

工場のスマート製造化を
“みえる化”する KPI を用いた
SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)
に関する白書

(公開第 1 版)

～工場導入編～

2020/4/1

IAF (Industrial Automation Forum)

CLiC (Control Layer Informational Cooperation)

KPI 分科会

目次

1. まえがき	4
1.1 背景と課題	4
1.2 課題を解決するための提案	4
2. SMKL の概要	6
2.1 SMKL の主な特徴	6
2.2 SMKL 導入環境について	6
2.3 その他の指標について	7
3. SMKL の説明	8
3.1 みえる化レベルについて	8
3.2 管理対象レベルについて	10
3.3 管理項目について	12
3.4 SMKL の呼称について	12
3.5. SMKL の導入手順	13
4. SMKL の現状値の評価方法について	15
5. SMKL の改善目標値の決定	28
5.1 特定の設備やライン、工場全体など「管理対象」を決めて SMKL を評価した場合	28
5.2 みえる化の「管理項目 (KPI) 」を決めて SMKL を評価した場合	28
6. SM 投資判断について	29
7. SMKL の運用メンバーについて	30
7.1 SMKL による PDCA のシーケンス図	30
7.2 運用時の KPI 管理業務フロー・シーケンス図	31
8. SM 化を実現できる技術について	32
9. おわりに	33
10. 参照文献他	34
<付録 A> 「KPI (ISO 22400-2) 」	35
<付録 B> 「SMKL 管理シート」	36
<付録 C> 「SM 投資計画書」	39
<付録 D> 「管理項目別 SMKL レーダチャート」	41

<付録 E>	「SMKL 総合管理シート」	43
<付録 F>	「他の指標との比較について」	44

1. まえがき

1.1 背景と課題

2011年に Industry 4.0 (I4.0) がドイツから提唱され、同時に産業 IoT (IIoT: Industrial Internet of Things) やスマート製造 (SM: Smart Manufacturing) という言葉が出はじめ、現在では国内外で多くの議論がされてその概念が浸透しつつあります。一方で工場の製造現場における SM 化は徐々に進んでいますが、実際の取組みとしてはテストベッドなどの試験運用が多く、SM に対する費用対効果を局所的に見極めながら投資判断をしている状況です。

工場経営者は SM に対して、工場の生産性や品質の向上、在庫管理や製品のトレーサビリティ、保守の効率化、環境への配慮などの面で期待があります。しかし、SM 化のために工場内の全ての情報をいっきに電子化して分析し、サプライチェーンまで情報を繋げていくには莫大な投資が必要であり、自社として SM をどこまで推進すれば良いのか判断しにくく、また、試験的に SM 化をしたとしても費用対効果が良くわからないために継続的な投資判断が難しいという課題があります。特に、中小企業などでは SM に詳しい社内の専門家や、社外のコンサルタント、システムインテグレータ (SIer) などが少なく、相談すら難しいという問題もあります。

例えば、在庫や製品ライフサイクル等の管理で、製品のトレーサビリティを実現したい場合に、製品に IC タグをつける設備を導入すれば良いのか？ データ収集をする機器やシステムは別に必要か？ 収集した情報を分析するにはどうすればよいのか？ 製品毎に IC タグをつければコスト高になるが費用対効果は出るのか？ など。実現するためには機器メーカーや装置メーカー、IT ベンダーなど相談する相手も多岐に渡り、検討に時間もかかります。また、製品トレーサビリティを実現できたとしても自社工場がどこまで SM 化ができたのか分かりません。従って、自社の事業規模や製造に適した SM の実現は非常に困難です。

SM に関しては、S/W 開発に関する能力成熟度モデル (CMM: Capability Maturity Model、ISO/IEC 15504) に基づいた成熟度の指標が、既にヨーロッパ、アメリカ、中国、日本、シンガポールなどによって提案されています。但し、これら SM の指標には組織や教育なども含まれるため、内容を理解し使いこなすのは非常に難しいという課題があります。また、残念ながら 2020 年 4 月現在で SM の指標に関する国際標準は存在しません。

1.2 課題を解決するための提案

本白書は、こうした SM における課題を解決するために、工場の生産性、品質、在庫、保守、環境などの重要業績評価指標 (KPI: Key Performance Indicator) に基づいた SM のシンプルな指標として Smart Manufacturing Kaizen Level (SMKL) を提案します。

この SMKL を使う事で工場経営者は SM 化に関する投資判断が比較的簡単にできます。また、非常にシンプルな指標なので、社内では工場経営者から設備担当者まで、社外では SM の専門的な知識がないコンサルタントや SIer、更には営業マンまでもが SMKL を活用して SM 化について話し合う事が期待できます。

SMKLは日本をはじめとする国際的な認知、及び共通理解を醸成することを目的としており、SMの成熟度の指標の一つの事例として国際標準のテクニカルレポート(TR)として、現在、ISO /TC184へ提案中です。なお、現場での導入に対する親近感を持たせるため、この指標は日本式の改善手法を象徴する言葉であるKAIZENという用語を取り入れてSMKL (Smart Manufacturing **Kaizen** Level)と名称を付けています。

