

インフラシステム輸出に向けた現地調査・情報普及支援事業

「新しい輸出産業としての次世代スマート工場エンジニアリングの現地調査他事業」

報告書

2020年1月

日本貿易振興機構(ジェトロ)

一般財団法人 エンジニアリング協会

内容

| | |
|--|----|
| 1. 調査の目的と市場および事業領域..... | 6 |
| 1-1 調査の目的..... | 6 |
| 1-2 調査対象..... | 7 |
| 1-2-1 対象市場..... | 7 |
| 1-2-2 競合調査..... | 8 |
| 1-3 対象事業(機器および技術)..... | 9 |
| 2. 調査の体制..... | 11 |
| 2-1 業務受託者..... | 11 |
| 2-2 業務受託者(本調査事業のコアメンバー)の構成と役割..... | 12 |
| 2-3 業務受託者が分担する専門領域..... | 13 |
| 2-4 業務の再委託..... | 13 |
| 2-5 本研究会の役割(受託者および再委託先以外)..... | 13 |
| 3. 調査のスケジュール..... | 14 |
| 3-1 調査工程..... | 14 |
| 3-2 調査スケジュール..... | 17 |
| 3-3 次世代スマート工場のエンジニアリング研究会の活動スケジュール..... | 17 |
| 4. 次世代スマート工場..... | 19 |
| 4-1 次世代スマート工場検討のフレームワーク..... | 19 |
| 4-1-1 本研究会における次世代スマート工場のフォーカス分野..... | 19 |
| 4-1-2 次世代スマート工場のコンセプト..... | 20 |
| 4-1-3 スマート工場と次世代スマート工場..... | 20 |
| 4-1-4 次世代スマート工場のアーキテクチャ..... | 21 |
| 4-1-5 次世代スマート工場のアーキテクチャのポイント..... | 22 |
| 4-1-6 中央管制システム..... | 23 |
| 4-2 次世代スマート工場のマチュリティ..... | 24 |
| 4-2-1 自動化のマチュリティ..... | 25 |
| 4-2-2 情報(デジタル技術)活用のマチュリティ: サプライチェーン..... | 26 |
| 4-2-3 情報(デジタル技術)活用のマチュリティ: エンジニアリングチェーン .. | 27 |
| 4-2-4 次世代スマート工場へのロードマップ..... | 29 |
| 4-3. 次世代スマート工場構築のビジネスモデル..... | 30 |
| 4-3-1 事業ドメイン(受発注単位)..... | 30 |
| 4-3-2 事業ドメイン(マーケティング視点)..... | 31 |

| | |
|---|----|
| 4-3-3 事業ドメインごとのサプライヤー状況 | 31 |
| 4-3-4 事業ドメインごとの国際競争力 | 32 |
| 4-3-5 次世代スマート工場に関するまとめ | 33 |
| 5. 競合（ドイツ）調査結果..... | 35 |
| 5-1 ドイツ競合調査で判明した Industry 4.0 の動向 | 35 |
| 5-2 ドイツ調査結果から見た日独比較 | 36 |
| 6. 市場（タイ）調査結果..... | 38 |
| 6-1 産業構造 | 38 |
| 6-2 製造業の概況..... | 38 |
| 6-3 投資動向 | 39 |
| 6-4 労働環境 | 41 |
| 6-5 中国と欧州による攻勢..... | 43 |
| 6-6 日経経済圏、中国経済圏（Amata 工業団地の事例） | 45 |
| 6-7 タイ現地企業の工場調査..... | 45 |
| 6-8 機会と脅威・制約..... | 47 |
| 6-9 顧客セグメント（資本系列）..... | 48 |
| 6-9-1 タイ政府の指定する重点産業..... | 49 |
| 6-10 顧客セグメント（レベル別） | 49 |
| 6-10-1 顧客セグメント（タイ市場整理の視点） | 50 |
| 6-11 推進上の課題・制約（スマート工場輸出を望む日系プレイヤー側） | 51 |
| 6-12 推進上の課題、制約（工場づくりを考えるタイのユーザ側） | 52 |
| 7 タイにおける競争力向上施策（案） | 53 |
| 7-1 調査結果から得られた課題と対応施策..... | 53 |
| 7-2 施策案①「スマート工場コンサルティング会社の設立」 | 53 |
| 7-2-1 活動内容..... | 53 |
| 7-2-2 スキーム..... | 54 |
| 7-2-3 スマート工場向けのコンストラクションマネジメント業務の提供..... | 55 |
| 7-3 施策案②「タイの有力大学での『実習型スマート工場講座』」 | 56 |
| 7-3-1 スキーム..... | 56 |
| 7-4 今後に向けたタイの事業展開ロードマップ..... | 57 |
| 7-5 環境社会への配慮..... | 60 |
| 7-5-1 本調査事業並びに提案の位置づけ..... | 61 |
| 7-5-2 「スマート工場コンサルティング」の社会環境への影響..... | 61 |
| 7-5-3 「実習型スマート工場講座」の社会環境への影響..... | 61 |
| 8 市場（インドを含む APAC 地域）調査結果..... | 63 |
| 9 まとめ | 65 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 10 補足資料 | 66 |
| 10-1 ヒアリングシート..... | 66 |
| 10-1-1 日本語版..... | 66 |
| 10-1-2 英語版..... | 68 |
| 10-2 「次世代スマート工場のエンジニアリング研究会」議事概要..... | 70 |
| 10-2-1 研究会..... | 70 |
| 10-2-2 公開セミナー..... | 73 |
| 出展： | 79 |

まえがき

本報告書は、インフラシステム輸出に向けた現地調査・情報普及支援事業として独立行政法人日本貿易振興機構（ジェトロ）からの業務委託により、一般財団法人エンジニアリング協会が実施した新しい輸出産業としての次世代スマート工場エンジニアリングの現地調査他事業」に関する成果をまとめたものである。

本調査事業は、「スマート工場の新規構築」および「既設工場のスマート化」を実現する事業を新たな輸出産業としていくために、以下2点を提示、検討することを目的としたものである。

- 1) 当該事業をインドを含む APAC 地域で展開しようという事業者に対し、営業施策の検討に向けた基礎的な情報を提供すること。
- 2) 当該事業の競争力強化策に向けて産官学連係によって推進することが有効と思われる施策について検討すること。

本調査事業は一般財団法人エンジニアリング協会が組織した「次世代スマート工場のエンジニアリング研究会（以下「本研究会」という）が実務を担当し、報告書を取りまとめた。本調査事業の実務は、本研究会のメンバーが分担して行っているが、本報告書の内容は、あくまでも本研究会としての見解をまとめたものであり、本研究会のメンバーが所属する企業、大学、団体など見解（もしくはその集約や編集）ではない。本報告書の文責は一般財団法人エンジニアリング協会にある。

本研究会は、関連事業者がインドを含む APAC 地域における事業展開を検討する際に、有用な知見を提供し、効率的な事業展開に寄与すること、および産官学による当該事業の国際競争力向上に向けた協力を寄与することを願って本報告書をまとめた。本報告書は、あくまでも当該事業を輸出産業としていくための「始まりの議論の一つ」であり、これを起点として様々な議論や検討、協業などが行われることを期待している。

最後に、本調査事業の実施にあたり日本貿易振興機構およびジェトロバンコク事務所の各位から様々なご助言、ご支援をいただいたことに、深くお礼を申し上げます。

1. 調査の目的と市場および事業領域

1-1 調査の目的

本件調査の目的は、ディスクリート型産業(組立型産業)向けの「スマート工場を実現する産業」を輸出産業としていくために、関連事業者が活用できる有用な知見を整理すること、および競争力強化に向けた課題、施策案を提示することである。

現在、IoT/AI 技術の進展により産業界に大きな変革が起ころうとしている。ドイツが進めている Industry 4.0、米国の Advanced Manufacturing Partnership (AMP) と Industry Internet Consortium (IIC)、そしてわが国の「コネクテッドインダストリーズ」などが、産業インフラを考える上で大きな潮流となっている。

このような環境変化の下で、一般財団法人エンジニアリング協会は会員企業の協力の下、いち早く本研究会を組織し、概念を構築してきた。本研究会の目的は、新しい「中央管制」の仕組み導入と総合的エンジニアリングで、日本の加工・組立製造業の競争力を向上し、世界をリードすることである。また次世代スマート工場とは、中央管制システムを備え、ドイツ Industry 4.0 等が提唱するスマート工場概念をさらに一歩進めたものである。

今回の現地調査は、主に多くの日系企業が参加してタイ国が進めている「タイランド4.0」における次世代スマート工場実現に向けての調査事業である。またグローバル競争の観点からは、ドイツの Industry 4.0、米国の AMP/IIC の技術動向や進捗度合いも調査し、本研究会の検討結果に反映させたい。特にドイツを重要な(かつ先行している)競合先として意識する必要がある。

自社工場のスマート化は、日本においても成長が期待できる分野として、多くの企業が独自にグローバル展開を推進しており、産官学の取組みも行われている。スマート工場のエンジニアリング自体を輸出産業として捉え、本事業領域をグローバル競争力の高い産業に育成していく上で、本研究会が重視している課題は以下のとおりである。

- ✓ 次世代スマート工場のエンジニアリングは、「生産ラインとそれを構成する個別製造設備・ロボット」「ユーティリティ」「建築」「制御機器」「情報通信機器」「ソフトウェア」ならびに、それらを取りまとめる「設計・エンジニアリング」から構成される複合的なものである。にもかかわらず、全体としての設計アーキテクチャやビジネスモデルについて、明確な指針、合意がない。
- ✓ ごく一部の巨大企業を除くと、この業界のプレイヤーは中堅、中小企業が多い。
- ✓ 工場のマチュリティ(自動化や管理技術の導入状況)によって、「必要な技術」＝「売

れるもの」が異なる。

- ✓ これらの事情によって、日本企業が輸出する場合に、以下を検討するのが難しい環境にある。
 - バリュープロポジション（訴求すべき価値の構造とポイント）をどうするか？
 - 「いつ」「どこに」「何を」マーケティングすべきか？
 - 「誰と」パートナーリングするのが効果的か？

本調査はまず、次世代スマート工場の「アーキテクチャ」「ビジネスモデル」「マチュリティモデル」等のリファレンスを作成する。それに基づき、本領域において国際競争力を有する技術、製品を持つ企業が、「いつ」「どこに」「何を」「どのパートナーと一緒に」売りに行くかを検討するためのフレームワークを提供する。

加えて、対象国（主にタイであるが APAC 全体を意識しつつ）への具体的・個別的な事業展開ロードマップを作成するための、基礎情報を提供する。本調査の提供する情報は、本分野において競争力を有する幅広い日本企業が協力して（必要に応じてコンソーシアム等を組成して）、対象国に対する本格的な事業推進を行うための指針として活用されることを期待している。

1-2 調査対象

1-2-1 対象市場

本調査の主たる対象市場をタイ国とする。

本事業分野は、欧州、米国ともに輸出産業として積極的に取り組んでいることから、日本がまず取り組むべき輸出市場は中国および APAC(インドを含む)とするのが戦略上適切と考えられる。しかしながら昨今の経済状況と本業務委託の期間を考慮すると、中国を対象とする調査で意義の高い結果を得る事は困難であることが予想される。そこで以下の事由から対象国をタイに選定した。

タイは、「タイランド 4.0」という Industry 4.0 類似の構想を提示しており、EEC（東部経済回廊）を中心に ASEAN 圏内のハブとなるべく政策を進めている。タイ投資委員会（BOI）は、EEC 域内への大規模プロジェクトがタイ全体の投資を牽引しているとして、日本からの医療機器、自動化機器、バイオ、プラグインハイブリッド、EV 向け電池などへの直接投資を認可している。

しかしタイは急速に進む高齢化により、労働人口減少や財政悪化リスクが指摘されている。タイランド 4.0 を実現し ASEAN 圏内のハブとなるには、従来概念から飛躍した技術開発や海外企業誘致を進めなければならないであろう。

タイへのインフラシステム輸出を考える場合、タイランド 4.0 の動向と BOI の審査基準などに鑑み、BOI が推奨するターゲット産業のより一層の魅力化が必要になる。その 1 つの解が、「中央管制」の仕組みを持つ次世代スマート工場である。中央管制の仕組みでバリューチェーン全体を俯瞰した最適化を目指す次世代スマート工場は、タイランド 4.0 を実現するための最適解になりえるものと確信する。

ちなみに単体としてのスマート工場輸出のみならず、工場団地ぐるみのスマート化が図れば、域内企業の通信インフラを全体として高度化できる。幸いタイには、EEC をはじめ多くの工業団地がある。工業団地のスマート化は、製造プロセスが高度に進化した次世代スマート工場をベースに、AI/IoT による中央管制を加えることで、更なる競争力強化が望めよう。また次世代スマート工場を含む工業団地のエンジニアリングは、インフラシステム輸出として幅広く多くの日本企業が参加できる。

加えて、タイを対象国に選定する補助的な理由として以下を挙げることができる。

- ✓ 工場のマチュリティ（自動化や管理技術の導入状況）を勘案すると、中国を除く APAC のなかでは、スマート工場関連の需要が最も早く立ち上がる事が期待されている。
- ✓ 日本企業の現地法人（組立型工場）が非常に多く、調査計画立案、実施ともに十分な支援が得られる可能性が高い。
- ✓ 親日的であり、現地資本の企業であっても、本件調査趣旨への賛同が得られやすい。
- ✓ 次世代スマート工場の検証フィールドとしての可能性を見出したい。

またタイでの調査を通じて、タイにおける事業展開ロードマップ（いつ、何が売れるか）が作成できれば、他の対象国（インドを含む APAC 地域）の産業特性や発展の予測を元におおよそのロードマップ仮説を作成でき、水平展開が図りやすくなると考えている。

本研究会は、本件業務委託完了後においても、これらの活動に継続的に取り組み、APAC 地域向けの事業展開ロードマップの段階的精緻化に取り組む予定である。

1-2-2 競合調査

競合調査の対象をドイツとする。

ドイツは 2013 年に国家戦略として「Industry 4.0」を提唱し、官民を挙げてスマート工場のコセプト確立と技術開発・標準化活動に取り組んできた。その際、SAP 社・Bosch 社・Siemens 社など大手企業のみならず、独国内に多い中堅中小企業、そしてフラウンホーファー研究所や大学と協力して、着実に歩を進めつつある。Industry 4.0 構想は、ドイツ製造業の海外工場展開、ならびに工作機械等の輸出も視座においている点が特徴である。そしてタイ、中国をはじめとする APAC 諸国に輸出攻勢をかけている。

しかし「中央管制システム」に基づく次世代スマート工場概念は、標準化・分散モジュール化を志向するドイツ Industry 4.0 ではあまり進められていない構想である。AI を活用した中央管制は、ドイツや米国との差別化技術ともなりえると信じる。

したがって、主対象国におけるスマート工場エンジニアリングの先行するライバル国として、その技術実態と、官民を挙げた取り組み姿勢について調査し、その強みと弱みを分析する。

1-3 対象事業(機器および技術)

スマート工場（組立型産業向け）を構成する機器・技術は以下のとおりである。工場のマチュリティ（自動化や管理技術の導入状況）によって、「いつ」必要となるかは異なるものの、対象とする国によって必要となる機器、技術が異なると考える理由はない。

1) 生産ライン・製造設備・ロボット

- 組立ロボット、搬送ロボットなどの個別自動化機器
- 各種工作機械
- 自動組立ライン

2) 建築、ユーティリティ

- 安全性・環境性が高く、快適で、かつ生産状況の変化に柔軟に対応できる工場建築設計
- エネルギー・HVAC 設備、およびエネルギーマネジメント
- 水処理設備

3) 情報通信・ソフトウェア（製造設備用技術）

- 工場内の情報を取得する各種センサー／制御技術、SCADA、無線計装など

4) 情報通信・ソフトウェア（IoT/AI）

- IoT プラットフォームおよび関連するシステムインテグレーション
- 工場オペレーション最適化に向けたシミュレーション、AI 等の技術
- サプライチェーンマネジメント最適化に向けたシミュレーション、AI 等の技術

5) 工場設計（エンジニアリング）

- 工場全体のマスタープランおよび EPC（主にハード面）
- 工場における制御の設計および実装

6) 情報通信 (組立産業向け工場全体のスマート化エンジニアリング)

- スマート化に向けた I T アーキテクチャ
- シミュレーション、A I 等による最適化、自律化
- システムの実装と導入・定着コンサルティング

2. 調査の体制

2-1 業務受託者

独立行政法人日本貿易振興機構からの業務委託は、以下の業界団体・企業グループが受託した。

一般財団法人エンジニアリング協会（代表法人、業務委託契約の当事者）

住所：東京都港区虎ノ門 3-18-19（虎ノ門マリビル 10 階）

エンジニアリング能力の向上、技術開発の推進などの事業を目的に、1978 年に発足した公益法人。技術的課題の調査研究に加え、国際交流・研修セミナー・情報普及活動等の事業に取り組んでいる。

日揮株式会社

住所：神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-3-1

エンジニアリング会社最大手であり、プラント及び工場建設のグローバルな実績を豊富に有する。

平田機工株式会社

住所：熊本県熊本市北区植木町一木 111 番地

自動車・電機・半導体業界の製造ライン構築、ロボット関連事業をグローバルに展開している。

株式会社 竹中工務店

住所：大阪府大阪市中央区本町 4 丁目 1-13

工場、物流倉庫などの産業インフラの建築と工場スマート化支援をグローバルに展開している。

横河電機株式会社

住所：東京都武蔵野市中町 2-9-32

産業用の計装制御システムのメーカーであり、スマート工場に必須の AI/IoT に係る製品を輸出している。

株式会社 SUBARU

住所：東京都渋谷区恵比寿 1-20-8

自動車及び航空機のメーカーであり、高度な機械組立加工系工場のグローバル展開と運営ノウハウを保有している。

株式会社野村総合研究所

住所：東京都千代田区大手町 1-9-2

シンクタンク業界の大手であり、Industry 4.0 など工場スマート化に関するコンサルティング実績及び提案能力を有している。

日揮株式会社、平田機工株式会社、株式会社竹中工務店、横河電機株式会社、株式会社SUBARU、株式会社野村総合研究所は、いずれも本研究会のメンバーである。実調査事業は、上記受託者が中心となり一般財団法人エンジニアリング協会が組織した本研究会が実施し、報告書を取りまとめた。

2-2 業務受託者(本調査事業のコアメンバー)の構成と役割

スマート工場のインフラは、「生産ラインとそれを構成する個別製造設備・ロボット」「ユーティリティ」「建築」「制御機器」「情報通信機器」「ソフトウェア」ならびに、それらを取りまとめる「設計・エンジニアリング」という幅広い技術・機器から構成される。

今回の調査は、特定の技術もしくは製品の輸出を目標とするのではなく、「スマート工場を実現する総合的な能力」を、国際競争力のある産業にしていくことを目的としている。すなわち、プラント・エンジニアリング分野に相当する「工場エンジニアリング」業界の確立を目指す。

そのため、エンジニアリング協会を代表法人（取りまとめ者）として、個別の技術、製品において高い国際競争力を有し、かつグローバル展開を推進している企業をバランス良く構成し、包括的・網羅的な検討をできる体制とした。

一般財団法人エンジニアリング協会（提案法人）

- ✓ 全体の取りまとめ、理論的指導、プロジェクトマネジメント
- ✓ セミナー(調査結果の報告会)の主催

日揮株式会社／平田機工株式会社／株式会社 竹中工務店／横河電機株式会社/株式会社SUBARU/株式会社野村総合研究所

- ✓ スマート工場の「ビジネスモデル」「アーキテクチャ」「要素技術マップ」「マチュリティモデル」「ロードマップ」等、事業化検討、調査のためのフレームワーク策定
- ✓ フレームワークに基づく、調査計画の策定
- ✓ 現地法人を通じた調査支援および現地調査の実行、報告書の作成

- ✓ セミナー(調査結果の報告会)等における情報発信(講師)

2-3 業務受託者が分担する専門領域

本事業調査の実行にあたっては、全体の業務を受託者が共同で行うこととし、受託者はそれぞれ以下の専門領域の観点から検討、調査を行った。

- 日揮株式会社：工場エンジニアリング、管理技術
- 平田機工株式会社：生産ライン構築、製造設備、ロボット
- 株式会社竹中工務店：建築設計、ユーティリティ、工場建設
- 横河電機株式会社：制御機器、情報通信、AI/IoT ソフトウェア
- 株式会社SUBARU：機械系工場のグローバル運営ノウハウ
- 株式会社野村総合研究所：企業戦略から見たスマート工場、SCM ソフトウェア

2-4 業務の再委託

株式会社日立製作所と再委託先とし、以下の業務を委託した。調査の詳細設計およびコーディネーション

- ✓ インタビュー、ワークショップ等の設計と実行
- ✓ IoT 関連技術、ソリューション、業界動向等に関する情報提供
- ✓ 報告書の作成支援

2-5 本研究会の役割(受託者および再委託先以外)

本研究会のメンバー各社の本調査事業に関する役割は以下の通りである。

- ✓ 現地調査の前提となる以下の検討
 - 次世代スマート工場の「アーキテクチャ」「ビジネスモデル」「マチュリティモデル」等のリファレンスの検討。
 - 本領域において国際競争力を有する技術、製品を持つ企業が、「いつ」「どこに」「何を」「どのパートナーと一緒に」売りに行くかを検討するためのフレームワークの検討。
- ✓ 各社が保有する関連情報の(公開可能な範囲での)収集と提供
- ✓ 現地調査のコーディネーション支援
- ✓ 現地調査結果の整理支援(調査結果レビューおよび意見交換)

3. 調査のスケジュール

3-1 調査工程

調査工程は以下の通り。

【STEP 1-1 アーキテクチャ、ビジネスモデルの整理】

内容：国内の実在する工場（典型的な組立型産業の工場を選定）をモデルとして、スマート工場のアーキテクチャおよびビジネスモデルの雛形をつくり、それをベースに汎用的なフレームワーク初版を作成。

リーダー：エンジニアリング協会

主体制：エンジニアリング協会、日揮、竹中工務店、横河電機、平田機工

協力：本研究会参加各社

活動：

研究会（オンライン会議を含む）を通じて実施

【STEP 1-2 要素技術マップ、マチュリティモデル、ロードマップの整理】

内容：STEP 1-1 のフレームワークをベースに、要素技術マップ、マチュリティモデル、ロードマップのフレームワークを作成。

リーダー：エンジニアリング協会

主体制：エンジニアリング協会、日揮、竹中工務店、横河電機、平田機工、SUBARU、野村総研

協力：本研究会参加各社

活動：

研究会内の少人数の有識者（日揮、横河電機、再委託先（日立製作所）、野村総研）により一次仮説を作成し、2回の研究会（オンライン会議を含む）を通じてレビューする。

【STEP 2 対象国（タイ）の調査／現地調査(予備調査)／調査設計】

内容：STEP1,2の整理を元に、現地調査設計のための予備調査

リーダー：日揮

主体制：日揮、横河電機、竹中工務店、再委託先（日立製作所）

協力：本研究会参加各社

活動：

業務受託者および、本研究会参加各社の現地法人に対してアンケート、電話インタビューなどを通じて以下の情報を収集。1) 各現地法人が認識しているマーケットの状況 2) 調

