

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

No. 408

フラットパネルディスプレイ産業における
日本から台湾への技術移転
—液晶の成功とプラズマの失敗—

蘇 世庭

東京大学大学院経済学研究科

新宅 純二郎

2012年5月

 **MONOZUKURI** 東京大学ものづくり経営研究センター
MMRC Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

Technology Transfer in Flat Panel Manufacturing from Japan to Taiwan: Success in LCD and Failure in PDP

Shih-Ting Su and Junjiro Shintaku

Abstract

Technology introduction from leading countries is a key to success for firms in catch-up countries. Taiwanese firms that were late comers in flat panel industry introduced manufacturing technologies from Japanese firms. Technology transfer failed in PDP (Plasma Display Panel) while successful in LCD (Liquid Crystal Display). The reason of this contrast is analyzed through the case study on the failure case in PDP. We propose the fit between technology characteristics and the organizational mode of technology transfer. In case of PDP, direct investment or M&A would be more adequate than licensing contract because the PDP manufacturing include much tacit knowledge.

Key words: PDP, LCD, Taiwan, Technology Transfer

フラットパネルディスプレイ産業における日本から台湾への技術移転

—液晶の成功とプラズマの失敗—¹

蘇 世庭 新宅 純二郎

1. はじめに

技術は企業の競争優位を決定する重要な要素である。後発国企業が先進国企業にキャッチアップするためには、何らかの形で先進国から技術を導入し、学習する必要がある。後発国が先進国から技術を獲得する手法として、リバース・エンジニアリング、クロスライセンス、合弁企業の設立、生産受託、設備・材料メーカーからのノウハウ取得、先進国からの技術者採用、企業買収や資本参加、自主技術開発体制の構築などが挙げられる。しかし、いかなる手法で技術を導入したにせよ、導入した技術を吸収・消化しなければ、自分のものにはならない（曹・尹 2005）。欧米や日本の企業に追随してキャッチアップに成功した台湾や韓国の企業は、技術導入とその吸収に成功した例である。

本章では、フラットパネルディスプレイ産業における日本から台湾への技術移転の事例を取り上げて分析する。第6章では台湾の TFT 型液晶パネル（以下、TFT-LCD と省略）産業を取り上げて、その順調な発展について説明した。しかし、同じくフラット・ディスプレイで類似した製品にも関わらず、台湾のプラズマ・ディスプレイ・パネル（以下、PDP と省略）産業は苦戦し、うまく立ち上がらなかった。なぜ、TFT-LCD と PDP で技術導入の成果に明確な差が生まれたのであろうか。本章では、PDP の失敗事例を詳細に取り上げ、TFT-LCD と PDP の成功失敗の差を対比させて分析する。

先行研究や二次資料によれば、90年代から TFT-LCD と PDP において、台湾企業は独自に研究開発を行っていた。しかし、その成果は実験室レベルの試作ラインにとどまり、量産規模のラインを自力で立ち上げる水準までは至っていなかった。台湾での TFT-LCD、PDP の量産に関しては、両分野ともに、日本企業から量産技術を導入し、装置、材料の供給を多く依存してきた。台湾のフラットパネルディスプレイ産業の発展において、日本企業との協力関係はきわめて重要であり、日本企業との間でライセンスング、ジョイントベンチャー、企業買収、直接投資などさまざまな形態が観察される（表 7-1）。

TFT-LCD では、1999年に台湾で初めての量産ラインが稼動した。当時わずか2%しかなかった台湾企業の TFT-LCD 液晶パネルの世界生産シェアは、その後急激に拡大し、2004年には世界でトップシェアとなる約40%を獲得した。一方、PDPの量産においては、日

¹ 本稿は蘇世庭の東京大学大学院経済学研究科修士論文（蘇，2008）に加筆修正を加えたものである。

本から稼働実績のある生産ラインをそのまま台湾に移設し、2003年から稼働し始めたが、液晶のように立ち上がらず、失敗に終わった。

表 7-1. フラットパネルディスプレイ産業における日本と台湾企業の協力関係

台湾側 技術受入側	日本側 技術供与元	契約に基づき建設完了したライン	提携契約	量産開始	技術提携内容
CPT	三菱電機	TFT 第3世代 PDP 試作ライン	1999年 1997年	1999年 2002年	ターンキ方式 装置転売
Hannstar	東芝	TFT 第3世代	1998年	2000年	ターンキ方式
	日立		2003年		IPS 広視野技術 CF、ドライバーIC 開発 TV 用パネル共同開発
Acer	日本 IBM	TFT3.5 世代	1998年	1999年	技術供与 ライセンス
	富士通		1999年		MVA 広視野技術供与
Unipac	松下電器	TFT3.5 世代	1998年	1999年	技術供与 ライセンス
CMO		TFT3.5 世代		1999年	自主技術
	富士通		1999年		MVA 広視野技術供与
	日本 IBM		2001年		企業買収
QDI	シャープ	TFT3.5 世代	1999年	2001年	技術供与 ライセンス シャープが 9% 株式所有
Formosa	FHP	PDP 第1世代	2002年	2003年	合弁会社

出所：交流協会編（2005）「アジアのフラットパネルディスプレイ産業」『交流協会』、pp33-34に基づき、
筆者が加筆。注：Acer と Unipac は 2001 年 9 月に合併し AUO（友達光電）となっている。CMO（奇
美電子）の自主技術の源は ITRI のプロジェクトで研究開発した製造技術と日本からのコンサルティング、
台湾競合他社から移籍したエンジニアなど。QDI は 2006 年 4 月、AUO に吸収合併された。

2. 技術移転の研究

技術移転の成否に影響を与える要因のひとつとしては、受け手側企業の吸収能力があげられる。吸収能力 (Absorptive capacity) とは、企業が新しい情報価値を認識し、その情報を消化し、さらにその情報を商業目的に利用する能力である (Cohen & Levinthal, 1990)。組織が外部から新しい情報を消化して活用するために、事前の関連知識が必要とされる。組織の吸収能力は外部環境との直接的なインターフェースだけに頼るのではなく、企業のサブユニット内、または部門間での知識移転にも依存している。

技術移転のうち特に近年注目されるものの一つに、先進国企業と後発国企業との間での技術移転がある。この場合、ある産業で先行する国の企業が高い技術力を、一方で後発国企業は低コスト労働力などの補完的資源を供給する。その結果、先進国企業は技術を製品競争力に結びつけることができ、一方で後発国企業は技術を獲得することが出来るという互恵的な結果が得られるのである。しかし、後発国企業にとっては、いったん獲得した技術を独自に維持・発展できるかという問題がある。ひとたび技術提携を行えば、後発の利益として先行者よりもずっと少ない時間と労力で一気に多くの技術を学ぶことが出来るが、過去における経験の蓄積が無いために、獲得した技術がきちんと根付かなかつたり、獲得した水準から発展させることが難しかったりする (Lieberman and Montgomery, 1988)。

後発国のキャッチアップ工業化を分析した末廣(2000)は、生産技術とは、モノを作り出す技術と定義し、その内容を3つに分類して分析した。第一に、「製品技術」 (products technology) とは製品の「性能」と、構造や強度などで示される製品の「機能」の2つを商品化するための設計、開発技術を指す。第二に、「生産技術」 (production technology) とは、設計図に従い製品を作り出す加工・組み立て技術、オペレーション技術を指す。第三に、「製造技術」とは設備機械を直接扱う技術ではなく、製品の品質や生産の効率性を向上させるために、生産設備、原材料、部品、ヒト、情報の組み合わせを工夫したり、生産の手順・段取り改善したりするノウハウを指す。いわゆる職場での生産管理技術 (production management know-how) がこれに該当する。

フラットパネルの生産技術は、その大部分が設備に依存しており、日本企業との提携などによって、生産技術そのものは、かなりの程度移転していった。技術移転を考える際に、見落としがちなのは、製造技術である。必要な製造技術が十分に移転されなかつたり、移転先企業での吸収能力が不十分だつたりすると、競争力のある生産ができない。製造技術が不十分であると、歩留まりが上がらないとか、品質のばらつきが大きいといった問題が起きる。

また、曹・尹(2005) は、吸収段階、模倣段階、改良段階、革新段階という発展段階モデルを用いて、韓国の三星電子の技術能力構築プロセスを説明した。彼らによると、技術学習の過程は連続的かつ累積的であるという特徴を持っているので、その過程をどこかで区分して段階ごとの特徴を議に論ずるのは決して容易ではない。しかし、技術学習の過程には、3~4段階が存在しており、各段階の間には、一種の「断絶」と「飛躍」が存在して

いるという。この「断絶」を超える「飛躍」によって技術学習の勝者と敗者がきまる。途上国の多くの企業が技術学習の途中で挫折してしまうのは、こうした「断絶」を乗り越えるのに失敗したからであると彼らは主張している。

台湾の TFT-LCD 産業の発展に関して、その生成期については、赤羽（2004）が日本企業や台湾政府の役割を明快に分析している。台湾 TFT-LCD 産業が主に日本企業からの技術移転に基づいて勃興したことを確認したうえで、日本企業が TFT-LCD の生産技術を移転した理由とともに、日本企業の継続的なコミットメントがどのように台湾 TFT-LCD 産業の進化に貢献したのかを分析している。また、その一方で、台湾政府の役割を検証し、基本的に副次的な役割しか果たしてこなかったことをその理由も含めて明示した。

台湾液晶産業の発展史を包括的にまとめた研究として、王（2003）が代表的である。この研究は台湾液晶関連企業の設立からの経緯が詳細に記述されており、関連政策事項や川上産業の発展概況も説明している。また、台湾液晶関連企業のキーパーソンへのヒアリングを実施し、統計データや新聞報道では得られない貴重な事実が豊富に整理されている。台湾液晶産業は日本企業への依存度が高く、国際競争力を高めるためには台湾企業内部で自力開発を強化するべきと指摘されている。

技術移転の方法に関する研究では、李（2004）がある。TFT-LCD 製造に関する複雑な知識をうまく分割し、モジュール化にして移転するほうが効率的であることを説明し、知識輸出側と受け入れ側の文化差異、パートナー関係、知識の類型がモジュール化知識移転の統合に影響及ぼすことを指摘した。

第 6 章では、台湾 TFT 液晶産業急成長期の発展における要因と台湾企業の戦略について分析した。台湾液晶メーカーは、日本、韓国液晶企業が生産設備の信頼性を向上させるのを待つことで、わざと一歩遅れで投資し、自社の試行錯誤による調整コストを最小化し、その後から自社の組織能力をフルに展開し、すぐに追いつくことを **Fast Follower** 戦略と呼んでいる。この戦略の活用によって、学習時間が大幅に短縮し、歩留まりを短時間のうちに向上させることができた。

しかし、台湾のフラットパネル産業において、技術供与の数パターンを比較して、日本からの供与の仕方、台湾側の学習の仕方の違いで、その成功と失敗の要因を分析した実証研究がまだ見られていない。台湾企業がいかに技術を吸収・定着・発展させたかについて、本章では探索的な事例分析の方法を用い、日本と台湾における液晶とプラズマの技術移転の事例に基づいて、技術の特性、工程知識の内容、技術供与の方法がどのように学習やキャッチアップに影響したのかを分析したい。分析の対象とした時期は、台湾企業が日本企業から技術移転を受けた 1997 年より 2004 年頃までである。データは公開されている文献・新聞・雑誌・プレス発表などの資料を用い、それに加えフィールドベースの調査に基づいて探索していく。