また、本白書では、SMを「工場内のKPIに関連する様々な情報をデジタル化してデータ収集、可視化、分析、改善などの“みえる化”をして最適な工場を実現すること」と定義して説明しています。ここで、“みえる化”は縦軸にデータの収集～改善までの4つの段階、管理対象を横軸に作業員からサプライチェーンまでの4つの段階で表し、SMはこの縦軸と横軸を組み合わせた全体を示し、SMKLはSMをこの4×4の16に分割したマトリクスの指標として定義します(図1参照)。

レベルd	診える化 (改善)				
	Optimizing				
レベルc	観える化 (分析)				
	Analyzing				
レベルb	見える化 (可視化)				
	Visualizing				
レベルa	データ収集				
	Collecting				
みえる化 レベル 管理対象 レベル		設備・作業員	ライン・工程	工場全体	サプライチェーン全体
		Installation or Worker	Workstation	Factory	Supply Chain
		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4

図1 SMKL指標

なお、SMKL白書は以下の2つに分かれます。使用するユーザによって使い方を分けて運用することができます。

- ① 工場のスマート製造化を“みえる化”するKPIを用いたSMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)に関する白書(第1版)～工場導入編～:(本書)
工場のSM化レベルをSMKLで簡単に自己診断し、改善する方法
- ② 営業・コンサルティング向けSMKL白書(仮称):(検討中)
SMの機器、設備、ソフトウェア、ソリューション、コンサルティングなど、サプライヤー側の立場でSMKLを使ってユーザにSM関連のサービスおよび製品をわかりやすく説明する方法

2. SMKL の概要

SMKL は、工場の SM 化を 4 つの見える化の段階と、4 つの管理対象の範囲で表し、工場がどの段階まで SM 化が進んでいるか判断できるシンプルな評価指標です（図 1 参照）。

2.1 SMKL の主な特徴

- 1) SM を推進する工場で「何の目的(KPI)で」、「どこを対象に」、「どのレベルまで（＝データのみえる化や AI による改善など）」SM 化ができたかの“分かり易いシンプルな指標”として提供します。
- 2) 人や設備、ラインや工程、工場全体、サプライチェーン全体の単位で、“工場の SM 化の推進方向性に対する評価”ができます。
- 3) 製造現場のデジタル化した情報の収集や、可視化、分析、改善といった、“見える化の成熟度が把握”でき、SM の継続的な改善活動（Kaizen）に役立ちます。
- 4) 経営者と設備担当者間などで“工場の SM 化の計画的な投資判断”に関する共通認識が醸成できます。
- 5) 現在の工場を SMKL で評価し、将来的に目指す工場について、SM 化を提案するコンサルタントやシステムインテグレータと分かり易く会話してもらおうツールとして SMKL を活用することができます。

2.2 SMKL 導入環境について

SMKL を導入して工場の SM 化を実施するためには、実際に投資を判断する経営側の理解や指示と、働きやすい環境を構築したいという現場側の強い改善意欲が重要です。

- 1) 製造現場の SM 化を推進するように、経営者からの指示がある
- 2) 生産性や品質の向上など、具体的な管理項目に対する経営者からの改善指示がある
- 3) 複数の関係工場で統一した基準で SM 化を推進するように経営者からの指示がある
- 4) 現場での手入力や紙出力など、工場の管理データを電子化して改善したい
- 5) 時々生産ラインが停止するため、センサー等でデータを集めて分析・改善したい
- 6) 各設備の保守やメンテナンスなどの時期を把握して、保全効率を改善したい

SMKL は上記 1) ～6) のような場合に、SM の投資判断をする経営者側と、現場で設備を実際に導入する担当者、コンサルタント、SIer、機器ベンダーとの間で、見える化や改善の方向性を表現する会話ツールに適しています。

従って、トップダウンで工場の設備が全て決定し、現場からの改善要望があまり出ない工場と比べて、ボトムアップ式で現場改善要望を吸い上げ、SM という手段で継続的に課題を解決していく場合に適した評価手法ともいえます。

なお、SMKL は工場の効率向上や働きやすい環境を構築するための SM 化が目安であり、SMKL で工場を厳密に管理・運用しようとするものではありません。厳密に管理・運用した場合に SMKL のレベルを上げる事のみが目標となってしまう、SMKL のレベルが上がらない場合の投資は費用対効果があっても実施しない、又は、SMKL の管理項目や管理対象によっては SMKL の判定値が前回値より下がるため、使いたくないなどの弊害もでてきてしまいます。SMKL は SM の投資判断の一つの目安です。そのため、工場経営者と現場担当者間の会話ツールとして活用し、実際の投資時には設備投資計画書（＜付録 C＞ 「SM 投資計画書」を参照）などで費用対効果を測りながら投資判断をしていきます。