査対象となる企業（日系企業、現地資本ともに）候補 3）現地調査にあたり協力を依頼できる範囲。

アンケート作成、集計、インタビュー結果の整理他については再委託先が担当。現地調査の準備（協力企業との事前調整）のために業務受託者2名が出張。それらの結果を元に本調査の詳細計画を作成。

【STEP 3 競合国（ドイツ）の状況整理】

内容：STEP 1-1, STEP 1-2 のフレームワークをベースに、ドイツの状況を整理。

リーダー：エンジニアリング協会

主体制：エンジニアリング協会、日揮、SUBARU、再委託先（日立製作所）

協力：本研究会参加各社

活動：

本研究会には Siemens・Beckhoff・Kuka など独逸系外資企業も参加しており、また欧州現地法人を有する会員企業も少なくない。このためドイツの個別状況 (Industry4.0, Fiware 等の産官学連携および企業の動向等) については、既に研究会参加各社が詳細な調査を進めてきている。そこで、その知見内容をフレームワークに落とし込む作業を主体とした。さらに裏付けのために、Industry 4.0 の推進役であるフラウンホーファー研究所やミュンヘン工科大学等への現地調査・ヒアリング、あるいは会員企業の欧州拠点に対する電話インタビューを行い、情報の精緻化を図った。

エンジニアリング協会「次世代スマート工場エンジニアリング研究会」内の少人数の有識者（日揮、野村総研）により作業を進める。

【STEP 4 対象国（タイ）の調査／現地調査（本調査）】

内容：STEP2、3 の調査設計を元に、現地調査（本調査）を実施。

リーダー：日揮

主体制：日揮、竹中工務店、平田機工、再委託先（日立製作所）

協力：本研究会参加各社

活動：

業務受託者から5名の調査団を編成し現地調査を行った。現地コーディネーションは、再委託先（および再委託先の現地法人）が実施し、再委託先から2名の調査員が同行した。

【STEP 5-1 調査結果の整理】

内容：調査成果を報告書として作成。

リーダー：日揮

主体制：日揮、横河電機、竹中工務店、平田機工、再委託先（日立製作所）

協力：本研究会参加各社

活動：

- 1) 本研究会にて報告書の骨子、構成について討論
- 2) 本研究会内の少人数の有識者（日揮、平田機工、野村総研）および再委託先にて報告書を作成
- 3) 本研究会にて報告書のレビュー

*本研究会の活動はオンライン会議を含む

【STEP 5-2 拡大調査（他地域の調査（リモート））】

内容：将来の活動に向けて、他地域の予備調査を実施

リーダー：日揮

主体制：日揮、横河電機、竹中工務店、平田機工、再委託先（日立製作所）

協力：本研究会参加各社

活動：

業務受託者および、本研究会参加各社のタイを除く APAC 地域（インドを含む）の現地法人に対してアンケート、電話インタビューなどを通じて「報告書が想定したタイにおける事業展開の見通しと各国の状況の相違点に関する、現地法人の認識」を調査。

【STEP 5-3 最終報告書の作成】

内容：最終報告書としてとりまとめ。

リーダー：エンジニアリング協会

主体制：エンジニアリング協会、日揮、横河電機、竹中工務店、平田機工、再委託先（日立製作所）

協力：本研究会参加各社

活動：

- 1) エンジニアリング協会「次世代スマート工場エンジニアリング研究会」内の少人数の有識者（日揮、横河電機、野村総研）および再委託先にて最終報告書を作成
 - 2) 研究会にて報告書のレビュー
- *研究会はオンライン会議を含む

【STEP 6 セミナーの開催（一般公募）】

リーダー：エンジニアリング協会

体制：チーム各社が講師を分担する

内容：

タイにおける次世代スマート工場エンジニアリングの可能性及び競合国の状況について、製造業の経営者・管理者レベルを対象とした啓発的セミナーを開催(2020/1/23)。競合調査

(ドイツ)、およびインドを含む APAC 地域の調査結果、ならびに本研究会が整理した当該産業の国際競争力向上へ向けた課題と施策案について紹介した。



図 3-1-(1)

3-2 調査スケジュール

調査事業全体のスケジュールを以下に示す。

| 2019年度 | | | | | | | | | |
|---|---|------|---|---|------------------------------------|---------------|--|--|---|
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| | 事業採択 | 調査準備 | | 現地調査 タイ1回目(10/27-30) ドイツ(11/17-24) タイ2回目(12/8-12) | | 拡大調査 調査まとめ | | | |
| 現地調査：タイ1回目 | | | | 現地調査：ドイツ | | | 現地調査：タイ2回目 | | |
| 調査目的・内容 ・タイでのスマート工場の状況把握 | | | | 調査目的・内容 ・ドイツの国家戦略であるIndustry 4.0の現状 ・ドイツ製造業の工場実態視察 | | | 調査目的・内容 ・スマート工場の成熟度調査 ・スマート工場の市場可能性の確認 ・産業輸出に向けた仮説形成 | | |
| 調査方法 ・調査メンバーの各現地法人へのヒアリング ・ヒアリング整理を通じた課題の見出し | | | | 調査方法 ・教育機関および研究所の訪問インタビュー ・ドイツ現地の工場視察 | | | 調査方法 ・タイ現地の工場見学 ・タイ現地法人・関連機関へのインタビュー | | |
| 調査スケジュール | | | | 調査スケジュール | | | 調査スケジュール | | |
| 日付 | 予定 | | | 日付 | 予定 | | 日付 | 予定 | |
| 10/27 | 移動 | | | 11/17 | 移動 | | 12/8 | 移動 | |
| 10/28 | Digital Thailand BigBang視察 | | | 11/18 | ・MAN社トラック工場視察 ・ミュンヘン工科大学機械工学科訪問 | | 12/9 | ・工場見学：日立ハイテクシェア工場 ・工業団地：Amata Corporation ・バンコク日本人商工会議所：タイ大林組 ・タイでのスマート実証事業ヒアリング：JICA | |
| 10/29 | ・現地法人でのヒアリング ・ヒアリング内容整理 ・2回目調査に向けた活動内容の検討 | | | 11/19 | ・ミュンヘン工科大学マネジメント学科訪問 | | 12/10 | ・人材育成：泰日工業大学 ・タイ現地ビジネス状況：Business Garage Tabata | |
| 10/30 | ・JETRO/バンコクに調査状況を報告 ・移動 | | | 11/20 | ・移動 ・ブラウンシュヴァイク工科大学訪問 | | 12/11 | ・工場見学：Charoenchai ・日系企業の取り組み：Denso International Asia | |
| | | | | 11/21 | ・フ라운ホーファー研究所IPK訪問 | | 12/12 | ①調査状況報告：JETRO/バンコク ②タイ現地ビジネス状況：タイ工業連盟 移動 | |

図 3-2-(1)

3-3 次世代スマート工場のエンジニアリング研究会の活動スケジュール

調査事業について議論を行った研究会の活動スケジュールを以下に示す。

活動では本調査関係者が集う「事例調査分科会」で関係者の議論を行い、次世代スマート工場のエンジニアリング研究会の「定例会」進捗状況の報告と議論を実施した。

次世代スマート工場のエンジニアリング研究会（巻末補足資料参照）

| 日時 | 回 | 議題 |
|-------|--------|--|
| 10/16 | 第1回 | STEP 1-1: 国内の実在する工場（典型的な組立型産業の工場を選定）をモデルとして、スマート工場のアーキテクチャおよびビジネスモデルの雛形をつくり、それをベースに汎用的なフレームワーク初版を作成。調査概要、タイとドイツの調査スケジュール、本調査への協力依頼 |
| 10/25 | 第2回 | STEP 1-2: STEP 1-1のフレームワークをベースに、要素技術マップ、マチュリティモデル、ロードマップのフレームワークを作成。調査分科会の状況報告（調査のフレームワーク） |
| 11/08 | 第3回 | STEP 1-2: マチュリティモデルと顧客ヒアリングシート、現地調査準備 |
| 12/13 | 第4回 | STEP 5-1: 調査成果を報告書として作成。調査分科会の状況報告（本調査の結果速報、2020年1月23日の報告会案内） |
| 12/23 | 第5回 | STEP 5-3: 調査報告書の構成案に関する検討、競争力向上施策（案）の検討、最終報告書としてとりまとめ |
| 1/23 | 公開セミナー | STEP 6: タイにおける次世代スマート工場エンジニアリングの可能性及び競合国の状況について、製造業の経営者・管理者レベルを対象とした啓発的セミナーを開催。タイにおける次世代スマート工場エンジニアリングの可能性と国際競争力向上へ向けた施策案を提示。 |

4. 次世代スマート工場

4-1 次世代スマート工場検討のフレームワーク

本来、スマート工場のエンジニアリングは、「生産ラインとそれを構成する個別製造設備・ロボット」「ユーティリティ」「建築」「制御機器」「情報通信機器」「ソフトウェア」ならびに、それらを取りまとめる「設計・エンジニアリング」から構成される複合的なものである。にもかかわらず、全体としての設計アーキテクチャやビジネスモデルについての明確な指針、合意がないのが現状である。

一方スマート工場の技術、製品およびエンジニアリングを提供する事業者の多くは、スマート工場を構成する要素の一分野を事業範囲としている。

これらの事情により、スマート工場の検討や実現のための議論や商談が難しくなっている現状を踏まえ、本研究会では、まずスマート工場のアーキテクチャ、ビジネスモデル、マチュリティ等の議論整理のためのフレームワークを共有することが重要であると考えている。本報告書では調査の出発点および今後の議論の一助とするために、本研究会における、これらの議論の成果を報告する。

本報告書に示すアーキテクチャ、ビジネスモデル、マチュリティ等は、本研究会の中間報告として提示するものである。またその内容はスマート工場ソリューションを事業とする事業者およびスマート工場を実現しようとする工場事業者によって活用されるフレームワークの叩き台として提示するものである。

4-1-1 本研究会における次世代スマート工場のフォーカス分野

一般に製造業はプロセス型(プラント型)工場とディスクリート型(組立型)工場に大別され、両者は工場設計、構築、制御の面で大きく異なる。

プロセス型(プラント型)工場は流体を扱っているために、製造システム全体の設計を先行し、その中アーキテクチャの中で個別工程の設計をしていくことが必須であり、制御面でも中央管制システムが備えられていることが一般的である。端的に言えば最初から全体最適を指向した工場である。(そうでなければ生産そのものが実行できない)

一方ディスクリート型(組立型)工場では、仕掛品を工程間に貯蔵しておくことが可能なために、工程ごとに加工・組立方法および制御方法を設計し、導入していくことで、工場を構築し稼働させることが可能である。また多くの場合、プロセス型で見られるような中

中央管制システムは導入されていない。端的に言えば個別最適が先行する工場となる傾向が大きい。

これらの事情から本研究会では、プロセス型工場における全体最適の実現方法に学んで、全体最適を指向するディスクリート型工場を実現することをフォーカス分野としている。

4-1-2 次世代スマート工場のコンセプト

4-1-1 で述べた本研究会のフォーカスの考え方により、本研究会の考える次世代スマート工場の最も重要なコンセプトは「全体最適を指向するディスクリート型工場の実現」である。また「中央管制のしくみ」を、その実現のための重要な手段として位置付けている。

本研究会における次世代スマート工場のコンセプトを以下に整理する。

【目的】

「ビジネス価値追求と」、「環境社会に配慮した持続可能な成長（SDG s）」との両立する工場を実現する。

【施策の方向性】

上記の目的を達成するための施策の方向性は以下の3点である。

- ✓ 自動化の推進
- ✓ デジタル技術の活用
- ✓ 中央管制の仕組みにより、全体最適を指向する

【全体最適の範囲】

上記の目的を達成するため、全体最適を指向する範囲を以下に広げる

- ✓ 製造工程のみではなく、サプライチェーンおよびエンジニアリングチェーンを包括する全体最適
- ✓ 設備、WIP(仕掛品)に加え、人的リソース、ユーティリティ等を含む全体最適

4-1-3 スマート工場と次世代スマート工場

本研究会では、ディスクリート産業向けのスマート工場の議論およびスマート工場ソリューションの多くが個別最適であると認識している。これらの議論と区分するために、本研究会では、「より全体最適を指向するスマート工場」を「次世代スマート工場」と呼ぶこ

ととした。4-1-2 記載の次世代スマート工場コンセプトと合わせ、スマート化の方向性ならびに「スマート工場」と「次世代スマート工場」のおおよその区分を以下に示す。

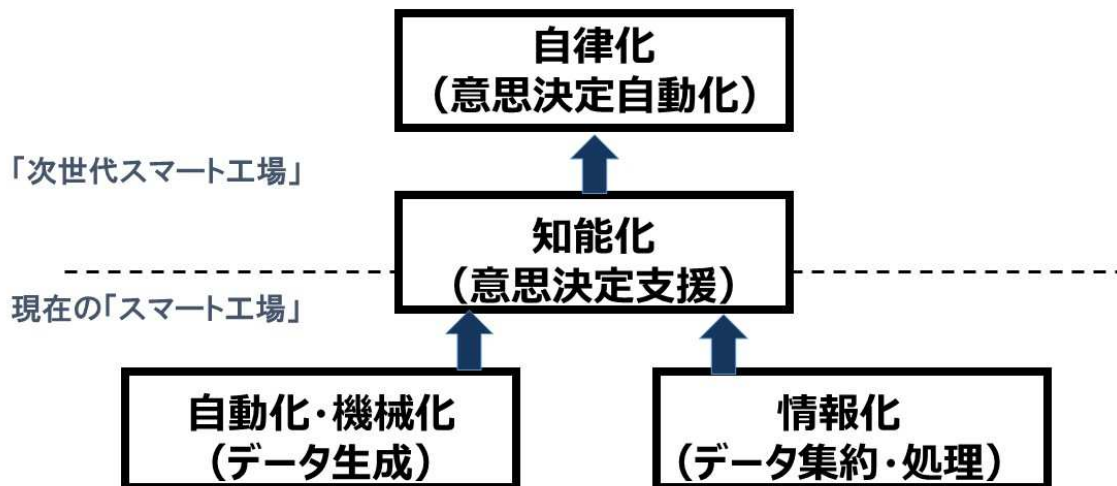


図 4-1-3-(1)

ここに示すように、本研究会では「次世代スマート工場」の要件として、下記2点を想定している。

- ✓ 機械・設備単位のスマート化を越えた全体最適を指向している
- ✓ デジタル技術による意思決定支援（見える化を含む）を指向している

ただし、「スマート工場」「次世代スマート工場」の明確な定義や区分は困難であり、またそのような定義づけや区分が生産的であるとは思われない。むしろ「次世代スマート工場の実現」とは、「より全体最適」「より高度なデジタル技術活用」を目指す連続的・持続的な取組ととらえるのが適切であろう。

また、上記の次世代スマート工場の実現に当たっては、その前提として、図4-1-3-(1)の下部に記載されている自動化・機械化および情報化の推進（現在通常議論されている個別最適のスマート工場化）が必要である。このため本研究会（および本報告書）では「次世代スマート工場」を「スマート工場(従来の議論)」を包含するものとして使用している。

4-1-4 次世代スマート工場のアーキテクチャ

本研究会が作成した次世代スマート工場のアーキテクチャ（および基本コンセプト）を整理した図を以下に示す。

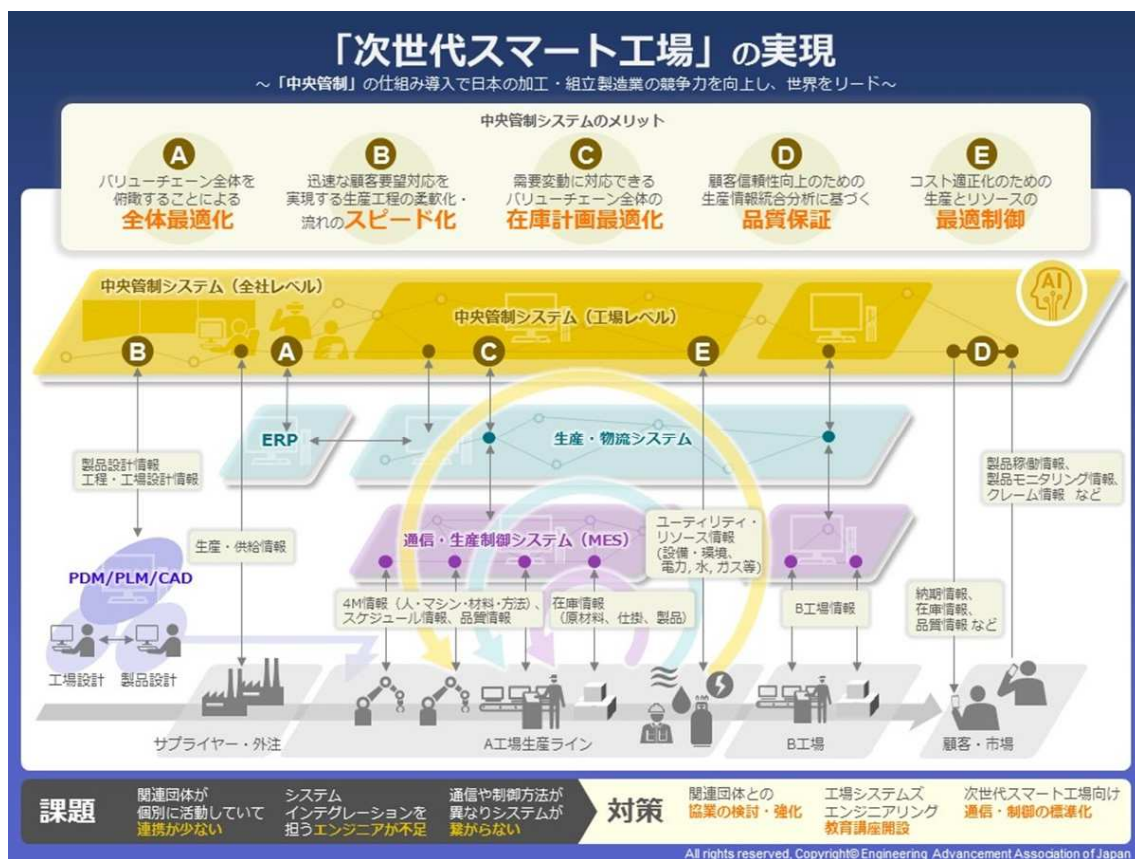


図 4-1-4-(1)

このアーキテクチャは「あるべき姿」もしくは「理想形」として提示するものではない。次世代スマート工場の目標は、個々の企業・工場の生産品目、生産規模、生産モデル、ビジネスモデル等によって個別に設定されるべきである。

このアーキテクチャは、以下の際のマップとして活用されることを期待している。

- ✓ 技術・ソリューションの位置づけを明確にする
- ✓ 技術・ソリューション導入のロードマップを検討する

4-1-5 次世代スマート工場のアーキテクチャのポイント

4-1-1 記載の次世代スマート工場のアーキテクチャの主要ポイントは以下の通り。

- ✓ System of Systems の性格を有する中央管制システム
ERP/生産・物流システムの上に位置するマネジメントとオペレーションのモニタリング、意思決定、指揮命令のためのシステムであり、全体最適を実現する上で中核的な役割を果たす (4-1-6 に詳述)
- ✓ 4階層のアーキテクチャ

下部より「生産設備・ライン」「通信・生産制御システム」「ERP/生産・物流システム」「中央管制システム」の4階層を有する。この4階層は概念的な階層構造であり、情報システムの実装の階層構造を意味するものではない。

✓ 3つのフィードバックループ

生産活動の実データは最下層の「生産設備・ライン」で生成される。生産設備・ラインの最適なオペレーションのために、「通信・生産制御システム」「ERP/生産・物流システム」「中央管制システム」の各層において、より下位の階層とのフィードバックループを形成する。上位階層でのフィードバックループは、下位階層のフィードバックループと比較し、「より空間的に広域」な情報を活用し、より全体最適を指向するフィードバックを実現する。4階層と同じく概念的な構造であり、情報システムの実装上の構造を意味するものではない。

✓ エンジニアリングチェーンとの情報連携

4-1-2 記載のコンセプトに基づく全体最適のための情報連携

✓ サプライヤー、サプライチェーン（配送）との情報連携

4-1-2 記載のコンセプトに基づく全体最適のための情報連携

4-1-6 中央管制システム

次世代スマート工場のアーキテクチャに示す中央管制システムの概要を以下に示す。

✓ マネジメントとオペレーションのモニタリング、意思決定、指揮命令のためのシステム

対象とするすべてを制御(コントロール)するものではない。

*航空管制システムは、航空機のパイロットにどのように飛行するかを指示するためのシステムであって、航空機そのものを操縦するものではない。

✓ マネジメントとオペレーションのモニタリングと意思決定に必要な情報を取り扱う

一定の規則・ルールに基づいて定期的実行するモニタリングと意思決定に必要な範囲の情報を一元的に管理するが、問題解決や戦略的意思決定に供する広範な情報や分析機能を提供するものではない。(問題解決や戦略的意思決定の必要性(トリガー)までが機能範囲)

*どこで、いつ品質問題が発生したかを検知する役割は持っているが、品質問題の原因分析の機能は持っていない。

✓ マネジメントとオペレーションの指揮命令に必要な情報を取り扱う

作業指示に必要な図面番号（バージョン番号）は保持するが、図面情報（CAD データ）そのものを管理するものではない

- ✓ 中央管制のしくみを提供する「情報システムの複合体」である。
目的を達成するために必要なレベルでインテグレーションされている必要はあるが、「統合データベース」「統合データウェアハウス」「完全にシームレスなデータ連携、集約」を要するものではない

4-2 次世代スマート工場のマチュリティ

既設工場の現在のスマート化の状況の把握や新技術・ソリューション導入のロードマップおよびゴールを設定する際には、その目安となるマチュリティモデルの活用が有効である。

既に多くの団体や企業が「格付け」「コンサルティング」「営業」目的で工場のマチュリティモデルを策定、発表しているが、それぞれのマチュリティモデルは発表者の目的および発案者のスマート化に関する思想を反映したものとなっている。

本研究会は、技術・ソリューションの提供者と次世代スマート工場を実現しようとする工場経営者・管理者との間の円滑なコミュニケーションに資するためのマチュリティモデルを提示する。

本研究会が提示するマチュリティモデルは、「評価格付け」や「あるべき姿の提示」ではなく、次世代スマート工場を実現しようとするステークホルダーの分析・整理の視点として提示するものである。

本報告書で提示するのは、マチュリティの視点であり、レベル（軸上のラベル）は目安としてのみ記載している。このモデルを使用する際には、使用者の目的に沿ってレベル（軸上のラベル）を設定されることを想定している。なお、本研究会においては、共通かつ汎用的なレベル（軸上のラベル）の研究に取り組んでいく。