3. フラットパネルディスプレイ産業概要

フラットパネルディスプレイ（Flat Panel Display）とは、パソコンのモニター管などに代表される陰極線管（Cathode-Ray Tube；CRT）に比べると著しく薄型の電子ディスプレイ・デバイスである。近年最も注目されているフラットパネルディスプレイはTFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display 薄膜トランジスタ液晶ディスプレイ)とPDP(Plasma Display Panel)であり、ほかにも有機EL、発光ダイオード(LED)、フィールドエミッションディスプレイ（FED）などが挙げられる。従来のCRTディスプレイ（ブラウン管）に比べて、フラットパネルディスプレイは画面のゆがみが少なく、奥行きを必要としないメリットを持っているため、省スペース、省エネルギーで大画面のディスプレイを設置する事ができるようになった。しかも軽量であるため、中小型のフラットパネルディスプレイはノートPC、携帯電話、デジタルカメラなど情報機器の重要なデバイスでもあり、市場も拡大し続けている。2004年のフラットパネルディスプレイとCRTの市場規模を統計した資料によれば、台数ベースでCRTはまだ半数を占めるものの、金額ベースではフラットパネルディスプレイが圧倒している。

現在のフラットパネルディスプレイの代表的製品であるTFT-LCDとPDPの発展歴史の概略を見てみよう。液晶の基本原理は19世紀末にヨーロッパで発見され、1960年代にアメリカのRCA社などでディスプレイへの応用を試みが始まり、欧米の大学や企業の研究所を中心に多数の発見と発明が創出された。しかしながら、全世界の液晶の大半を生産していたのは日本企業であった。1970年代から日本企業が歩留まりや製品の信頼性、コストといった生産に関連した問題を改善し、電卓、時計など製品への応用・量産に成功した。1990年代前半は、日本企業が世界シェアは90%を超えていたが、90年代後半から日本企業のシェアは急落していった（新宅・天野 2009、第2章・第4章）。90年代後半以降、後発の韓国、台湾企業の量産体制が整い、現在では10インチ以上の大型TFT-LCDパネル世界シェアの大半を韓国、台湾が占めており、多くの日本企業は中小型TFT-LCDの生産へと特化している。

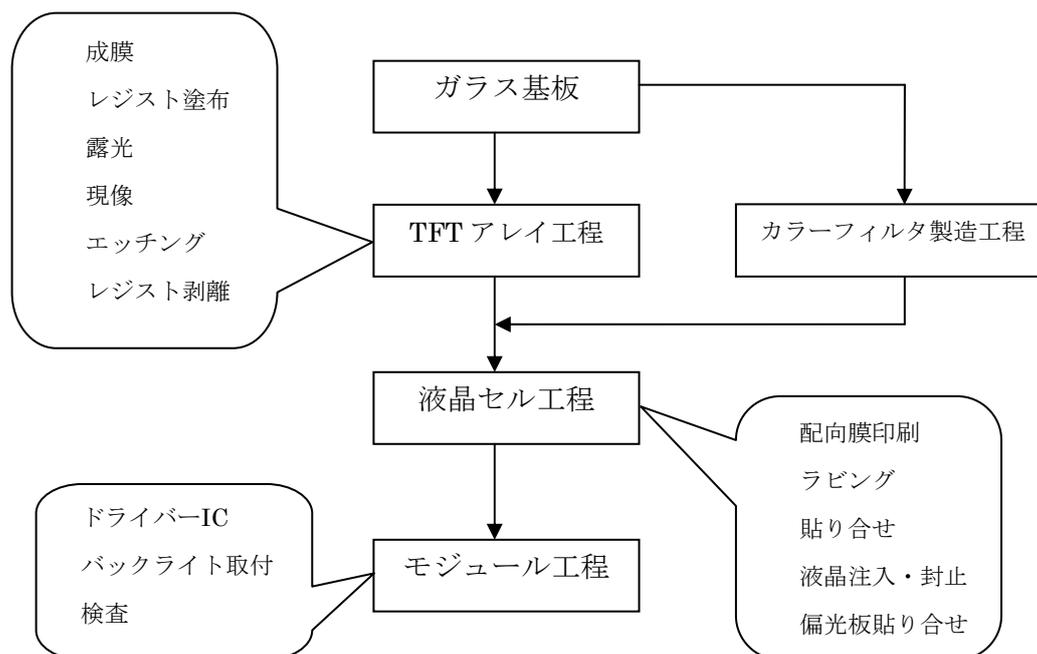
一方、PDPは1964年に米国のイリノイ大学で交流の電気で動作するAC型プラズマの論文が発表され、その2年後に同原理を使った世界初の白黒タイプのPDP作品が完成した。その後、1970年代に富士通が白黒PDPを商品化した。1980年代後半にラップトップPCの市場が成長する際には、PDPと液晶の間で競争が行われた。当時実際に販売された東芝のラップトップPC（J3100）には、赤く光るPDPが用いられた。しかし、低消費電力の面で液晶に勝てず販売中止となった。その後、PDPは駅の券売機や自動改札口用のディスプレイとして使われていた。

1992 年になると、富士通が 21 インチのフルカラー式 PDP を発表した。PDP のフルカラー化と大型化に伴い、30 インチ以上のパネルでは液晶より有利とも見方も多く、1990 年代後半には量産が始まり、薄型の大型テレビ用ディスプレイの主流となり、低消費電力、高輝度、大型、軽量、高画質、といった CRT を超える性能が実現された。現在、世界中で見られる PDP は、そのほとんど日本と韓国で生産されている。

3.1 TFT-LCD パネルの製造工程

TFT-LCD パネルの画面は数百万個の微小な画素から成り立っており、画素の一つ一つにスイッチの役割を担うアクティブ素子として薄膜トランジスタが付けられている。TFT-LCD パネルの製造工程は主に TFT アレイ工程、液晶セル工程、モジュール工程の 3 段階に分かれている。TFT アレイ工程と並行してカラーフィルタの製造も行われている。

図 7-1. TFT-LCD 製造工程



出所：筆者作成

TFT アレイ工程は半導体の製造工程と似ており、シリコンウエハー上に半導体回路を作り込むのと同様に、成膜、フォトリソ、エッチングの工程を繰り返して、ガラス基板上に画素を動かすための電極を作り込む工程である。製造工程はクリーンルームで行われ、高いクリーン度が求められている。先ずガラス基板を超純水でほこりなどを洗浄し、スパッタリング、プラズマ CVD 法、真空蒸着などの方法により金属薄膜を形成する。次に成膜

したガラス基板にフォトレジスト²を塗布し、フォトマスクを介して紫外線を照射し、露光を行ってから現像液にガラス基板を漬けて現像する。残ったレジストの保護膜の下層にある金属膜をガラス基板上に残し、レジストの保護膜がない部分の金属膜をプラズマや薬液を使って取り除くのをエッチングという。そしてパターン上に残ったレジストをプラズマや強アルカリイオンを使って剥離する。このような工程をフォトマスクの数だけ繰り返し、ガラス基板上に透明電極を形成する。

液晶セル工程では、配向膜を塗布し、ガラス基板とカラーフィルタ基板を貼り合せ、液晶材料を注入する工程である。まず液晶分子の向きを揃えるため、数 10nm の PI (ポリイミド) 膜を塗布し配向処理をする。配向処理はラビングと呼ばれ、回転するドラムに毛足の長い布を巻きつけて PI 膜表面を機械的に擦るという作業を行う。その後、TFT アレイ基板と RGB 三原色の層を作り込んだカラーフィルタ基板を貼り合わせるが、2 枚のガラス基板の間隔を一定に保つために、ガラス基板全面にスペーサと呼ばれるビーズを均一に散布する。ガラス基板を貼り合わせる時、接着剤の役割であるシール剤という熱硬化樹脂を塗布して、炉の中で 1~2 時間で焼成する。次に液晶材料を封入する工程である。ガラス基板内を真空にして、毛細現象を使って液晶材料注入する。この方法で 10 インチサイズのガラス基板への液晶材料の注入は 2~3 時間、ものによっては一日以上の時間をかけてゆっくり行われていた³。

モジュール工程では、液晶セル工程で作上げた基板にドライバー IC やバックライトを取り付け、回路、外観、画質などの検査を行い、ディスプレイとして動作する形に組み上げる工程である。手作業による組立が中心となっている。⁴

3.2 台湾液晶企業の技術導入方法と学習パターン

自主開発段階

台湾における TFT-LCD の研究開発は 80 年代半ばから始まっていた。1986 年から台湾の国家研究機関にあたる工業技術研究院 (ITRI) がプロジェクトを起し基礎研究を展開しており、実験室で 3 インチの TFT-LCD パネル製作を試みていた。当時は米国の液晶関連企業で勤めていた台湾人技術者からの液晶パネルの製造技術について指導を受けていた。1990 年からは 10 インチ以上大型パネルの開発プロジェクトも始まっていた。その後、ITRI で開発された技術はその後次々と民間企業へ移転し、半導体の製造装置を援用して小型パネルを製造する企業も現れたが、まだまだ量産に対応できるレベルではなかった。

² フォトレジストは紫外線感光樹脂であり、紫外線に当たると硬化するネガ型と分解するポジ型がある。(岩井、和泉 1995) を参照した。

³ 現在の大型 TFT-LCD では毛細現象を利用した液晶注入の方法を使わず、液晶を滴下して挟み込む方法が一般的に使われ、大幅に時間が短縮された。

⁴ TFT-LCD の製造工程について岩井・和泉 (1995)、若林・大森 (1999)、北原 (2004) を参照した。

日本の液晶パネル企業からの技術移転

TFT-LCD で後発の韓国企業は、1998 年の IMF 通貨危機の影響を受けて資金繰りが悪化したため、パネルを低価格で販売し、一躍市場シェアを拡大した。⁵ ウォン安で部材の仕入れコストが高騰したにもかかわらず、売れ行き的好調はそれすら相殺した。1998 年の通貨危機が大きなきっかけとなり、韓国液晶企業と対抗するため、日本液晶企業はついに台湾企業と手を組むようになった。そして台湾企業が長期間にわたり日本企業へ積極的なアプローチを続けた結果として、ようやく 1997 年、三菱電機と中華映管が TFT-LCD の技術提携契約を交わした。これを機に、東芝、日本 IBM、松下電器やシャープも次々と台湾への技術移転に踏み切った。「IMF 危機がなかったら、台湾は容易にこの産業に参入できなかっただろう」と HannStar の副総経理である楊界雄氏は語っている。⁶ こうして TFT-LCD の量産技術を手に入れた台湾企業は、日本と比べればかなり遅いスタートだったが、急速な追い上げを見せ、市場シェアを着実に拡大してきた。

当時の技術移転に関わっていた台湾企業の関係者へのインタビューによれば⁷、台湾液晶企業は日本企業からの技術導入において、特に問題なく、スムーズに行われていたようであった。技術移転の方法については、日本人エンジニアが台湾の工場に駐在し、ラインが立ち上がるまで一緒に生産現場にべったりついて、据付から試運転までの期間が約半年～1 年かかった。また、台湾人エンジニアを日本企業側へ派遣し、SOP (Standard Operation Process) を習得していた。⁸

また、日本企業から単発的な技術移転を受けたのではなく、その後も継続的に日本からサポートがあった。赤羽 (2004) によれば、技術移転などを通じて外資が該当国の産業発展に深い関与するのは一般的に考えにくい。しかし、台湾 TFT-LCD 産業の発展では、このような想定を反して、日本企業のコミットメントが進化の原動力にもなった。そうしたコミットメントの形態として、次の三つが上げられている。