2.3 その他の指標について

日本の経済産業省が推奨する「DX (Digital Transformation) 推進指標」、シンガポール政府が I4.0 を参考に作成した「SIRI (Smart Industry Readiness Index) 指標」など、各国や各企業で SM 化の企業診断指標が開発されていますが、SMKL との違いを＜付録 F＞ 「他の指標との比較について」にまとめましたのでご参照ください。

簡単に比較すると、DX 指標や SIRI 指標は医師などの専門家による「問診票や血液検査レベル」のようなものであり毎年診断を実施します。それに対して、SMKL 指標は自社で管理できる「体重計」のようなもので、経営者から設備担当者迄が必要に応じて評価し、SM 化の費用対効果を考えながら PDCA で継続的な改善活動を行うのに適しています。また、5 年など中期的な SM 化の計画を建てる事が出来ます。

各指標はそれぞれ特徴があるので用途に合った使い方をお勧めしますが、SM に関して相談できる専門家が少ない場合などは、経営者から設備導入担当者までが簡単に理解出来てスモールスタートに適している SMKL 指標の適用をお勧めします。

3. SMK L の説明

3.1 みえる化レベルについて

みえる化は、レベル a として電子データの収集から始まり、レベル b は表示器などで可視化、レベル c はデータ分析、レベル d では AI や自動制御等による改善の 4 つの段階で判断を行います（表 1 参照）。

基本的にどのレベルでも、自動的又は簡易化された人作業で電子化されていない状態であれば、そのレベルに達しているとは判断しません。

例えば、管理に必要なデータはデータベースにあるが、それを紙出力して掲示している場合は、レベル a ではあるがレベル b には達していません。

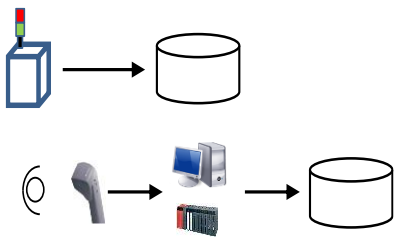
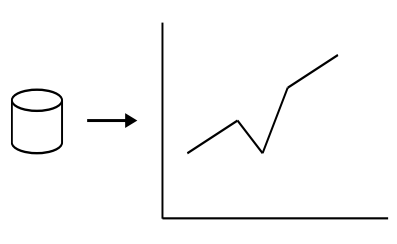
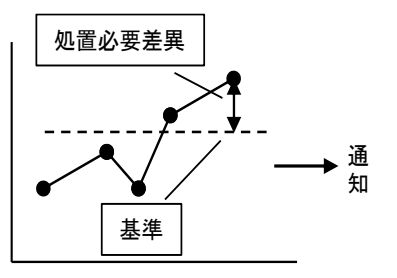
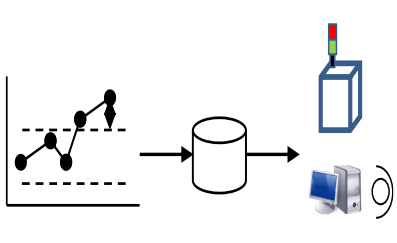
また、管理に必要なデータは表示器等でグラフ化できているが、その表示データを分析した数値を算出し表示、又は分析した結果から警告を出す機能が無ければ、レベル b ではあるがレベル c には達していません。

更に、分析することはできるが、その分析結果を元に改善するのが人の場合は、レベル c ではあるがレベル d には達していません。

レベル d に達するには人によって分析結果から改善を判断・実行する AI 等を活用した自動処理やアルゴリズムの活用が必要になります。

なお、レベル a に達していない状態はレベル 0（ゼロ）と判断します。

表 1 SMKL の見える化レベル

「見える化」レベル	評価基準	イメージ図	例
レベル a データ収集 Collecting	・自動、若しくは作業者によるバーコードスキャン等の簡易操作で、管理に必要なデータを電子的に自動収集、蓄積している。 ※手書き日報等のエクセル等への入力は対象外。		・データベース管理 ・CSV 等のファイル管理
レベル b 見える化(可視化) Visualizing	・レベル a のデータ、及び目標(基準)データを表やグラフで自動表示できる。 ※データを手動でダウンロードし、表やグラフをエクセル等で、都度作成する場合は対象外。		・リスト表示 ・グラフ(秘ストグラム、トレンド)
レベル c 観える化(分析) Analyzing	・レベル b の状態に、基準や目標データも自動表示され、差異の確認ができる。 ・且、差異に対し処置を必要とする差異に対しては、関係者に処置を促す通知を自動で行う。		・工程飛び管理 ・工程忘れ管理 ・処置警告
レベル d 診える化(改善) Optimizing	・レベル c の処置を必要とする差異を抑制するために、人、設備、物に対し、自動的にフィードバックを行う。		・AI 活用 ・自動制御

この見える化レベルの基本的な考え方は、次章で記述する管理対象以外にも、SM 関連のハードウェア製品、ソフトウェア製品、ソリューション製品などにも適用できます。

例えば、センサーなどはレベル a を、表示器などはレベル b を、分析装置などはレベル c を、AI を組み込んだソフトウェア製品はレベル d を達成するために必要な製品となります(8. SM 化を実現できる技術についてを参照)。