4-2-1 自動化のマチュリティ

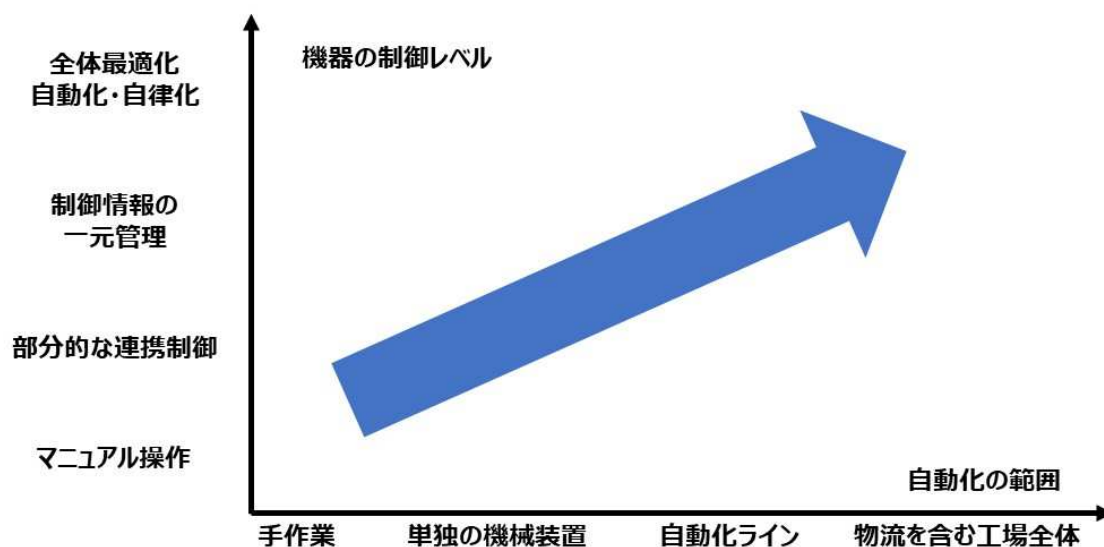


図 4-2-1-(1)

自動化のマチュリティモデルの視点として、図に示す2軸を提示する。

横軸は、加工、組立、搬送などの作業自身の自動化がどれだけ進んでいるかの軸である。

- ✓ 手作業：すべての作業が手作業である。
- ✓ 単独の機械装置：製造工程の一部が自動化されている。
- ✓ 自動化ライン：製造ラインの主要部分が（搬送を含め）自動化されている。
- ✓ 物流を含む工場全体：資材倉庫、出荷倉庫を含めた工場全体が自動化されている。

縦軸は、加工、組立、搬送などの作業の制御の自動化がどれだけ進んでいるかの軸である。

- ✓ マニュアル操作：各作業の制御がマニュアルである。
- ✓ 部分的な連携制御：製造工程の重要な一部について工程間連携の制御が自動化されている。
- ✓ 制御情報の一元管理：工場全体の制御情報が一元的に管理され、重要部分については作業指示および実績収集の仕組みが自動化されている。
- ✓ 全体最適化、自動化・自律化：工場全体の制御情報が一元的に管理され、かつ作業指示および実績収集の仕組みが自動化されている。また最適制御のための意思決定支援や自律的な実行が取り入れられている。

発展の方向性は左下から右上の方向である。横軸の作業自身の自動化が、制御の自動化の前提条件であり、多くのケースでは右方向の発展が先行する。

4-2-2 情報（デジタル技術）活用のマチュリティ：サプライチェーン

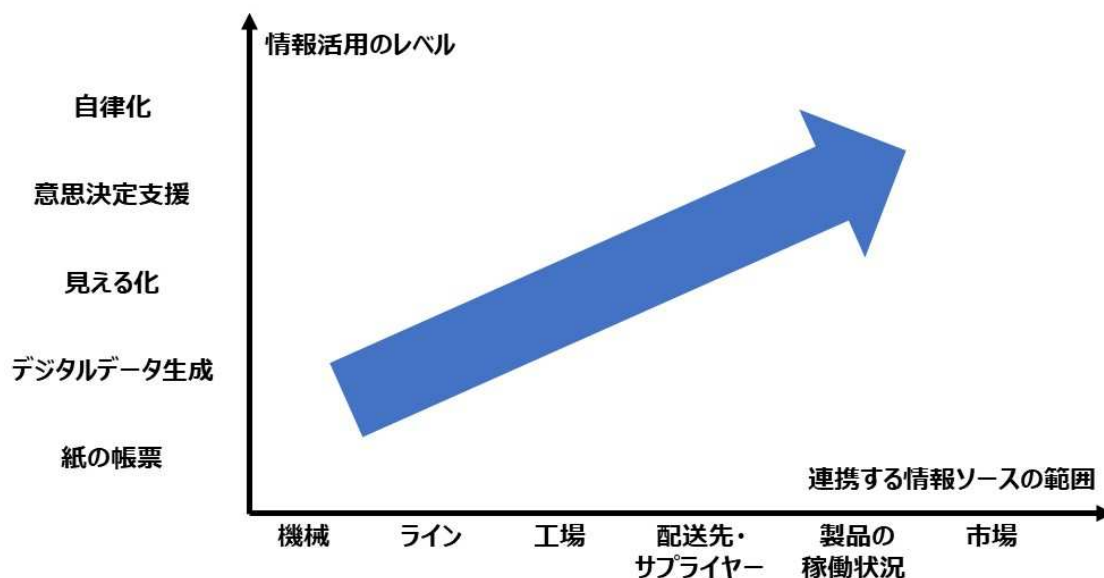


図 4-2-2-(1)

サプライチェーンにおける情報（デジタル技術）活用のマチュリティモデルの視点として、図に示す2軸を提示する。

横軸は、連携もしくは一元管理する情報の範囲である。

- ✓ 機械：個別の機器・機械毎に情報が管理されている。
- ✓ ライン：製造ラインの主要部分の情報が一元的に管理されている。
- ✓ 工場：工場全体の情報が一元的に管理されている。
- ✓ 配送先・サプライヤー：配送先、原材料・資材などのサプライヤーとの間でも必要な範囲で情報共有が進んでいる。
- ✓ 製品の稼働状況：出荷され稼働している製品の情報も収集、管理されている。
- ✓ 市場：需要動向、需給状況などの市場に関する情報も収集、管理されている。

ここで「一元的に管理されている」とは、単一のデータベースもしくはデータウェアハウスが実装され、その上で統合的に管理されているということの意味するものではない。必要な範囲で、それらを統合して活用できる状態で管理されている、という意味である。

縦軸は、デジタル技術活用が、どれだけ進んでいるかの軸である。

- ✓ 紙の帳票：情報は紙の帳票で管理されており、デジタル技術が使われていない。
- ✓ デジタルデータ生成：重要な情報はデジタル化され、収集・管理されている。必要な際

に加工、編集して活用可能である。

- ✓ 見える化：グラフ、ダッシュボードなどの形で、情報の見える化が進んでおり、人間による生産管理、品質管理等における意思決定に容易に活用できる。
- ✓ 意思決定支援：AI やシミュレータなどによって、人間による生産管理、品質管理等における意思決定を支援できる。
- ✓ 自律化：主に AI などにより、人間による生産管理、品質管理等における意思決定の一部を代行し、実行する。

発展の方向性は左下から右上の方向である。横軸と縦軸の間での明確な順序性、依存関係はない。また複数の状態（マチュリティ）が共存する場合も多い。

複数の状態が混在する典型的な例は『ライン全体としては見える化のレベル』にあるが『特定の機械についてのみ意思決定支援のレベル』にあり、工場全体でみると『ライン以外の部分はデジタルデータ生成のレベル』にある」である。

4-2-3 情報（デジタル技術）活用のマチュリティ：エンジニアリングチェーン

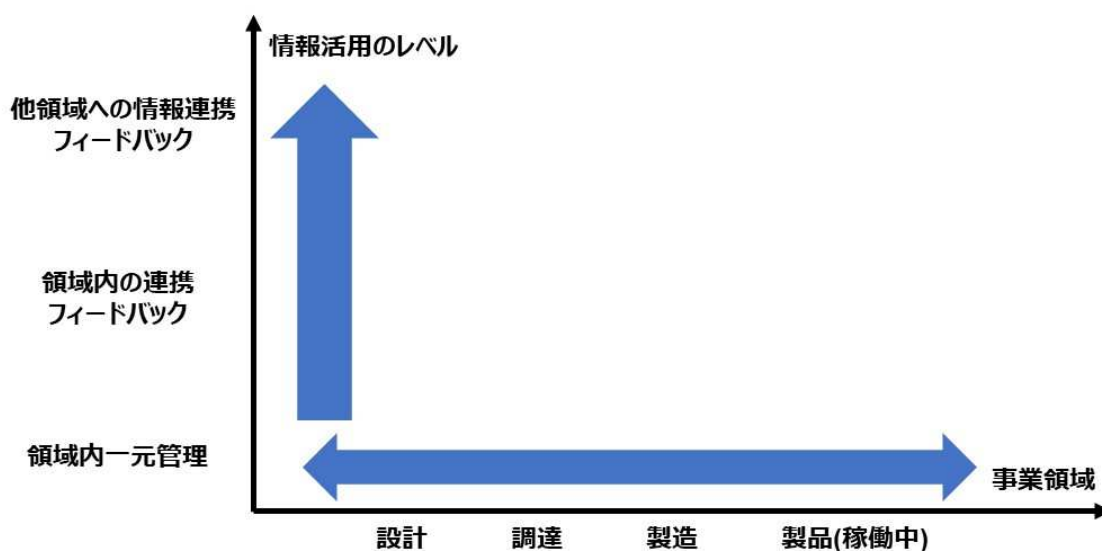


図 4-2-3-(1)

エンジニアリングチェーンにおける情報（デジタル技術）活用のマチュリティモデルの視点として、図に示す2軸を提示する。

横軸は、エンジニアリングチェーンの中のどの領域をカバーしているかの軸である。

- ✓ 設計：設計、BOM/BOE/SOP 生成・管理他

- ✓ 調達：原材料、部品調達および外注管理
- ✓ 製造：加工、組立、検査
- ✓ 製品(稼働中)：出荷され稼働している製品の稼働状況、運転状況。

縦軸は、デジタル技術活用が、どれだけ進んでいるかの軸である。

- ✓ 領域内一元管理：「設計」「調達」「製造」「製品」のそれぞれの領域において情報が一元的に管理されている。
- ✓ 領域内の連携・フィードバック：「設計」「調達」「製造」「製品」それぞれの領域内で、情報が再利用可能となっている。
- ✓ 他領域への情報連携・フィードバック：「設計」「調達」「製造」「製品」の領域を超えて、情報が再利用可能となっている。例えば『製造』や『製品』の情報を『設計』に活用することや、『設計の進捗情報』を『調達』に活用すること」ができることを意味する。

ここで「一元的に管理されている」とは、単一のデータベースもしくはデータウェアハウスが実装され、その上で統合的に管理されているということの意味するものではない。必要な範囲で、それらを統合して活用できる状態で管理されている、という意味である。

発展の方向性として明確なのは下方から上方のみである。横軸と縦軸の間での明確な順序性、依存関係はない。また複数の状態（マチュリティ）が共存する場合も多く、情報連携やフィードバックの方向性にも多様性（一方向、双方向等）がある。そのため、このマチュリティを使用する際には、情報がどのように活用されているかに関して詳しく記述する必要がある。

4-2-4 次世代スマート工場へのロードマップ

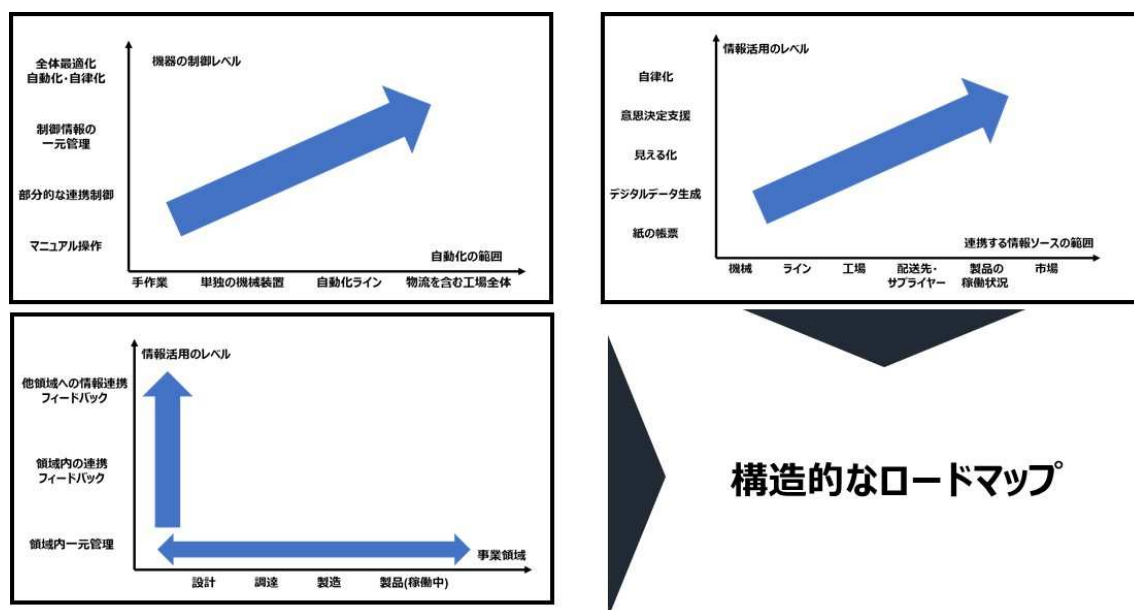


図 4-2-4-(1)

図 4-2-4-(1)に示すように、提示する 3 つのマチュリティの視点の全部を組み合わせることで、既設工場の現在のスマート化の状況の把握や新技術・ソリューション導入のロードマップおよびゴール設定を体系的・構造的に実行することができる。

4-3.次世代スマート工場構築のビジネスモデル

次世代スマート工場のエンジニアリングは、「生産ラインとそれを構成する個別製造設備・ロボット」「ユーティリティ」「建築」「制御機器」「情報通信機器」「ソフトウェア」ならびに、それらを取りまとめる「設計・エンジニアリング」から構成される複合的なものである。これらの複合的な技術・ソリューションの導入にあたっては、受発注の単位としての事業ドメインの類型化が有効であり、本研究会は以下の2つのドメイン分類を提示する。

4-3-1 事業ドメイン（受発注単位）

本研究会は、受発注の単位としての事業ドメインの類型として、下図に示す「サービスドメイン」と「サービスレイヤー」の2軸による分類を提示する。

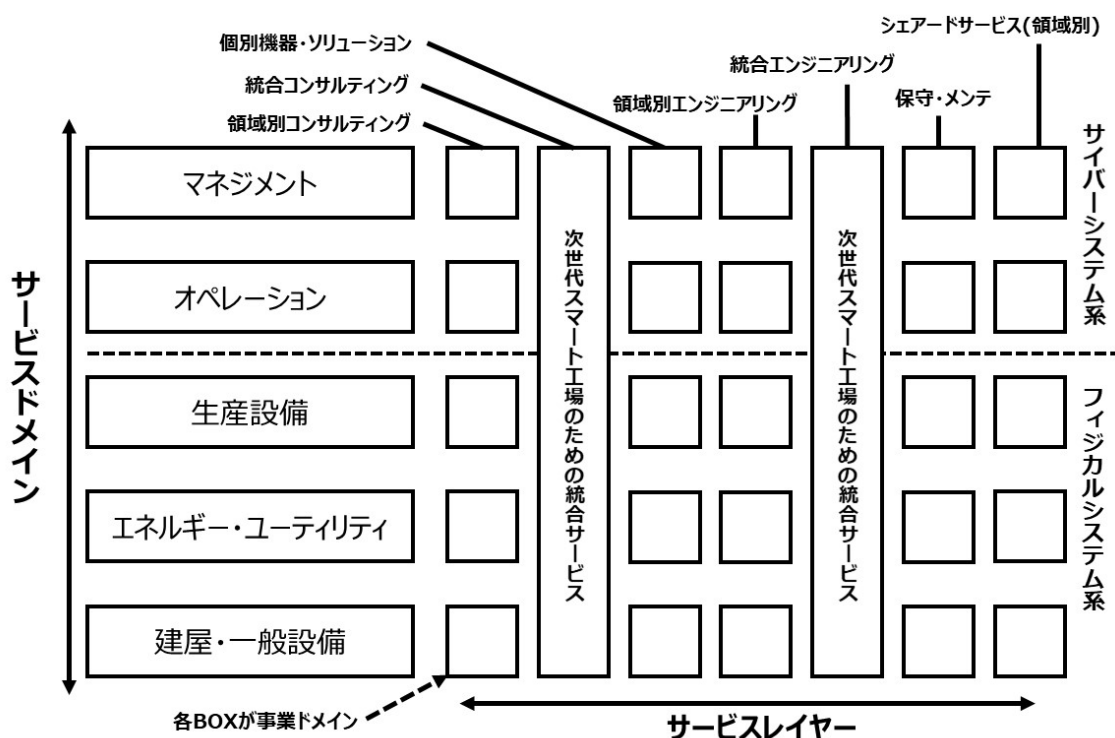


図 4-3-1-(1)

横軸はサービスドメインであり、構築対象による分類である。

縦軸は、サービスレイヤーであり、構築フェーズによる分類である。

ラベルは図 4-3-1-(1)記載の通りである。

次世代スマート工場の構築において特徴的な事業ドメインは、「統合コンサルティング」および「統合エンジニアリング」である。これらは「マネジメント」「オペレーション」「生

産設備」「エネルギー・ユーティリティ」「建屋・一般設備」を統合し、全体最適化を推進するための統合サービスであり、本研究会のコンセプト実現に向けて必要な新しい事業ドメインである。

4-3-2 事業ドメイン（マーケティング視点）

本研究会は、マーケティング視点として下図に示す分類を提示する。



図 4-3-2-(1)

縦軸は「新工場構築」「既設工場のスマート化」の区分である。両者は市場ニーズおよび構想検討から実装、稼働にいたる実作業が大きく異なることから、マーケティングおよび事業計画立案上、明確に区分すべきである。

横軸は 4-3-1 の詳細な事業ドメインを大きく 3 つに再区分したものであり、マーケティングおよび事業計画立案上の簡易な事業区分として提示するものである。

4-3-3 事業ドメインごとのサプライヤー状況

次世代スマート工場構築を新たな輸出型産業としていくうえで、十分に考慮すべきサプライヤーの状況を、本研究会のメンバーの知見をもとに整理したものを下図に示す。

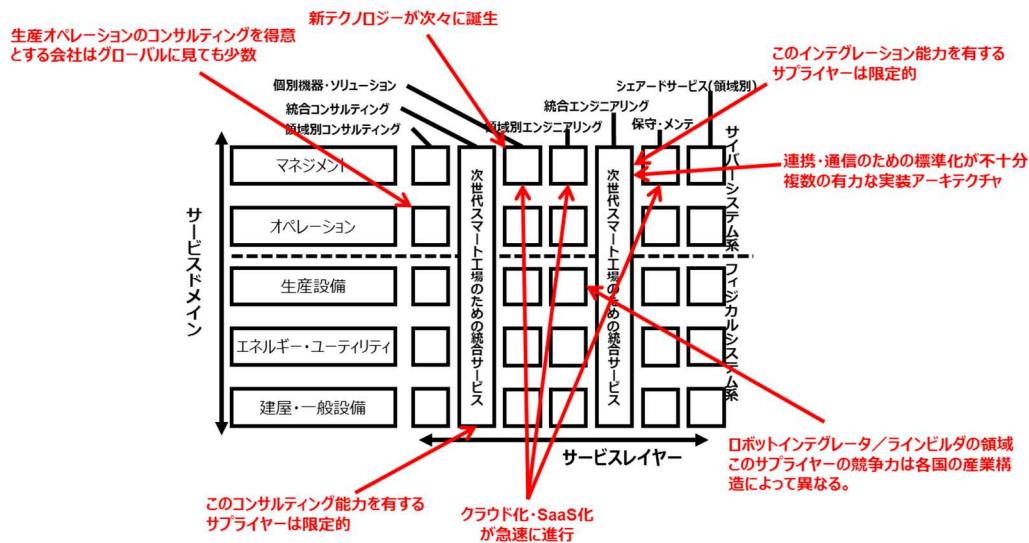


図 4-3-3-(1)

戦略、課題および競争力強化施策検討において重要なポイントは以下の通りである。

- ✓ 次世代スマート工場のための統合サービス（コンサルティングならびにエンジニアリング）について十分な能力を有するサプライヤーがグローバルにみても限定的であること。
- ✓ 情報連携・通信のための標準化が（グローバルにみても）不十分であり、複数の有力化実装アーキテクチャや標準が並立していること。
- ✓ 生産オペレーションのコンサルティングを得意とする事業者がグローバルで見ても少数であること。（多くは少人数のブティックコンサル会社であり、このサービスを得意とする大規模事業者は存在しないものと思われる）

4-3-4 事業ドメインごとの国際競争力

事業ドメインごとの国際競争力を、本研究会のメンバーの知見をもとに整理したものを下図に示す。

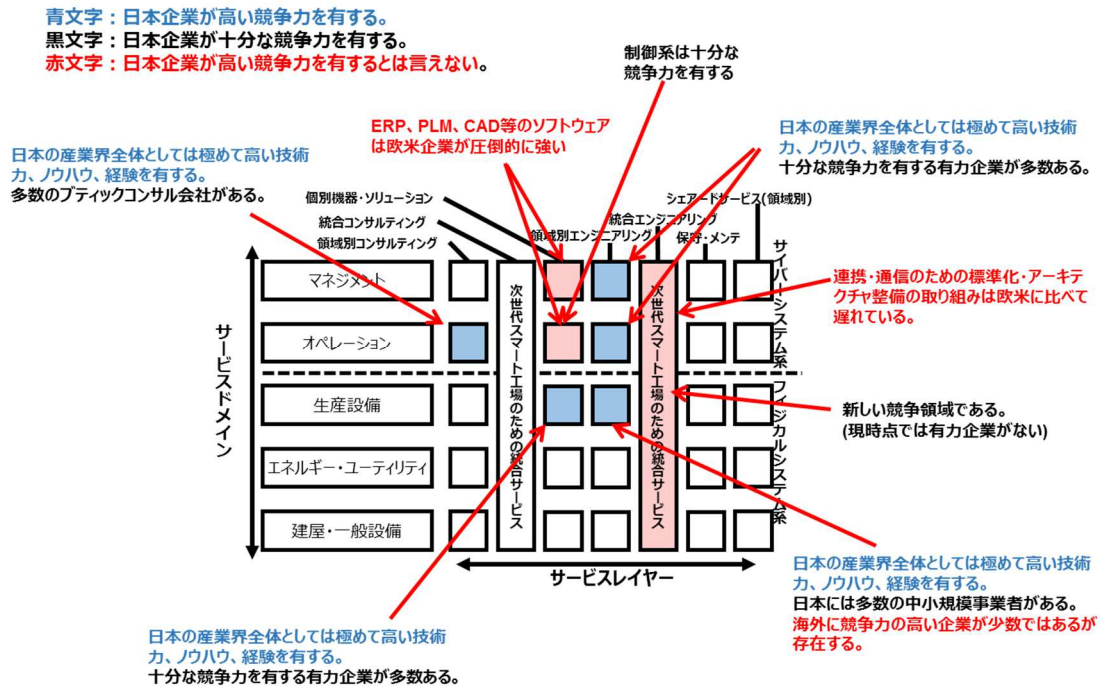


図 4-3-4-(1)