- ① 上流産業の充実化が主に日本企業によって進められている。幅広い部材の分野で日本企業が台湾へ直接投資、技術移転をしている。特にそうした企業が、各分野を代表するリーディングカンパニーである。⁹
- ② 日本企業が台湾に対する技術移転や生産委託の内容を高度化している。例えば、富士通、日立製作所は台湾における生産拡大に歩調を合わせて、広視野技術である MVA や IPS を相次いで移転した。

⁵ 三星電子は IMF が発生する寸前に新世代のプラントへ投資を行ったため、2000 年以降の生産シェアの確保に大きく影響した。一方、LG は IMF による資金難がきっかけとなり、フィリップスと合併で LG フィリップス LCD を設立した。

⁶ 新宅・許・蘇 (2006) を参照した。

⁷ 2006 年 3 月、AUO 副総経理・技術長 羅方禎氏、CMO 品保総処・協理 国本文亨氏、HannStar 副総経理 楊界雄氏へのインタビュー

⁸ AUO 副総経理・技術長 羅方禎博士氏へのインタビュー。

⁹ 例えば、ガラス基板において旭硝子、板保科技 (日本板硝子と HOYA の合併会社)、カラーフィルタにおいて凸版印刷、偏光板において日東電工が台湾で生産拠点を設置した。

- ③ 日本企業と台湾企業が最先端分野で共同開発を始めている。例えば日本のカラーフィルタメーカーと台湾の液晶パネルメーカーが新世代のカラーフィルタを共同開発している。

1997～98年、台湾企業と日本企業との間で複数の技術提携が見られる。表 7-1 が示しているように、同一時期に同一技術で複数の組み合わせが観察され、日本企業同士がお互いの行動パターンを見て、その影響で台湾企業に技術供与する動機が高まっていったのではないかと考えられる。また、日本企業が技術移転や委託内容を高度化し、それを台湾企業がそつなく消化するので、日本企業にとっての重要性がさらに増すという関係が存在している。こうした好循環が、量産段階における台湾の TFT-LCD 産業を支えている。

日本の液晶装置メーカーからの技術移転

台湾液晶企業は、第 3 世代から参入した。第 3 世代装置による量産は、1995 年にシャープや日本 IBM から始まった。第一世代の装置稼働は 90 年代初頭に立ち上がったが、その後継続的に製造装置の改善が進み、第三世代の装置で現在の TFT-LCD の製造装置の原型がほぼ固まったといわれている。台湾企業は、技術先行国の日本や韓国企業が使用している製造装置を購入して、1999 年に量産体制を築き上げた。既にある程度生産上の問題が解決済みで完成度が高い製造装置を導入したため、短時間でスムーズにラインを立ち上げられたと考えられる。

その際、装置メーカーによって、製造装置と材料、レシピ（稼働条件）とがセットとして技術移転されたということも注目すべきである。たとえば、日本の真空製造装置メーカー A 社は、以下 3 点を自社の強みとしている。

① 装置と材料をセットにして売る方法

スパッタリングと CVD 装置の分野では次のような活動連携を行っている。装置は A 社本体が担当し、材料は A 社の材料子会社から供給し、メンテナンスは A 社のメンテナンス子会社が行い、解析評価に関しては A 社の成膜専門子会社が行う。つまり A 社の装置を選べれば、材料供給、メンテナンス、解析評価までのサービスがセットとなっているので、購入する側は装置と材料をすり合わせする手間が減り、教えられたレシピさえ押さえれば工程の歩留まりも保障されることになる。

② 生産ライン立ち上げ時期から参入できる先行優位

セット供給によってトータル・ソリューション的なコンサルティングサービスを提供する事で、新規ラインを立ち上げるデバイスメーカーにとっては魅力的なベンダーとなる。

② アウトソーシングで客先にパラメーター調整のサービスも行っている

例えば、客先の装置に不具合が発生したとき、各パラメーターを納入当時の状況にリセットして不具合を解決する。また、客先が所有するプロセスノウハウのレベルが違うので、A社が客先に対するコミットメントするレベルも違ってくる。パラメータ調整はデバイスメーカー自身でやるのかそれとも装置メーカーにやってもらうのかについて、この判断基準はどちらが安いかにによる。

このような日本の装置メーカーの戦略によって、その装置を導入した台湾企業は、迅速かつ容易に量産を立ち上げられるようになった。

日本の工場買収を通じた学習パターン

TFT-LCD における日本企業と台湾企業の技術提携について、ほとんどがライセンスングやターンキー・プロジェクトによる手法で行われていたが、そのなかで企業買収を通じて学習を図る台湾企業があった。それは奇美電子（CMO）である。

CMO は国家研究プロジェクトに基づいた独自技術で量産体制を立ち上げてきたが、2001年9月に日本IBMのTFT液晶事業拠点であった野洲工場を買収し、その運営のためにID TECH（International Display Technology）を設立した。¹⁰ CMOが日本IBMの野洲工場を買収した目的は、日本IBMの生産技術よりも、工場管理のノウハウや、顧客との関係を得ることであった。それによって、独自技術が中心であったCMOに、日本IBMの製造技術や生産管理ノウハウが入った。CMOでのヒアリングによれば、当時日本IBMからのサポートは、主にマネジメント（購買、生産、品質管理など）、顧客管理（元日本IBMの客先を紹介）だった。日本IBMから70人程度が、奇美電子のあらゆる部門に配属されていて、経営状態の改善がなされたが、その1年後には、日本IBMのエンジニアは30人にまで減った。筆者らが訪問した2006年時点では、日本IBMのエンジニアは10人程度であった。日本IBM側から来たエンジニアは、最終的にはCMOに転職するか、または日本IBM内の他の部署に異動した。¹¹

3.3 PDPの発展と製造技術

PDP技術発展の略史

¹⁰ この経緯は次の通りである。まず日本IBMと東芝がTFT液晶事業のために折半出資でDTI（ディスプレイ・テクノロジー株式会社）を1989年に設立した。2001年7月にこの合弁は解消されて事業分割された。CMOは分割後の日本IBMのTFT液晶事業を手するのために、新会社を設立した。2005年、CMOは野洲工場をソニーに売却した。

¹¹ 2006年3月、CMO品保総処 協理 国本文亨氏へのインタビュー。

PDP はガス放電を利用した自発光型の薄型ディスプレイであり、CRT に似た映像を表示する事ができる。ガス放電を利用するのに高い消費電力が必要であるが、蛍光体の開発、放電制御技術の開発などにより、目覚しい改良が行われてきた。1966年にイリノイ大学で基本原理が発明され特許出願が行われた。当時はガソリンスタンドのメーターや電車券売機に利用されていた。日本からは日立と富士通が見に行き、導入したのは富士通で、日立は導入しなかった。

1970年に富士通はイリノイ大学特許のライセンス契約を締結した。1970～80年代は対向放電型が主流であったが、面放電への移行をした。1979年にはAC面カラー試作したが、カラー化は困難であった。

80年代～90年代はプラズマ基板技術の確立時期となる。1984年に3電極面放電構造の方式が開発され、放電と蛍光体領域の分離によって製品寿命と安定性を確保した。1988年に反射型構造が開発され、蛍光体を通して表示するという方式で低輝度であったものが高輝度となった。1990年にADS駆動方式の技術が現れ、16.7msを8分割して、256階調が表示可能となった。電源方式の二分化でACとDC型PDPパネルがあった。

1991～2000年の技術発展において、AC型のカラーPDPパネルが業界のドミナント・デザインとなった。1992年にストライプ構造が開発され、構造を単純化することによってセル開光率が向上した。同年、富士通がAC型21インチフルカラーPDPを発表し、輝度と寿命でDC型PDPとの差別化を決定づける。当時は1000台の注文がニューヨーク証券取引所から入った。¹² 1996年に富士通の宮崎工場で42インチVGA(640x480画素)のカラーディスプレイの量産化が実現され、世界初のプラズマディスプレイ工場となった。1998年のALIS方式によって、画素数が一気に向上した。これによって初めてHDTVに対応できた。2000年にTERES駆動方式によりCRT並みの性能を実現した。AC方式の認知、参入企業の増大、TV用途の需要も増加によって、量産工場の建設も始まった。2001年から現在にかけて、PDPで低消費電力、高輝度、大型、軽量、高画質といったCRTを超える性能を実現した。

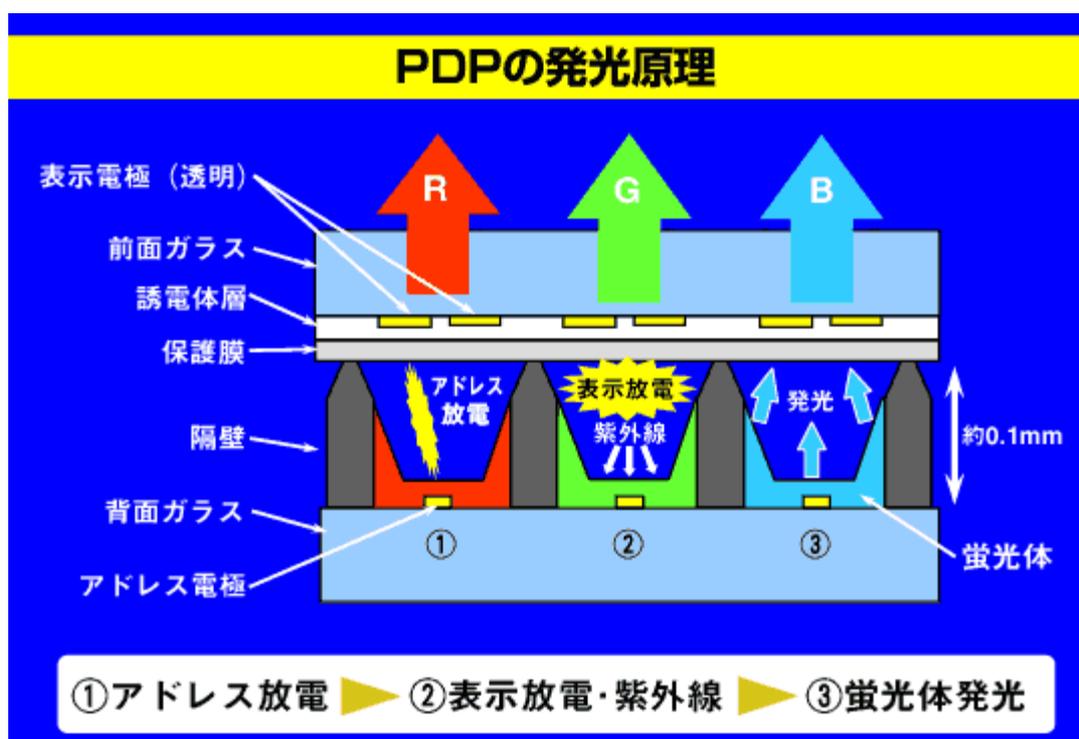
PDPの構造

PDPが映像を表示する原理はいわば「サンドイッチ型の蛍光灯」である。わずか0.1mmの空間を二枚のガラスで挟む構造になっている。前面ガラスには表示電極、バス電極が形成され、背面ガラスにアドレス電極と隔壁が形成されている。隔壁で隔てられた隙間にRGB3原色の蛍光体が塗布され、この蛍光体が混合ガスから発生する紫外線に励起されて映像を表示している。このようにPDPの構造は非常にシンプルであり、大型テレビの量産性に優れている。

