計画以降も、住宅用太陽光発電への補助金制度や、今日の再生可能エネルギー固定価格買取制度の効果如何によって盛衰が分かれる可能性が大きい。需要面を下支えする各種政策の方向性と制度詳細、供給面から後押しする技術政策に関する情報について、日常から注視していくことが重要である。見方を変えると、環境・新エネルギー産業の多くは政策によって成長が裏づけられているため、一般の産業に比べて市場の展望が読みやすいともいえる。一概に環境・新エネルギー産業と言っても、細分化可能な多くの分野によって構成されているため、拡大しそうな市場の萌芽を

見つけた直後、競合勢力の少ない早い段階で、参入を決意したことが奏功した例も少なくない。

例えば、エヌ・ピー・シーや石井表記は、ニューサンシャイン計画に素早く反応して、早期から太陽電池関連市場に参入を決意した。エヌ・ピー・シーによると、「当時、太陽電池は市場が小さく、商売として成り立たないため、他社は参入してこなかった。当社はその間に時間をかけてこつこつとノウハウを蓄積してきた。」といい、国の計画から勝算を立て、ノウハウ蓄積期間のアドバンテージを有効に活かしたといえる。

こうした政策動向に関連して有効なツールといえば、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)や関連業界団体などが作成し公表している、技術ロードマップや技術戦略マップがある。また、NEDOの支援を得て実施されたプロジェクトについては、その成果が公開されており、最新の技術情報を得られるほか、関与する企業名も知ることができるため、事後、自社技術の売り込み等にも活用できる。その他にも、NEDOでは、家庭用燃料電池分野を拡大させるため、「家庭用燃料電池補機類 共通仕様リスト¹²³」を作成し、公開している。燃料電池において、改質器やセパレータなどコアパーツの製造では大手メーカーに依存するところが大きいものの、ポンプやインバータなどの「補機類」については中小企業の技術が不可欠である。それを前提に、中小企業の参入を促すために同リストが公開されている。電機・電子機器部品、輸送機械部品等をすでに製造している中小企業であれば、何らかの接点や可能性を見出せるかもしれない。

(5) “理想的に小さい市場”で優越的地位(ニッチトップ)を築くポジショニングをめざす

例えば、太陽電池産業における主原料のシリコンやガラス基板のごとく、十分に大きな市場を形成している製商品分野では、大資本による規模の経済性が顕著で、中小企業が立ち入る余地はほとんどない。しかし、電極材や接着剤・研磨剤などの副資材、及び生産ラインの一部を構成する製造設備の分野では、確かな存在感を示しているのは、むしろ中小企業の方である。こうした製商品分野は、その性格上、主原料などに比べ消費量が微量であったり、需要家に調達されるロットがさほど大きくないため、大資本を投入しても割りがわるい市場規模となっている。従って、小回りの効く中小企業の組織サイズに適していることになる。

このように、当該新エネルギー産業が成り立つには必須・不可欠とされる製商品分野でありながら、ニッチ市場的な性格を持つという、中小企業にとって“理想的に小さい市場”が存在し得る。

実際に、ナミックスでは、「封止剤も太陽電池電極剤も、ニッチ市場であることが有利となっている。例えば、一つのチップに使われる封止剤はせいぜい0.数ミリグラムと極少量であるため、世界全体でも30トン(1000~2000億円)程度の市場規模しかない。」と指摘している。そのため、当社は、「10~15トンの生産量で、世界市場の30~35%を占めている。」という。他の事例企業をみても、同様に、「ニッチであるからこそ当社が活躍できている」とする自己評価も多数うかがえた。

また、当初ニッチであった市場が成長するにつれ、大企業が参入を凶ってくるケースもある。そうした場合でも、エヌ・ピー・シーのように、それまで培ったノウハウや中小企業ならではのカスタマイ

¹²³ <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/nenryo/kateiyou.pdf>

ズ能力を生かして優位性を保ち続けている企業がある一方で、別のニッチ分野を狙って事業転換し、常にニッチで勝負していくとする企業もあった。例えば、ナミックスでは、「市場が拡大したら、次のニッチな分野を探す。」とし、ハセテックでは、「当社はこれまで、ニッチな製品を作り、技術力を高めてきた。これからもニッチな分野での事業をやっていきたいと考えている。」と表明している。他方、西部技研のように、市場の規模によって戦略を変える例もある。当社では、ニッチと思われる除湿機市場には、当社が最終製品まで組み上げて供給し、ニッチでない熱交換器市場には、最終製品の供給にはこだわらず、自社の強みのあるユニット部分だけに専念し、それを完成品メーカーに供給している。自社ブランドで完成品を出すのも魅力的だが、ここは実をとる戦略をとっているのである。

