

学位論文の要旨

論文題目：資源の動向に影響される部材企業の事業戦略に関する研究

－ 透明電極部材関連企業に焦点を当てて －

広島大学大学院総合科学研究科

総合科学専攻

学生番号：D124255

氏名 花本恵嗣

論文の要旨

本論文では、近年我が国のエレクトロニクス産業が新興国の後塵を拝し苦しんでいる状況の中、特長のある製品と事業戦略で競争優位を維持している部材企業もある事に着目し、その競争優位企業はどのような特長のある事業戦略を有しているのか、我が国の代表的産業である太陽電池部材産業と液晶パネル業界に関する企業の事業戦略について分析を行った。また、これらの産業に無くてはならない材料である透明電極に必要なインジウム資源の今後の動向を見極めること、さらにインジウムを使わない代替材料の開発状況についても調査を行った。本研究は、これらの調査結果をもとに、今後透明電極材料を扱った部材企業が持続的に優位な事業展開を行うためには、どのような新しい戦略が必要なのかを明らかにすることを目的としている。

論文を構成する各章の内容は以下のようなものである。

第1章では、これまで日本の製造業を支えてきたエレクトロニクス産業が置かれている現状を整理し、新たな企業戦略の必要性についてまとめた。特に、太陽電池や液晶パネルに使用される透明電極に焦点を当て、透明電極の原理や材料について概観した。また、透明電極の材料として必要なインジウムについて、資源の観点から、部材企業が競争優位な事業展開を行う上での問題点について整理した。

第2章では、研究対象となる太陽電池部材業界と液晶パネル業界の産業構造とサプライチェーンを整理し、太陽電池の発電原理・最近の技術動向を調査解析した。太陽電池関連企業の中からカテゴリー別に代表的な企業を選別して45社に絞り込み、業務内容と決算状況を5年間にわたり調査した。さらにそれぞれの企業の関連部門の売り上げ、営業利益率、総資産利益率をまとめ、グラフにプロットして各企業の業績傾向を分析し、競争優位グループと競争劣位グループを分類した。次に企業の事業戦略の共通点を整理して競争優位な企業の戦略の特長をまとめた。その結果次の4項目が戦略として重要であることが明らかとなった。すなわち、①差別化戦略、②標準化戦略、③知財戦略、④囲い込み戦略である。本研究ではこの4戦略の有効性を検証する為に、事業システムの概念を用いて競争優位な企業と競争劣位な企業の事業システムとしての評価を行った。競争優位な企業はこの事業システムの実行度が高く、競争劣位な企業との差が明確になり、4戦略の有効性

が確認できた。次にこれらの競争優位企業が実施している国際標準化戦略の実施方法について調査し国際標準化（デファクトスタンダード）のプロセスを明確にした。

第3章では、透明電極材料としてのインジウム資源の部材企業への影響を検討した。現在の透明電極の主材料であるインジウムは生産国が偏重しており、生産国の政策等による価格変動が大きく透明電極材料としては不安定な要素が多い。本章ではこのインジウム資源の需給バランスとインジウム資源の供給に影響を与える政治情勢と資源ポテンシャルの関係について考察した。透明電極の主材料としては主にITOが用いられている。このITOは酸化インジウムに酸化スズを添加した材料であり、可視光透過性、電気伝導性に優れ、透明導電膜として幅広く用いられている。インジウムは近年、生産国である中国が環境問題や政治的背景から輸出を大幅に規制し、一時、インジウム粉末価格が高騰し14～15万円/kg(2007)となった。現在ではTVパネル需要の安定化とリサイクル技術の進展で6～7万円/kg(2012)と戻している。インジウムは亜鉛精錬の煙灰、残渣からカドミウム、錫、ガリウム等とともに分離される。インジウム資源として最も重要な鉱石は、亜鉛精錬の副産物として回収される閃亜鉛鉱に随伴するZn-In硫化鉱や含インジウム閃亜鉛鉱などである。枯渇が危惧されているインジウムであるが需要の90%は透明電極用ITOターゲット用途である。インジウム資源の供給限界を見積もるとインジウムの埋蔵量を亜鉛の埋蔵量及び各鉱床のインジウム含有率から計算して、約3万トンである。近年中国もインジウムの需要増に対応して生産を拡大しようとしたが、環境破壊につながるカドミウム公害を起こし、増産が出来なくなった。需要の増えるインジウムであるが工程リサイクルは進んでおり、中国以外の産出国での生産が採算に乗るようになれば1次地金の供給不安が和らぐ可能性はある。世界の有望なインジウム資源鉱床は、カナダ、ロシア、ポルトガル、豪州などの火山性塊状硫化鉱床である。それに次ぐインジウム鉱床は、中国やペルーのスカルン型鉱床や熱水性交代鉱床である。いずれも中国で環境汚染を犠牲にした生産が出来なくなった時、採算ベースに乗ってくるものと予想される。