¹² 若林秀樹・大森栄作(1999)『フラットパネル最前線』工業調査会と筆者FHPでのヒアリングノートを参照

PDPは、放電空間に密封された混合ガスに電圧をかけて放電現象を起こし、紫外線を発生させ、この紫外線がRGB3原色（赤、緑、青）の蛍光体を刺激し発光する。この3原色のセル1組を1画素と呼び、各色の発光強度を制御することで繊細な色表現を可能にする。このようにPDPは放電現象を利用しているため応答速度が速く、動画映像の表示に適している。

図 7-2. PDP の構造



出所：FHP ホームページから抜粋

PDP の製造工程

PDPの製造工程は大きく3つ分けられる。前面、背面のガラス基板の加工とそれらを重ね合わせてパネルを完成させる工程がある。前面ガラスにはITO(Indium Tin Oxide、酸化インジウムスズ)を使用する透明電極、金属を使用するバス電極を形成し、背面ガラスにはアドレス電極を形成した後各画素を隔てるためにリブ（隔壁）を作り、RGB3色の蛍光体を塗布し、この2枚のガラスを重ね合わせて接着した後、空気を排気し混合ガスを封入するとパネルが完成する。

PDP製造工程の特徴としては焼成する工程が多い。例えば、前面ガラス基板に酸化マグネシウム（MgO）の保護膜を蒸着する工程では600度の高温で焼成する。そのほか、背面

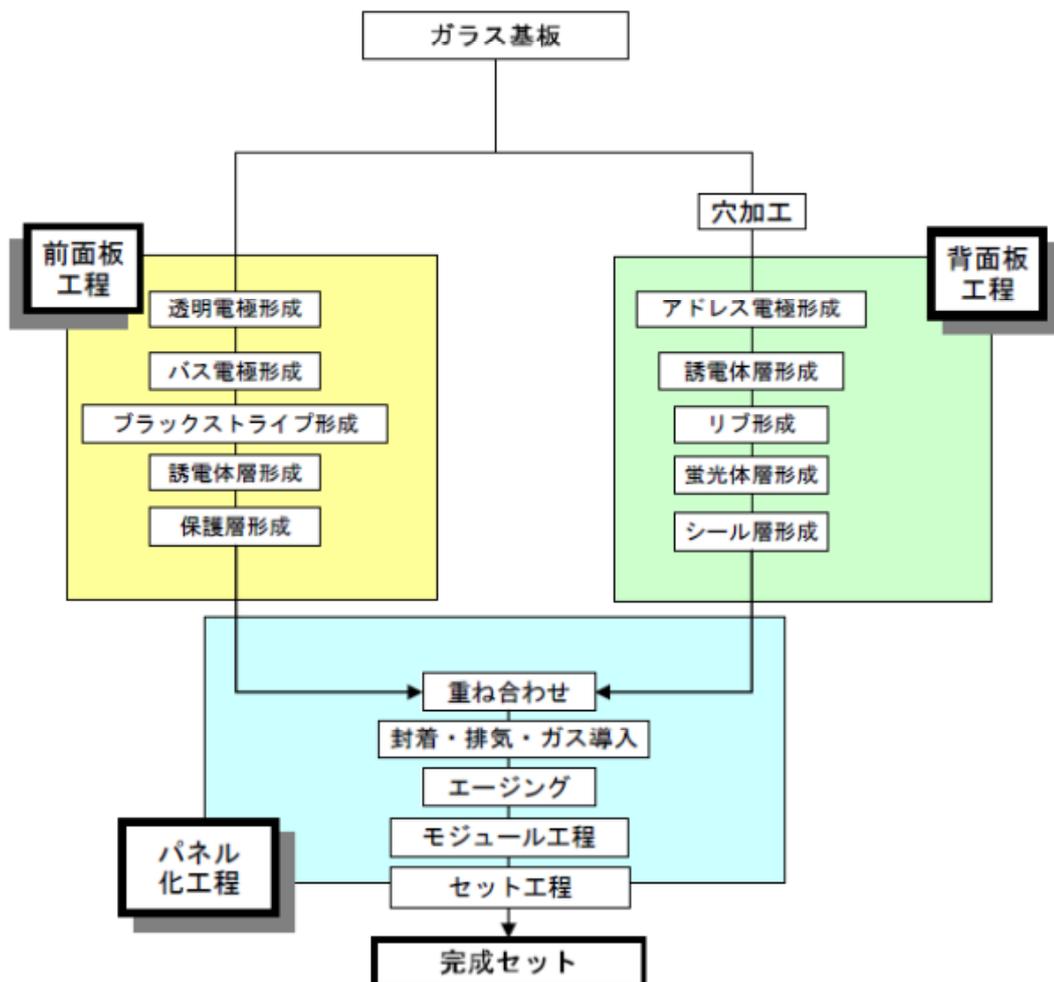
ガラス基板にリブを作るとき、蛍光体、シール形成するとき、前面と背面ガラス基板を貼り合せするときにも高温で焼成する工程がある。このように PDP は焼き物であり、本来は微細加工にむかないローテクな技術が多い。PDP メーカーのエンジニアによると、PDP 技術はハイテクと言うよりローテクなものであるという。¹³

PDP は焼き物なので、ガラス基板は高温によって収縮してしまう。焼成温度とガラス組成の間に大きな依存性がある。ガラス基板の組成はガラスメーカーによって異なるので、どれぐらいガラスが収縮するかを考えながら、稼動条件を調整している。量産初期に PDP ガラス基板のサプライヤーは一社しかなかったため、そのガラス基板にあわせて量産を立ち上げた。そのため、一旦工程をセッティングした後は、PDP メーカー側もガラスへの要求スペックを変える事はできない。例えば、電極形成用のフォトマスクを作った後で、基板ガラスの組成を変える事は大変なリスクが伴う。また、ガラスメーカー側も多くのスペックを作りたくないため、その後参入し PDP 各社はそのガラスメーカーに合わせた。

¹³ FHP 宮崎工場でパネル開発本部・主管技師長、脇谷雅行氏のヒアリングより。

図 7-3. PDP の製造工程

工程概要図



出所：社団法人 電子情報技術産業協会「FPD ガイドブック」

PDP 製造技術の模倣困難性

PDP は作りやすいが模倣し難いといわれている。PDP は TFT-LCD よりも構造、材料が単純で、汎用的な製造法が使える。発光原理から見れば、PDP はアドレス放電によって 3 原色の蛍光体を光らせる自発光型の表示モードに対し、TFT-LCD は受光型の表示モードであり、バックライトから送られた光源をカラーフィルタ、偏光フィルムなどに透過し、TFT アレイ開口を制御する事によって発光させる表示モードとなっている。バックラ

イト、カラーフィルタ、偏光フィルムといった複雑な部材を必要としないため、PDPは構造、材料が比較的単純である。しかし、基本特許は日本メーカーが押さえている上に、材料構成が不明で、製造方法にノウハウが多く存在しているため、模倣が困難である。焼成工程が多い製造工程で使う間接材料は、最終製品に残らないため、リバースエンジニアなど通じてどんな材料を使っていたのかを観察できない。模倣が難しいと考えられる原因は、製造プロセスの条件調整（温度、時間、材料調和）で製品の出来上がりが変わる点である。「材料や装置などは同じモノ使ったとしても、装置の稼働条件に関するノウハウが全然違うので、一貫のラインを購入して作ろうとしても難しい」という。このような点で、稼働条件まで調整してくれる装置メーカーが存在する TFT-LCD とは大きく異なっている。

PDP 工場の方が、投資規模が小さくて済む。例えば、PDP の電極形成に使われるフォトマスクはソーダガラスで作られ、一枚あたりのコストは石英で作られる液晶用フォトマスクより安価である。しかも一括露光を採用しているので、使用されるフォトマスクは一枚で済む。PDP の微細加工のデザインルールは TFT-LCD よりも緩い 30 ミクロン程度である。クリーンルームのレベルもクラス 10,000 程度で、TFT-LCD よりも緩い。そのため、クリーンルームの設置コストも TFT-LCD より少ないと考えられる。

TFT-LCD の製造装置は新しい世代の装置が販売ごとに、前の世代の装置で使用上発生した不具合やその装置における特有なクセを改良しつつ、より完成度の高い装置として販売している。また、韓国、台湾など参入企業の増加によって、似たような装置の需要も増え、日本国内の液晶メーカーだけでなく、国際的な横展開が見られる。しかし、PDP 装置では TFT-LCD のような展開がなく、日本国内の PDP メーカー市場規模も比較的小さい。また、TFT-LCD の場合、パネルメーカーは装置メーカーから工程プロセスを提案されるようになっている。PDP では、装置メーカーからの提案はなく、PDP メーカーがわざとプロセスノウハウを見えないようにしている。メンテナンスを装置メーカーにやらせてしまうと、PDP メーカーのノウハウや考え方がばれてしまうのを防止するためである。

TFT-LCD では、露光やパターンニング、CVD が肝の工程であるが、装置は他社と同じモノを使用している。しかし、PDP メーカーにおいて厚膜工程や蛍光体の印刷、誘電体塗布・焼成、乾燥装置については、PDP パネルだけの技術であって、装置メーカーは工程の前後関係がわからないため、装置メーカーが主導ではない。LCD と PDP 装置メーカーで共通しているのは、成膜メーカー、搬送系メーカー、ウェット洗浄系メーカー、検査装置メーカーなどである。

3.4 台湾における PDP 産業の勃興

台湾における PDP の研究開発は 1995 年から始まっていた。最初は台湾の工業技術研究院 (ITRI) が日本の沖電気から DC-PDP の技術を導入して研究活動を行った。その翌年の

1996年10月、ITRIにいたPDP研究チームメンバーが台湾大手パソコンメーカーのACERへ移籍し、プラズマディスプレイを生産するための子会社 ACER DISPLAY TECHNOLOGY (ADT) を設立した。さらに1999年から、モニター生産大手の中華映管 (CPT) と石油化学メーカー台湾塑膠工業 (FORMOSA Plastic Co.、以下 FORMOSA) はそれぞれ日本の三菱電機とアメリカの Photonics 社から技術を導入し、プラズマディスプレイの生産に参入した。¹⁴ 上述3社のエンジニアたちの努力によって、次々と42インチ SVGA (600x800画素)、50インチ XGA (1024x768画素) などのプラズマパネル生産が開始されたが、生産能力は月産100~600枚の規模で少量生産にとどまっていた¹⁵。

この時期、液晶パネルにおいては台湾企業が量産体制を確立していたのと対照的である。2002年当時はちょうど液晶の量産技術が台湾で定着しつつある時期であって、自ら製造装置のリバース・エンジニアリングや部品の国産化も始まり、順調に液晶パネルの世界シェアを拡大していく時期であった¹⁶。しかし、当時の液晶ガラス基板は比較的小さい第三世代、第四世代のものであり、その用途はノート PC や PC モニターがほとんどで、液晶パネルで大型テレビを製造する技術はまだ普及していなかった。30インチを超える大型で薄型のモニターやテレビの分野では、PDP ディスプレイが CRT を代替する有力な候補技術であった。

そのような状況の中で、2002年、FORMOSA は PDP の先駆的企業であった富士通日立プラズマディスプレイ (FHP) と合弁企業を設立し、日本企業からの技術導入によって台湾における PDP の本格的量産展開を目指した。FHP の日本工場で歩留稼働実績のある PDP の生産ラインが台湾に移設された。しかし、台湾人エンジニアによるオペレーションでは、日本での歩留まりを達成できず、この合弁事業は失敗に終わった。次節では、なぜこの PDP における日本からの技術移転と学習がうまくいかなかったのかを分析することにする。