3.2 管理対象レベルについて

ファクトリー・オートメーション工場（以後、FA 工場）の場合、設備や作業者の範囲をレベル 1、ラインや工程をレベル 2、工場全体をレベル 3、サプライチェーン全体をレベル 4 と定義します(図 2、表 2)。

SMKL では、FA 工場全体を SMKL で判定する場合、厳密に部品倉庫から梱包倉入れまですべての設備が SMKL のみえる化レベルを満足していなくても、ある特定の製品の設備やラインが一通貫で SMKL のみえる化レベルを満足していれば工場全体が SMKL のみえる化レベルに対応していると加点方式で評価をします。

なお、プロセスオートメーション (PA)、ビルオートメーション (BA) などの分野では対象範囲を、人や個々の装置 (社内)、人や装置の集合体 (社内)、人や装置の集合体の全体 (社内)、サプライチェーン全体 (社外) などに分けて考えますが、本書は適用実績のある FA 工場での事例で紹介いたします。

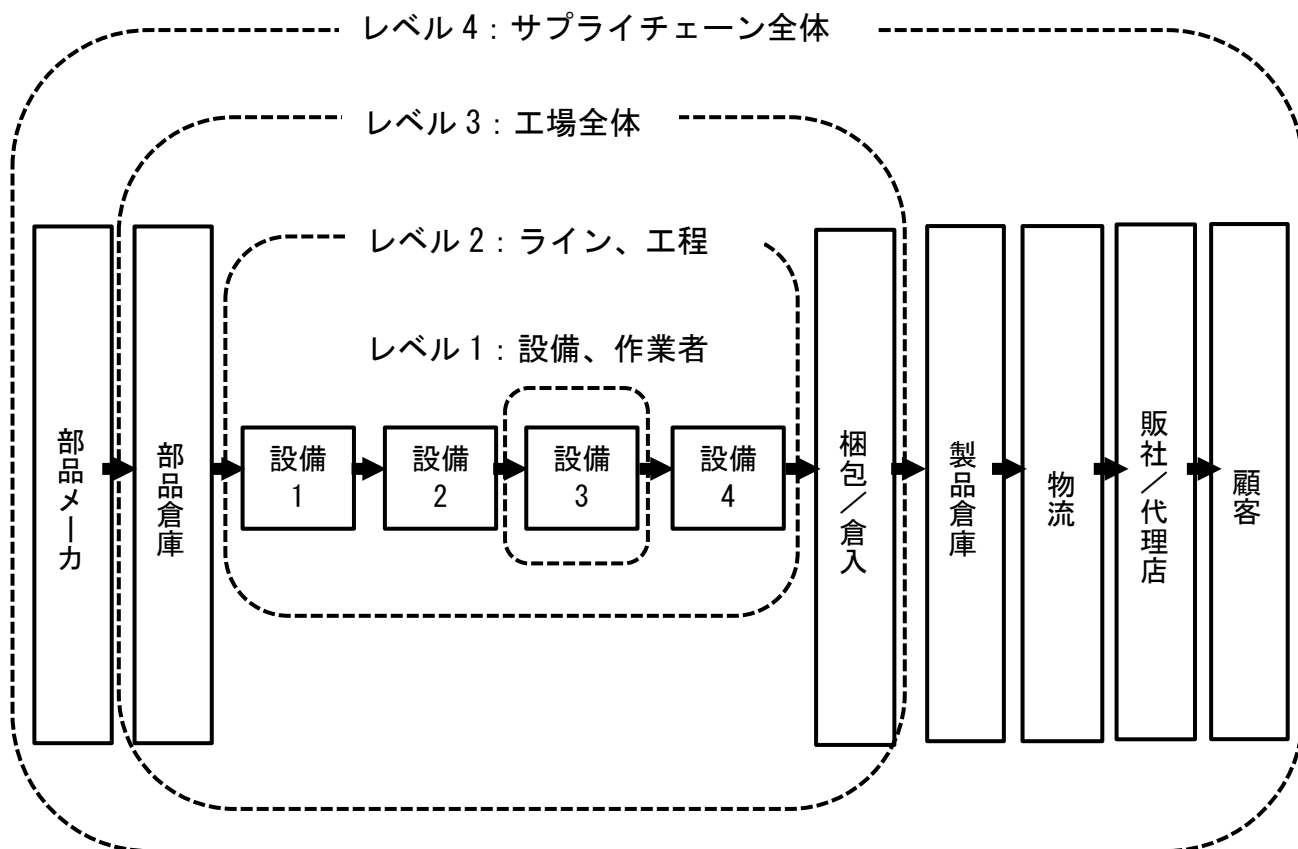


図 2 SMKL の管理対象の考え方

※ここでの設備は作業者も含む。

表2 SMKLの管理対象レベル

「管理対象」レベル	対象基準	例
レベル1 設備・作業者 Worker or Installation	一つの設備や、一人の作業者など、製造現場を管理するうえで最小単位を対象とする。 (IEC 62264:2013, Levels 2, 1, 0, Work Units)	・人セル ・工作機械 ・検査設備
レベル2 ライン・工程 Workstation	複数の設備や複数の作業者で構成され、製品の部分的又は全体作業が完成、又は半完成するラインや工程を対象とする。 (IEC 62264:2013, Levels 3, Work Centers, Area)	・製品の工程 (加工、組立、塗装など) ・製品のライン
レベル3 工場全体 Factory	一つ以上のラインや工程で構成され、部品倉庫から、梱包倉入れまでの工程を含む工場全体を対象とする。 (IEC 62264:2013, Levels 4, Enterprise, Site)	・製品の工場
レベル4 サプライチェーン全体 Supply Chain	一つ以上の工場と、部品メーカーから製品倉庫、物流、販社・代理店、顧客までの製品に関する企業を含むサプライチェーン全体を対象とする。 (Enhancement Industrial 4.0, Connected World)	・製品の流通全体

※レベル1と2の補足説明：

特定の製品を作るために管理したい最小単位をレベル1と定義します。またレベル2のラインと工程の違いとしては、1) 一つの製品を作る一連の異なる作業を複数人数又は複数設備を組み合わせて実施している場合はライン、2) レベル1と同じ作業を複数人数又は複数設備で実施している場合は工程、と考えます。但し、工場によって管理したいまとまりのある対象をレベル2と定義しても問題ありません。

※レベル3の補足説明：

厳密には工場内のすべての設備やラインがSMKLのみえる化レベルを満足して初めて工場全体のみえる化レベルも上がるとすべきですが、SMKLはあくまでも改善指標の目安としての会話ツールであり、実際には後述するSMの設備投資計画書で対象範囲を明確にし、経営者側と設備担当者側との間で費用対効果の認識を一致させながら進めるので厳密に対象範囲を決める必要はなく、加点方式で評価する必要があります。

また、一企業内の複数工場で一つの製品が完成する場合は複数工場を工場全体と定義します。但し、工場毎に管理項目や管理者が異なる場合は、工場毎にレベル3と定義してSMKLを活用しても問題ありません。

※レベル4の補足説明：