第4章では、我が国の部材産業に必要な透明電極についての資源動向と代替材料の開発状況についての調査を行った。最近太平洋においてレアアース泥の存在が明らかとなったが、このレアアース泥からの採掘の可能性について調べた。また、供給の不安定なインジウムの代替透明電極の開発動向についての調査を行った。新規材料としてはカーボンナノチューブやグラフェンの研究が進み、研究室レベルではインジウムと同等の機能を持つ材料が開発されている。金属系では酸化亜鉛系の研究が進んでおり実用化に近いと考えられる。その他で、筆者らが実用化試験中の銅メッシュ電極がある。銅は透明ではないものの3～5μmの極細エッチングとスパッタリングによる薄膜と窒化銅による黒化処理により、不可視化が可能となり実用化も近い。

また、ITO の場合通常ガラスにスパッタリング成膜した後、結晶化のために 200° C 前後の熱が必要であるが、銅メッシュの場合は結晶化が不要で熱をかけなくともよい。したがって、従来不可能であった耐熱温度の低いプラスチックフィルムへの加工が可能になり、軽量化と薄肉化が図れるフィルム透明電極が安価に製造可能となった。

第 5 章ではまとめとして資源動向を踏まえた競争優位な事業戦略を提言した。

競争優位の源泉となる事業戦略を構築させる 4 つの戦略について第 2 章で述べたが、資源・材料の需給状況によっては戦略が異なるため、短期的事業戦略と長期的事業戦略に分けて提言した。短期戦略としては、現在透明電極として主に使用されているインジウムが新たな亜鉛鋳床の開発や中国国内の環境問題などにより、中国以外で生産が採算的に可能となり、中国が今までの様に、輸出規制などで価格コントロールを行うことが出来なくなった場合を想定している。長期戦略としては、まだ研究段階ではあるが、供給不安のない新規代替材料の開発を想定したものである。**短期的事業戦略** (約 5 年間) を策定する上で、現在の透明電極の主用途である液晶 TV、モバイルおよび有機 EL の市場は安定していると想定している。透明電極用材料であるインジウムの需要も増加すると予想している。インジウムの 1 次地金や亜鉛鋳床からの分離は中国からの輸入が依然として多いと予想されるものの、インゴットからの工程リサイクルが 70~80 %を占めるため、新規材料の投入は少なくすむ。従って、インジウムの推定埋蔵量 3 万トンからみれば計算上 50 年近く供給を続けることが可能となる。短期的にみれば現在の保有設備がそのまま使用できるため、インジウム原料を中心とした ITO が主流となると考えられる。供給価格も中国国内需要の増加から、中国一辺倒の状況を脱してリサイクルインゴットなどは韓国からの輸入が増加しており、当面供給は安定するものと考えられる。関連部材企業の材料戦略としては、現行の ITO を継続しながら、差別化のための低コスト材料による新しい透明電極の開発を推進することが重要となる。短期的にみた新材料としては金属系透明電極である酸化亜鉛がある。また、筆者らが開発している極細銅メッシュも透過率 (透明性) では 90 %以上であり ITO に比べなんら遜色はない。これらの材料を透明電極として完成させて部材としての差別化を図り、標準化戦略を推進することにより競争優位な事業展開も可能となる。

長期的事業戦略 (5 年以上) としてはインジウムがいずれ枯渇するか、もしくは環境問題から生産コストが上昇し採算に乗らなくなる事を想定している。また、透明電極の用途が使用されるシステムの変化により性能を満たさない状況が起こる事も考えられる。そのような場合にはより高性能で安価な透明電極が必要となる。このような材料として現在開発・研究されているカーボンナノチューブ、グラフェンおよび、銀ナノワイヤーなどがある。これらが量産化されるにはまだ少し時間を要するが、次世代の透明電極として注目しておく必要がある。部材企業が差別化技術として応用する場合、目標とする製品構成に最も適した材料はどれなのかを選択して他社に先駆けて自社の製品にうまく囲い込み、競争優位なくみを作ることが重要である。

長期的な戦略を立てる場合は、その時代のテクノロジーがどこまで進化しているかの見直しが必要なことはもちろん、急激なマーケットの変化に追従出来る柔軟な企業体質が求められる。今後、我が国の部材企業が世界市場の中で競争優位を持続するためには①差別化戦略 ②標準化戦略 ③知財戦略 ④囲い込み戦略の4項目の事業戦略を実施し、これらの要素が相互に強く、深く、関係づけられていれば、日本の部材産業も引き続き世界市場において競争優位な事業展開が可能と考える。