¹⁴ ITRI IEK 陳茂成 (2002年) 「台湾 PDP 産業之發展瓶頸與挑戰」
<http://www.itri.org.tw/chi/services/ieknews/e0302-B10-01894-72DB-0.doc> を参照した。

¹⁵ ITRI IEK 陳嘉荔 (2002年9月) ITIS 計画 レポート
<http://www.itri.org.tw/chi/services/ieknews/e0302-B10-02185-663E-0.doc> を参照した。2001年9月、ADT は UNIPAC と合併し AUO になった。当時は新竹の本社・液晶工場内の約 3300 m² のクリーンルームで PDP を少量生産していた (月産 2000 台程度)。その後同社は PDP のパイロット生産を中止し、PDP の技術をいっそう磨き上げるために研究開発段階へと戻した。03年の FPD International 展示会で 50型の PDP を出品し、量産目前にしていたが、経営資源を液晶事業に集中するため PDP 事業化については中止を決定した。

¹⁶ 新宅純二郎、許経明、蘇世庭 (2006) 『赤門マネジメント・レビュー5巻8号』を参照。

表7-2. 台湾企業のPDP生産参入状況

メーカー	生産拠点	主要製品	生産能力/月	投資額	製品規格	試作開始時期
ACER	新竹	42" SVGA	100枚		42" SVGA	2001年Q4
					50" WXGA	2002年Q3
CPT	桃園	46" WVGA/XGA		NTD52.8億元	50" XGA	2002年8月
					34" WVGA	
FORMOSA	台北	42" WVGA	600枚	NTD12億元		2001年9月

出所：「工研院経資中心ITIS計画(2002/09)」

注：表に掲載するFORMOSAの生産ラインはFHPから設備を移設する前の試作ラインである。

4. PDPにおける日台合併事業の事例分析

本節では、台湾の石油化学メーカー台湾塑膠工業（FORMOSA Plastic Co.）と日本のプラズマ最大手メーカーであった富士通日立プラズマディスプレイ（FHP）が2002年に設立したPDPの合弁会社「台朔光電（Formosa Plasma Display Corp.；以下FPDCと略）」の事業経過について分析する。本事例は、当時の生産ライン移設に実際かかわったFHPの最高責任者、各工程を担当した人々へのヒアリングをベースにしている¹⁷。当時、製造設備に関しては、FHPの子会社だった九州FHPの一番館と呼ばれる建屋にあった設備をこの合弁会社に売却し、台湾に移設した。日本では高い歩留まりで稼働していた生産ラインが台湾企業に移設した後、当初は日本人エンジニアの指導の下で生産は順調に立ち上がり、歩留まりもある程度まで維持できた。しかし、日本人エンジニアが帰国した後、台湾人エンジニアは自分たちの力で高い歩留まりを維持しようと試みたが、なかなかうまくいかず、稼働率が低いままこの合弁事業は失敗に終わった。2005年に生産は停止し、2007年には合弁契約も解消された。

4.1. FHP社とFORMOSAグループの概要

富士通日立プラズマディスプレイ（FHP）¹⁸

¹⁷ 2007年11月8日、FHP宮崎工場でパネル開発本部・主管技師長の脇谷雅行氏、製造本部製造統括部製造技術部長の中山保彦氏ほか8名へのヒアリングを実施した。

¹⁸ 我々の調査は2007年であったが、その後、FHPは日立の100%保有子会社になり、2008年4月1日付で「日立プラズマディスプレイ株式会社」に名称変更した。さらに同年9月には、2008年度内にPDP生産から撤退すると発表した。パネルはパナソニックから調達し、回路の生産とプラズマテレビセットの組み立て、販売に特化すると発表した。その一方で、宮崎工場の土地・建屋は昭和シェルの子会社である昭和シェルソーラーに、生産設備は中国安徽省合肥市の企業に売却されることになった。生産設備を購入した中国企業のホー

富士通は、「AC型3電極面放電方式」、「ADSサブフィールド駆動方式」、「ストライプ・パネル構造」などの基本技術を発明して特許を取得するとともに、カラーPDPの実用化への道を切り開いてきた。1995年には世界初の42型カラーPDPモジュール「Image Site」を開発し、1996年10月から宮崎県の(株)九州富士通エレクトロニクス宮崎事業所で量産を開始した¹⁹。当時は月産約1万台の生産規模であった。

日立製作所は、ディスプレイの総合メーカーとして、CRTや液晶パネルなどのディスプレイデバイスからPCモニターやカラーテレビなどの応用製品まで、幅広い製品を手掛けてきた。PDPについては、1970年から研究開発を行っており、「擬似輪郭防止方式」などの基本特許を有している。1996年には、新ディスプレイ事業推進センターを発足し、業界初の25型XGA対応PDPモニター「HI-PLASMA」を開発、1997年には41型XGA対応PDPを開発するなど、カラーPDPの高精細化を中心とした開発および事業化を推進していた。²⁰

1999年4月、富士通と日立製作所によってPDPの開発・製造・販売を行う合弁会社「富士通日立プラズマディスプレイ(FHP)」が設立された。合弁の目的はPDPモニター及びPDP-TVの開発・量産効率を上げることである。FHPの本社は神奈川県サイエンスパーク(KSP)に置かれており、商品開発と営業を行っている。日立製作所の横浜工場内にある横浜事業所では駆動回路の設計、開発を担っており、富士通の明石工場内にある明石事業所ではPDPパネルの開発、試作を担当している。富士通の生産子会社だった九州富士通エレクトロニクス宮崎事業所も、FHPの設立に伴い、FHPの100%所有による子会社である九州FHPとなった。2002年5月、FHPは製品の性能、歩留まり向上及び管理部門の経費削減のために九州FHPを吸収合併した。

筆者らが調査をした2007年11月時点で、宮崎工場では1番館から3番館まで3つの建屋があり、以下のような生産状況であった。生産ラインの設計は、1番館から3番館まで基本的な工程フローは同じであり、異なっているのは、ガラス基板が大型化している点である。

- 1番館

5,000 m² (100m×50m) 基板サイズ 650mm×1050mm

1996年に稼働。世界初のPDP量産工場。生産能力は1万枚/月(1999年)。

2002年に設備を台湾FORMOSAへ売却。その後、管理棟として使用。

ムページによれば、当初の予定通り2011年3月に、42インチのパネルを年産150万枚の生産能力で量産開始したという(<http://www.ahzp.com/qiye/100138381>)。

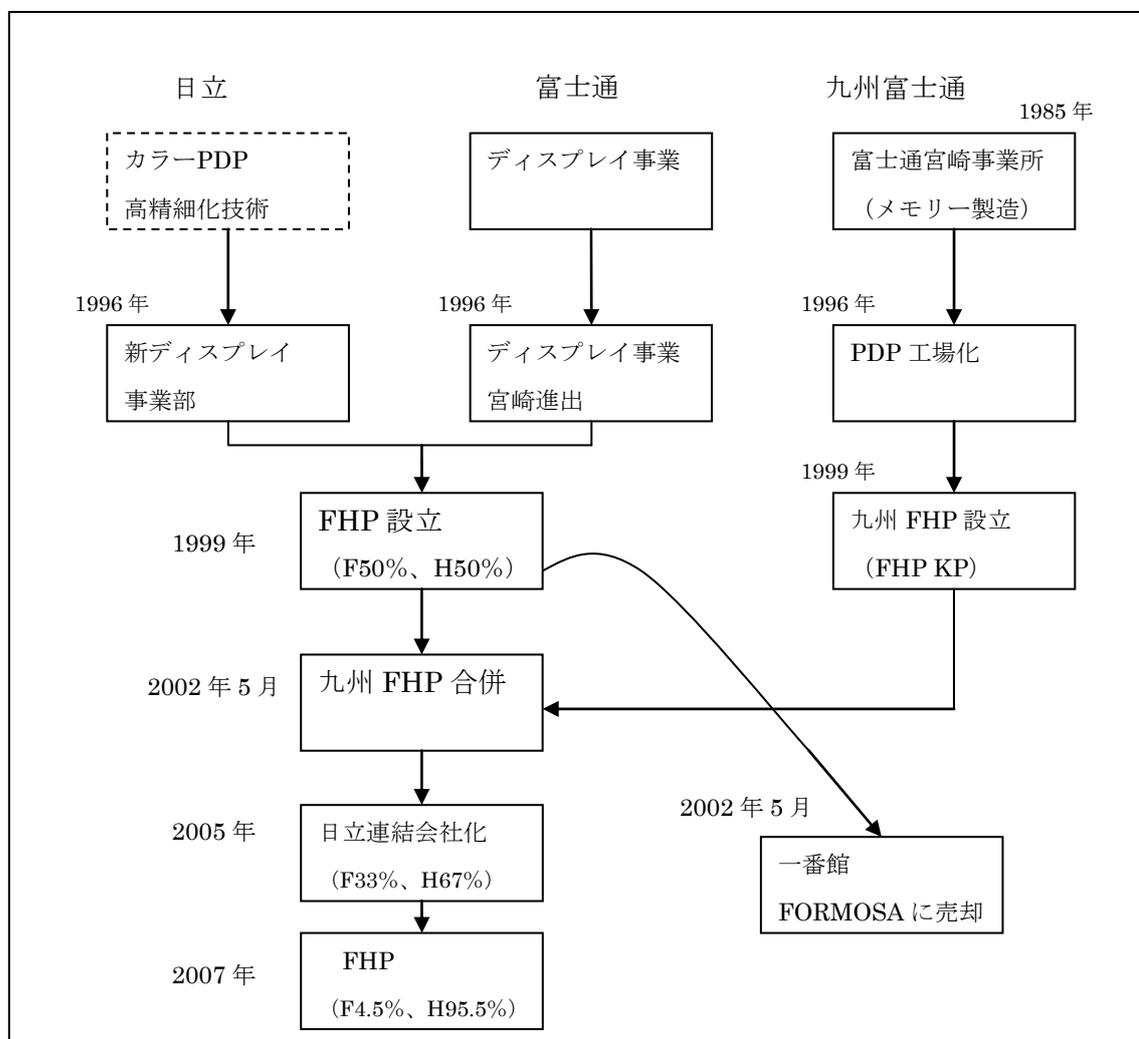
¹⁹ FHPのヒアリングによると、宮崎に工場を建設したのは、九州富士通がDRAM用工場用地として確保していた遊休地があったからである。九州富士通は、DRAM用工場用地として1985年に用地取得し、1986年から半導体のアセンブリ工場としてスタートしていたが、DRAMの価格低下によって生産は立ち上がらなかった。そのため、1996年、PDP工場の建設を検討していた富士通ディスプレイ事業が、ここにPDP工場を設立した(1番館)。

²⁰ 富士通ホームページ1999年4月6日のプレスリリースより抜粋。

<http://pr.fujitsu.com/jp/news/1999/Apr/6.html>

- 2 番館
28,000 m² (280×100m) 基板サイズ 1030mm×1460mm
2001年に稼働。生産能力は10万枚/月(2007年)。
- 3 番館
38,400 m² (320m×120m) 基板サイズ 1210mm×2020mm
2006年に稼働。生産能力は20万枚/月(2007年)。