戦略、課題および競争力強化施策検討において重要なポイントは以下の通りである。
 ここでは個別企業の競争力ではなく日本の関連産業界全体の視点で整理している。

- ✓ 日本の国際競争力が高い分野
 - 生産のオペレーション：コンサルティング、エンジニアリングの両面
 - 生産設備：個別機器およびエンジニアリング
 - 情報ソリューションのインテグレーション：マネジメント&オペレーション分野
- ✓ 日本の国際競争力が高いとは言えない分野
 - ERP, PLM, CAD 等のソフトウェア
 - 情報連携、通信のための標準化・アーキテクチャの整備

4-3-5 次世代スマート工場に関するまとめ

ここまで、本研究会がまとめた次世代スマート工場に関する「アーキテクチャ」「マチュリティモデル」「ビジネスモデル(事業類型)」を提示してきた。本研究会としては、次世代スマート工場の検討を進めるにあたって必要かつ汎用的なフレームワークを提示できたものと考えている。実際にこれらのフレームワーク活用するには、目的や各事業者の事情による詳細化やカスタマイズを要するものと思われるが、本研究会としては、必要かつ汎用

的と思われる範囲を提示するにとどめる。カスタマイズや詳細化は実際に活用される方が、その目的にそって実行されることを期待したい。またそうした成果は可能であれば何らかの形で日本の産業界で広く活用できる形で公表されることも併せて期待したい。

5.競合（ドイツ）調査結果

タイを始めとするアジア地域でスマート工場を輸出産業とする際、潜在的な競合相手と想定されるドイツに関して、その Industry 4.0 の最新動向等について調査を行った。

5-1 ドイツ競合調査で判明した Industry 4.0 の動向

ドイツの Industry 4.0 は国家戦略となっている。ただし、国家戦略という言葉から連想される、司令塔があって中央省庁や各企業が動くような中央集権型でなく、関係機関が話し合いながら活動を進める、いわば連邦制的な形態となっている。

よって、ドイツでは Industry 4.0 の概念を特定機関が定めているわけではなく、一種の国家戦略を象徴するブランドとなっているのが実態である。ただし、この「Industry 4.0」というブランド戦略は、これまでのところ非常に成功している。

Industry 4.0 のブランド内での共通項として、サイバーフィジカルシステム（CPS）、Digital Transformation、コネクテッドの概念がベースにある。また Industry 4.0 は、「スマート工場」と「スマート製品」という二本立てになっている。スマート工場については、Human-centered production（人間中心の生産）を目指す。つまりスマート工場とは、無人化を志向するのではなく、現在の工場よりも Configurable で Flexible になっていくことを目指している。それは、固定的なフローショップから、自在なジョブショップへの変化を目指す試みである。

ドイツでの現地調査を通じて、実際に工場が抱えている技術的問題、あるいは解決に向けた取り組みの進捗状況について、日本とドイツで大きな差が生じているとの印象はなかった。例えば、人手不足の課題や、手作業に依存した表計算ベースの計画策定と現場運用での対応、データ共有について企業間が警戒感を持っている、といった課題は、日本にも同様に見受けられる。

ただし、技術的な観点よりも、それ以外の観点に対する違いが顕著である。現地調査で訪れた、大型自動車を製造する MAN 社のミュンヘン工場では、従業員がチームを組んで非常にモチベーション高くきびきび働いている姿が、印象的であった。量産型であり、5分タクトで1台ずつ作っているが、製造する製品は全部個別注文であり、Industry 4.0 の目指す「マスカスタマイゼーション」をきちんと実現している。

もう1つは、従業員の意欲を高めるための職場環境への配慮である。MAN 社の工場内は明るく、寒い時期にも関わらず空調が非常に快適で、工場内も汚れておらず清潔感がある。Industry 4.0 が掲げる Human-centered production（人間中心の生産）の概念が、工場内に適用・浸透している。

なお、ドイツが、Industry 4.0の輸出商品として「スマート工場の規格」を定める動きは、現時点では見受けられなかった。また、ドイツにおける工場作りのアウトソーシング先として、工場エンジニアリング業界やラインビルダー業界といったものは存在しないようである。個別企業はあるが、少なくとも業界として確立しているわけではない。

今回、次世代スマート工場のコネプトのベースとなる「中央管制システム」についても、調査先の各機関と議論を行ってきたが、ドイツにはこの概念はなかったようで、各所で驚かれ、あるいは感心された。

5-2 ドイツ調査結果から見た日独比較

ドイツ調査の結果として、日独のスマート工場への戦略と、アジア市場への取り組みについて、簡単な比較表を次ページに添付するので参照されたい。

なお、今回は潜在的競合相手としてドイツを調査したが、次節に述べるように、タイ市場においては最近、中国系企業が急速にプレゼンスを増している。またスマート工場分野では、米国企業の動きも従来から活発である。中国・米国と対抗するために、日独が協力し、互いに足りない部分を補完し合うような関係を築く可能性も、別途検討の価値があると考えられる。

表 5-1 スマート工場への取り組みに関する日独比較表

| | | ドイツ | 日本 |
|-------------|------------------|--|-----------------------------------|
| 産業構想 | | Industry 4.0 | Society 5.0 |
| ガバナンススタイル | | 連邦型 | 中央主導型 |
| 海外への影響力 | | 強い | 弱い |
| 標準規格の固まり方 | | 中程度 | ゆるやか |
| 国際標準化活動のリード | | 強い | 弱い |
| スマート工場概念 | | フレキシブル・人間中心の生産 | 「つながる工場」(IVI) 「中央管制システム」(本研究会) |
| 実際の工場のレベル | | 先進的 | 先進的(技術面は日独で互いに遜色なし) |
| アジア市場 | 全般的なプレゼンス | 中程度 | 強い |
| | 建屋・一般設備 | 一部コンサルが進出 | 大手ゼネコンが長年存在 |
| | エネルギー・ユーティリティ | Siemens 社をはじめ専門企業が存在 | 大手ゼネコン・重工メーカーが得意とする |
| | 生産設備 | 多数の一流メーカーが存在 | 多数の一流メーカーが存在 |
| | オペレーション系 IT システム | SAP, Siemens 社などが個別に展開中 | 海外へのコンサル・販売力は弱い |
| | マネジメント系 IT システム | ERP では SAP 社が圧倒的強さ | 陰が薄い |
| | 総合エンジニアリングサービス | プラント分野はない。組立加工分野は、Bosch 社などが自社製設備とセットで取り組み | プラント分野は強いが、組立加工は弱い |

6.市場（タイ） 調査結果

6-1 産業構造

タイ国内の製造業の占める位置づけについて調査した。図 6-1-(1)は、タイの国家経済社会開発庁(NESDB)が公表する情報をもとに、産業別 GDP 構成比率を表したチャートである。

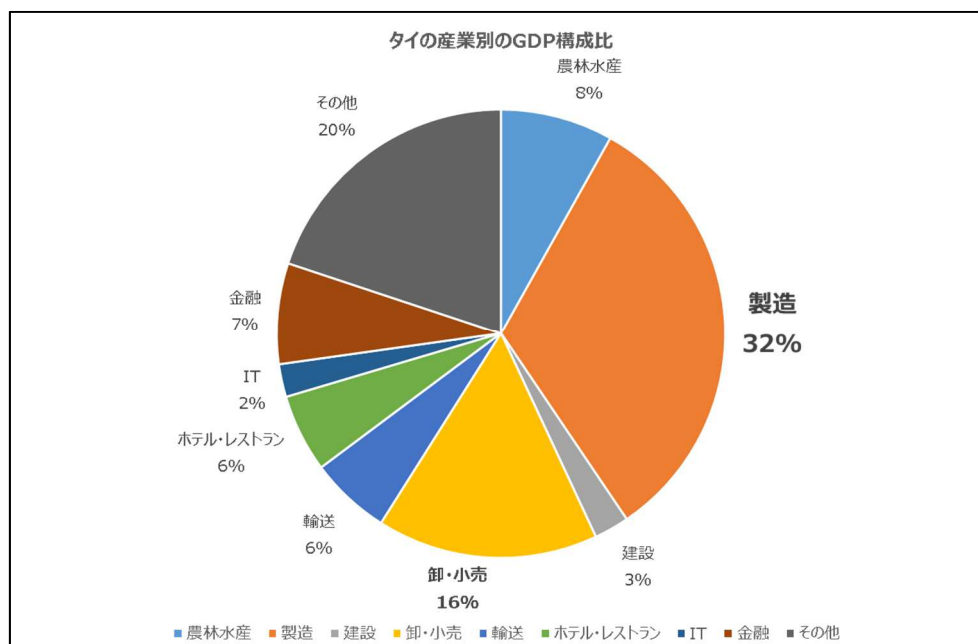


図 6-1-(1) (出典：NESDB)

チャートから明らかなように、タイ GDP に対するタイ製造業の占める割合は、全産業中トップである。また同じく NESDB の情報から、10 数年過去にさかのぼってその推移を確認してみても、製造業の GDP に占める割合は、27%から 31%と安定しており全産業中トップを維持している。

また世界銀行の統計でも、タイの GDP は 2017 年時点で約 50 兆円となり、経済成長率は対前年比 3.9%であることを考え合わせると、タイの経済成長に伴いタイ国内の製造業も順調に規模を大きくしている。

6-2 製造業の概況

タイ国内製造業の内訳について調査した。図 6-2-(1)は、エネルギー関係(石油精製含む)と業界分類が不明の企業を除いた 2018 年度タイ国内産業で売上額の大きな企業のリストである。

| FY18 | 会社名 | | | 売上 (Mパーツ) | |
|------|---|-----|----|-----------|--|
| | | 製造業 | 日系 | | |
| 1 | Charoen Pokphand Foods | ✓ | | 541,937 | |
| 2 | CP All | | | 510,637 | |
| 3 | Hua Seng Heng | | | 436,707 | |
| 4 | Toyota Motor Asia Pacific Engineering & Manufacturing | ✓ | ✓ | 376,170 | |
| 5 | Toyota Motor Thailand | ✓ | ✓ | 369,910 | |
| 6 | Thai Beverage | ✓ | | 267,357 | |
| 7 | Honda Automobile (Thailand) | ✓ | ✓ | 233,328 | |
| 8 | Mitsubishi Motors (Thailand) | ✓ | ✓ | 216,844 | |
| 9 | Ek-Chai Distribution System | | | 198,316 | |
| 10 | Thai Airways International | | | 195,965 | |
| 11 | Siam Makro | | | 191,997 | |
| 12 | AURORA TRADING | | | 191,297 | |
| 13 | ISUZU MOTORS (Thailand) | ✓ | ✓ | 186,774 | |
| 14 | AUTOALLIANCE (Thailand) | ✓ | | 177,745 | |
| 15 | Asian Honda Motor | ✓ | ✓ | 172,100 | |

図 6-2-(1) (出典 : SPEEDA)

リスト内の企業の売上額総額は約 15 兆円になるが、そのうち製造業は約 9.2 兆円 (60%) を占めており、売上額の大きい企業のうち製造業の占める割合が大きい。図 6-1-(1) で示したとおり、タイ国内においては製造業の GDP に占める割合が大きい、同時にこのリストから、少ない大企業 (製造業) で大きな売り上げを占めている構図がうかがえる。

さらにこのリストの中から日系企業 (トヨタやホンダなど) を拾い上げてチェックすると、売上合計は約 5.6 兆円、このリスト内売上額の 36% を占めており、タイ国内の日系製造業の存在感が大きいことが明らかである。ちなみにリストにある AUTO ALLIANCE 社はマツダとフォードの合弁会社であるが、こうしたタイ国内の企業までは考慮に入れていない上に、トヨタ 2 社の売上を合算すると、Charoen Pokphand Foods 社の売上を超えている。

タイ国内製造業の売上額における日系企業のプレゼンスは、このリストで読み取れる以上の強さがあるものと推測され、タイ国内においては日系、特に特に自動車大手のプレゼンスが大きい。

6-3 投資動向

タイへの投資動向について調査を行った。図 6-3-(1) は、ASEAN に対する日本からの直接投資残高の年度ごとの推移チャートである。

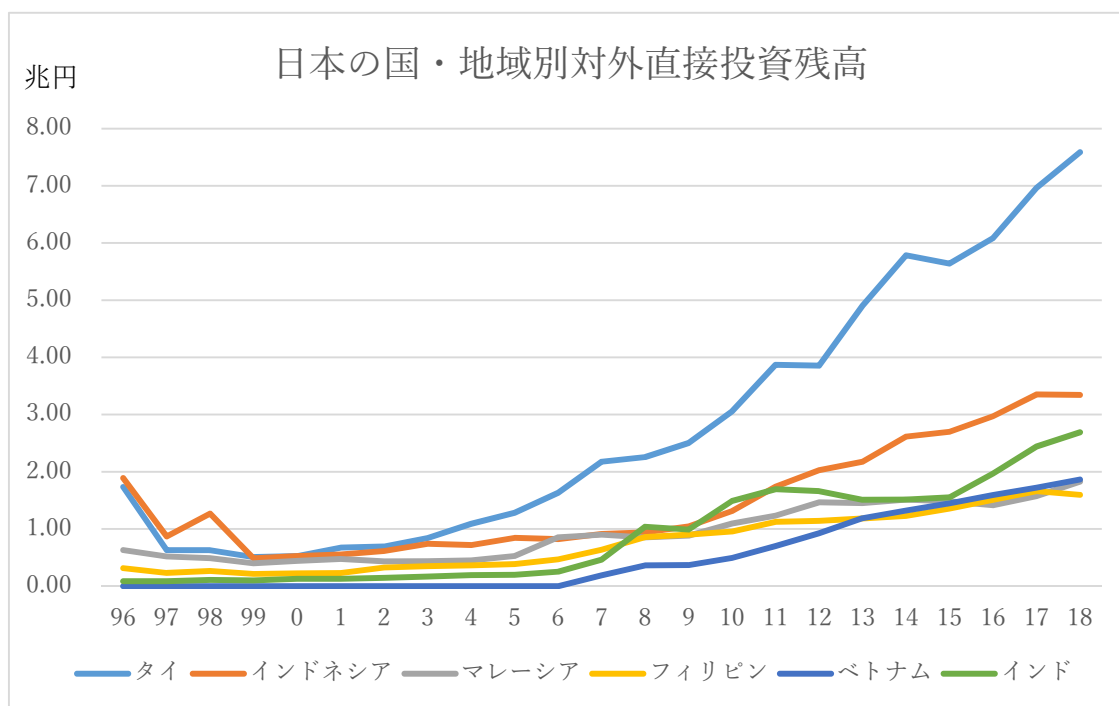


図 6-3-(1) (出典：JETRO)

チャートから明らかなように、日本の対タイ投資額と伸び率は他国を圧倒しており、2018年度の日本からの投資額総額は約7.6兆円である。

しかし、タイにおける対外投資額は、近年状況が変化しつつある。図 6-3-(2)の2019年上期の対タイ各国の投資額割合から、投資額で中国が日本を上回っている。

対タイ投資額は長年日本がトップであったが、日本の25%に対して中国は約32%の投資割合を占めている。こうした状況から、タイ国内の日系企業への調査で、中国の存在感に対する脅威論に言及されることが多々あった。

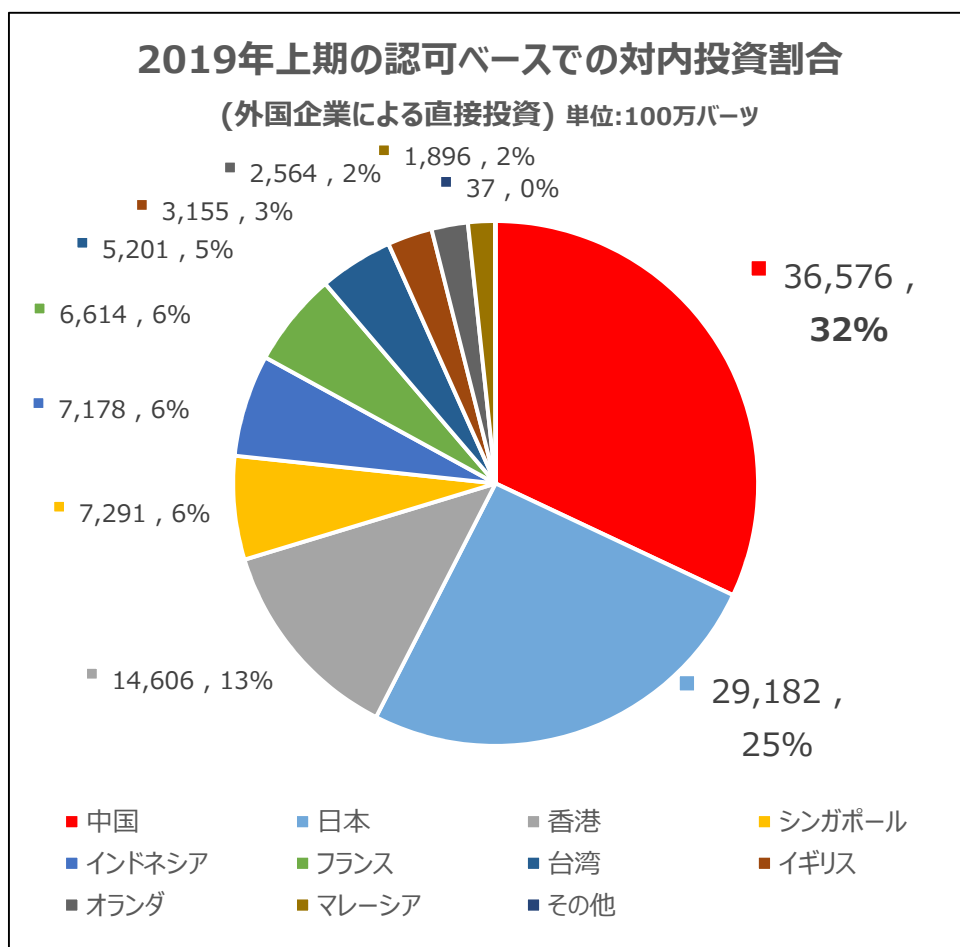


図 6-3-(2) : (出典 : BOI)

6-4 労働環境

一般に企業の経営層は、労働者を取り巻く環境（その地域の平均賃金や労働人口、安全性、国民気質など）と省人化、自動化といった投資とのバランスを考える必要がある。タイの労働環境の特徴を調べた。

図 6-4-(1)はタイの年代別人口構成比率の年度別の推移チャートである。

タイでは少子高齢化が進行している。世界銀行の調査によれば、合計特殊出生率は日本の1.44人に対しタイは1.48人と、少子高齢化の進行は日本と似たような状況であり、タイでも日本と同じく労働者確保が喫緊の課題となりつつある。

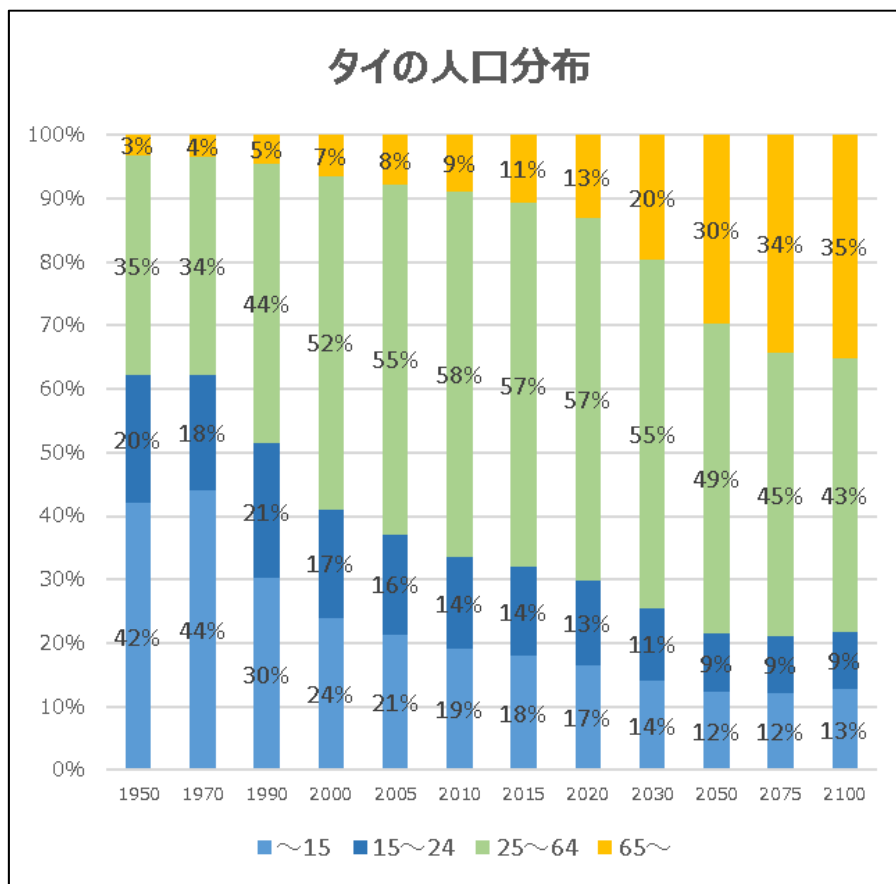


図 6-4-(1) : (出典：国連)

また、タイの人件費についても調査を行った。図 6-4-(2)は各国の月額賃金の比較となる。タイでは労働者不足の影響や前政権の政策によると見られる人件費上昇が顕著であり、現在の人件費は、すでに中国沿海部と遜色ない金額に達している。

2018：製造業(一般工)の月額賃金の比較

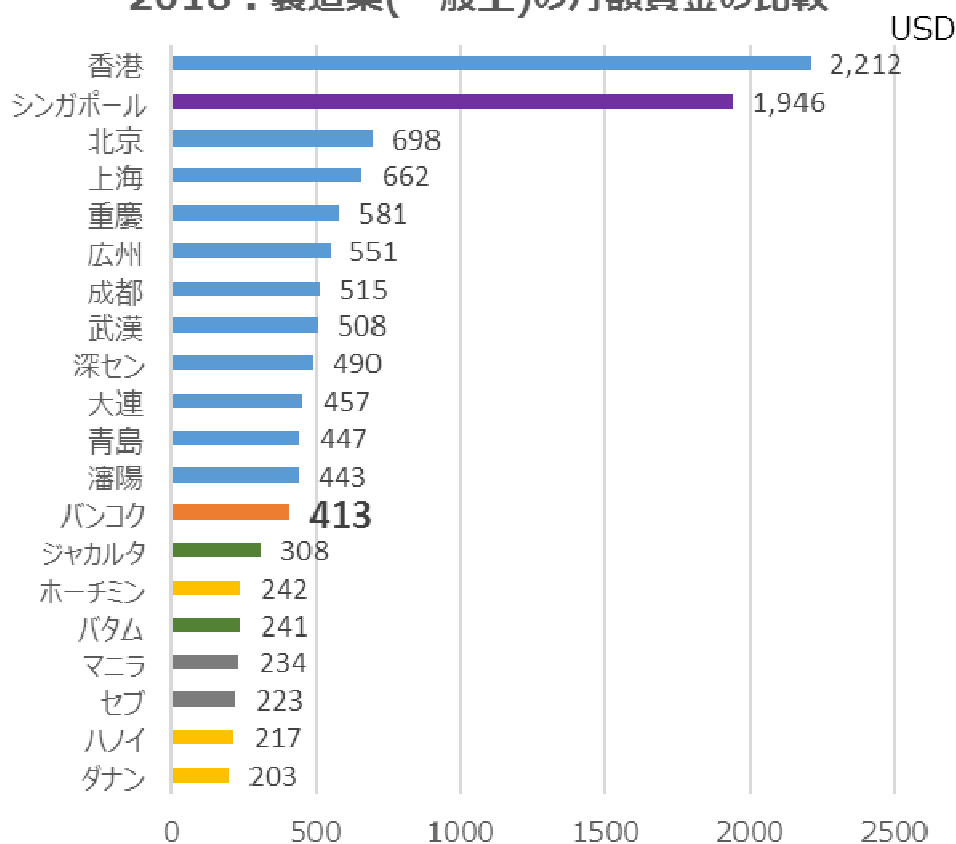


図 6-4-(2)：(出典：三菱 UFJ 銀行)

