

| | |
|--------------|---|
| Title | 次世代の技術経営：脱炭素に向けたモノづくり力とグローバルサウスのDX起爆力の融合：台湾の対印モデルに倣う日本の次世代技術経営 |
| Author(s) | 藤, 祐司; 渡辺, 千仞 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 38: 275-278 |
| Issue Date | 2023-10-28 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/19236 |
| Rights | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

1 D O 9

次世代の技術経営：脱炭素に向けたモノづくり力とグローバルサウスのDX起爆力の融合ー台湾の対印モデルに倣う日本の次世代技術経営

○藤 祐司（東北学院大学）、渡辺 千仞（東京工業大学）

1. はじめに

脱炭素は世界共通の課題であり、世界全体の取り組みによってこそ解決可能な課題である。先の発表に述べたように、日本のモノづくり力とインドのDX力が融合することで、次世代の技術経営に燭光を与えることが期待される。ただし、日本の製造技術は重要な役割を果たすポテンシャルを有するが、グローバルな連携なくしてはその能力を発揮するには至らない。

この潮流は、1990年代以降競争力を急激に低下させてしまった半導体産業において顕著であり、現在の低炭素経済への移行を加速するためにはグローバル半導体サプライチェーンの構築、特に台湾との協力を必須としている状況にある。

一方、台湾は市場規模や地政学的問題ゆえにグローバルサプライチェーンの再構築、特にインドとの関係強化に邁進している。これらの状況から、日本の製造業の強みとインドのDXの融合へのアプローチを、台湾-インドの半導体協力からの観点から検証することは、日本の製造技術の弱点を補強しつつ日印融合効果を堅固・強靱なものにしていくことに示唆を与えるものと考えられる。

そこで、本稿では半導体産業のグローバルなサプライチェーンの概要をまとめ、半導体産業を担う台湾の企業が近年インドへの進出を積極的に行おうとしていることに焦点をあてる。そこから台湾・インドの協力関係に視点を据えた台湾の対印モデルについて考察を行い、半導体産業のグローバルサウスを含む国際連携についてまとめるとともに、日本の半導体産業における問題点を浮き彫りにし、日本の製造技術の弱点を補強しつつ脱炭素に向けた日印融合効果を堅固・強靱なものにしていく方策への示唆を導く。

2. 半導体のSCMの構造

(1) 半導体産業における国際分業

半導体産業においてEMS (Electronics Manufacturing Service) 企業の役割は大きい。EMS企業は、半導体デバイスの生産、組み立て、テスト、品質管理など、製造プロセスのさまざまな段階の役割に担い、半導体メーカーの生産効率向上に寄与している[2]。半導体産業におけるEMS企業とファブドリー企業の区分けは表1に示される。

表1 EMS企業とファブドリー企業の区分け

| 業態 | 設計 | 製造 | 組立 | 販売 |
|--------|----|----|----|----|
| IDM* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ファブレス | ✓ | | | |
| ファブドリー | | ✓ | | |
| OSAT** | | | ✓ | |
| 半導体商社 | | | | ✓ |

* IDM: Integrated Device Manufacturer

**OSAT: Outsourcing Semiconductor Assembly and Test

(2) 台湾の半導体戦略

台湾のEMS企業は、半導体をはじめ様々な分野に進出している(表2)。

表2 主要台湾EMS企業の製造領域

| 企業名 | 設立年 | 主な製造領域 |
|--------|------|--|
| ホンファイ | 1974 | 携帯電話、ロボット、ゲーム機器、テレビ、クラウド・ネットワーク機器、電子機器、自動車・EV関連機器等 |
| ペガトロン | 2008 | コンピュータ、携帯電話、ネットワーク機器、家電等 |
| ウィストロン | 2001 | コンピュータ、サーバ・ストレージシステム、情報機器等 |

特に台湾のEMS企業は、製造から委託者のブランドで製品を設計・生産する戦略へと展開する川上統合を目指しているとされる[1]。

(3) 半導体のSCMの台湾・インド比較

①台湾のインドにおけるSCM

台湾は、半導体製造において世界トップを誇っており、台湾産の半導体のサプライチェーンや製品への導入は、環境対応の面からも重要である。そうした中、対中関係の見直しなどの不確実性への対応を目的に、台湾は現在、半導体サプライチェーンにおける構造改革を断行している[5]。

例えば、台湾は、グローバルな国際協力の一環として、EVに関して、台湾の電子製品受託生産大手、鴻海が欧州、インド、中南米で生産することを検討し、提携先と共同で現地工場を建設・運営し、現地の消費者に販売する「BOL(建設・運営・現地化)モデル」を活用している。Build、Operate、Localize(BOL)は、パートナーと投資