このレベルを達成するには製品に関連する様々な企業との連携や協力が必要となります。まずは自社内でレベル3を目指し、レベル3を達成できる見込みがあれば、次の取り組みとしてレベル4を目指します。但し、すべてのKPIをサプライチェーン全体のレベル4に上げるべきか否かは、その企業にとっての費用対効果を考慮して取り組む必要があります。

もちろん最初からレベル4が達成できるKPIがあればレベル1～3をスキップしてもかまいません。将来的には工場建設時に既にレベル4が達成できる設備やITシステムが入っている事が理想的です。

※その他：

本書の英語表記について、「Worker or Installation」は「Worker and Equipment」。「Workstation」は「Production line and Manufacturing process」などと読み替えても問題ありません。本書では前者として用語を定義しています。詳細はIEC 62264:2013を参照下さい。

3.3 管理項目について

管理項目については、工場内の KPI として ISO 22400 (<付録 A> 「KPI (ISO 22400-2)」) を参考に作成する事が望ましいです。

但し、業種や生産する製品など、工場によって必要な KPI は異なるため、自社工場に適した KPI を ISO 22400 から選定、または、新たな管理項目を作成する必要があります。新たに管理項目を作成する場合は<付録 B> 「SMKL 管理シート」を参照ください。

また、選定した KPI の種類によって、電子化するデータを収集するのに必要なセンサーや、表示方法、分析手段、改善内容も異なるため、SMKL による評価後にどの管理項目を改善するかも、SM の投資をするために重要な判断となります。

ここでは電機部品組み立て工場の実施例を参考に、ISO 22400 の KPI を参考にしながら、電子部品組み立て工場の KPI として重要な、生産、在庫、コスト、品質、保全、環境の管理項目を SMKL で評価する事例を紹介します。

3.4 SMKL の呼称について

3.1 章のみえる化レベルと、3.2 章の管理対象レベルを合わせて呼称する場合は下記とします。

「管理対象レベル」 + 「みえる化レベル」

例えば、管理対象レベルがラインの「2」、みえる化レベルが可視化の「b」であれば、呼称はレベル「2b」となります。

また、上記ライン「2」が対象の場合に電子化できておらずみえる化レベルが「0」の場合は、「2ゼロ」と呼称します。なお、管理対象レベルに「0」又は「ゼロ」はありません。

3.5. SMKL の導入手順

SMKL は工場の現場データのみ見える化と管理対象の範囲を評価する指標として使用します。その導入手順を下記 Step に示します（図 3 の業務フロー図参照）。

- Step1: 現状評価として、SM 設備の導入担当者が、管理対象と工場にとって重要な管理項目となる KPI を決定し、SMKL を使って自社工場の SM 化状況を評価します。
- Step2: 評価結果を参考に、改善要否判断を設備導入責任者が実施し、必要があれば見える化を実現する機器や設備、データ収集方法、費用対効果などを記載した SM 投資計画書（＜付録 C＞ 「SM 投資計画書」）を作成します。
- Step3: 作成した SM 投資計画書を改善活動の実施時に経営者に提出します。経営者へ提出するタイミングは企業毎に異なります。例えば工場の設備増築時や更新時、毎年実施する次年度の計画策定期間や実行時期、又は工場の現場の改善活動の計画時や実行時などです。経営者は、見える化による改善の方向性が合っているかを SMKL と、SM 投資計画書に記載の費用対効果などから投資の方向性が自社にあるかの判断をします。
- Step4: 経営者の判断で投資が許可された場合に SM に関連する設備を導入&評価し、継続導入するかどうかを判断します。