一方 IMF の調査結果によると、タイ国内での失業率は 1%程度でここ 10 年推移している。これは日本での 3%弱(2017 年度)と比較すると、低い値で安定している。またタイ国内企業へのヒアリング調査から、タイの労働者はジョブホッピング(短い期間に転職を繰り返す)をする傾向が強く、単純労働ではない一定のスキルレベルを持った労働力が不足する懸念の声が聞かれた。

タイの労働環境の調査結果から、人材の流動性が高いタイで成長力を維持するためには、今後は省人化、自動化といったスマート工場への取り組みが加速していくことが想定される。

6-5 中国と欧州による攻勢

すでに「6-3. 投資動向」で指摘したように、中国の対タイ投資額は日本のそれを上回っており、タイの日系企業の中国に対する危機感は強い。

汎用ロボット市場で世界4強というのは、「ファナック、安川、KUKA、ABB」である。中国にもロボットメーカーがたくさん存在するが、一般的に低精度で難易度の低い用途の市場に強みがあると言われてきた。しかし中国美的集団 (Media) によるドイツ KUKA 社の買収に見られるように、中国は世界4強が独占している、高精度で難易度の高い用途の市場への進出を目論んでいるように見受けられる（「中国製造2025」という政治的な後押しも存在）。

ドイツがこうした中国の動きに敏感に反応し、ドイツの先端企業の海外企業による（実質的には中国による）買収を禁止する法律を成立させたニュースは記憶に新しい。

また各国の大型展示会／見本市においても中国の存在感は大きく、本研究会が視察したタイの展示会 (Digital Thailand Big Bang) においても、「HUAWEI、ZTE、JD.com」と言った中国大手企業は大型のブースを設営。さらに、スマート化がもたらすサービス（＝コト）中心の訴求を行い、「何を売るか」という観点での展示が印象的であった。

一方で日系大手企業のブースでは、従来のハードウェア（＝モノ）中心の展示であった。



その他特筆すべきこととして、METALEX という大規模の製造業展示会でドイツが巨大な展示を行い、「umati (ユマーティ)」と言われる加工機どうしを接続する標準インターフェース規格を大々的にPRしていたことが挙げられる。

この規格は、日本のファナック社が推し進めている標準化規格、「FIELD system」の競合製品と考えられるが、今後ドイツの Industry 4.0 標準化作業の進展とともにこの「umati」が存在感を強めていくと予想され、ドイツによるタイ市場への影響力が高まる恐れがある。

このようにタイ国内市場で中国やドイツが存在感を高めることに、現地日系企業は大変危機感を強めており、「オールジャパンで、タイ市場を守っていく必要がある」と訴えを調査の中でも伺い、現地ならではの切迫した危機感がある。

6-6 日経経済圏、中国経済圏（Amata 工業団地の事例）

タイ国内には 100 以上とも言われる工業団地が存在する。中でも Amata(アマタ)Corporation が販売・運営する「Amata 工業団地」はタイ国内有数の巨大さである。

本研究会の視察団はその中の「チョンブリ工業団地」を視察した。Amata 社の説明によると、この工業団地内では 20 万人が働く巨大な工業団地である。また、企業割合は日本 64%、タイ 19.4%、中国 0.9%と、6 割を超える日本企業が進出している。

他方、チョンブリ工業団地より南に位置する、「ラヨン工業団地」も同様に巨大な工業団地であり、こちらは中国企業が多く入っている。こちらの割合が、中国 36.5%、日本 29.5%、タイ 13.9%となっており、全体の 4 割弱を中国企業が占めている。ラヨン工業団地には中国特区が設定されており、130 社がすでに購入済みで今後も中国企業の進出が多く見込まれるとのことであった。

これらのタイ工業団地で特徴的なことは、工業団地内で経済圏が出来上がっている点であろう。「日本企業が工場を建てるなら日本語で工場づくりができる。中国企業なら中国語でできる」環境が出来上がっており、海外からタイへ進出する企業に対して、工場建設と運営、物流の効率性をアピールしていた。本研究会のテーマである次世代スマート工場にとっては、工業団地内の経済圏を含めこのようなバックグラウンドが存在している点は、周辺環境として魅力的と言える。

6-7 タイ現地企業の工場調査

現地調査として、変圧器・配電盤などの電力設備の製造及びメンテナンスサービスなどを提供する C 社の最新工場を訪問した。

C 社はタイ政府が掲げるスマートシティ推進の方針に呼応し、「Smart Organization」「Smart Factory」「Smart Product」「Smart Service」という 4 つの柱を戦略的ビジョンとして掲げてビジネス展開している。C 社の主要製造拠点はタイ国内に 2 か所存在する。バンコクにある変圧器内部のトランス本体部品の製造、最終の組み立てを行う本社工場と、サムットプラカンにある変圧器のケーシング部分の製造を行う新工場である。

新工場は「Smart Factory（スマート工場）」が新築時のコンセプトとして計画され、2017 年より操業開始。約 25,000 坪の敷地内で、150 人の工場作業者が働いている。土地の買収を含めてこれまでに約 27 億円の投資を行っているが、さらに 10 億円弱の追加投資を予定している。

新工場の区画内には工場 A～C の稼働が計画されており、現在はフェーズ 1 として工場 A, B が稼働している。工場 C はフェーズ 2 として、来年の増設を予定しており、最終的には全ての製造ラインがこの工場に集約・統合される予定である。現在は、本社工場から徐々に製造ラインを新工場に移管している状況である。

なお、この新工場＝スマート工場のコンセプト立案、建築設計・施工は日本のゼネコンが担当している。

C 社の経営者にスマート工場に関するインタビューを実施。スマート工場内は、スイス製ロボットとドイツ製生産設備などによって自動化されており、信頼性は非常に高いと評価をしている。また従業員については「女性でもロボットが扱えるように」訓練や仕組みづくりを実施している。

その一方で、生産管理、品質管理については日本の技術に高い関心があり、日本からこれらの管理方法を学んで自社工場に反映、生産性と品質向上に活かしたいという強い希望があった。実際にこの工場でも、生産計画が現場のモニターにリアルタイム表示されて週単位での計画／進捗管理がされているが、より粒度の細かい 1 日単位での管理を目指している。

経営者は自分の悩みを相談するビジネスパートナーを求めているが、タイ現地でのコンサル企業、IT 企業ともに有力な相手は見つかっていない。このような課題は、日系企業が多大な改善の経験と実績をもち、タイ顧客の課題解決が可能な領域である。

また、生産技術とは別の課題として、人材の定着がある。スキルを持った労働者は、半年ごとに給与を上げなければ離職してしまうことが多い。実際に、現場でロボット 2 台を操作している女性は 550 パーツ/日で働いてもらっているが、溶接などのスキルを持った労働者には 1,000 パーツ以上出さないと確保、維持することが難しいという話を伺った。

調査団が工場視察で感じたのは、自動化のレベルの高さである。そのレベル感は、日本国内の製造現場に近く、国内でも先進的な工場に分類されると想定される。また工場内の 5S が浸透し、整理整頓、清掃が行き届いていた。

その一方で、自動化がこれだけ進んでいるにもかかわらず、作業者が多く工場内の物流が少ない。インタビューで聞いた工場の生産管理に関する課題を実際の現場で確認することができた。

しかし、このような課題があっても経営者自らが改善を図るべく、自動化や先進的な仕組みに対する投資意欲が非常に高いため、日本からのスマート工場輸出先としての潜在的可能性は高い企業と思われる。

6-8 機会と脅威・制約

タイの製造業概況を整理すると、タイ国内産業では製造業、特に日系自動車産業の存在感が大きく、タイ市場における日系企業のプレゼンスは非常に高い。またタイ政府としてもスマート化についての取り組みを主導している状況にある。その一方で、少子高齢化に伴う労働力不足が懸念される課題であり、中国やドイツがタイ国内市場での存在感を強めている状況が見えてきた。

改めて、スマート工場に対する日本の企業の立ち位置を把握するために、SWOT 分析手法で機会・脅威・制約について機会と驚異の整理を行った。

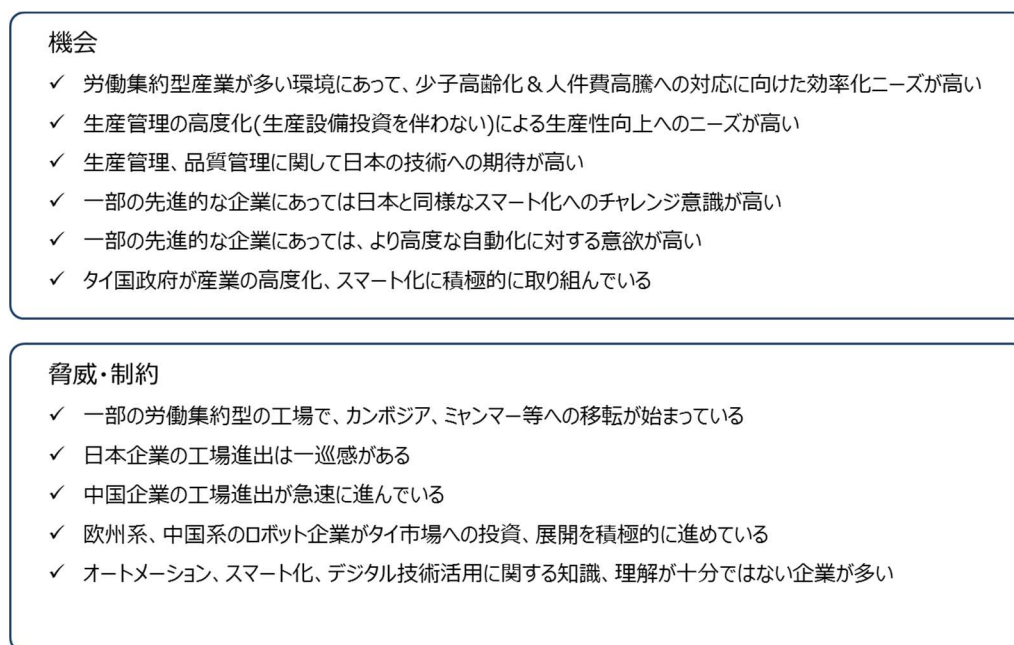


図 6-8-(1)

機会としては、前章のとおりタイは、まだまだ労働集約型産業が多く、少子高齢化や人件費高騰といった対応に迫られている状況もあり、産業界においては工場運営の効率化のニーズが高い。この状況については、世界中でアフリカ以外の国は同様の構造的課題をもっているが、タイについては近年の人件費の高騰が際立っている。

効率化を目指す手段としては、直接的な生産設備への投資に依存するのではなく、生産管理・品質管理といった管理面でのニーズが高くなっている。そこで期待されているのが、高い日本の管理技術である。効率化を目指す中で、先進的な企業になるほど、工場のスマート化や自動化へのチャレンジ意識が高く、タイは政府が高度化、スマート化に対して積極的に主導をしている。

脅威面では、上記の動きと反して一部の労働集約型の工場は、国内生産をあきらめて、隣国のカンボジアとかミャンマー等への移転が始まっている。これはモノづくりの空洞化の動きにつながりうるものであり、タイ企業の行く末まで見極めると方向性を見失いかねない。

また、日本企業としても相当の産業分野で投資して、システムや物を納めてきたが、ほぼ一巡感があって、次なる投資の見込みは立ってない。一方で、中国企業の工場進出が顕著になってきている。2019年度は投資額で日本を上回っている。積極展開しているのは、ロボット企業である。欧州系企業も同様にロボット企業による投資が多くなっている。更にタイでのスマート工場展開の制約として、オートメーション化、自動化、デジタル技術の活用に対しての知識理解の浸透がまだ十分ではない企業が多い。この辺りに自分たちは実践しているという思いや、できているという意識と実体が伴ってない企業がまだまだ多い状況である。

6-9 顧客セグメント(資本系列)

資本系列別に新工場と既存工場のスマート化を区分して、資本系列毎にそれぞれ日本・タイ・中国・欧米と並べてみた。

| 資本系列 | 新工場構築 | 既設工場のスマート化 |
|------|--|--|
| 日本 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 新規の進出は一巡感があり、機会は限定的 ✓ 増設・拡張のニーズが堅調 ✓ 計画&意思決定は日本で行われる ⇒日本での営業が主体 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 継続的な投資が期待される ✓ 計画は現地主導で、大規模投資は日本の承認要 ✓ 既設の規模合計が大きく絶対的な投資額も大きい ⇒現地での営業が主体+日本側サポート |
| タイ | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 継続的な投資が期待される ✓ 計画&意思決定はタイで完結 ✓ 重点産業(*)への投資 ⇒タイでの営業が主体 *重点産業=タイ政府が指定した10分野 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 継続的な投資が期待される ✓ 計画&意思決定はタイで完結 ✓ 既設の規模合計が日系に比較して少ない ⇒タイでの営業が主体 |
| 中国 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 積極的な進出が進行中 ✓ 計画&意思決定は中国で行われる *中国の親会社と取引がない日本企業の参入は困難 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 既設の規模合計が日系に比較して少ない(現時点) |
| 欧米 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 合計では日本・ASEANに次ぐ投資額で漸増中 *企業にもよるが、オープンな競争ならば機会はある | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 既設の規模合計が日系に比較して少ない |

図 6-9-(1)

日系資本の会社は、投資計画の意思決定は日本側で行われる。おのずとこの動きに営業展開をかける主体は日本側となる。小さな増設や小改造などは、タイの中で決定されるものもあるが、これはごく一部と推定する。次にタイ資本の企業である。新工場、既存工場ともに、

タイ国内で方針決定されるため、ベンダーもタイ法人の営業が主となり対応が必要となる。中国資本の企業については、積極的な進出で投資が活発化している。上層部とのコネクションがないと、日本企業がそこから仕事を得ることは非常に難しい。また中国資本の企業は、比較的最近の進出の為、既存工場よりも圧倒的に新工場投資案件である。最後に、欧米企業であるが、日本・ASEANに次ぐ投資額で漸増中であり、オープンマインド商取引が展開されれば、日系企業のチャンスもうかがえる。

6-9-1 タイ政府の指定する重点産業

EEC（East Economic Corridor・東部経済回廊）は、産業の高度化、高付加価値化を図るためのタイ政府のビジョンである「タイランド4.0」を実現すべく、タイ東部3県（ラヨーソン、チョンブリ、チャチェンサオ）に、「10の重点産業」を誘致する政策である。タイ政府は施策実行に向けて、EECに空運、道路輸送、鉄道輸送など、交通インフラを重点的に投資する計画をしている。「10の重点産業」を示す。

- (1) 次世代自動車
- (2) スマートエレクトロニクス
- (3) バイオテクノロジー
- (4) (高機能で高付加価値な) 食品
- (5) メディカル・ウェルネスツーリズム
- (6) デジタル
- (7) ロボティクス
- (8) 航空・ロジスティクス
- (9) ヘルスケア
- (10) バイオ燃料・バイオ科学

6-10 顧客セグメント（レベル別）

顧客ニーズを吸い上げるために、ヒアリングシートを作成し、次世代スマート工場研究会の会員企業の現地法人および、実際の顧客、公的機関、大学などにヒアリング調査を行った。ヒアリングシートは本書付録を参照願いたい。

ただしヒアリングの結果、高い解像度（複数の「ロードマップ仮説」を描ける程度）でのセグメント化は困難であったため、本調査では、ヒアリングシートの集計結果でなく、4つのグループセグメント分類を提示することとした。

その理由として、各社の事業内容がヒアリング結果に大きく反映され、統計データとして扱うことが難しかったためである。タイ政府の方針はあれど、タイ企業の顧客は、スマート化に関するニーズを体系的に説明することがまだ難しく、日系企業の各社（現地法人）側は、

自社商材にフォーカスした営業活動範囲外のニーズを体系的に収集する活動まで行っていない。その結果、スマート工場の個別調査結果が、特定領域に絞られた結果になっている状況が多く見られた。

ただし、より詳細なセグメント化は、各社の販売したい技術、製品に応じて各社が個別に実施する必要がある。各社の対象セグメントへの顧客ニーズ調査において、今回作成したヒアリングシートは有用であると考えている。

6-10-1 顧客セグメント（タイ市場整理の視点）

顧客セグメントを大きく分けて4つのセグメントに分けて考察する。

| レベル | 現状 | ニーズ／事業機会 |
|-----|---|--|
| A | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 規模、自動化、デジタル化ともに先進国に比肩 ✓ 主に日系、財閥系、中国系大企業 ☆ 企業数は極めて少数 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 競争力向上へ向けたデジタル技術活用 ✓ データの高度な利活用 ✓ エンジニアリングチェーン分野へのデジタル技術活用 ✓ 競争力向上へ向けたオートメーションの高度化 ✓ 高品質・高競争力、スピード向上に向けた投資 ✓ 新技術へのチャレンジ意欲、PoC意欲あり ✓ 高度デジタル人材、オートメーション技術人材育成 |
| B | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 一定の自動化が進んでいる ✓ 一般的なITソリューションを一部導入 ✓ 現場データのデジタル化が部分的に進んでいる ✓ 具体的な課題認識があり改善意欲が高い ✓ 生産管理、品質管理が未成熟 ✓ デジタル化、スマート化の基礎的知識あり (具体的な計画までは作れない) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 生産性向上へ向けたデジタル技術活用 ✓ 生産管理、品質管理の定着&ITによる自動化 ✓ 現場データのデジタル化推進 ✓ 工場全体のデータ集約と見える化 ✓ 実績のあるデジタルソリューションの導入、使いこなし ✓ 生産性向上へ向けたオートメーションの推進 ✓ 品質確保・増産に向けた設備投資 ✓ 高度な生産管理・品質管理人材育成 |
| C | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 一部の機械・ラインの自動化が進んでいる ✓ 基礎的なITソリューションを一部導入 ✓ 現場データのデジタル化に未着手 ✓ 漠然とした課題意識ではあるが改善意欲はある ✓ 生産管理、品質管理の知識が不十分 ✓ デジタル化、スマート化の知識がほとんど無い ☆ 過半数はこのレベル | <ul style="list-style-type: none"> ✓ デジタルによる生産管理、品質管理の部分的サポート ✓ 現場データの一部のデジタル化～見える化 ✓ 基礎的な汎用ソリューションの導入、使いこなし ✓ 自動機の導入・リプレイス ✓ 増産に向けた設備投資 ✓ 生産管理、品質管理の導入、定着 ✓ 基礎的な生産管理・品質管理人材育成 |
| D | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 投資、改善意欲に乏しい | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 黒字：情報化、青字：自動化、赤字：人材関係 </div> |

図 6-10-(1)

セグメント A は規模や自動化デジタル化ともに先進国に匹敵するユーザー。日系資本の会社あたり、例えば自動の完成車工場は、タイにおいても日本にある完成車工場に準じた工場である、ということから自ら積極果敢に攻めているレベルにあるユーザーである。

B は自動化の観点である程度できているが、IT のソリューションを一部導入したり、デジタル化が部分的だったり、生産管理面が未成熟だったり完成しきっていない状態にあるユーザーを指す。

C は、搬送設備など一部の機械でラインの自動化をしているが、基礎的な IT ソリューション展開は限定的。または、デジタル化に未着手なユーザーを指している。現実的にはタイ

において、このセグメントがおよそ過半数であるというのが、本研究会の想定しているところである。

Dはデジタル投資をする議論に至らない比較的労働集約型の産業である。

ニーズについての結果は、黒い文字のところは情報化、青が設備等の自動化の部分、赤が人材育成関係となる。BとCの間の情報化の切り分けであるが、自動化が生産量を維持するとか増産に向けた自動化中心にしているのがCで、更に改善やスマート化に向けたデータを扱うレベルの自動化を目指しているところがBである。人材関係についてはいずれのセグメントに偏ることなく高いニーズを感じ取ることができる。

6-11 推進上の課題・制約（スマート工場輸出を望む日系プレイヤー側）

調査結果として、日系プレイヤー側から見たところをマップに整理した。

工場の建屋からマネジメント層、経営層まで、串刺しでの全体コンサルティングをやる企業が存在していない。

こういった領域に取り組むことは、それ自体がチャンスであり、こういった企業さんが出てくることで、機能的パーツパーツで参加してくる企業も恩恵を受けるという日系会社同士の相乗効果が期待できる。同様にエンジニアリングも同じで、単独企業では個別の商談に留まってしまふところを、トータルでエンジニアリングして立ち上げると言い切るベンダーの登場が待たれるところである。

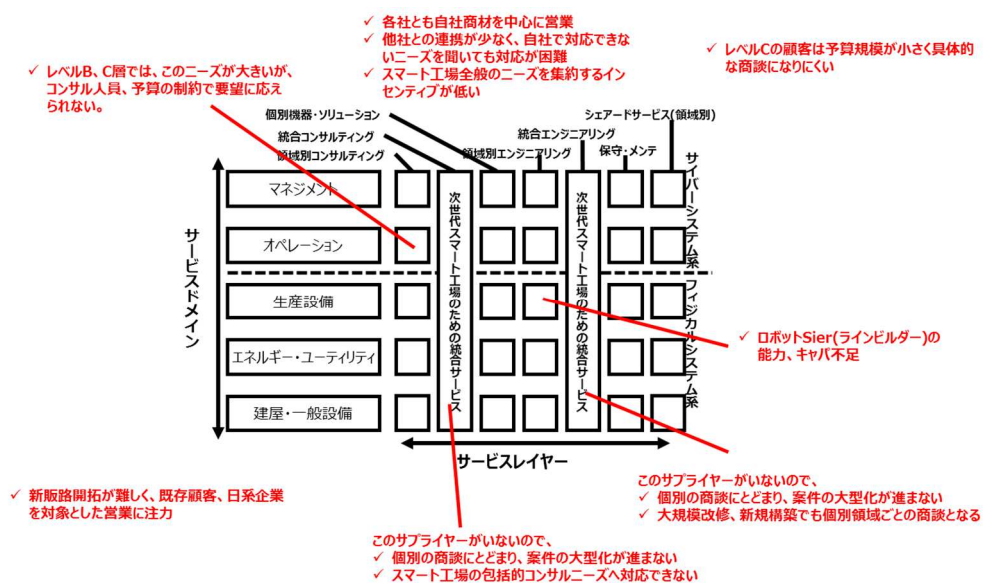


図 6-11-(1)