して地元の工場を建設および運営し、地元の消費者に販売することを示す。そこからさらに、電気自動車に関するオープンエコシステム形成に向けて「既存の自動車サプライチェーン構造にとらわれない」自動車モノづくりの標準策定を企図し、**Mobility in Harmony (MIH)** として、2022年1月段階で61の国・地域から2000社以上の企業が参加している。その多くが今までの自動車メーカーやTier1/Tier2サプライヤーなどの業界のサプライチェーン構造に入れていなかった企業とされる。これら新たな企業群によるEV製造の標準を生み出し、既存サプライチェーンを組み替えることで新規参入企業でありながらデファクトを取りに行くとともに、これら新たな標準でのEV製造の組立プロセスをフォックスコンとして受注することでEV関連ビジネスを取り込むことを目的としている。

またインドに対しては、例えばAppleの最大のサプライヤーであるフォックスコンが2017年からインドでiPhoneを製造している。世界全体に占めるインドの割合を小さいものの、同社はカルナータカ州バンガロール市近郊に土地を購入し新工場を設立する計画を発表する等、その比重を増している。

② インドにおける半導体SCM

インドにおける半導体産業に関する強みと弱みは表3に示される[7]。

表3 インドのSWOT分析

| | |
|---------------|--|
| Strengths | <ul style="list-style-type: none"> ・大規模な携帯電話製造拠点 ・IT、デザイン、R&D、エンジニアリング分野での豊富な人材 ・半導体施設の部品や機械の輸入に対する関税ゼロ |
| Weaknesses | <ul style="list-style-type: none"> ・半導体の輸入への強い依存 ・製造能力が主にプリント基板の最終組み立てに集中 ・投資が一部の製造に限定 |
| Opportunities | <ul style="list-style-type: none"> ・政府が新しい製造プラント設立にインセンティブ提供 ・既存施設の拡大に焦点を当てた外国投資 ・5G技術展開に伴うデバイス需要の高まり |
| Threats | <ul style="list-style-type: none"> ・半導体製造拠点向けの環境エコシステムとインフラ |

インドは従来より製造業の弱さが指摘されており[3]、2014年のMake in Indiaの試み以来、その改善対応が積極的に実施されている。とくに半導体産業においては、製造業の基幹であることから、それらの機器の輸入に頼る現状の改善が重

要視されていた。台湾にとっても、半導体サプライチェーンの形成において、インドの役割が期待されており、その期待度は日本を上回るとされる。

グローバルSCを担うにあたり、インドは国内のデザインIPの作成を促進することにより、世界クラスファブレスエコシステムの構築に努めることが求められている。また、半導体の組立、試験、マーケティング&パッケージング市場は徐々に研究開発集約的になりつつある。そのため、インドは、業界に合わせてスキルポリシーを調整する必要が出てきている。また、インドはクアッドのようなグループを活用して資源をプールし、共同投資し、貿易を行って、半導体の材料、技術的ノウハウ、市場への重要なアクセスを獲得することが可能な位置づけにあり、こうした機会の活用が求められているものと考えられる。

3. 半導体の技術経営—台湾の対印モデル

(1) インドのモノづくりの特徴

ものづくりの設計思想には、モジュラー型(modular architecture)とインテグラル型(integral architecture、すり合わせ)型が存在する(藤本,)。これは、ガソリン車のような、安全性、燃費・省エネ、デザイン、乗り心地などなど、様々なスペックをすり合わせることでものづくりを行う型と、既存のモジュール化された部品を組み立てていくというものづくりの型の2つを指す。日本のモノづくりは、このインテグラル型に強みがあるとされる。

一方、インドにおけるモノづくりの素養は、インドにおける伝統的な考え方「ジュガード」に根付く。この「ジュガード」はインド特有の概念であり、「器用仕事」とでも形容すべきもので、一定の制約のもと、ありあわせのもので代替して問題解決を行ってしまうというものである[4]。この考え方は、複雑な機器や部品の組み合わせでもものをつくる「すり合わせ型ものづくり」と相性が良いとされ、日本とインドが、ものづくりにおいて強い親和性を有していることに着目した研究もおこなわれている[6]。同研究において、モジュラー型とインテグラル型の得意、不得意について、地域的に特徴を明らかにして分類することができるとし、日本から始まり、東南アジア諸国連合(ASEAN)を経て、インドに至るルートこそが、「すり合わせ型ものづくり産業回廊」と形容する地域であるとしている。

以上より、インドはIT産業に加え、すり合わせ型ものづくりのような製造業にも潜在的な強みがあるといえる。インドはこうしたものづくり(ハード)の強みとITのソフトが融合しており、組み込み式ソフトなど、ハードとソフトの融合領