このように KPI の視点で、生産、在庫、品質、環境、保全などの関連データを、電子化しリアルタイムでデータを収集・分析することで、現場のみ見える化による改善活動を継続的に判断していきます。また、自社にとって SM 化のメリットが出ない場合は投資をしないという判断もできます。

なお、自社にとって重要な様々な KPI を総合的に判断する場合は、＜付録 D＞ 「管理項目別 SMKL レーダチャート」や、＜付録 E＞ 「SMKL 総合管理シート」などを活用します。

但し、ここで重要なのは費用対効果を考えて自社にとって最適な SM 化を継続的に目指す事です。全ての KPI 及び管理対象で最高の SMKL の 4d レベルを獲得する事は理想ですが、それが目的であってはけません。

何のために SM 化をするかを経営者と現場担当者間で SMKL を活用して話し合い、現状の SM 状況について評価し、今後どこをどのように SM 化を実施するか否かを判断していく事が最も重要です。

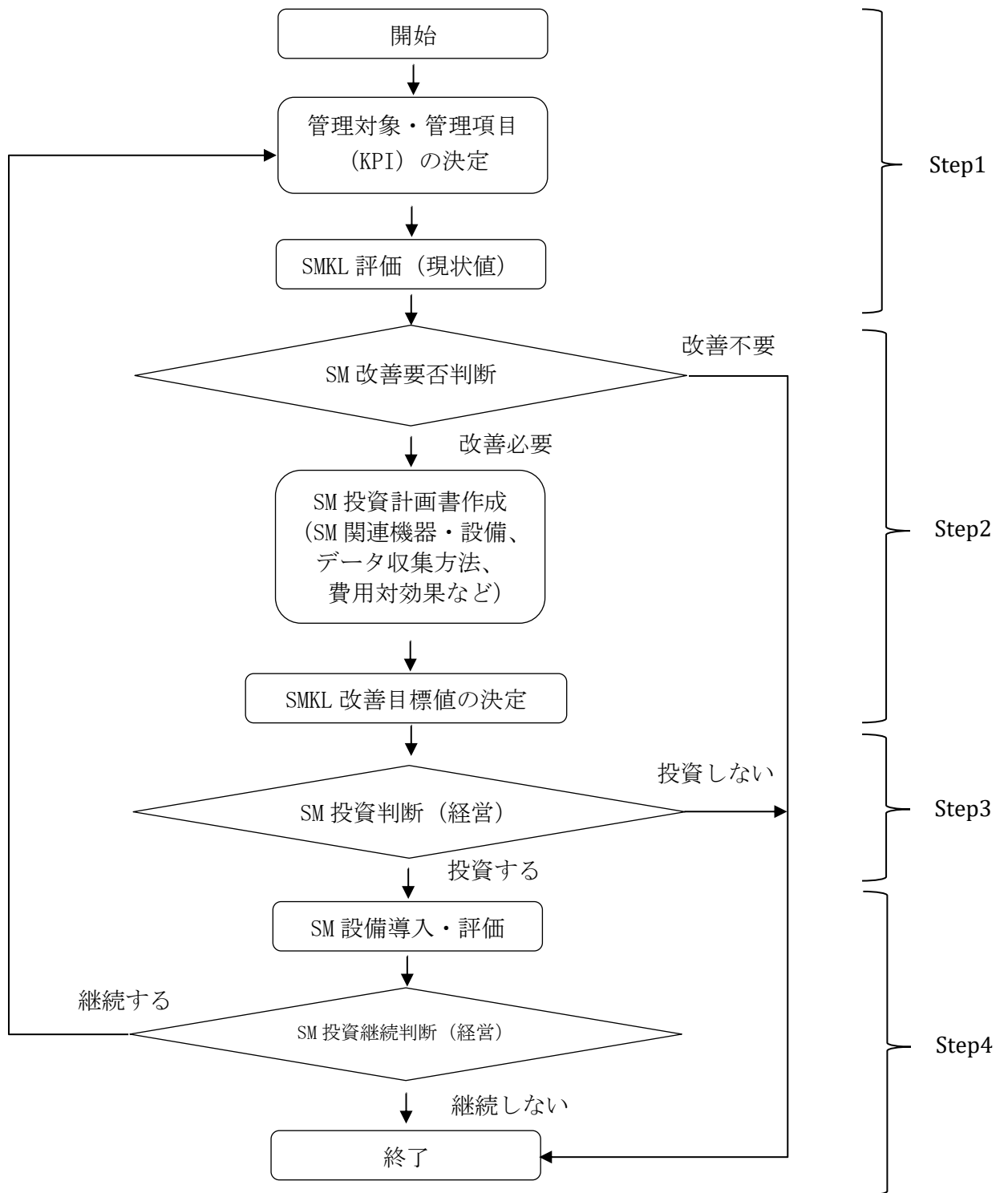


図 3 SMKL 適用時の業務フロー

4. SMKL の現状値の評価方法について

SMKL の評価方法には管理対象を決めて進める場合と管理項目を決めて進める場合の 2 通りのアプローチがあります。

1) 特定の設備やライン、工場全体など「管理対象」を決めて SMKL で評価する方法

設備やライン、工場ごとに大まかに SM 化の状況が評価できます。この方法の特徴は対象の SM の状況が大まかに把握でき、評価にあまり時間がかからないため設備責任者だけでも簡単に評価できます。また、SM 化を推進すべき設備やライン、工場など、複数の候補からターゲットを絞る場合や、初めに SMKL を使って SM 化状況を把握する時などに有効な方法です。

2) みえる化の「管理項目 (KPI) 」を決めて SMKL を評価する方法

設備稼働状況や消費電力など、管理したいあるいはみえる化したい情報が予めわかっている場合の評価方法に適しています。但し、評価の為には設備責任者だけでなく、現状の設備やライン、工場の管理状況のある程度熟知したメンバーを交えた評価が必要になります。本格的な SMKL の運用に適しています。

4.1 特定の設備やライン、工場全体など対象を決めて SMKL を評価する方法

まず、SM化を進めたい設備やライン、工場など候補をいくつか選定します。

次に対象とする設備やライン、工場の、各責任者（設備責任者など）へ、データのみえる化がどこまでできているかを 表 1 SMKL のみえる化 を参考に、理由とともに判断してもらいます。

この時のポイントとして加点方式評価の視点で、一番みえる化が進んでいるデータ（稼働情報、又は消費電力、又は温度管理など）を選びます（表 3 参照）。

表 3 対象範囲を決めた場合のみえる化（例）

No.	対象	みえる化レベル 判定値	理由
1	A 工場	a	工場全体の稼働実績情報は、電子データとして収集蓄積しているが、稼働実績のグラフは印刷して掲示板に貼っている。