6-12 推進上の課題、制約（工場づくりを考えるタイのユーザ側）

一方でタイ側のユーザーの考えも合わせて整理を行った。

日系プレイヤー側とは逆の立場でとらえているが、こちらもベンダーに期待するところは、コンサルティングとエンジニアリング面のトータルで考えていく部分である。タイのユーザーと日系プレイヤーの双方の立場を加味すると、日系プレイヤー側と現地タイ企業の間で、ニーズ/シーズにアンマッチが起こっている。こういったサプライヤーがないのでなかなか検討に踏み出しにくいという意見が多い。

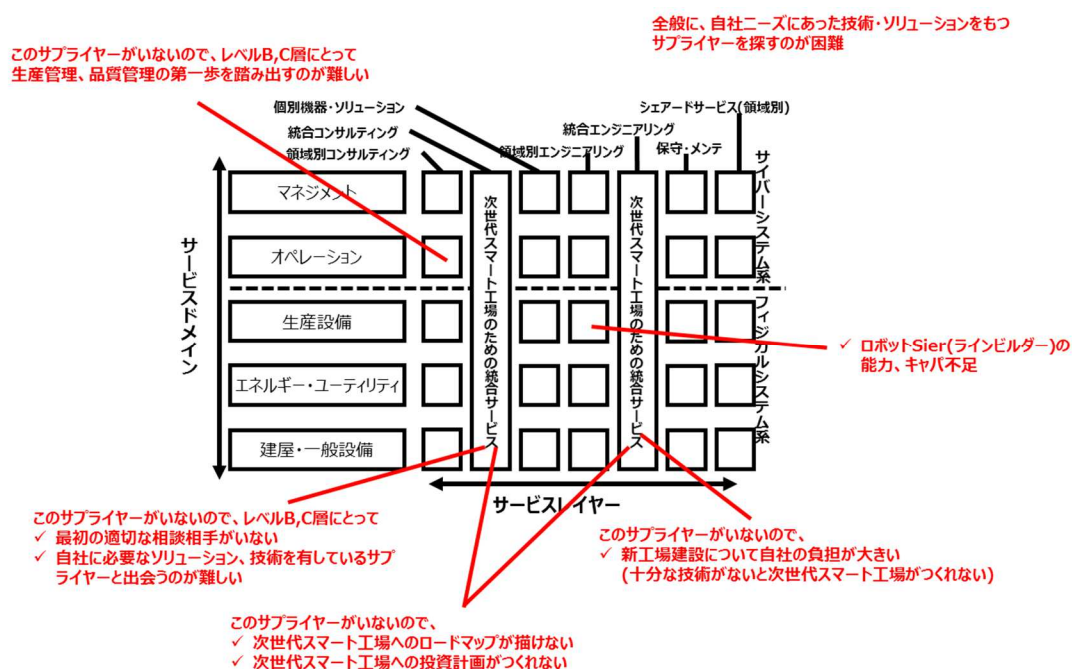


図 6-12-(1)

7 タイにおける競争力向上施策（案）

7-1 調査結果から得られた課題と対応施策

これまでの調査結果からわかった点を整理すると、課題は大きく3つ存在する。

1点目の課題として、タイにはスマート工場の潜在的なニーズがあるが、まだ顕在化するところまで至ってない。

2点目の課題として、日系企業はこれまで各社が個別に商材を売るため、それぞれ顧客に対しアプローチしてきたものの、こうした個別アプローチには限界がある。顧客に対して統合的なアプローチを提供する企業が、現時点では存在していない。

3点目の課題は、ドイツをはじめ、中国や米国などの競合相手が、着々とタイを狙って進んできている。

この3つの課題認識を元に、本研究会で議論を行った結果、大きく2つの施策を提案する。1点目はスマート工場の総合的なコンサルティング会社の共同設立である。このコンサルティング会社を通じて、タイにおける情報発信、よろず相談窓口、ビジネスマッチングといった機能を担う。2点目は、タイの有力大学で、実習型スマート工場の講座を新設することである。これは最新の日本製機械設備を触って実習できる講座を用意し、学生の段階から人的育成を準備する、中長期的な取り組みにあたる。

7-2 施策案①「スマート工場コンサルティング会社の設立」

スマート工場コンサルティング会社の設立背景は、スマート工場に関して「具体的に相談する相手が見つからない」という悩みを、複数顧客から伺ったことに起因する。タイのユーザーにとっては、スマート工場化について相談できる、適切な企業を見つけるのが難しい。その一方で日本側から見ると、顧客のスマート化に関する認識や知識が不十分のため、商談が進まず、タイの現地資本顧客に入り込むのが難しい状況がある。

7-2-1 活動内容

産官学の協力をもとに、タイ日連携による統合型のコンサルティング会社を作る。具体的なサービス業務内容を、次頁の表に示す。

| No | 活動テーマ | 内容 |
|-------------|---|--|
| 1 | 日系ソリューションサプライヤーの情報共有 | 日系のソリューションサプライヤーがそれぞれの有するソリューションの情報を共有することを通じて、日系サプライヤーに以下を提供する。 <ul style="list-style-type: none"> 多様な技術を学ぶことを通じてユーザーニーズを、優先度を含め、よりの確に理解できる 多様なユーザーニーズ情報をもとにした、サプライヤー連携による事業機会拡大の可能性 |
| 2 | スマート工場の相談窓口 | スマート工場の新設もしくは既設工場のスマート化を検討している経営者、技術者に対して以下のコンサルティング業務を提供する。 <ul style="list-style-type: none"> 技術情報、参考事例の紹介 課題分析および計画策定支援 投資計画・ロードマップ策定、業者選定支援 |
| 3 | ビジネスマッチング タイのユーザ企業と日系サプライヤー | スマート工場の新設もしくは既設工場のスマート化を検討している経営者、技術者と日系サプライヤーのマッチング業務 <ul style="list-style-type: none"> 勉強会・交流会の企画・運営 ユーザー側の個別ニーズにもとづくサプライヤーの紹介 マーケットニーズ、動向の調査と日系サプライヤーに対する情報発信 |
| 4 Option | レベルB、C層向けオペレーションコンサルティング (品質管理、生産管理他) | 品質管理技術、生産管理技術の導入および定着に向けたコンサルティング <ul style="list-style-type: none"> セミナー、勉強会の開催 個別ニーズに基づくオンサイトのワークショップ 実業務のハンズオントレーニング |
| 5 将来構想 | スマート工場構築に関する Construction Management事業 | 建屋&ユーティリティに加え、生産ライン構築および情報システムを含むスマート工場構築全体の設計、監理(Construction Management) |

図 7-2-1-(1)

当面行う会社活動の三本柱の1つ目は、情報発信である。日系企業の商材やサービスに関して、タイ国内に広く周知させていく。

2つ目は、スマート工場に関するよろず相談の窓口である。誰に相談したらいいかわからない、という顧客に対する窓口となり、デジタル技術や、自動化・機械設備技術、マネジメント等についても対応できる窓口とする。

3つ目はビジネスマッチングである。相談窓口がそれぞれの顧客ニーズに応じて、日本企業とのビジネスマッチングを交通整理する機能を持つ。特に、情報発信やビジネスマッチングは、すでにJETROが有する機能を、スマート工場作りの分野に対して拡大していく役目を担う。

4つ目の業務はオプションであるが、これから発展したいと思っているレベルB・Cの顧客層に対して、オペレーションのコンサルティングを提供する。

更に将来的には、CM業務のコンサルティングサービスも視野に入れる（この点については7-2-3節で詳しく述べる）。

7-2-2 スキーム

こういったコンサルティング会社がビジネス的に安定するまでには、一般的に期間を要する。新しいコンサルのニーズ発掘と、日本からの人的支援を並行しなければ事業が立ち上

がらないため、コンサルティング会社の設立運営にあたって、単一企業での事業展開は難しい。

そのため、採算性を得るまでの初期的な期間は、日本の公的機関から公的支援を得ることが望ましい。業界団体からは継続的な人的援助を、そして各企業からは技術情報の紹介や人材の紹介を受ける。かわりに、現地企業案件の紹介をする。また、タイの公的機関及び大学からのサポートも得るというスキームを想定している。

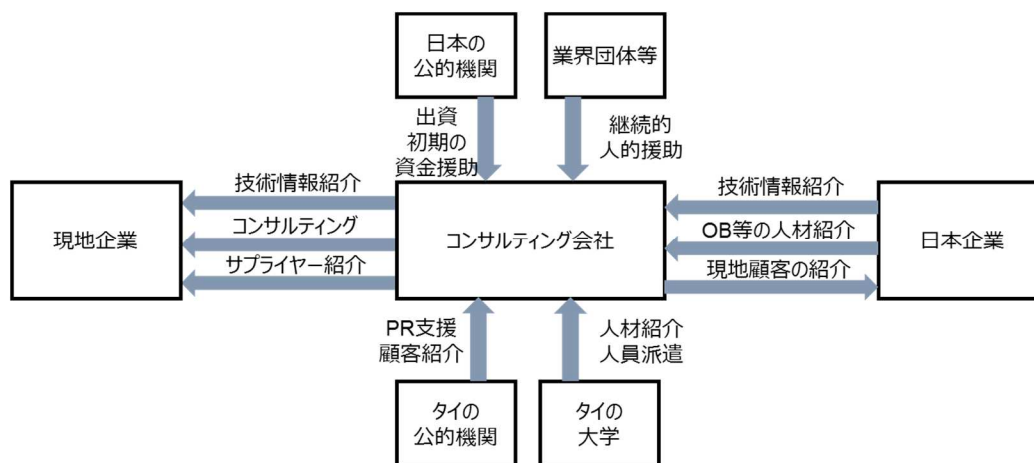


図 7-2-2-(1)

7-2-3 スマート工場向けのコンストラクションマネジメント業務の提供

タイにおける工場作りでは、日系企業を別にすると、CM（コンストラクションマネジメント）方式を使うことが多い。CM方式とは、工場を建設したいユーザーに対し、建築やユーティリティの部分について、設計事務所を含め設計と施工を個別発注し、全体をまとめる仕事である。こうしたCMのコンサルティングサービスを提供する会社がタイにはあり、とくに現地資本のタイの企業では、このサービスを利用することが一般的である。

ただし、現在タイ国内にあるCMコンサルタントは、建築・一般設備は分かるが、生産設備やITまでをカバーできる業者がないことが、インタビュー調査で明らかになっている。しかし、スマート工場を考えるとときには、外側の建屋だけ作っても役に立たない。そのため、従来のCMの機能を拡張して、工場内外を含めて業務を請け負えるコンサルティング会社が将来の事業可能性として想定されうる。

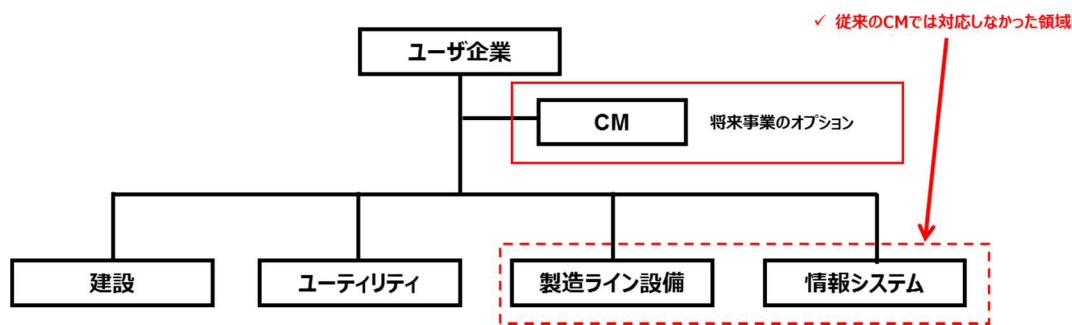


図 7-2-3-(1)

7-3 施策案②「タイの有力大学での『実習型スマート工場講座』」

今回調査で訪れた泰日工業大学から、「技術者教育のための設備が古く、新しい設備を使った教育ができない」との悩みを聞いた。このことが、実習型スマート工場講座の施策立案の背景である。

タイ国としてスマート工場に対応できる技術者はまだ絶対的に不足しており、人材の育成は重要課題である。また日本企業の立場から言うと、我が国の提供できる製品・サービスをよく知っているエンジニアが、現地に数多く存在することが望ましい。

こうした人材育成は本来、中長期的施策である。しかし、欧米や中国の企業も、同様の課題を認識している。彼らに先に同様の戦略を実行されれば、日本の競合製品で技術を習得したエンジニアが、大量に生まれてしまう懸念がある。したがって、手遅れにならないうちに手を付ける必要がある。

7-3-1 スキーム

タイ日の両国の連携協力がある前提で、日本の大学と公的機関からの知識と資金援助を得た上で、日本企業や業界団体は、機器設備あるいは講師派遣などを行う。タイの先進企業や公的機関からもいろいろな形で支援するスキームが望ましい。

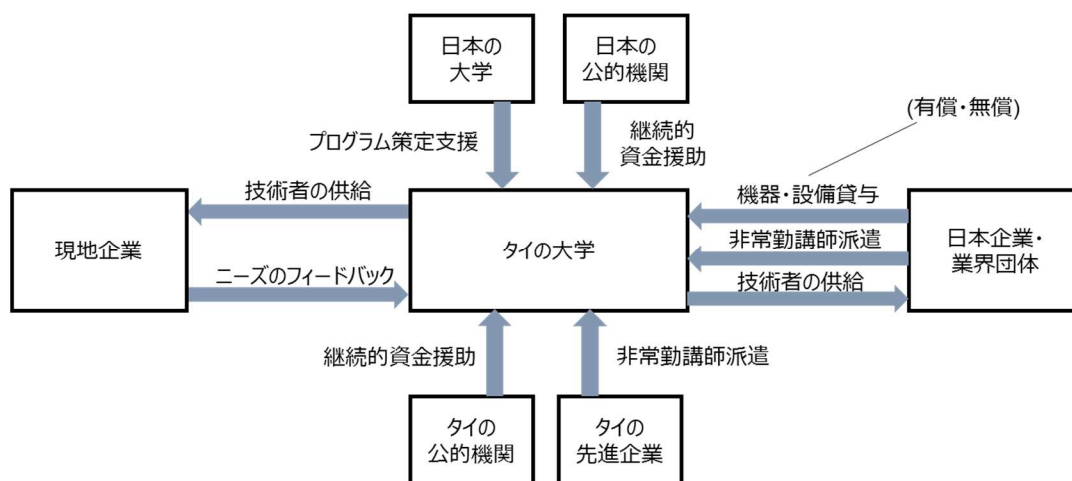


図 7-3-1-(1)

7-4 今後に向けたタイの事業展開ロードマップ

上記に提案した 2 施策を実行に移すと仮定した上で、今後のタイにおいて期待できるスマート工場輸出ビジネスの規模と、ロードマップについて考察したい。

まずタイにおける工場投資額の規模について推定する。JETRO ビジネス短信「タイ投資委員会、2019 年上期の対内投資データを公表」（2019 年 8 月 20 日）によると、2019 年上期の対内投資額（申請ベース）は、全体で 2,326 億 1,000 万バーツ（約 8,141 億円、1 バーツ＝約 3.5 円）となり、前年同期比 17%減だった、とある。ただし下期に入り、中国からの投資が加速しているとの情報もあり、認可ベースの全体としては前年並み、ないしそれ以上になると予測される。したがって、当面、年間の投資額は 1.5～2 兆円程度と推定できる（海外からの投資額はその 2/3 程度である）。

6-10-1 節で述べた顧客セグメントの中で、Level A 企業は明らかに、高度なスマート工場を志向すると思われる。上記の投資額の内、仮に 1 割がスマート工場への投資に充てられるとすると、1500～2000 億円程度の市場規模になる。

さらに、地元企業・中国企業・欧米企業らが競合相手となるため、日本企業は全体の 1/4 のシェアを得られると想定する。すると、年間で約 400～500 億の輸出が期待できよう。ただし上記には、既に輸出産業として確立した分野（CNC 旋盤等の工作機械）も含まれるが、大半は新たな取り組みによる上積み分である。

上記の市場規模を獲得するまでのプロセスを考えると、大きく 3 つのステップが必要となりそうである。すなわち、

(1) スマート工場の需要喚起（1～2年）

前節に述べたようなコンサルティング事業と『実習型スマート工場講座』を通じて、タイの経営者・実務者にスマート工場のコンセプトを浸透させ、ニーズを顕在化する段階。

(2) 具体的なスマート工場の事例創出（2～3年）

タイ国内でのベンチマークとなるような、次世代スマート工場を数件、構築する段階。タイを始めとする東南アジアの人々には、抽象的なコンセプトよりも、目に見える具体的な実物の方が、はるかに説得力がある。事例を見て、「こういう工場がほしい」「こういう工場で働きたい」と考える人が増えることで、市場が活性化していく。

(3) レベルB、Cの企業のとりくみが本格化（2～3年）（フォロワーのフェーズ）

上記(2)のステップが市場サイクルにおけるアーリー・アダプターの時期とすれば、続くのはフォロワーの時期である。すなわちレベルB、Cの顧客セグメントからも、遅れじと、工場スマート化の取り組みが増えていく段階となる。

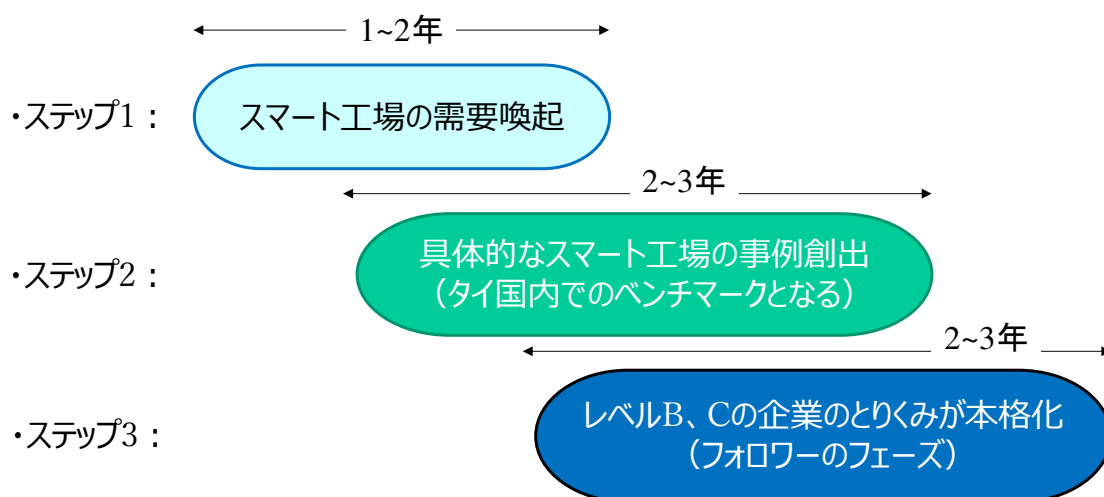


図 7-4-(1)

上記の3つのステップは重なり合うため、全体としては3～5年程度かかると考えられる。ただし、日本企業がステップ(1)で手間取っている間に、欧米あるいは中国企業がタイにベンチマークとなる高度なスマート工場の事例を建設し、市場の方向性を競合相手側に引っ張っていってしまうリスクも存在することを忘れるべきではない。

なお、上記は日本企業が業界団体などをコアに協力して進めるべき事業だが、各社はまた個別に市場開発のシナリオを考える必要がある。その際には、4-2節に説明したマチュリティモデルのフレームワークを用いて、自社の商材ならびに顧客層のニーズにあわせて、戦略を考えることになる。

たとえば一例をあげると、スマート工場への道程の内、自動化のマチュリティモデルでは、下図のような複数パターンが考えられる。

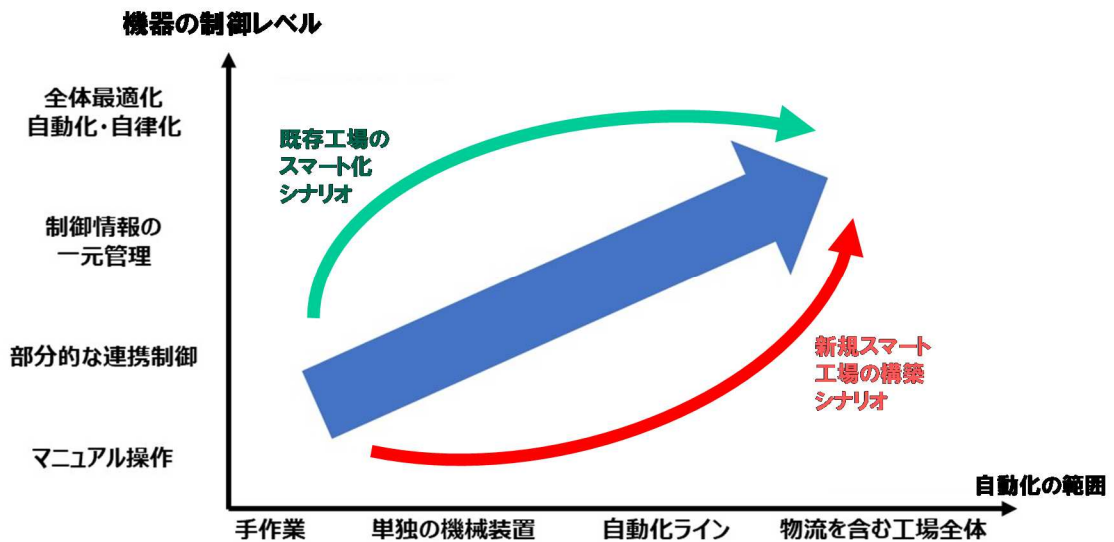


図 7-4-(2)

かりに現状の顧客が、手作業・マニュアル操作中心のレベルにあったとしよう。図では左下に位置する。そこから、次世代スマート工場（図の右上）を志向する場合、図の中央の太い矢印のように、直線的に（すなわち段階的に）進むケースもあるだろう。しかし、たとえば多品種で組立工程中心の工場などは、簡単には手作業を機械化していけない。

そうした場合に、たとえば各製造作業自体のあり方は大きく変えずに、先に制御レベルを進化させていくシナリオも考える。それが図中に示した「既存工場のスマート化シナリオ」のルートである。すなわち、複数の手作業的工程の間を、MES（＝製造実行システム）などの仕組みで同期化させ、さらに制御・進捗情報の一元管理、生産管理システムとの垂直統合などを通して、中央管制システムに近づいていく。その後に、機械化・自動ライン化といった設備面での進化を進める、というのが本シナリオである。

