

T S M C が塗り替える世界の先端産業地図

九州産業大学 名誉教授 朝元照雄氏

TSMC がライバルに勝った理由

(1) TSMC VS. UMC

周知の通り、TSMC(台湾積体回路製造)は世界最大のファウンドリー企業である。

聯華電子(UMC)は 1980 年に工業技術研究院(ITRI)からスピンオフし、TSMC は 1987 年に同じく ITRI からスピンオフした。

そういう意味で、UMC は“長男”で、TSMC は“次男”である。設立後、UMC は IDM(垂直統合型)ビジネスを採用し、TSMC は設立時から一貫してファウンドリーをビジネスの方針に定めた。

“次男”の TSMC はファウンドリー・モデルが結実し、業績も伸び、“長男”で IDM ビジネスモデルを採用する UMC を追い越すようになった。

ファブレス企業が IDM 企業に半導体の製造を委託する場合、自社の機密が IDM に連なる企業などに流出し、模倣されるリスクが生じる。

そのため、UMC の曹興誠 CEO は、自社を分社化するアイデアを考えた。

1995 年に生じた半導体の供給不足により、UMC は僅か 3 カ月の間に 10 数社のファブレス企業から共同出資のオファーを受けた。

これにより、1997 年に UMC は IDM からファウンドリーへビジネスモデルの転換を図り、設計部門の聯発科技(メディアテック)、聯詠科技(ノバテック)、聯陽半導体(ITE Tech)、聯傑國際(DAVICOM)、聯笙電子(AMIC テクノロジー)、智原科技(Faraday Technology)と盛群半導体(Holtek)のファブレス企業に分社化した。

米国、カナダなどのファブレス企業 11 社と共同出資し、8 インチのファウンドリーを手掛ける聯誠、聯瑞、聯嘉の 3 社を設立した。

UMC の 3 社への出資比率はそれぞれ 35% で、技術料として別途に 15% の株を取得している。

これにより、ビジネスモデルの転換による資金不足を解消し、顧客とその発注を維持することで、競争力を確保できると考えた。

1999 年には、聯誠、聯瑞、聯嘉と合泰の 4 つのファウンドリー企業を合併(UMC の「5 合 1」と呼ばれた)し、UMC の生産能力は TSMC の 85% にまで達し、いよいよ TSMC に追いつく距離にまで迫った。

UMC がファウンドリービジネスに転換した時の世界市場に占める同社のシェアは 1 割未満であったが、「5 合 1」の合併によりシェアは 35% に増加した(ちなみに、当時の TSMC のシェアは 45%)

TSMC は 1999 年 12 月 30 日、テキサスインスツルメンツ(TI)とエイサーの合併企業である德基(TI-Acer)半導体の合併を公表。

8 日後、TSMC は 1 対 2 の持ち株の交換比率で世大積体回路製造を合併すると発表した。

この合併により、TSMC と UMC との市場シェアの差は拡大するようになった。

後日談であるが、世大積体回路製造の創業者張汝京は元・世大の従業員 100 名以上を引き連れ、上

海に中芯国際集成電路製造(SMIC)を立ち上げた。

現在、SMIC は中国最大、世界第 5 位のファウンドリー企業までに成長した。

(2) TSMC VS.サムスンとインテル

2000 年、TSMC は $0.13\ \mu\text{m}$ (マイクロメートル) チップの開発成功によって、その後の技術的優位を確立した。

それ以前の TSMC の技術について、林宏文の著書『晶片島上的光芒』は「購入、特許の譲与、ファブレス企業からの無償供与による」(268 頁)と指摘している。

TSMC 設立時の技術は、工業技術研究院 (ITRI) の 6 インチのウェハー技術の移転で、同技術も米国 RCA 社からの技術移転と ITRI の研究成果によって得られたものである。

1987 年に TSMC が取得した特許技術は、フィリップス社の線幅 1.2 ミクロン (=1200nm) の製造特許であり、当時の世界最先端技術に比べるとおよそ 2~3 世代遅れていた。

その後の 1 ミクロン (1000nm) と 0.8 ミクロン (800nm) は TSMC が自ら開発した技術である。

TSMC 研究開発処所属の林茂雄の著書『摩爾旅程』によると、TSMC の顧客は生産能力の拡大のため、自社内部の貴重な技術を TSMC に供与していたと指摘している。

具体的には、1990 年に TSMC が 0.8 ミクロン技術を開発した際、米国 VLSI 社は試作したチップの技術が無償提供した。

1993 年に TSMC が 0.5 ミクロン技術を開発した際には、同じく米国の AMD 社が自社開発の 0.5 ミクロン技術の 486 CPU (中央演算処理装置) 製造に関し、自社の生産能力不足から TSMC に製造支援を要請、タングステンプラグ (Tungsten Plug) と化学機械研磨 (CMP) の 2 つの貴重なプロセス・モジュール技術が無償で TSMC に供与した。