図 7-4. FHP 組織歴史図



出所：FHP資料

FORMOSA グループ

1954年台湾プラスチック株式会社の設立から発足し、現在は台湾最大手の産業グループであり、汎用プラスチック原料をはじめ、繊維、エネルギー、海運、半導体、自動車、病院、大学などを傘下で運営しているコングロマリット企業である。高画質で安価なテレビを提供し、すべて家庭に普及しようといった経営者のビジョンから、プラズマモジュールのコスト削減、産業の垂直統合に向けて研究開発に取り込んできた²¹。FORMOSA グループの電子部門に所属するプラズマディスプレイ事業部（台塑電子組電漿顯示器部）は、1999年にアメリカの Photonics 社から技術導入し、PDP 事業をスタートした。技術開発センターを台北から 40 分のところの三峡で PDP の試作ラインを設置していた。2001年9月から稼動し始め、製品は 42 インチの WVGA パネル、月約 600 枚の生産能力を持っていた。当時エンジニアは 40～50 人ほどいた。²²

4.2 合弁会社設立とその後の経緯

合弁の決定から工場建設（2002 年前後）

合弁会社設立する最初のきっかけは台湾 FORMOSA からの引き合いであり、FHP に技術移転を依頼した。その後、FHP 側は FORMOSA 台北本社で PDP の開発・試作ラインを視察し、実験室レベルの能力があった事を確認した。両社が MOU（覚書）を結ぶ数ヶ月前から、FHP の事業推進部で FORMOSA 側とやりとりが始まっていた。

2002年2月の新聞記事によれば、FORMOSA 社以外にも台湾液晶パネル大手の AUO から FHP に提携の申し出しがあり、2001年5月から提携の交渉が始まっていた。FORMOSA と AUO の 2 社はすでに独自に PDP の研究開発を進めていた。当初、FHP、AUO、FORMOSA の 3 社で PDP を製造する合弁会社を設立し、FHP が合弁会社の技術支援を行う予定で、合弁会社の資本金は 28 億元（約 100 億円）、資本比率は FORMOSA 55%、AUO 22.5%、FHP 22.5%であった²³。しかし、その後 AUO は合弁会社への出資を見送ると発表し、FORMOSA は AUO 出資予定分も追加で出資することになった。²⁴

FHP がこの合弁会社へ参加する理由として、FHP 主管技師長の脇谷氏は「ちょうど FHP も自社として次世代の ALIS 方式のプラズマパネルに集中し、技術が陳腐化した従来の

²¹ 台湾 FORMOSA グループホームページを参照した。

²² ITRI IEK 陳嘉荔（2002年9月）ITIS 計画レポートを参照した。

<http://www.itri.org.tw/chi/services/ieknews/e0302-B10-02185-663E-0.doc>

²³ TECH-ON! 日経 BP サイト（2002年2月1日）を参照

<http://techon.nikkeibp.co.jp/members/01db/200202/1003222/?ST=fpd>

²⁴ Semiconductor Japan net(2002年5月15日)

http://www.semiconductorjapan.net/newsflash/past/fpd_0205.html

VGA方式の生産をやめるつもりだった。これを機にFHPはVGAパネルの生産キャパシティの確保とコスト競争力を狙って、FORMOSAと合弁企業を立ち上げ、設備を売却した」とコメントした。

2002年5月、1番館設備をFORMOSAに移管するというMOU（覚書）を結ぶ。実作業は、それに先立つ02年4月からスタートしていた。合弁会社名は台朔光電（Formosa Plasma Display Company; FPDC）であり、資本関係はFORMOSA 77.5%と、FHP 22.5%であった。FHPから役員を一人合弁会社に送り込んでいる。結局AUOによる資本はなかったが、AUOの中にはPDPをやりたいがっていたエンジニアも多数おり、そうした人はAUOからFORMOSAに移ってきた。

新会社FPDCは、台湾・雲林県のFormosa Plastic Group Mailiao Industrial ParkにPDP工場を建設、2003年2月から量産をスタートする予定だった。Formosa Plastic Group Mailiao Industrial Parkは長さ8Km、幅4Km、台北市の十分の一の面積を占めるFormosaグループの一大工業団地で、石油精製、石油化学、プラスチック工業などが立地している。FPDCは同工業団地の一角に立地、敷地面積18万㎡に第一期工場建屋として110m×170m規模（ユーティリティ棟含まず）を建設し、FHPの1番館設備をそのまま同建屋に搬入した。製品はVGAタイプ、アスペクト16対9、輝度700cd/㎡、コントラスト2000対1のPDPパネルを月産3000～4000台規模で量産を開始した。²⁵

表 7-3. FPDC の歴史

	進捗状況
2002年5月	技術移管契約（覚書：MOU）を結ぶ。1番館設備を移管。実作業は4月からスタートしていた。JV会社名は、FPDC（Formosa Plasma Display Corp）
2003年1月	FPDC、設備搬入開始
3月22日	FPDC、ファーストロットをトライアルで流す。
5月19日	FPDC、移管契約完了（歩留まり約50%を実現）。日本人技術者1名を台湾に残して、他エンジニアは帰国。
2004年9月	FPDCに残っていた最後の1名も帰国。
2005年	FPDC生産停止状態
2007年3月	FORMOSAとの契約の名目上の終了。

出所：インタビューより筆者作成

設備移管・技術移転の経緯（2003年1月～5月）

²⁵ 「液晶・PDP・EL メーカー計画総覧 2004年度版」を参照。

FHP の PDP 量産技術は、富士通の明石研究所にあった試作ラインがベースで、1996 年に宮崎で新たに量産装置を導入して、自動搬送でつないだものが 1 番館ラインであった。これが世界初の PDP 量産工場で、42 インチパネルの専用ラインであった。数年間の生産経験を経て技術的に成熟し、FORMOSA に移管する直前には歩留まり 90%を実現できるようになっていた。量産 5 年後（2001 年）には材料も固定できた。また、設備エンジニアがほとんど見なくてもラインが安定して流れていくようになった。

一番館の設備、技術移転の最高責任者であった FHP 製造技術部長の中山氏によると、「合弁会社 FPDC において、一番館の設備がきちんと稼働できるための知識は、契約で定められた範囲内ではしっかり教えたことは間違いない。しかし、契約で線引きし、契約範囲外の知識に関しては、踏み込んだ教育は行わなかった」という。

FPDC の工場は、1 番館よりもスペースが広く 2 階建て（1 番館は 4 階建て）だったため、ラインのレイアウトは作りやすかった。FORMOSA 側は、合弁設立以前から開発部門と試作ラインまでは持っており、受け入れ側として、比較的しっかりした技術体制は準備していたようである。しかし、試作ラインは FPDC から 200Km ほど離れた台北県の三峡にあった。その試作ラインで働いていた人も FPDC に移ってきたが、それは 2003 年 3 月頃で、最初からいたわけではなく、FORMOSA の R&D 部門から知識が移転されていなかった。

FHP 側からは、最初と最後の時期は 20～30 名、それ以外のときは常時 50 名ほど、ピーク時には 70～80 名の人員が FPDC に常駐していた。合計で 120 人が FHP 側から FPDC に行った。各自の駐在期間は 1 ヶ月から長くて 5 ヶ月程度で、1 週間の出張で行く人もいた。

合弁契約を結んでしばらく FHP は FORMOSA に作業を任せていたが、こうした活動の経験がないためか、いっこうに物事が進んでいかなかった。当時設備エンジニアで現場レイアウトを担当していた FHP の方によると、港（税関）から設備がいつになっても届いてこないということもあった。また、建屋の工事も遅れていた。その遅れをホワイトカラーが申告せず、当日になってやっぱり間に合わなかった、というようなことをいうので、工期の進捗管理がうまくできなかった。クリーンルームのクリーン度も足りなかった。

また、現場で判断ができなかったことも遅れが生じた理由のひとつである。FORMOSA の企業風土なのか、トップマネジャーの意思決定を待たないと、ミドルマネジャーたちが仕事を進められないようだった。そこで、2003 年 3 月のトライアルにいたるまでは、基本的に FHP 側がイニシアチブをとって作業にあたっていくことになった。

2003 年 1 月には建屋が完成し、設備搬入を開始した。設備は搬入と同時に試運転を行っていった。このときに、FHP や設備メーカーが FORMOSA の担当エンジニアにオペレーションのやり方を教えていった。2003 年 3 月 22 日から量産試作を開始した。全ての設備が入り、一応モノが流せる状態になった。ここまでの、基本的に FHP 側が主体となって準

備をした段階であった。これに続き、FORMOSA 側でトライアル生産となり、イニシアチブは FORMOSA に移る。

3月22日から5月19日までの期間では、FPDCの各工程のオペレーターも決まり、FHP側はオペレーターひとりひとりに作業の仕方を教えていった。オペレーターに限らず、メンテナンス・エンジニア、設備エンジニアすべてに、教えられることは全てFPDCに教えた。また、トレーニングだけでなく、マニュアルやトラブルシューティング集も、いままで自分たちが使っていたものを、そのまま渡した。わかりにくい部分についても、FORMOSA側の要求に応じなるべく図面化しているようにしていた。ただし、マニュアルなどは日本語のままだったので、通訳する必要があった。通訳に技術的知識がきちんとあったのかまでは、FHP側では分からない。材料については日本で安定品質が保証されたものを紹介した。搬送システムも一番館工場のものを全てそのまま移管した。つまり、マニュアルにならないノウハウを除けば、システムとしてすべてを移管したのである。

合弁契約では、歩留まりを約50%まで高めることが定められていたが、これが実現できて契約が完了したのは2003年5月19日のことであった。そのタイミングで、FHP側は先方の副工場長として常駐することになった1名を除いて全員が帰国した。ただし、その後も出張ベースでFORMOSA側の技術問題の解決にあたった。

台湾人の自力によるオペレーション

FPDCではその後、自分たちの力で2003年には60%まで歩留まりを高めていた。しかし、脇谷氏によると「翌年（2004年）初旬に様子を伺いにいったときにも、65%程度の歩留まりで止まっていた」という状況であった。FHP側のエンジニアによると、60%から先の歩留まり改善は、教えられてできるものではないという。60%の歩留まりは、個別工程についていえば、95%超が実現されている状態である。そこから、個別工程をコンマ数パーセントずつ改善していく作業は、自分たちで試行錯誤していくことが必要な領域である。細かいことをやっていかないといけない。ひとつの改善でぐっと良くなるものではなく、オペレーターが細かい改善を蓄積しなければならない。心構えや作業手順の厳守なども重要になってくる。

2004年9月、FPDCに残っていた最後の日本人1名も帰国した。この時点で、合弁会見は事実上終了となった。2005年3月、台湾の新聞記事によると、FPDCの生産ラインは月産3,000枚あるかないかぐらいまで落ち、生産ラインは一時停止も発表、従業員も会社側から強制的に休暇を取るよう指示され、経営がかなり厳しい状況にあった。2005年12月、FORMOSAの副会長がFPDCの生産停止を正式に発表した²⁶。2007年1月に名目上解散し、FORMOSAは51億元（約180億円）の損失を財務諸表に計上した。²⁷