逆に、先にハード面で機械化・自動化を充実させ、その後で制御・情報面を統合していくルートも考える。それが図の「新規スマート工場の構築シナリオ」である。新規工場建設を機械に、最新の機械設備を導入して並べる。そしてオペレーションに習熟してから、連携制御・情報の一元管理、そして全体最適を志向した中央管制システムの実現へと進む道のりである。

この二つのシナリオには優劣がある訳ではなく、顧客ニーズのあり方と、売り手（輸出側）である日本企業の持つ商材の種類によって、適切なものを選ぶことになる。

同様のことは、デジタル技術活用のマチュリティモデルにも当てはまる。たとえば、現時点では図の左下、すなわち個別機械単位で紙の帳票中心に動いている工場があったとして、そこから中心の矢印のように、直線的（段階的）にスマート化していくのも、一つの考え方である。しかし、右下に描いたルートのように、「サプライチェーン統合情報化を先行するシナリオ」も考えられる。これは自動車業界における「かんばん方式」のように、紙帳票のカンバンや電子カンバンを介して、サプライヤーを含む複数工場間の製造を同期化していくアプローチである。

逆に、「設備の知能化先行のシナリオ」で描く左上のルートも可能であろう。たとえば、特定のボトルネックとなる工程の機械に、センサーをつけてデジタルデータを生成取得する。そのデータを見える化し、さらにAI活用による分析と意思決定支援を経て、工程・ライン単位での自律化を図っていくアプローチである。

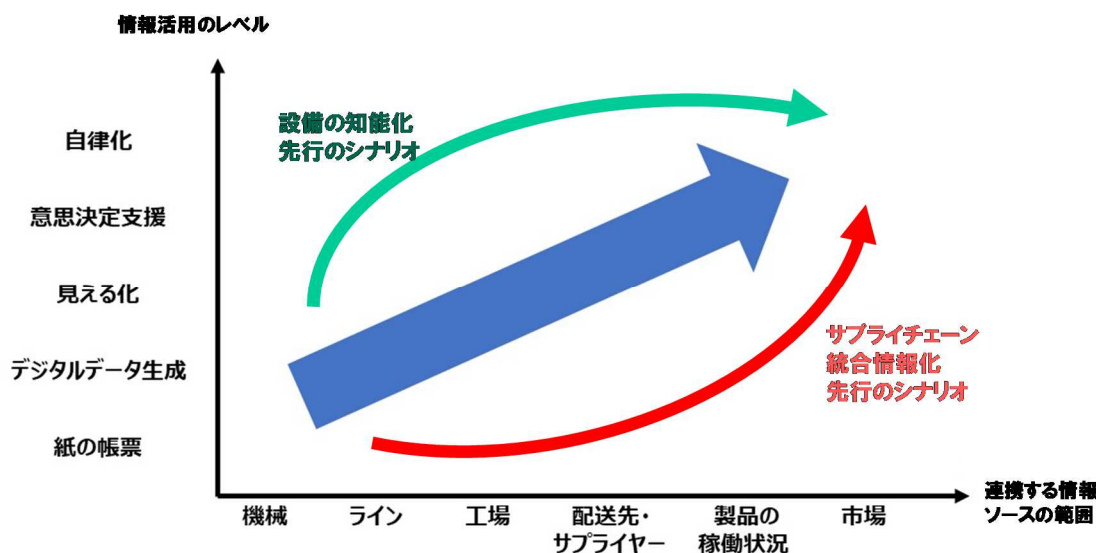


図 7-4-(3)

これも、どちらのシナリオが正しい・間違っている、という問題ではなく、顧客のニーズと売り手の製品のマッチングにより、適切な戦略を選んで組み立てていくべきである。そして、タイの市場においてニーズを掘り起こし、こうした戦略の実現を図るには、やはり年単位の時間がかかることを覚悟すべきであろう。だからこそ、それまでの期間は、日本企業同士の協調と、業界団体や公的機関の支援が必要になるのである。

7-5 環境社会への配慮

「ジェトロ環境社会配慮ガイドライン」は、事業を通じて持続可能な社会づくりに貢献するため、果たすべき環境社会配慮上の責務を定め、望ましい方向性を示すことを求めている。

本調査事業のテーマそれ自体について言えば、スマート工場とは、持続可能な成長と、ビジネス価値の創出の両方を狙う取り組みである。さらに、ジェトロのガイドラインに従い、前節に説明した2つの施策について、リスク分析を行った。

以下、本報告における提案事業について、環境社会配慮の観点から記述する。

7-5-1 本調査事業並びに提案の位置づけ

本調査は、ジェトロ環境社会配慮ガイドラインにおける、「貿易・投資促進事業」の内、日本企業の海外展開支援として行う輸出促進の前段階調査と位置づけられる（具体的プロジェクトを伴う案件形成調査とは言えない）。

環境社会配慮の観点からは、本調査事業よりも、第5章に提案する「スマート工場コンサルティング」と「実習型スマート工場講座」という、二つの施策についての予備的評価を行うべきであろう。

よって「ガイドライン」別紙1に示された16種類の想定リスクについて、対応策を検討した（次頁表7-5-(1)参照）

7-5-2 「スマート工場コンサルティング」の社会環境への影響

本事業はサービス業の輸出であり、製品の輸出ではないため、有害物質等のリスクは該当しない。環境社会に配慮した工場づくりを、コンサルティングを通じて適正に指導・支援することで、持続可能（サステイナブル）な工場を当該国に増やすことが重要である。

7-5-3 「実習型スマート工場講座」の社会環境への影響

プログラム自身は既存のタイの大学などの教育機関が主体となって行われるため、その機関の現況に準じる。当然ながら、新設する実習用設備については、適正な設備計画ならびに運営指導を講ずることが望ましい。

表 7-5-(1)

| 想定されるリスク | スマート工場コンサルティング | 実習型スマート工場講座 |
|--------------------------|-----------------|-------------|
| ①有害化学物質や農薬を含む製品の輸出入 | (該当せず) | (該当せず) |
| ②有害廃棄物の輸出入 | (該当せず) | (該当せず) |
| ③製品使用後の有害廃棄物発生 | (該当せず) | (該当せず) |
| ④事業所・工場からの汚染物質、有害廃棄物等の排出 | コンサルティングで適正指導する | 適正な設備設計を行う |
| ⑤危険・有害物質の使用 | コンサルティングで適正指導する | 適正な設備設計を行う |

| | | |
|---|-----------------|-------------|
| ⑥強制労働・児童労働の禁止、労働組合・団体交渉権、最低賃金等の現地法及び国際基準によって認められた労働者の権利に対する侵害 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑦雇用における差別 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑧危険かつ非衛生的な職場での雇用 | コンサルティングで適正指導する | 適正な運営指導を講じる |
| ⑨事業所・工場建設にあたっての環境社会影響評価の不実施 | コンサルティングで適正指導する | 適正な計画評価を行う |
| ⑩用地取得に伴う非自発的な住民移転の発生 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑪地域住民との自然資源利用の競合 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑫災害や事故・緊急時の対応の不徹底 | コンサルティングで適正指導する | 適正な運営指導を講じる |
| ⑬森林違法伐採、動植物の生育環境破壊、希少動植物の商業利用、外来種の偶発的な移入 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑭汚職、腐敗賄賂不透明な金品の授受等 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑮バイオ、ナノテク等の先端分野において安全性の点で議論があるような技術、製品の流入 | コンサルティングで適正指導する | (該当せず) |
| ⑯市民に対する環境情報の非開示、意思決定過程への不参加等 | コンサルティングで適正指導する | 適正な運営指導を講じる |

8 市場（インドを含む APAC 地域）調査結果

本調査結果をアジア地区の視野で見たときに、これまでのセグメントがどう適用されるかを検証した。調査に参加している企業の各地の拠点数の状況を示す。i は拠点数が 9 社以上、ii は拠点数が 5~8 社、iii は拠点数が 1~4 社、iv は拠点数がない国となる。

表 8-(1)

| 研究会参加企業(10 社) | 対象国 | 状況 |
|--|-----------|-----|
| インターネットイニシアティブ 大林組 国際石油開発帝石 SUBARU 大成建設 竹中工務店 ニコン 日揮 野村総合研究所 平田機工 日立製作所 横河電機 ラック | インドネシア | i |
| | シンガポール | i |
| | タイ | i |
| | 中国 | i |
| | マレーシア | i |
| | インド | ii |
| | 台湾 | ii |
| | ベトナム | ii |
| | 香港 | ii |
| | カンボジア | iii |
| | バングラディッシュ | iii |
| | ミャンマー | iii |

これら各企業の中で、今回調査に協力してくれた海外拠点からの情報を総合し、調査メンバーでのディスカッションを通じて、以下の結果を得た。

| グループ | 説明 | 対象市場(国、地域、資本系列他) |
|------|--|-----------------------------------|
| ア | 日系の工場は所在地によらず、業種・規模に応じたスマート工場のニーズがある | 日系の工場（中国・インドを含む全域） |
| イ | 日本と同等レベルのスマート工場ニーズがある | 中国、香港、台湾、シンガポール |
| ウ | タイと同等レベルのスマート工場ニーズがある | タイ、インド、マレーシア |
| エ | 労働集約型工場が主体であり、スマート工場に対するニーズは限定的である。（基礎的なスマート工場ソリューションに対するニーズがある） | インドネシア、ベトナム、ミャンマー、バングラディッシュ、カンボジア |

図 8-(1)

アの最上位、顧客セグメント A に近いところは主として日系の工場である。ここはどこの国に行っても同様に高いニーズがあってスマート化も実践段階である。イは、日本と同等のレベルのスマート工場に対するニーズがあるユーザーで、中国、台湾香港、シンガポールが該当すると思われる。ウは、現状のタイと同等の地域でマレーシア、インドが該当する。エのところは、労働集約型でやっている地域で、明確な線引きはできないが、インドネシアベトナムのような地域と想定される。

9 まとめ

本事業では、新しい輸出産業としての「次世代スマート工場エンジニアリング」について調査検討した。

まず次世代スマート工場概念とアーキテクチャを整理し、フレームワークとマチュリティを策定。それをもとに、スマート工場のビジネスモデルと事業機会の構造を明らかにするためのSWOT分析を行い、構築ビジネスをマトリックスの形に構造化して、日本企業の持つ強みと脅威について整理した。

スマート工場の個別要素である、工作機械・ロボット・制御システムおよび個別のエンジニアリング等については、日本企業は競争力を有する。ただし、これまで個別に商材を売ってきた背景もあり、スマート工場の全体を統合するアプローチが弱いと言える。

タイの製造業の概況やマーケットについての具体的な調査から、顧客数のセグメントは、現地資本、日系、中国系、欧米系の資本系列と、顧客の工場スマート化のニーズレベルに分かれることが明らかになり、各セグメントに対するアプローチを考える必要がある。

また、輸出の潜在的競合相手として、ドイツの Industry 4.0 の動向について調査した。Industry 4.0 は、Human-centered production（人間中心の生産）を目指す、ドイツものづくりのブランド戦略として成功している。輸出戦略としてスマート工場の規格を策定する動きは、現時点では見えない。ただし、ドイツには有力な民間企業が存在しており、その競争力は侮れない。それどころか、ドイツ企業と中国が手を組んだ場合は、タイの市場において脅威となる。

このような状況を整理した上で、タイでのマーケット状況や競合相手の動向から、日系企業の競争力の強化施策として、スマート工場コンサルティング会社の設立と、タイの有力大学での実習型のスマート工場講座実施のスキームを今回提示した。

本研究会がめざす「次世代のスマート工場」は、新設工場となると日本国内でも2~3年かかると想定される。日本とタイの技術ギャップを考えると、タイで同様の新設工場が稼働するのは5年後といった見通しが想像される。しかし、中国やドイツ・欧米勢といった競合の動きが急なことを考慮すれば、来年にもタイで新たなスマート工場が出現し、既存工場がスマート化で全面刷新されることも十分ありえる。現時点で対策を行わなければ、5年後にタイに行っても、すでに手遅れになることは十分にあり得る。

現在、組立加工型の産業で一社単独で工場エンジニアリングができる企業は、日本にほとんどいないと考えられる。企業の枠を超えて、業界横断で新しい次世代スマート工場のコンセプトを作り、アウトソース先としての工場エンジニアリング業界を確立し、一致協力して海外市場の掘り起こしに取り組むことこそ、日本の製造業の急務であろう。

10 補足資料

10-1 ヒアリングシート

10-1-1 日本語版

| 【スマート化への取り組みに関する基本的な質問】 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Q1:工場スマート化（デジタル技術やデータの活用）に関心がありますか？ | | | | | |
| 全く関心がない＝1 / 高い関心がある＝5 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q2:工場スマート化（デジタル技術やデータの活用）に取り組んでいますか？ | | | | | |
| 取り組み計画は無い＝1 / 取り組みを開始した＝3 / 本格的に取り組んでいる＝5 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q3: Q2が3以上の場合、どの程度データを活用していますか。 | | | | | |
| データ収集を進めている＝1 / データの見える化が十分にできている＝3 / 高度な分析を行い業務改善に役立っている＝5 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 【課題意識に関する質問】 | | | | | |
| Q4: 課題・問題の優先順位・重要性を教えてください。 | | | | | |
| 問題は無い＝1 / 最優先・最重要課題である＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 生産量の拡大 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 品質 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| リードタイム/納期 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 生産コスト | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 従業員の人材育成 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 工場建屋/HVAC/ユーティリティ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |
| Q5: デジタル技術（データ）活用の効果を期待する領域はどこですか？ | | | | | |
| 全く期待していない＝1 / おおいに期待している＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 生産量の拡大 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 品質 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| リードタイム/納期/在庫 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| メンテナンス（製造設備） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 従業員の人材育成 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |
| Q6: 生産環境全般に関する課題・問題の優先順位・優先度を教えてください。 | | | | | |
| 問題は無い＝1 / 最優先・最重要課題である＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 工場建屋/HVAC | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 工場内の生産設備/レイアウト全般 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 生産ラインのデザイン/レイアウト | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 安全性 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| エネルギー/ユーティリティ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |
| Q7: 品質に関する課題・問題の優先順位・優先度を教えてください。 | | | | | |
| 問題は無い＝1 / 最優先・最重要課題である＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 製品の品質/歩留まり | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 自動機、ロボット、工具などのメンテナンス | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 原材料、購入部品の品質 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 標準作業手順の作成、更新、適切な指示 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ヒューマンスキル | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ヒューマンエラーの撲滅 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |
| Q8: 納期・リードタイム・在庫に関する課題・問題の優先順位を教えてください。 | | | | | |
| 問題は無い＝1 / 最優先・最重要課題である＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 納期遵守率向上 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| リードタイム短縮 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 特急品対応 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 原材料・仕掛在庫削減 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 完成品在庫削減 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 欠品防止 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |
| Q9: 人材育成に関する課題・問題の優先順位を教えてください。 | | | | | |
| 問題は無い＝1 / 最優先・最重要課題である＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 生産管理（生産計画策定/実行管理/納期管理/在庫管理）人材 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 生産技術（品質管理/歩留まり向上）人材 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 経営管理（購買、物流、経理、原価計算）人材 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| IT/デジタル人材 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |
| Q10: 以下の中に重要な課題・問題があれば教えてください。 | | | | | |
| 問題は無い＝1 / 最優先・最重要課題である＝5 | | | | | |
| 5は一つ以下、4は二つ以下で優先度・重要性を選択してください。 | | | | | |
| 少量多品種への柔軟な対応 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 需要変動への柔軟な対応（増減の両方への迅速な対応） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 技術移転（海外のメーカー工場などから） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 新製品量産の速やかな立ち上げ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 製品のトレーサビリティ（品質） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 原材料・部品調達 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 製品の配送・テストリユース | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |

| 【新技術導入やサプライヤーとの関係に関する質問】 | | | | | |
|--|---|---|---|-----|---|
| Q11：新技術導入の条件（姿勢）について教えてください。 | | | | | |
| 実績豊富な技術のみを採用する = 1 / 少数の成功事例があれば導入しても良い = 3 / エマージングテクノロジーでも積極的に試したい = 5 | | | | | |
| 1～5のスケールのなかで、どのくらいか回答してください。 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q12：ロボット/IT関連のサプライヤー選定に関する考えを聞かせてください。 | | | | | |
| 少数のパートナーと長く付き合うのが基本 = 1 / パートナーと個別調達を組み合わせ = 3 / 原則として個別製品・技術ごとに最適なベンダーを選定 = 5 | | | | | |
| 1～5のスケールのなかで、どのくらいか回答してください。 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q13：スマート化（デジタル技術・データ活用）の進め方に関する考えを聞かせてください。 | | | | | |
| 以下の中で、もっとも近い考え方を選択してください。一つだけYESを選んでください。 | | | | | |
| 長期（3～5年）のロードマップに従って計画的に導入する | | | | YES | |
| 中期（1～2年）のロードマップに従って計画的に導入する | | | | YES | |
| 随時必要なものを検討して導入する | | | | YES | |
| 随時、提案・紹介される技術を見ながら考える | | | | YES | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 【サプライヤーに期待する仕事・役割に関する質問】 | | | | | |
| 自分で実行するのでベンダーには全く期待したいもの = 1 / ベンダーに期待する仕事・役割である = 5 | | | | | |
| 各領域ごとに1～5のスケールの中で、どれくらいか回答してください。 | | | | | |
| Q14：サプライヤーへ期待する仕事・役割(自動機/ロボット) | | | | | |
| コンサルティング（ロボットをどのように活用するかの高レベルのコンサルティング・提案） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 技術や事例の紹介 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ロボット・自動機活用のグランドデザイン | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 自動化生産ラインの設計/ロボット導入計画立案 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 機器選定/詳細設計 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 導入挿付 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 運転開始・チューニング | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 保守・運用 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q15：サプライヤーへ期待する仕事・役割(IT/デジタル技術) | | | | | |
| コンサルティング（IT/デジタル技術をどのように活用するかの高レベルのコンサルティング・提案） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 技術や事例の紹介 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| グランドデザイン | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| システム（アーキテクチャ）設計 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 技術・製品選定/詳細設計 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| インストール | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| インテグレーション | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 保守・運用 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| モニタリング&改善 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q16：学びたい管理技術・ノウハウへの期待を教えてください。 | | | | | |
| 新たに学ぶ必要はない = 1 / 基本的には習得しているが、高度なノウハウを学びたい = 3 / 不足しているので積極的に学びたい | | | | | |
| 各領域ごとに1～5のスケールの中で、どれくらいか回答してください。 | | | | | |
| 品質管理（確実な検査と記録） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 統計的品質管理 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 生産計画立案 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 生産の実行管理・モニタリング | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 在庫計画・在庫管理（原材料、部品、製品） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| JIT/カンバン方式 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| サプライチェーンマネジメント | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 原価計算・原価管理 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 保全技術 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| その他（自由記述） | | | | | |

10-1-2 英語版

| Basic Question about Smart Factory | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Q1: Do you have serious interest to realize Smart Factory ? (to utilize digital technology) | | | | | |
| No interest =1 / Yes I have serious interest =5 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q2: Do you commit to utilize smart/digital technology? | | | | | |
| No plan or intent =1 / Project Started =3 / I have on going projects = 5 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q3, if answer of Q3 is 3 or more, please let me know current status | | | | | |
| Data Gathering started=1 / Data Visualization completed=3 / Continous improvement by data analysis=5 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Question about Issues and Challenges | | | | | |
| Q4: please let me know about priority / importance about issues and challenges | | | | | |
| No material issues=1 / High Priority = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| Increase production volume | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Quality | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Lead time / Due date performance | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Production Cost | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Education and Training | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Building / HVAC / Utility | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |
| Q5: Which area do you want to utilize digital technology. | | | | | |
| No plan or interest =1/High priority or interest = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| Increase production volume | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Quality | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Lead time / Due date performance | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Maintenance (Production machineries) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Human Resources - Education and Training | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |
| Q6 : Please let me know about priority and importance about issues in the area of Production Environment | | | | | |
| No material issues=1 / High Priority = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| Land / Building / Constructions / HVAC | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Floor Plan / Layout of job shop, line, warehouse, office etc. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Design of Production Line | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Safety | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Energy and Utility | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |
| Q7 : Please let me know about priority and importance about issues in the area of Quality | | | | | |
| No material issues=1 / High Priority = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| Quality / yield rate of Products | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Maintenance (Production machineries tools) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Quality of inbound material and component | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Documentation, Update and timely instruction of Standard Operation Procedure | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Human Skills, Techniques | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Human error | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |
| Q8 : Please let me know about priority and importance about issues in the area of Lead Time or Inventory | | | | | |
| No material issues=1 / High Priority = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| Due Date Performance | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Lead time reduction | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Adoption of urgent demand or request | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Reduction of Inventory (Material and Work in Progress) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Reduction of Inventory (Finished Products) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Availability (No or Low Finished product shortage) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |
| Q9 : Please let me know about priority and importance about issues in the area of Human Resources | | | | | |
| No material issues=1 / High Priority = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| Production Management(Production planning, scheduling, due date management, | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Engineering (Quality control, Yield rate improvement etc.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Administration (procurement, logistics, accounting, cost management human re: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Information Technology / Digital Engineers | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |
| Q10,Please let me know the priority or importance about issues listed below | | | | | |
| No material issues=1 / High Priority = 5 | | | | | |
| Please select priority for each /1 or less for Rank 5 / 2 or less for Rank 4 | | | | | |
| More High Mix Productions | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Adopt variability of demand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Technology transfer (from oversea mother plant) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Speed to the market (foe new products) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Traceability (Quality assurance) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Procurement of material and components | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Products distribution and Logistics | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |

| Principle to select new technology and supplier | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| Q11 : Which level of technology do you want to utilize to improve your factory. | | | | | |
| Mature technology only=1/OK with new technology with a few success record =3/Strong will to try emerging technology=5 | | | | | |
| Select score your mind to select technology | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q12 : Please let me know about your principle to select supplier | | | | | |
| Partner with few supplier for long term = 1 /Combination=3/Select supplier by product or by service from time to time = 5 | | | | | |
| Select score your mind to select technology | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q13 : Please let me know about your principle to utilize smart/digital technology | | | | | |
| Which is most fit to your mind, please select one | | | | | |
| Implement based on long term (3-5 years) roadmap | | | YES | | |
| Implement based on short term (1-2 years) roadmap | | | YES | | |
| Based on your own priority from time to time | | | YES | | |
| Consider based on proposal by supplier from time to time | | | YES | | |
| | | | | | |
| Your expectation about Role and Responsibility of Suppler | | | | | |
| Do this myself and no expectation for supplier =1/This is role and responsibility of Supplier = 5 | | | | | |
| please select your mind from Rank 1-5 for each area of services | | | | | |
| Q14 : Work area of Robot / automated machineries | | | | | |
| Consulting (high level consulting for factory automation) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Information about technology and case studies | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Grand Design of Robot utilization or factory automation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Design automated production line / Robot implementation plan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Select Product/technology and detail design | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Install and setting | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Running test, tuning etc. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Maintenance | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q15 : Work area of Information Technology | | | | | |
| Consulting (high level consulting for factory automation) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Information about technology and case studies | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Grand Design of Robot utilization or factory automation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| System (Architecture) Design | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Select Product/technology and detail design | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Install and setting | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Integration | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Maintenance of products | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Operation, Monitoring, Optimization | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Q16 : Please let me know about knowledge or know-how you want to study | | | | | |
| No demand = 1 /Interest to advanced knowledge=3/Immediate demand | | | | | |
| please select your mind from Rank 1-5 for each area of knowledge | | | | | |
| Quality management (Test and Inspection) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Statistical quality control | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Production Planning and Scheduling | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Execution control and monitoring of Production | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Inventory planning and management (Material, Components and Products) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Just in Time | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Supply Chain Management | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Cost Management | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Maintenance technology | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Other (please designate) | | | | | |