林氏の著書によると、当時、インテルと AMD の 2 社が 486CPU チップのプロセス・モジュール技術を持ち、互いに市場シェアを争っていた。

TSMC では、このプロセス・モジュール技術を手に入れたことによって、0.6 ミクロンと 0.5 ミクロンの開発技術が大きく向上したという。

その後、TSMC の“鶴の恩返し”による線幅 7nm と 5nm の CPU チップの製造によって、AMD の業績が持続的に向上した。

TSMC は 1994 年には数百万ドルでヒューレット・パッカード (HP) から 0.35 ミクロンの 64K SRAM のクラウドにデータを保存する技術を購入したと林氏の著書で述べている。

2000 年に TSMC は 0.13 ミクロン銅製造プロセス技術を開発する際、IBM の技術を購入しようと考えたが、IBM は自社工場での試作にこだわったため、TSMC は自社開発を決めた。

IBM は UMC、インフィニオン (Infineon)、サムスン電子、AMD (のちのグローバルファウンドリーズ (GF)) などで半導体開発連盟を組織した。

最終的に、TSMC が世界初の 0.13 ミクロン銅製造プロセス技術を開発し、IBM 連盟チームは 2 年後に開発に成功し、さらにその後になってから開発した企業もあった。

なぜ TSMC が世界で初めて 0.13 ミクロンの量産化に成功したのか。

蔣尚義総指揮 (当時) によると、TSMC が前世代の 0.18 ミクロンを開発時に用いた Low-k (低誘電率) 材料の HSQ (水素シルセスキオキサン) は、試作段階では良かったが、量産化になると良品率が芳しくな

い。

対する IBM は HSQ に類似した技術の SiLK 材料を採用したが、TSMC は失敗の経験を踏まえて、より適正な材料選別に注力した結果、世界でいち早く 0.13 ミクロンの開発に成功し、業界をリードすることができたという。

TSMC の先端封止技術の第 1 人者である余振華によると、TSMC の R&D には特に難しい理屈はなく、基本的な研究を確実にやり、直接的・間接的な全ての証拠を詳しく分析し、プロジェクトを丁寧に進め、理性的な分析を行えば時間の無駄を省けると指摘している。

0.13 ミクロンの量産化に成功した開発のキーマンは「TSMC の R&D6 人組」(林本堅、楊光磊、蔣尚義、孫元成、梁孟松、余振華)だ。IBM など追い越した後、TSMC では自社開発を原則に研究が進められた。

2005 年、TSMC の創業者張忠謀(モリス・チャン)は自らが担任した最高経営責任者(CEO)の地位を蔡力行(リック・ツァイ)に渡した。

2008 年の世界金融危機による不況で、TSMC の受注が大幅に減少するようになると、蔡力行は当時の先端半導体の線幅 0.13nm (ナノメートル)半導体の製造装置の購入を緩め、社内に業績制度を導入、業績の最も悪い従業員 5%をリストラした。

リストラされた従業員がデモ抗議活動を展開するなど混乱が生じたため、引責した蔡は更迭され、モリスが再び CEO に返り咲いた。

2009 年 6 月、モリスは資本投入をそれまでの 2 倍の 59 億ドルに増資した。これにより、ライバル他社との市場シェアの差は更に拡大した。

2009 年は世界的な不況であったが、翌年からの世界景気の回復で、半導体業界は年間 31.8%の高い成長を果たした。

モリスの決断で線幅 28nm 半導体製造過程へ大規模投資を実施、28nm 半導体の市場シェアの 8 割を TSMC が掌握するようになった。

2014 年 12 月、サムスン電子は線幅 14nm の Fin FET 技術のチップの試作に成功し、線幅 20nm 技術を飛び越え直接的に 14nm 技術を開発し、1 年後には量産化を開始することになる。

当時、TSMC は線幅 16nm 半導体の量産化を擁し、ライバルのインテルも 10nm 技術の R&D を開始し、各社は TSMC の牙城に挑戦するようになった。

TSMC は全社的に次世代の 10nm 半導体チップ開発に取り組み、これに応戦するようになった。

モリス会長がリーダーシップを取り、半導体 R&D 部門初の「夜鷹プロジェクト」を開始した。

このプロジェクトに 400 数人の R&D メンバーを集め、深夜当直者には「基本給 3 割増、ボーナス 5 割増」の優遇な条件を提出し、24 時間に 3 交替の体制で R&D を推進し、2016 年にサムスン電子とインテルを越えて、世界初の 10nm の量産化を目指した。

このプロジェクトの成功で TSMC はアップルの iPhone6S 搭載の A9 チップを供給した。

同時に供給されたサムスン製造のチップは高温の熱を発するトラブルにより、TSMC 製の性能に軍配が上がった。

2016 年の iPhone7 の A10 チップは全数が TSMC からの供給になり、それ以降の iPhone 搭載の線幅 7nm、5nm、3nm の半導体チップは全て TSMC 製だ。

「夜鷹プロジェクト」による成果は、明らかにライバルとの間に大きく差を生じさせる結果となった。

TSMC の次の目標は、システムの統合であり、独創的な3D 封止技術によって再び世界の王者の座を占めることを目指す。