²⁶ 2005年12月26日 台湾の新聞「経済日報」の記事を参照。

²⁷ 2006年1月14日 台湾の新聞「蘋果日報」の記事を参照。

4.3 日本側移転担当者がとらえた問題点

FORMOSA 側へ設備、生産工程の移設は上記のようになかなか。筆者らがヒアリングを実施した FHP 側の技術移転担当者からは、以下のような問題点が指摘された。

- ① 設備搬入時に、FHP や設備メーカーが FORMOSA の担当エンジニアにオペレーションのやり方を教えていった。しかし、エンジニアが、最終的にその工程に張り付く人ではない人が学習していた例が多数あった。当初、FORMOSA 側は人員を段階的に増やしていくつもりで、本人の希望した職種・工程とは異なるところに張り付かせて、学ばせていた。その後、人員が増えてくると、最初の頃から来ていた人は、希望の職種・工程に戻っていったため、せっかく教えた知識が現場で使われなかった。
- ② FPDC での生産は、うまく歩留まりを上げていくことが出来なかった。この原因のひとつは、マニュアルでは説明しきれない条件が、PDP の生産では非常に多かったためである。例えば、焼成工程は、焼成によってガラス基板がごく微妙に縮むが、その微小な縮みが、回路位置のずれを生んでしまう。この縮みを計算に入れて、焼成工程のパラメーターを、日々の気象条件や他の工程から出てくる仕掛品の状態に合わせて、温度の上げ方・下げ方や、熱を加える時間などを微妙に調整しなければならなかった。また、焼成工程だけでなく、その縮みを別の工程で救ってやることもできる。これらの細かい条件変更やトラブルシューティングを行っていくことが、歩留まりを上げるために重要である。
- ③ 生産がうまく流れていかなかった原因のひとつは、FORMOSA 側が一度もモノが安定して流れているところを見られなかったためである。契約やノウハウ秘匿のため、2 番館は見せられず、かといって 1 番館は止まっていたので、量産工程の完成形を一度も見ることができなかったのである。
- ④ エンジニアが現場にあまり行かないことも問題である。FHP 側では「現場に行っていないと問題のイメージが湧かない」という。しかし、FORMOSA 側は、エンジニアがあまり現場に行こうとしない。例えば、点灯ムラの問題などは、数字には出てこない。データを眺めていてもわからない。しかし、現場をよく観察していれば、どこに問題があるのかが判るはずである。
- ⑤ 中途半端な技術移転となってしまった理由のひとつは、FHP のほうも 2 番館の拡張に手一杯だったことがある。2 番館は FORMOSA との契約期間中、ずっと拡張を続けて

おり、そちらを安定させるために手一杯だった。また、設備メーカーも技術流出を恐れて（FHPに遠慮して）、あまり積極的にFORMOSAに教えなかったという。

- ⑥ PDPの生産では、設備エンジニアがパネルメーカー内におり、設備の改良などを行いながら安定稼働や生産能力アップを実施していく。これらは、半導体であれば設備メーカー側が行う仕事である。しかし、FHPでは、設備の能力アップを自分たちでやっておかないと、手が付けられなくなってしまうことから、設備エンジニアを内部に持っていた。日々量産で起こる問題を解決している人でないと、改善・修理もできなかった。FORMOSAには、この能力を移管することができなかった。
- ⑦ 工程内不良についての考え方がFORMOSAとFHPとで大きく異なっていた。FHPでは、不良が別の工程ひいては顧客のもとに出ると、大きな問題になると考えるから、工程内不良は隠し立てせず、ラインをストップさせる。一方、FORMOSA側は、不良が出ると、社内でしかられるから、そのミスを隠そうとする。不良のもたらす問題にオペレーターが気付いていなくて、不良が出ることによる社内での問題ごとを避けて、報告しないようにしたりする。
- ⑧ いくつかの工程の組み合わせで問題解決を行ったりする必要があるが、FORMOSAでは、前後工程との関係性が理解されていないので、それができなかった。

5. 知識と技術移転のモード

5.1 技術移転のモード

技術移転を行おうとする企業の立場から見たとき、技術移転の方法にはさまざまなものがある。典型的なものは直接投資によるものと技術供与によるものがある。技術供与の具体的な形態としては、プラント輸出（ターンキー・プロジェクト）によるもの、技術指導によるもの、ライセンスによるもの、合弁会社を設立するなどである。さらには技術移転先国の企業がリバース・エンジニアリング、コンサルタント経由などさまざまな形で模倣する事によって技術移転がおこることもある。

プラント輸出はプラント設計・建設から、装置、材料の選択、オペレーターの訓練・配置を含め一貫で提供する技術移転方法である。契約完了時に生産ラインのキーを挿して回せばすぐに利用可能になるような状態でプラントを引き渡し、通常は稼働初期の歩留まり保障まで付いている。

ライセンスングは技術に関する基本特許、製品のメカニズムを他企業に供与する手法である。ライセンスングのメリットとしては、ライセンスを受けるライセンシー側が現地オペレーションにかかる資金調達や現地の要素市場についての情報入手してもらえるため、ライセンスを供与するライセンサーにとって参入コストが低く、同時にライセンス使用料を得る事もできる。しかし、その反面、海外企業への技術のライセンス供与は潜在的な競争相手を育成してしまうのではないかという心配がある。そのため、クロスライセンス契約を結んだり、あるいは資本を出し合って合弁会社を設立するなど、企業間の信頼関係を深める行動もよく見られる。

Rugman (1981) は、多国籍企業は自社内部に知識、技術、組織、経営、など企業特殊の優位を所有しているが、これを海外で維持するには、輸出やライセンスングに依らず、対外直接投資 (Foreign Direct Investment) を用いるしかないと主張している。なぜなら、ライセンスングは知識優位の消散リスクに直面するからである。特に知的財産が法的手段で保護することが難しい時、また生産に専門的熟練や製造設備を必要とするなら、革新者はライセンスングしたり生産をアウトソーシングすることはできないだろう (Teece, 1986)。

直接投資が技術移転の手段として極めて効率的な手段である。技術には、単に特許の使用権を与えたり機械を売ったりしただけでは伝わらない、さまざまなノウハウの部分が大きい、それらを伝えられるのは、やはり人と人との業務上の接触、現場学習、現場観察だけである (齊藤・伊丹, 1986)。

5.2 知識・技術導入と移転モードの関係

製品技術、生産技術、生産管理技術の中に、それぞれ形式知部分と暗黙知部分が存在していると考えられる。技術導入企業の視点から見ると、ライセンスングや技術契約といった手段を用いれば、製造における基本特許や製品のメカニズムは入手できるであろう。このような基本特許や製品メカニズムは製品技術の形式的部分として、技術供与側と技術導入側で認識されるであろう。技術導入側がターンキー方式や合弁会社方式で導入する場合、プラント設計から装置、材料まで一括して入手できる。導入企業側は既定の工程設計に従い、製品を作り出す加工・組み立て、操作する能力が得られる。しかし、なぜこのようなレシピに従えば製品が作れるのか、なぜこのような工程設計で生産ライン全体がスムーズに稼働できるのかについてはわかっていないままである。

製品については、導入側企業に十分な知識能力があれば、製品を解体・分析する事で同種の製品の設計図を書くことが出来る。ところが、実際にどのような工程で製造したのかを、製品の観察によって理解する事は困難である。つまり、製品イノベーションに関する情報に比べ、工程イノベーションに関する情報はその観察可能性が低い (梶山, 2000)。

過程知識²⁸を効果的に移転できない事が、多くの重要な技術や部品が企業内に死蔵される原因となっている。過去の技術を新しい商品開発の中で利用するためには、その背後にある過程知識が必要になる場合が多い。また、なぜそのような設計になったのか、その過程を理解する事が難しい（延岡 2006）。

技術導入側が直接投資や企業買収の手段を用いれば、企業間でより緊密なコミットメント得られ、技術知識以外に暗黙知としてのカン、技能、経験といったモノや、製品を作り出すための生産要素（設備、原材料、部品、ヒト、情報）の組み合わせを工夫したり、生産の手順・段取り改善したりするノウハウを入手しやすくなるであろう。このようなノウハウは、「製品技術」、「生産技術」、「生産管理技術」における暗黙知の部分をカバーしている。これらの関係性をまとめてみると、図 7-5 のように表すことができる。

図 7-5. 知識・技術導入と移転モードの関係

暗黙知	直接投資 企業買収		
形式知	ライセンスング 技術契約	合弁会社 ターンキー方式	
	製品技術	生産技術	生産管理技術

出所：筆者作成

わかっているけどなかなか伝えられない暗黙知を相手に伝達するためには、人と人との業務上の接触、現場での学習、観察が必要である。これを野中・竹内(1996)は共同化（Socialization）と呼んでいる。暗黙知は、文書で残したり、言葉で伝えたりすることが難しく、共通の体験に基づかなければ伝える事ができない。たとえば、モノづくりにおける暗黙的な熟練は、言語化することが困難なため、教師がその熟練や手本となるような実演をし、生徒に学習の機会を与える。これは生徒が試行錯誤だけを頼りに学習するのと比べると、熟練の習得に要する時間と学力を大幅に削減できる。

過去の調査によれば、日本から後発国へ移転されたプラントの大部分は、歩留まり 100%に近い状態で引き渡されても、徐々に歩留まりが低下し、最終的には約半数が 60%以下の

²⁸ 延岡（2006）によると、「商品・技術としての過程知識」と「組織的な過程知識」がある。商品設計において、設計目標や要素技術、工学理論など考えながら設計解の仮説を創出し、それを検証するため、試行錯誤を経験する事のみ学習されるのが商品・技術としての過程知識である。開発プロジェクトの中で経時的な相互やりとりや共同体験、試行錯誤を通じてのみ創造されるのが組織的な過程知識である。

数値で安定すると報告されている（中岡，1990）。複数の工程から成る場合、60%の歩留まりは、個別工程についていえば、95%超が実現されている状態である。そこから先に進むには、個別工程をコンマ数パーセントずつ改善していく作業が必要となる。このような作業には、供与側の継続的なコミットメントが必要である。このため、教える側と学ぶ側のコミットメントを継続的に深めていけるような移転モードを選択しなければならない。コミットメントによる協調がうまくいけば、信頼関係が構築され、そこから維持、発展ができるようになるであろう。

5.3 技術移転の成否に影響する要因

なぜ台湾のフラットパネル産業の技術移転において、TFT-LCD はうまくいって、PDP は苦戦していたのかという問いについて、総括的な視点から分析してみると、技術移転の成否に影響する要因を、本論文では、吸収能力、知識・技術の違い、移転モードから考察する。

吸収能力の違いは、技術移転の成否に影響する大きな要因となる。吸収能力 (Absorptive capacity) とは、企業が新しい情報価値を認識し、その情報を消化し、さらにその情報を商業目的に利用する能力である (Cohen & Levinthal, 1990)。組織が外部から新しい情報を消化して活用するために、事前の関連知識が必要とされる。

日本から量産技術を導入する前、台湾企業が PDP と TFT-LCD の分野ですでに基礎的な知識を持っていた。TFT-LCD においては 3.2 節で説明したように、80 年代半ばから国の研究プロジェクトとして基礎研究が始まり、実験ラインで TFT-LCD パネルを製造する能力を保有していた。PDP においても 3.3 節で説明したように、1995 年から国家研究プロジェクトを展開し、その研究成果を台湾企業に移管し、2001 年頃から 42 インチや 50 インチの PDP パネルの少量生産を開始していた。また、研究プロジェクトや試作生産によって多くの人材が育成できた。技術移転に携わった日本人エンジニアから見ると、台湾企業には優秀なエンジニアが多く在籍しているようである。²⁹ 従って、台湾企業における技術の受け入れ態勢から見ると、TFT-LCD と PDP で同じようなスタートラインとも言える。