域では、かなり大きな発展が期待できるとされる。

(2) 台湾の対印モデル

台湾の半導体産業は、インドと ASEAN 諸国との協力を通じて、アジア太平洋地域での存在感を強化し、グローバルな競争力を高めるための国際協力を展開している。特にインドや ASEAN 諸国に生産拠点を設立し、現地での製造を拡大している。これは、中国に代替する生産拠点として、という考えの他、地域の需要に合わせた製品を供給し、生産効率を向上させることが目的となる。その際、技術協力プログラムを通じてインドや ASEAN の企業と連携し、技術移転や共同研究を行っている。これにより、技術革新を促進し、先の SWOT 分析で示したインドの弱点克服を含む、地域の半導体産業の発展が期待される。

こうした台湾が主導するイノベーションエコシステムの構築には、展開先の情報技術の発展を通じた全体最適のための情報システムの構築が不可欠であり、その点、高い DX 能力を有するインドは有力な展開先となっている。

(3) 台湾の対印モデルの問題点

台湾との半導体サプライチェーンの構築は、インドの Make in India の政策とも合致しており、台湾企業フォックスコンとの協定などの事例を含め、その協力関係の構築は着実に進められていた。しかし、7月10日に上記企業の協力関係の解消が起こるなど、台湾とインドの協力関係の構築は必ずしもうまくいってはいない。

フォックスコンがインドに工場を立地した理由は、インド側がチップ産業に対して 2021 年に 100 億ドル（約 1.38 兆円）規模のインセンティブ計画を打ち出し、条件を満たした企業に最高で事業運営費の 50%分を支給すると発表したからであった。しかし、その支払いが滞りをみせており、そうした問題が協力関係の破棄につながったのでは、という意見もある。このように、インドには特有の不確実性が存在しており、それらが海外企業のインド進出を阻害する要因となり、ひいては、Make in India の進展の障壁となっていると指摘される。

4. 日本の半導体産業のあり方

(1) 日本の半導体産業の現状

EMS はあらゆる産業のものづくりを担う中で、今まで日本が強みであった現場で培った技術・ノウハウを圧倒的なスピードとサイクルで蓄積してきている。EMS の台頭の中で、日本企業の今までの戦い方では、EMS を徹底活用する新興プレイヤーとの競争激化により存在感が低下することが予想される。また、完成品メーカー・部品メーカーとしての位置付けや、現在強みを持って

いるロボット・IoT をはじめとしたものづくり支援ソリューションの位置付けすらも、EMS 企業に奪われることになりかねないとされる。

(2) 日本と台湾の協力関係

以上の状況において、日本の半導体産業の強みを活かしつつ生き残るためには、半導体産業の海外展開において、展開先のサポーターインダストリの存在が重要である。例えば台湾企業がインドで展開する場合、①生産する半導体デバイスのための電子部品メーカー、②半導体デバイスの製造のための高度な機械装置メーカー、③半導体デバイスの製造の材料メーカー、などのサポーターインダストリが求められる。これらの分野において、日本は、電子部品（村田製作所等）、機械装置（東京エレクトロン等）、材料（信越化学等）などの国際協力の高い企業群を有しており、総体的な SCM 協力関係が求められる。特に、日本の製造業の強みとインドの DX の融合へのアプローチを、台湾-インドの半導体協力からの観点から考えるにあたり、インドの足りない部分の補完になることが期待される。

(3) 日本の EMS モデルの将来像

サポーターインダストリを含む日本企業の競争力強化の方向性は、①強みの集中強化、②モノづくり技術を活かした高付加価値型の EMS の展開・連携、が求められる。

①については、従来より日本企業は内製志向が強く、アウトソースの活用は苦手である一方、アップルなどの先行企業では EMS をはじめとしたアウトソースを「活用しこなす」ことをノウハウと捉え、取り組みを実施してきた。日本の強みであるインテグラル型のモノづくりを活かすべく、自社としてのコア・非コアの振り分け、競争力の源泉となる領域にリソースや技術を集中投下しつつ、モジュール型にはない密なものづくりの連携を構築することが重要である。

②については、モノづくり技術を活かし、「企画 - 設計 - 試作 - 調達 - 実装 - 製造 - 品質保証 - 出荷 - マーケティング - 営業 - アフターサービス」までものづくり企業のプロセスをトータルで支援し、徹底的な顧客目線で顧客製造業の経営・製品を高度化することに寄り添うことなどが求められる。

(4) 台湾の対印モデルからの教訓

台湾の半導体産業は、国際的な技術協力と技術移転を積極的に推進しており、外国企業とのパートナーシップを強化している。一方、日本の半導体メーカーは、独自の技術を守りながら研究開発に重点を置いている。結果、日本の半導体メーカーは、独自の研究開発活動に多くの資源を投入して、次世代の半導体技術の開発に焦点を当