2	B 工場	b	工場全体の消費電力のみえる化をして、実績データもモニターでグラフ表示している。但し、閾値を設けてアラームを出す機能は無く、人がグラフを見て分析し判断している。
3	C 工場	d	工場全体で、空調を自動管理しており、温度センサーや湿度センサーを付けて、必要な箇所は 25℃±1℃を保持するよう自動的に補正制御を行っている。
4	D 工場	ゼロ	工場全体は殆ど手作業であり、みえる化をしている電子データは無い。

上記事例のように、各工場によって SM化のレベルはまちまちですが、データのみえる化という視点で各工場の状況を見比べる評価できます。

各管理対象のみえる化レベルは、基本的に表 1 SMKL のみえる化を参考に考えます。

1) 設備・作業のみえる化レベルについて

表 4 設備・作業のみえる化レベル

みえる化レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	「特定の設備・作業」の管理で、自動、若しくは作業員によるバーコードスキャン等の簡易操作で、管理に必要なデータを電子的に収集、蓄積している。 ※手書き日報等のエクセル等への入力対象外
レベル b	「特定の設備・作業」の管理で、レベル a のデータ、及び目標 (基準) データを表やグラフで自動表示できる。 ※データを手動でダウンロードし、表やグラフをエクセル等で、都度作成する場合は対象外。
レベル c	「特定の設備・作業」の管理で、レベル b の状態に、基準や目標データも自動表示され、差異の確認・分析ができる。 且、差異に対し処置を必要とする差異に対しては、関係者に処置を促す通知を自動で行う。
レベル d	「特定の設備・作業」の管理で、レベル c の処置を必要とする差異を抑制するために、人、設備、物に対し、AI 等を活用して自動的にフィードバックを行う。

2) ライン・工程のみえる化レベルについて

表 5 ライン・工程のみえる化レベル

みえる化レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	「特定のライン・工程」の管理で、自動、若しくは作業員によるバーコードスキャン等の簡易操作で、管理に必要なデータを電子的に収集、蓄積している。 ※手書き日報等のエクセル等への入力対象外
レベル b	「特定のライン・工程」の管理で、レベル a のデータ、及び目標 (基準) データを表やグラフで自動表示できる。 ※データを手動でダウンロードし、表やグラフをエクセル等で、都度作成する場合は対象外。
レベル c	「特定のライン・工程」の管理で、レベル b の状態に、基準や目標データも自動表示され、差異の確認・分析ができる。 且、差異に対し処置を必要とする差異に対しては、関係者に処置を促す通知を自動で行う。
レベル d	「特定のライン・工程」の管理で、レベル c の処置を必要とする差異を抑制するために、人、設備、物に対し、AI 等を活用して自動的にフィードバックを行う。