では、吸収能力以外にどのような要因があったのか。TFT-LCD は 90 年代初頭から始まった第一世代装置の稼動経験から、持続的に液晶製造装置への改善が進んでいた。後発であった台湾企業は後発の優位を活かし、技術先行国の日本や韓国企業が使用していた製造装置を購入した。既にある程度生産上の問題が解決済みで完成度が高い製造装置を導入したため、短時間でスムーズにラインを立ち上げられたと考えられる。一方、台湾企業が PDP で導入した生産ラインは、PDP の発展史においても量産の第一号ラインであり、装置にまだ使いこなれていない要素が多く残っているため、誰でも動せるような装置ではなかった。技術輸出先である FHP は工程におけるオペレーションのノウハウとその日々の監視・改善

²⁹ TFT-LCD では CMO 国本氏、PDP では FHP 中山氏へのインタビューより。

で装置を日本の工場ですましく動かすことができたが、台湾企業にこのような能力を移管することができなかった。

PDP の工程におけるオペレーションのノウハウや改善は、技術知識以外、経験に支えられたカンが必要とする「知的熟練」(小池・猪木, 1987) の範疇である。このように、わかっているもうまく伝えられないノウハウを移転するには、教える側と学ぶ側のコミットメントが継続的に深まるような移転モードを選択しなければならない。

4 節でとりあげた日本から台湾への PDP の技術移転のケースでは、合弁会社を設立する方法で移転が行われた。新しく設立された合弁会社に日本と台湾企業からの出資によって構成されている。理論上、合弁会社を設立して技術移転を行う手法は、資本提携関係がないライセンスやターンキー方式よりも緊密なコミットメントが得られる。しかし、PDP 技術を移転当時の様子から観察すると、TFT-LCD の技術移転で使われるライセンスやターンキー方式とそれほど大きな差が感じなかった。

日本から台湾に移設した PDP 生産ラインがうまく流れていかなかった原因のひとつは、FORMOSA 側が一度もモノが安定してラインで流れているところを見られなかったためである。契約やノウハウ秘匿のため、FHP の 2 番館は見せられず、同時に 1 番館は装置を分解して台湾へ移設する最中で、ラインがすでに止まっていたので、FORMOSA 側は量産工程の完成形を一度も見ることができなかった。一方、ライセンスやターンキー方式で技術移転が行われた台湾 TFT-LCD 各社は、台湾人エンジニアを日本提携先の工場へ派遣し、稼働中の生産ラインを見ながら、現場で研修を受けていた。

4.2 節で説明したように、2003 年 1 月から 5 月まで、FHP からの技術者がべったりと FORMOSA 側のオペレーターに張り付いて、一人ひとりに作業の仕方を教えていた。オペレーターに限らず、メンテナンス・エンジニア、設備エンジニアのすべてに、教えられること全てを FPDC 側に教えた。しかし、タイミング的にちょうど FHP 2 番館の立ち上がりで忙しい理由もあったのか、合弁契約に基づいてラインの歩留まりが 50% 達成した時点で、FPDC 副工場長として常駐する日本人エンジニア 1 人以外、ほかの日本人エンジニアが全員帰国してしまい、その後の継続的なコミットメントが観察されてない。

PDP の製造において、マニュアルでは説明しきれない条件が非常に多い。例えば、焼成工程は、焼成によってガラス基板がごく微妙に縮むが、その微小な縮みが回路位置のずれを生んでしまう。この縮みを計算に入れて、日々の気象条件や他の工程から出てくる仕掛品の状態に合わせて、温度の上げ方・下げ方や、熱を加える時間などといった焼成工程のパラメーターを微妙に調整しなければならなかった。また、焼成工程だけでなく、その縮みを別の工程で救ってやることもできる。これらの細かい条件変更やトラブルシュートを行っていくことが、歩留まりを上げるために重要である。

このように、わかっているけどうまく伝えられないような暗黙的熟練の伝達は、長時間における経験の共有がないと伝達する事が難しい。しかし、PDP 生産技術の移管において十分なコミットメントがなかったため、台湾側に必要な設備を調整・改善する能力、現場

と管理者がコミュニケーションをとる能力、そして現場のオペレーターが自分の担当工程を越えて、前後の工程にいるオペレーターとコミュニケーションを取りながら全体として問題解決する能力を移管することが出来なかったのである。

VI. むすび

台湾は、環太平洋地域において、中国・米国と言うモジュラー製品を得意とする 2 大国が形成する東西の「モジュラー軸」と、日本から一部 ASEAN 諸国に至る、擦り合わせ型製品の生産拠点を多く擁する「インテグラル軸」のちょうど「交差点に」位置する（藤本・天野・新宅, 2007）。こうした戦略的な位置とりゆえに、台湾企業は、モジュラー型製品ではアメリカ企業や中国企業と組み、インテグラル製品では日本企業と組む、という切り替えの巧みが生きてきた、という印象がある。たとえば、製品や工程がモジュラー型である半導体産業について、台湾はアメリカの半導体設計企業と戦略的提携し、汎用な生産設備を購入して半導体製造に集中するファンドリービジネスを成功に立ち上げた。インテグラル型製品の代表である自動車産業では、80 年代半ばにトヨタが国瑞汽車に直接投資をおこなって、トヨタ生産システム（TPS）を徐々に定着させて、高い品質を作りだせる能力を構築した。

フラットパネルディスプレイ産業では、装置、材料の相互関係を重視とする工程プロセスが多いため、インテグラル軸に分類できるであろう。台湾のフラットパネルディスプレイ産業の発展において、製造設備、部品、材料といった面で日本企業との協力関係はきわめて重要であり、日本企業との間でライセンス、ジョイントベンチャー、買収、直接投資などさまざまな提携関係を通じて技術供与が観察される。技術移転の成功には、技術供与側と技術吸収側の双方に、適切なアプローチが必要とする。教える側による技術供与の内容と方法、受け入れ側の吸収能力はもちろんだが、そのみならず、技術特性をうまく認識し、それに適した移転のモードを選択することがその成否に大きく影響するのである。

参考文献

- 赤羽敦（2004）「台湾 TFT-LCD 産業：発展過程における日本企業と台湾政府の役割」『アジア研究』50(4), 1-19.
- 天野倫文（2007）「台日サプライヤーの中国進出とアライアンス—国際化戦略における能力補完仮説—」『経済学論集』第 73 巻 第 1 号.
- 浅川和宏（2003）『グローバル経営入門』日本経済新聞社.

- Baldwin, Carliss Y and Kim B. Clark (1997) "Managing in the Age of Modularity," *Harvard Business Review*, Vol. 75, No. 5.
- 曹斗燮 (1994) 「日本企業の多国籍化と企業内技術移転：「段階的な技術移転」の理論」『組織科学』Vol.27 No.3.
- 曹斗燮, 尹鍾彦 (2005) 『三星の技術能力構築戦略：グローバル企業への技術学習プロセス』有斐閣.
- Cohen, Wesley M. and Daniel A. Levinthal (1990) "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, April, pp. 147-160.
- 藤本隆宏 (2001) 『生産マネジメント入門』日本経済新聞社.
- 藤本隆宏 (2007) 『ものづくり経営学・製造業を超える生産思想』光文社新書.
- 藤本隆宏・天野倫文・新宅純二郎 (2007) 「アーキテクチャにもとづく比較優位と国際分業」『組織科学』Vol.44 No.4, 51-64.
- Garud Raghu and Praveen R. Nayyer (1994) "Transformative Capacity: Continual Structuring by Intertemporal Technology Transfer" *Strategic Management Journal*, Vol. 15, pp. 365-385.
- 半導体産業新聞『世界 FPD カンファレンス 2007—2007 年/ FPD 産業動向と世界戦略を探る—』産業タイムズ社.
- 伊丹敬之・加護野忠男 (1989) 『ゼミナール経営学入門』日本経済新聞社.
- 伊丹敬之・軽部大編 (2004) 『見えざる資産の戦略と理論』日本経済新聞社.
- 岩井善宏 (2000) 『液晶産業最前線』工業調査会.
- 岩井善弘・和泉志伸 (1995) 『液晶部品・材料ビジネス最前線』工業調査会.
- 経済部技術處 (2007) 『2007 平面顕示器年鑑』財団法人工業技術研究院 産業與趨勢研究中心.
- 北原洋明 (2004) 『新液晶産業論・大型化から多様化への転換』工業調査会.
- 小池和男・猪木武徳編 (1987) 『人材形成の国際比較：東南アジアと日本』東洋経済新報社.
- 近藤信一 (2006) 「台湾の LCD 産業の現状と課題：台湾 LCD 産業から学ぶ日系メーカーの事業戦略へのヒント」財団法人 機械振興協会 経済研究所『機械経済研究』第 37 号.
- 交流協会編 (2005) 「アジアのフラットパネルディスプレイ産業」『交流協会』、pp33-34.
- Lieberman Marvin B. and Montgomery David B.. (1998) "First Mover Advantages", *Strategic Management Journal*, Dec 1998, Vol. 19 Issue 12.
- 中岡哲郎 (1990) 『技術形成の国際比較～工業化の社会的能力～』筑摩書房.
- 延岡健太郎 (2006) 『MOT[技術経営]入門』日本経済新聞出版社.
- 野中郁次郎・竹内弘高 (1996) 『知識創造企業』東洋経済新報社.
- 沼上 幹 (1999) 『液晶ディスプレイの技術革新史・行為連鎖システムとしての技術』白桃書房.
- 朴宇熙・森谷正規 (1982) 『技術吸収の経済学：日本・韓国の経験比較』東洋経済新報社.
- Rugman, Alan M. (1981) *Inside the multinational: the economics of internal markets*. Columbia University Press. 邦訳 アラン M ラグマン(1981) 『多国籍企業と内部化理論』江夏健一, 中島潤, 有沢孝義, 藤沢武史 訳, ミネルヴァ書房.
- 斉藤優 (1979) 『技術移転論』文真堂.

- 斉藤優・伊丹敬之（1986）『技術開発の国際戦略』東洋経済新報社.
- 産業タイムズ社編（2004）『液晶・PDP・EL メーカー計画総覧 2004 年度版』産業タイムズ社.
- 柴田友厚・玄場公規・児玉文雄（2002）『製品アーキテクチャの進化論：システム複雑性と分断による学習』白桃書房.
- 新宅純二郎・天野倫文（2009）『ものづくりの国際経営戦略—アジアの産業地理学』有斐閣.
- 新宅純二郎・許経明・蘇世庭（2006）「台湾液晶産業の発展と企業戦略」『赤門マネジメント・レビュー』5 巻 8 号.
- Sidney G. Winter（1987）” Knowledge and Competence as Strategic Assets,” D.J.Teece ed. (1987) ***The Competitive Challenge***, Center for Research in Management, School of Business Administration, University of California, Berkeley. 邦訳 D.J.ティース編（1987）『競争への挑戦：革新と再生の戦略』石井淳蔵,奥村昭博,金井壽宏,角田隆太郎,野中郁次郎 訳, 白桃書房.
- 蘇世庭（2008）「台湾フラットパネルディスプレイ企業の技術導入と学習」東京大学大学院経済学研究科修士論文.
- 末廣 昭（2000）『キャッチアップ型工業化論：アジア経済の軌跡と展望』名古屋大学出版会.
- 高橋伸夫（2000）『超企業・組織論』有斐閣.
- Teece David J.（1986）“Profiting from technological innovation:Implication for integration, collaboration, licensing and public policy”, *Research Policy Vol.15, Issue 6 pp285-305*.
- Vernon, Raymond（1966）“International investment and International Trade in the Product Cycle”, *Quarterly Journal of Economics, Vol.80, May: 190-207*.
- 若林秀樹・大森栄作（1999）『フラットパネルディスプレイ最前線』工業調査会.
- 王淑珍（2003）『台湾邁向液晶王国之密』中國生産力中心.