ている。台湾もイノベーションに取り組んでいるが、外部パートナーシップによっても成果を上げており、同時に、グローバルなサプライチェーンの最適化を行い、地域の需要に迅速に対応し、カスタマイズされた製品を提供することを可能にしている。この点において、日本の半導体メーカーはその需要の多くは国内市場に依存しており、グローバルなサプライチェーンの構築の需要が小さく、また、最適化において部分最適に留まっている。

以上の状況の改善のためには、台湾企業のように米国の先進企業と連携し、最先端半導体の需要を満たす製品の製造にかかわると同時に、自社のみの研究開発活動に拘ることなく、グローバルなサプライチェーンのステークホルダーとの密な連携が求められる。

5. 脱炭素の国際協力の進展

以上の日本・台湾の戦略とインドへの進出に関して、脱炭素の国際協力には、半導体産業のグリーンイノベーションの促進が求められる。

半導体製造における省エネルギー技術や再生可能エネルギー技術の取り入れや、脱炭素化に向けた技術開発や情報共有を積極的に行うことで、国際協力の進展が見込まれる。

特に日本の半導体産業は現状、自社内の研究開発活動を中心としており、グローバルサプライチェーンの構築や、技術移転においてより積極的に行う余地がある。その際に、「すり合わせ型」のモノづくりを通じて日本との親和性の高いインドのモノづくりに関わることは、両国にとってプラスになることが期待される。また、半導体産業のサポーティングインダストリーとして、電子部品や機械装置、材料などの産業分野において、より環境対応を厳密に行う企業として、インドの地場の産業と DX を通じた情報システムを構築、技術の伝播をしていくことが求められる。

一方、台湾は日本の製造専門知識と協力することで、半導体製造の精度、効率、品質管理の向上に貢献することが期待される。また、日本とインドとの協力によるサプライチェーンの多様化、半導体業界のイノベーションの加速、市場の拡大と経済成長につながることを予想される。以上のように、台湾は半導体製造の専門知識を日本やインドと共有すること、日本は先進的な製造技術で貢献、インドは DX スキルを提供することで、互いの技術の欠落を補うことを可能とする。

半導体産業およびそのサポーティングインダストリーを含む脱炭素に向けたモノづくり力の強化の展開を、インドを契機にグローバルサウスに伝播することが、日本の次世代技術経営として喫

緊の課題であり、インドの DX 能力を活用した台湾の半導体産業の対印モデルへの日本企業の加担、貢献はそれらの課題の解決のきっかけとなることが期待される。

6. まとめ

国際的な脱炭素への取り組みには、省エネルギー技術と再生可能エネルギーの採用、技術開発、情報共有などが一体的に進められることが求められる。日本、台湾、そしてインドの国際協力が脱炭素に与える影響について検討するにあたり、半導体産業に焦点をあてた。日本の半導体産業は、高い技術とそれらを補完するものとしてグローバルサプライチェーンと技術移転の強化が求められており、その観点でもインドとの連携が有益であると考えられる。またインドへの進出を積極的に行っている台湾は、日本との協力によって半導体製造の品質と効率を向上させ、多様なサプライチェーンを形成し、イノベーションを加速させる役割を果たしうる。日本は製造技術で貢献し、インドは DX スキルを提供することで、相互補完を図ることが求められる。これらの協力により、脱炭素に焦点をあてたモノづくり力が強化され、日本の次世代技術経営として国際的な脱炭素への貢献と技術の進歩に寄与することが期待される。

参考文献

- [1] 犬塚正智、台湾半導体製造企業の競争戦略、創価経営論集 30 (2・3) (2006) .
- [2] 小宮昌人、連載：デジタル産業構造論 - 5 分でわかる EMS (製造受託企業)、Tier1 の仕事を奪う？台湾ホンハイら主要企業を解説、ビジネス IT (2023/3/14).
<https://www.sbbi.jp/article/cont1/80991>
- [3] 佐藤創、インド工業停滞論争再訪：「早すぎる脱工業化」に関するノート、経済志林 85(4)、623-645(2018).
- [4] ナヴィ・ラジュ他、イノベーションは新興国に学べ！カネをかけず、シンプルであるほど増大する破壊力、日本経済新聞出版社 (2013).
- [5] 日本貿易振興機構、台湾における半導体産業について - 台湾の関連政策と主要企業のサプライチェーン調査、日本貿易振興機構海外調査部 (2022).
- [6] 松島大輔、ビヨンドコロナのインド・イノベーションの展望～ジュガード・イノベーション (2021/7/9) .
https://spap.jst.go.jp/india/experience/2021/topic_ei_24.html
- [7] Tripathy et al, India's Semiconductor Ecosystem: A SWOT Analysis, Takshashila Discussion SlideDoc 2021-02 (2021)