一般的に言って、大所帯を抱える大企業では、中小企業がリードするニッチ市場に参入してきたとしても、細かな市場ニーズのすべては拾えない。従って、平均的ニーズを満たす標準品の供給に留まることが多く、小さい市場でも所帯を十分養っていける中小企業が供給するカスタマイズ品などには到底対応できない。“理想的に小さい市場”で中小企業が牙城を築ける所以がそこにある。そのため、あえて事業規模を大きくしないという方針をとる経営者も少なからず存在する。例えば、ナミックスでは、「社長の目の届く適正規模を保ちながら、複数のニッチ分野でバランスよくリードしていきたい。」とし、大和化成では、「堅実で小回りの効く経営を推進していく。」としている。

以上のような、ニッチトップのポジショニングをとる戦略には、もうひとつ非常に大きな利点がある。この点について、ナミックスでは、「小さい市場でもリーダー的地位を維持することで、ユーザーによる秘密裏の新規開発情報までが集まり、さらに優位に立てる。」と指摘している。小さいながらも第一人者となれば、潜在顧客からの技術相談は自然と集まってくるのである。

(6) 環境・新エネルギー産業のもつ好イメージを活かす

総じて、環境・新エネルギー産業は、好印象をもって受けとめられる傾向があり、企業のクリーンなイメージ作りにも貢献する。また、従業員のモチベーション向上に資するという効果もある。例えば、製造業であるなら、一般的に「いいものを安く作り、顧客に喜ばれる」ということも大事な要素だが、環境・新エネルギーに関連する製品の場合、「自分たちが作ったものが、世の中の役に立っている」と感じさせる効用もある。今回のインタビュー先の製品群は、いわゆる「環境配慮製品」「環境にやさしい製品」などを売り文句として消費者に直接訴え掛ける製品種ではなかったが、例えば、再生可能エネルギー用の部品や製造装置であっても、その意義を従業員に浸透させる意識形成は有効であろう。例えば、アドバンテックでは、社会の動向を鑑み「環境&クリーンエネルギー」の事業戦略を打ち出し、太陽電池事業やカーボン・オフセット事業を前面に押し立てている。また、公的支援を活用する際には、環境問題解決に貢献することをアピールすることで、利用可能な支援メニューが広がることもある。