10-2 「次世代スマート工場のエンジニアリング研究会」議事概要

「次世代スマート工場のエンジニアリング研究会」は、本調査事業に協力し推進するため、定例の全体会合と「事例調査分科会」会合、そして公開セミナーの合計6回にわたり、調査の進め方、ならびに調査で入手した情報の分析について協議した。その際の日時・場所・出席企業・議題（本調査事業に関わるもの）は、下記のとおりである。なお、議事の詳細内容については、調査事業への参加企業および協力企業の営業機密に関わる事項を多く含むため、ここでは割愛する。

10-2-1 研究会

第1回「次世代スマート工場のエンジニアリング」研究会(STEP 1-1)

| 項目 | 内容 |
|------|---|
| 日時 | 2019年10月16日(水) 13:00~14:50 |
| 場所 | エンジニアリング協会 A 会議室 |
| 出席企業 | 日揮ホールディングス株式会社 平田機工株式会社 株式会社竹中工務店 横河電機株式会社 株式会社日立製作所、 株式会社インターネットイニシアティブ、 国際石油開発帝石株式会社 株式会社大林組 大成建設株式会社 一般財団法人エンジニアリング協会 |
| 議題 | ・調査概要、各社の自己紹介 ・タイとドイツの調査スケジュール ・本調査への協力依頼 ・スマート工場のアーキテクチャおよびビジネスモデルの雛形をつくり、汎用的なフレームワークを作成 |

第2回「次世代スマート工場のエンジニアリング」研究会(STEP 1-2)

| 項目 | 内容 |
|------|--|
| 日時 | 2019年10月25日(金) 13:00~17:00 |
| 場所 | アーク森ビル ジェトロ会議室 |
| 出席企業 | <p>経済産業省</p> <p>日本貿易振興機構(ジェトロ)</p> <p>学校法人慶應義塾大学</p> <p>日揮ホールディングス株式会社</p> <p>株式会社野村総合研究所</p> <p>平田機工株式会社</p> <p>横河ソリューションサービス株式会社</p> <p>株式会社竹中工務店</p> <p>株式会社SUBARU 航空宇宙カンパニー</p> <p>株式会社日立製作所</p> <p>株式会社インターネットイニシアティブ</p> <p>株式会社大林組</p> <p>KEBA Japan株式会社</p> <p>国際石油開発帝石株式会社</p> <p>大成建設株式会社</p> <p>ダッソー・システムズ株式会社</p> <p>名古屋工業大学</p> <p>株式会社ニコン</p> <p>日本電気株式会社</p> <p>株式会社ヒロテック</p> <p>株式会社マクニカ</p> <p>ユビセンス・ジャパン株式会社</p> <p>株式会社ラック</p> <p>日産自動車株式会社</p> <p>一般財団法人エンジニアリング協会</p> |
| 議題 | 要素技術マップ、マチュリティモデル、ロードマップのフレームワークを作成 |

第3回「次世代スマート工場のエンジニアリング」研究会(STEP 1-2)

| 項目 | 内容 |
|------|--|
| 日時 | 2019年11月8日(金) 10:00~12:00 |
| 場所 | JR品川イーストビル 20F 会議室 |
| 出席企業 | 日本貿易振興機構(ジェトロ) 日揮ホールディングス株式会社 平田機工株式会社 株式会社竹中工務店 横河電機株式会社 株式会社日立製作所 一般財団法人エンジニアリング協会 |
| 議題 | ・マチュリティモデルと顧客ヒアリングシート ・現地調査準備 |

第4回「次世代スマート工場のエンジニアリング」研究会(STEP 5-1)

| 項目 | 内容 |
|------|--|
| 日時 | 2019年12月13日(金) 13:00~17:00 |
| 場所 | エンジニアリング協会 C、D、E 会議室 |
| 出席企業 | 学校法人慶應義塾大学 日揮ホールディングス株式会社 平田機工株式会社 株式会社アイ・ピー・エス 株式会社大林組 国際石油開発帝石株式会社 株式会社SUBARU 大成建設株式会社 株式会社竹中工務店 ダッソー・システムズ株式会社 名古屋工業大学 日本電気株式会社 株式会社ヒロテック 株式会社日立製作所 ユビセンス・ジャパン株式会社 横河ソリューションサービス株式会社 |

| | |
|----|--|
| | 株式会社ラック 一般財団法人エンジニアリング協会 |
| 議題 | ・本調査の結果速報、調査成果を報告書として作成 ・2020年1月23日の報告会案内 |

第5回「次世代スマート工場のエンジニアリング」研究会（STEP 5-2）

| 項目 | 内容 |
|------|---|
| 日時 | 2019年12月23日（月）15:00～17:00 |
| 場所 | エンジニアリング協会 B 会議室 |
| 出席企業 | 日揮ホールディングス株式会社 平田機工株式会社 株式会社竹中工務店 横河電機株式会社 株式会社日立製作所、 株式会社インターネットイニシアティブ、 国際石油開発帝石株式会社 株式会社大林組 大成建設株式会社 |
| 議題 | ・調査報告書の構成案に関する検討 ・競争力向上施策（案）の検討 |

10-2-2 公開セミナー

公開セミナー：

「新しい輸出産業としての次世代スマート工場エンジニアリングの現地調査他事業」

| 項目 | 内容 |
|---------------|------------------------------|
| 日時 | 2020年1月23日（木）10:00～12:30 |
| 場所 | エンジニアリング協会 大会議室 |
| 出席企業 (順不同) | 日本貿易振興機構（ジェトロ） 学校法人慶應義塾大学 |

| |
|---|
| <p> 日揮ホールディングス株式会社 株式会社野村総合研究所 平田機工株式会社 横河ソリューションサービス株式会社 株式会社竹中工務店 株式会社SUBARU 航空宇宙カンパニー 株式会社日立製作所 三菱重工エンジニアリング株式会社 ゴールシステムコンサルティング株式会社 東洋エンジニアリング株式会社 丸紅株式会社 株式会社 STANDARD 株式会社安川電機 株式会社ウフル 株式会社ほんま オリシロジェノミクス株式会社 セイコーエプソン株式会社 トーソー株式会社 株式会社電通国際情報サービス 有限会社河野経営研究所 3i Solutions 株式会社 凸版印刷株式会社 株式会社 IHI NTT コミュニケーションズ株式会社 富士電機株式会社 株式会社シマント 旭化成パックス株式会社 千代田システムテクノロジーズ株式会社 株式会社 NTT データイントラマート SAP ジャパン株式会社 ブレインズコンサルティング株式会社 三菱電機株式会社 オリンパス株式会社 日本タタ・コンサルタンシー・サービシズ株式会社 三菱電機ライフサービス株式会社 株式会社建設エンジニアリング </p> |
|---|

| | |
|-----------|--|
| | <p>日本ユニシス株式会社 コンビ株式会社 日清食品ホールディングス株式会社 株式会社カネカ 富士アイティ株式会社 株式会社シムトップス JFE スチール株式会社 日鉄ソリューションズ株式会社 株式会社 Chubb 損害保険 株式会社 Aurea Lotus シーメンス株式会社 富士通株式会社 ものづくり APS 推進機構 大成建設株式会社 キューピー株式会社 株式会社アイ・ピー・エス 株式会社日立システムズ 萩原工業株式会社 シスコシステムズ合同会社 株式会社データサイエンス研究所 株式会社明電舎 東芝インフラシステムズ株式会社 日産自動車株式会社 日本電気株式会社 株式会社日立コンサルティング 一般財団法人エンジニアリング協会</p> |
| <p>議題</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 次世代スマート工場 アーキテクチャとマチュリティ&ロードマップフレームワーク 2. 次世代スマート工場 ビジネスモデルとオポチュニティの構造 3. タイの製造業（製造業の概況） 4. タイのスマート工場 マーケット概況 ドイツ Industry 4.0 の動向 5. タイのスマート工場 |

| | 日系プレイヤーの競争力強化施策(案) |
|------|--|
| 主な質疑 | <p>Q: 中央管制システムの機能とは？</p> <p>A: いわゆる交通管制を想像してほしい。工場内とサプライチェーンをまたぐ流れをコントロールする。アーキテクチャ的には、単一の巨大なシステムで実装するとは限らず、複数の組み合わせで実現することになる</p> <p>Q: スマート工場のイメージは、経営層、中間層、現場によって異なる。どこのレベルの議論をしているのか、あるいはどのレベルを目指すのか？</p> <p>A: スマート工場には明確な公式定義が存在しないため、議論が錯綜しがちである。それを防ぐため、本調査ではマチュリティモデルに基づくフレームワークを定義した。さらに次世代スマート工場構築ビジネスを、サービスドメインとサービスレイヤーによって区分するマップを作り、どこの話をしているかの一助としている</p> <p>Q: 既存工場のスマート化の引き合いを受けるのだが、最初は意欲的でも、結局予算制約のために部分最適に陥ってしまいがちだ</p> <p>A: 我々は工場全体の知能化を「次世代スマート工場」ととらえており、中央管制システムがその象徴である。そうしないと部分最適の罠から抜け出すのは難しい</p> <p>Q: こうした活動は意義が大きいと思うが、ブランディングが大事である。ぜひその面からもよく検討してほしい</p> <p>A: ご指摘に感謝する。ブランディングにも留意していきたい。</p> |

公開セミナーの説明資料を次頁以下に添付する。なおかなり大部であり、かつ内容的には本報告書本文と多くが重複するため、冒頭部分と、末尾・添付資料（ドイツ出張の個別報告）部分のみとし、他の部分は割愛させていただく。

次世代スマート工場のエンジニアリング研究会主催 報告会

**新しい輸出産業としての
次世代スマート工場エンジニアリングの現地調査事業**

2020年 1月23日
次世代スマート工場のエンジニアリング研究会 調査分科会

現在、IoT/AI技術の進展により産業界、特に我々と関係の深い製造業、組立産業に大きな変革が起ころうとしている。ドイツが進めているIndustry 4.0、米国のIndustry Internet Consortium (IIC)、そしてわが国の「コネクテッドインダストリーズ」などが、産業インフラを考える上で大きな潮流となっている。

このような環境変化の中で、当協会は昨年度「次世代スマート工場のエンジニアリング研究会」を組織し、プロセス産業で実績のある中央管制を中核とした、次世代スマート工場の概念を構築中である。

この度、日本貿易振興機構（ジェトロ）より、多くの日系企業が進出しているタイで国策として進められている「タイランド4.0」を念頭に、スマート工場の市場ニーズと輸出可能性に向けた調査事業を受託した。

本報告会では、タイでのヒアリングや工場訪問などの調査に加え、グローバル競争の観点からドイツのIndustry 4.0の動向も調査検討し、タイに於けるニーズと現状を分析しながら、ビジネスチャンスの可能性と、その実現に向けたアクション提案を報告する。

本調査はまず、次世代スマート工場の「アーキテクチャ」「ビジネスモデル」「要素技術マップ」「マチュリティモデル」「ロードマップ」のリアレンスを作成する。それに基づき、本領域において国際競争力を有する技術、製品を持つ企業が、「いつ」「どこに」「何を」「どのパートナーと一緒に」売りに行くかを検討するためのフレームワークを提供する。

加えて、対象国（主にタイであるがAPAC全体を意識しつつ）への具体的な個別的事業展開ロードマップを作成するための、基礎情報を提供する。本調査の提供する情報は、本分野において競争力を有する幅広い日本企業が協力して（必要に応じてコンソーシアム等を組成して）、対象国に対する本格的な事業推進を行うための指針として活用されることを期待している。

【事業提案書より抜粋】

1. 次世代スマート工場
アーキテクチャとマチュリティ&ロードマップフレームワーク
2. 次世代スマート工場
ビジネスモデルとオポチュニティの構造
3. タイの製造業（製造業の概況）
4. タイのスマート工場
マーケット概況
ドイツIndustry 4.0の動向
5. タイのスマート工場
日系プレイヤーの競争力強化施策(案)

1

**次世代スマート工場
(ディスクリート型製造業)**

アーキテクチャと
マチュリティ&ロードマップフレームワーク

【対象】
ここではディスクリート型製造業を対象とする
⇒プラント型（プロセス型）工場は別途取り扱う

- 【基本コンセプト】
- ✓ 製造工程のみではなく、サプライチェーンおよびエンジニアリングチェーン全体をスマート化する
 - ✓ 設備、WIPに加え、人的リソース、ユーティリティ等を含む全体最適を指向する
 - ✓ 全体最適のために「中央管制のしくみ」を活用する

ENNA 5-5-1. まとめ

「新しい輸出産業としての次世代スマート工場エンジニアリング」について、以下の検討調査を行った

- 1、「次世代スマート工場」のアーキテクチャと、マチュリティ&ロードマップフレームワークの策定
 - 次世代スマート工場のめざすねらいと、11のアーキテクチャを明らかにした。
 - マチュリティ&ロードマップフレームワークを、本調査の分析・整理用に提示した。
- 2、ビジネスモデルとオペチュニティの構造
 - スマート工場構築ビジネスのドメインと、マトリクスの形に構造化し、日本企業の強みと弱みについて整理した。全般的に、工場の個別要素となる建物・機械・ITなどは競争力があるが、インテグレーションなアプローチは弱い
- 3、タイの製造業（製造業の概況）
- 4、タイのスマート工場マーケット概況
- 5、タイの製造業の概況について、デスストップ調査及び訪問調査を行い、セグメントとして、現地系・日系・中国系・欧米系の分類と、工場スマート化のレベルに応じた4層を明らかにした。
- ドイツのIndustry 4.0の動向を調査したが、輸出戦略としてスマート工場の規格を策定する動きは見受けられない。
- 日系プレイヤーの競争力強化施策(案)
 - 従来の日本企業各社の個別商談は、スマート工場化には不十分であるため、以下の2施策を提案する。
 - 日本の産官学の協力で、スマート工場新設/既設のスマート化向けの、コンサルティング会社を設立する。
 - 日本・タイ国が協力して、タイの有力大学への「実用型スマート工場講座」を新設する。

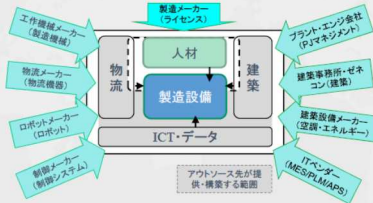


ENNA 5-5-2. おわりに

本研究会が確立を目指す「次世代スマート工場」の実現は、日本でも2〜3年はかかると思われる。

日本とタイの技術ギャップ、および技術移転スピードを考えると、タイでの実現は5年後以降だろう。しかし欧米や中国の動きも急であり、6年を待たずにタイに次世代スマート工場が建つ可能性も高い。

現在、日本企業には、単独で「次世代スマート工場」のエンジニアリングを担える企業は殆どない。企業の枠を超え業界を横断して、スマート工場の実現と、アウトソース先としての工場エンジニアリング業界の確立、そして海外市場の掘り起こしに取り組む事が、日本の製造業にとっての急務である。



ENNA

6

添付資料(1)
調査活動のサマリー
ドイツ各所の調査報告

ENNA BIASEANにおける新産業創出支援

| 企業名 | 案件名 | 実務国 |
|-----------------------------|--|---------------|
| インタム株式会社 一般財団法人日本経済連合会 | ドイツ圏における5Gネットワーク最適化プロジェクト可能性検証事業 | ドイツ |
| 株式会社インテリジェンティア | IoT導入による製造業の生産性向上プロジェクト | ドイツ |
| 株式会社エヌ・ティ・エー | ドイツにおけるクラウドGISサービスの検証 | ドイツ |
| 株式会社エー・ピー・エー | ASEAN+ラオス国境管理システム構築サービス検証 | タイ、ベトナム、カンボジア |
| 株式会社エー・ピー・エー | インドネシアにおける物流プラットフォーム事業の展開 | インドネシア |
| Global Mobility Service株式会社 | ASEAN+インドネシア国境管理システム構築サービス検証事業 | ドイツ |
| 小島精工工業株式会社 | サブサチーンにおける国産EDI標準（国産CEFACT）とIoTプラットフォームを活用した遠隔監視検証 | タイ |
| 株式会社ジースト | 国産予防的保守のための遠隔監視プラットフォームの実証事業 | フランス、シンガポール |
| 豊和テック株式会社 | 石巻市2期選定地区における予防的保守システム構築 | フランス |
| 株式会社長大 | 日本企業の海外展開にIT技術と日本型マネジメント手法を活用した海外市場開拓TO&M9-ECの構築・導入・実証事業 | インドネシア |
| 株式会社TDA | ドイツにおける5G+IIoT+AIを活用した製造業向け実証事業 | ドイツ |
| 株式会社デンソー | Connected Industries: 欧州自動車メーカー向けIoTプラットフォームの検証 | ドイツ |
| トヨタ自動車株式会社 | ドイツでのIIoT+AI活用による生産性向上プロジェクトの実証事業 | ドイツ |
| 豊田通商株式会社 | 遠隔監視技術を活用した遠隔監視プラットフォームの検証 | ドイツ |
| 株式会社日立ハイテク/ロジック | ドイツにおけるIIoT+AI活用による生産性向上プロジェクトの実証事業 | ドイツ |
| 富士フイルム株式会社 | ドイツにおけるIIoT+AI活用による生産性向上プロジェクトの実証事業 | ドイツ |
| 富士フイルム株式会社 | ドイツにおけるIIoT+AI活用による生産性向上プロジェクトの実証事業 | ドイツ |
| 株式会社Liquid | ドイツにおけるIIoT+AI活用による生産性向上プロジェクトの実証事業 | ドイツ |

ENNA 4-7-2. ドイツ調査結果：MAN社トラック工場視察



写真左：MAN社工場入口
写真右：工場4-6-1向かいにあるTRUCK FORUM(ユーザー企業向け展示研修施設)

1. MAN社トラック工場の視察内容：
MAN社は長い歴史を持つ大型車メーカーで、現在はVolkswagen傘下にある。ミュンヘン工科大学のボストロ2名と同行し、最終組立ラインを視察した。
個別性の高いオーダーに対応しながら、5分間のタクトタイムで生産しており、Industry 4.0のめざす「マス・カスタマイゼーション」の一つの姿を示している。
全長700mの組立ラインは28工程があり、各工程は5名前後のチーム構成。一部はデジタル画面に作業指示を表示。製造手順は日本の同種の工場と似ているが、S字型に迂回する独特なレイアウトで、フォークリフトがかなりの速度で部品補給を行っている。
2. 所感：製造技術・ITは高いレベルだが、日本の自動車メーカーと大きな差はないと思う。しかし、働く人達がモチベーション高く仕事に自発的に動いている点、また工場内の明るさ、空調温度などの快適さが、むしろ印象的だった。

ENNA 4-7-3. ドイツ調査結果：ミュンヘン工科大学訪問



写真左：ミュンヘン工科大学 Garchingキャンパスの中央軸
写真右：Smart Logistics Labにて、J. Fottner教授と

1. J. Fottner教授との面談およびSmart Logistics Lab視察：
Fottner教授は実務経験もあり、60名のスタッフを抱えて応用研究を進めている。物流の分野では新発想の機械やテクノロジーが続々生まれていて、ドイツ製造業も旺盛に取り込んでいる。ただBMW工場はSAFのシステムを使っているが、問題もあると聞く。
Industry 4.0は無人数化ではなく、ミスもする人間をどうインテグレート・トランスシステムを目指す。I 4.0は分散管理志向と考える研究者も多いが、集中と分散の組み合わせが必要と思う。
2. S. Minner教授との面談
フレキシブルで再編成可能(configurable)な製造システムがIndustry 4.0のゴールだ。工場は固定的なレイアウトで、Job shop型に変わっていくだろう。
Industry 4.0は10近い組織による「連邦型」活動で、中央の司令塔がある訳ではない。

ENNA 4-7-4. ドイツ調査結果：ブラウンシュヴァイク工科大学訪問



写真左：中：ブラウンシュヴァイク工科大学の教育用自動製造ライン
写真右：ブラウンシュヴァイク工科大学の前で、Spengler教授と

1. Spengler教授および学科スタッフとの意見交換（東大・木下准教授も同席）
ブラウンシュヴァイク地域はドイツの航空機産業・自動車産業の集積地。Spengler教授は前副学長でブラウンシュヴァイク研究所WFも兼任する。
持続可能な製造、技術志向のマネジメントがテーマで、冗長化ライン・ハイスケーラビリティ・フレキシブルレイアウトを研究。中央管制システム構築は興味深いコメントあり
2. 自動製造ライン実習ラボ・Batteryラボ視察
10〜15年前から企業とのコラボレーション志向にシフト。VWとも多くの共同応用研究
教育用自動製造ラインはニッサン/スズキの設備ながら、フルスケールの自動化を実現できる
Battery Labは蓄電池の産学共同研究で、データ分析基盤まで持つ2期開発工場

ENNA 4-7-5. ドイツ調査結果：ブラウンホーファー研究所IPK訪問



写真左：ブラウンホーファー研究所IPKとベルリン工科大学の産学共同実験施設(バララマ)
写真右：ブラウンホーファー研究所IPKのIndustry 4.0に関する見学者向け展示施設

1. ブラウンホーファー研究所IPK (C. Geisert氏との意見交換)
ブラウンホーファー研究所は72の研究所、26億ユーロの研究費、26,000人のスタッフからなる組織で、3割が政府資金、7割が企業などの共同研究からの資金で運営。
Industry 4.0は、人間を含めてCPSでコネクティングするが、革命というより進化。デジタルツインの構築(マスター/ドメイン/リンクの関係を元に、データ分析をDescriptive-Diagnostic-Predictive-Prescriptiveの順に進化させていく)。
ブラウンホーファー研究所はブラジルや中国で、スマート製造のトレーナー研修も実施中
2. 産学共同研究ラボ視察
円形の建物を隣接するベルリン工科大学と共有し、研究プロジェクト単位に様々な製造設備を配置。予算は3400万ユーロで、スタッフの12%がSpin-off/Startupを起業。

出展：

NESDB：

<http://www.nesdb.go.th/>

世界銀行：

<https://www.worldbank.org/>

SPEEDA：

<https://jp.ub-speeda.com/>

JETRO：

<https://www.jetro.go.jp/>

国連：

<https://www.unic.or.jp/info/un/>

IMF：

<https://www.imf.org/external/japanese/index.htm>

三菱UFJ銀行：

<https://www.bk.mufg.jp/>

書名 「新しい輸出産業としての次世代スマート工場エンジニアリングの現地調査他事業」報告書

発行 2020年3月
一般財団法人 エンジニアリング協会
〒105-0001
東京都港区虎ノ門三丁目18番19号
TEL 03(5405)7201(代表)

印刷 よしみ工産株式会社