【参考文献】

- 上田悦紀「風力発電の産業効果」電機 2009 年 7 月号, p.9-15
- 環境大臣斉藤鉄夫「緑の経済と社会の変革(概要版)」(平成 21 年 4 月 20 日)
- 環境省「平成 19 年度 環境にやさしい企業行動調査」2008
- 環境省「平成 20 年度 環境にやさしい企業行動調査」2009
- 環境省「平成 21 年度 環境にやさしい企業行動調査」2010
- 環境省「環境白書平成 14 年版」2002 年.
- 環境省「「環境・エネルギー」産業発掘戦略」2002 年 12 月
- 環境省環境対応車普及方策検討会「2020 年における環境対応車普及等による自動車関連の CO2 削減見通しについて」(2009 年 12 月)
- 金融財政事情研究会「第 11 次業種別審査事典(第 5 巻)機械器具」2008 年 1 月
- 経済産業省「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」(2008 年 3 月 5 日)
- 経済産業省「雇用創出企業」2010
- 経済産業省次世代自動車戦略研究会自動車全体戦略ワーキンググループ第一回資料 5-1「自動車産業を巡る現状と課題」(2009 年 11 月)
- 公害防止事業団「公害防止事業団 25 年誌」1991 年
- 是松康「風力発電装置」日本機械学会誌 112 巻 1085 号、2009 年, p.278-281
- (独)産業技術総合研究所ホームページ「さまざまな太陽電池」(参照 2010 年 3 月)
- 資源エネルギー庁「家庭用燃料電池補機類 共通仕様リスト」(2005 年 12 月)
- (社)次世代自動車振興センターホームページ「電気自動車等保有・生産・販売台数統計」(2009 年 11 月)
- (社)次世代自動車振興センターホームページ「補助金情報」
- (社)自動車技術会自動車技術ハンドブック編集委員会「“電動車両”自動車技術ハンドブック環境・安全編」(2008 年 1 月)
- (社)自動車販売協会連合会ホームページ「新車乗用車販売台数ランキング」(2010 年 1 月)
- (財)新エネルギー財団「風力発電に関する Q&A 集」(平成 21 年 1 月)
- 中央環境審議会総合政策部会(第 52 回平成 21 年 11 月 27 日)参考資料 3「25%削減達成に向けて」
- 中小企業金融公庫「産業廃棄物処理とリサイクルビジネスにおける中小企業の動向」中小公庫レポート 97-5, 1997 年 8 月
- 中小企業金融公庫「環境問題が中小企業に与える影響とその対応策」中小公庫レポート 98-7, 1999 年 3 月
- 中小企業金融公庫「大手メーカーのグリーン調達が中小メーカーへ与える影響とその対応策」中小公庫レポート 2001-2, 2002 年 1 月
- 中小企業金融公庫「中小企業のエコビジネスチャンス」中小公庫レポート 2004-2, 2005 年 2 月
- 中小企業庁「中小企業白書昭和 45 年版」1971 年
- 中小企業庁「中小企業白書昭和 47 年版」1972 年
- 中小企業庁「中小企業白書昭和 49 年版」1974 年
- 中小企業庁「中小企業白書平成 9 年版」1997 年
- 中小企業庁「中小企業白書 2001 年版」2001 年

中小企業庁「中小企業白書 2009 年版」2009 年
中小企業庁「キラリと光るモノ作り小規模企業」部門選定企業一覧 2009
寺尾忠能“第 8 章 日本の産業政策と産業公害”「開発と環境－アジア「新成長圏」の課題」小島麗逸, 藤崎成
昭編 アジア経済研究所 1994 年, p. 265-348
東京都中小企業振興公社中小企業情報センター課「中小企業における環境マネジメントシステムに関する実
態調査」1999 年
日経エレクトロニクス、日経 Automotive Technology、日経ものづくり、日経マイクロデバイス「次世代電池 2010」
日経 BP 社(2009 年 11 月)
(社)日本経済団体連合会「ものづくり中小企業のイノベーションと現場力の強化」(2007)
(社)日本産業機械工業会「平成 20 年度 環境装置の生産実績」(参照 2009-12-20)
(社)日本風力発電協会ホームページ「会員リスト一覧表」(2008 年 12 月)
(社)日本風力発電協会ホームページ「世界の風力発電機メーカー」(2009 年 6 月)
林達彦「“部品メーカーも HEV/EV シフト”」日経 Automotive Technology Vol.14(2009 年 9 月)
(株)堀場製作所ホームページ(2010 年 3 月)
三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「企業の環境対応調査に関する報告書(エコレポート)」2003,2004,2005
村沢義久「電気自動車が生み出すニュービジネス:「燃やさない文明」と電気自動車の役割」協創マッチングフォー
ラム資料(2009 年 9 月)
森本雅之「電気自動車」森北出版、東京(2009 年 7 月)
EPIA「Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013」(2009)
IEA-PVPS「TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS」(2006,2009)
IMF ホームページ Primary Commodity Prices 2009 年 12 月
JPEA 太陽光発電協会ホームページ(2010 年 3 月)
Global Wind Energy Council, The Global Wind 2008 Report (2009)
NEDO ホームページ「日本における風力発電設備・導入実績」(2009 年 7 月)
NEDO ホームページ(2010 年 3 月)
NEDO「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)」(2009 年 6 月)
NEDO「風力発電導入ガイドブック(2008 年 2 月改訂第 9 版)」(2008 年 2 月)

本調査は、日本政策金融公庫 総合研究所と、日本政策金融公庫から委託を受けた株式会社三菱UFJリサーチ&コンサルティングが共同で実施したものである。

日本公庫総研レポート No.2011-7

発行日 2012年3月27日

発行者 日本政策金融公庫 総合研究所

〒100-0004

東京都千代田区大手町1-8-2

電話 (03) 3270-1269

(禁無断転載)