3) 工場全体のみえる化について

表 6 工場全体のみえる化レベル

みえる化レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	「工場内で生産する特定製品」の管理で、自動、若しくは作業者によるバーコードスキャン等の簡易操作で、管理に必要なデータを電子的に収集、蓄積している。 ※手書き日報等のエクセル等への入力の対象外
レベル b	「工場内で生産する特定製品」の管理で、レベル a のデータ、及び目標 (基準) データを表やグラフで自動表示できる。 ※データを手動でダウンロードし、表やグラフをエクセル等で、都度作成する場合は対象外。
レベル c	「工場内で生産する特定製品」の管理で、レベル b の状態に、基準や目標データも自動表示され、差異の確認・分析ができる。 且、差異に対し処置を必要とする差異に対しては、関係者に処置を促す通知を自動で行う。
レベル d	「工場内で生産する特定製品」の管理で、レベル c の処置を必要とする差異を抑制するために、人、設備、物に対し、AI 等を活用して自動的にフィードバックを行う。

4) サプライチェーン全体について

表 7 サプライチェーン全体のみえる化レベル

みえる化レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	「部品メーカーから製品倉庫、物流、販売店までのサプライチェーン全体における自社の特定製品」の管理で、自動、若しくは作業者によるバーコードスキャン等の簡易操作で、管理に必要なデータを電子的に収集、蓄積している。 ※手書き日報等のエクセル等への入力の対象外
レベル b	「部品メーカーから製品倉庫、物流、販売店までのサプライチェーン全体における自社の特定製品」の管理で、レベル a のデータ、及び目標 (基準) データを表やグラフで自動表示できる。 ※データを手動でダウンロードし、表やグラフをエクセル等で、都度作成する場合は対象外。
レベル c	「部品メーカーから製品倉庫、物流、販売店までのサプライチェーン全体における自社の特定製品」の管理で、レベル b の状態に、基準や目標データも自動表示され、差異の確認・分析ができる。 ・且、差異に対し処置を必要とする差異に対しては、関係者に処置を促す通知を自動で行う。
レベル d	「部品メーカーから製品倉庫、物流、販売店までのサプライチェーン全体における自社の特定製品」の管理で、レベル c の処置を必要とする差異を抑制するために、人、設備、物に対し、AI 等を活用して自動的にフィードバックを行う。

4.2 管理項目（KPI）を決めて SMKL を評価する方法

この方法は、図 3 SMKL 適用時の業務フローに従います。

まず、みえる化を進めたい管理項目（KPI）を選定します。

工場内の KPI は ISO 22400（＜付録 A＞ 「KPI（ISO 22400-2）」）を参考に作成する事が望ましいのですが、業種や生産する製品など、工場によって必要な KPI は異なるため、自社の工場やライン・工程、設備に合った KPI を ISO 22400 から選定、または、自社に適した新たな KPI を作成する必要があります。

ここでは電気部品組み立て工場を例に SMKL の評価をします。まず電子部品組み立て工場の KPI として重要な、生産、在庫、納期、コスト、品質、保全、環境に関する管理項目（KPI）を選定して評価します（表 8 参照）。

このときただ単に KPI データを集めて改善すれば良いというわけではなく、自社として必要な KPI をしっかり理由付けして集める事が大切です（表 8 の選定理由欄を参照）。

次に、KPI を適用したいと考えている管理対象を選びます（管理対象の範囲は 3.2 管理対象レベルについて章を参照）。

管理対象選定の目安として、自社にとって重要な製品や、生産量が多く改善効果が見込める製品を製造している、設備・人やライン・工程、工場を選ぶと良いでしょう。

そして、各 KPI に関する SMKL を評価します。

表 8 電気部品組み立て工場の事例

分類		管理項目 (KPI)	選定理由
生産	生産に必要な設備の状態を管理する機能	(1) 設備稼働管理	チョコ停などによりどのラインや工程が多く停止しているかを分析したい
在庫	生産に必要な仕掛品の状態を管理する機能。	(2) 現品管理	仕掛品の状況を改善したいので現品管理で分析したい
納期	納期・製品の特長・設備の制約等を加味して、生産計画を作成する機能。	(3) 日別生産管理	客先への正確な納期回答をするため現場の生産管理情報のみ見える化をしたい。また、リソースの計画を立てたい。
		(4) 時間別生産管理	計画と実績の差異に応じて、リソースの再配分や、配送時間などと連動できるように製造指示をリアルタイムで変更したい
コスト	作業員自体の情報（資格、作業単価、認可履歴等）と作業員の作業状況（負荷、作業時間/履歴等）を管理する機能。 生産資源配分や最適作業割り当てにも利用。	(5) 作業員実績管理	どの製品にどれぐらいの工数がかかったかの実績を見て、作業コストを改善したい
		(6) 作業員状態管理	作業員ごとにスキルにあった仕事をしているか作業効率のみ見える化、分析をしたい
品質	製造現場から収集された測定データを分析し、適正な製品/工程の品質を管理/追跡する機能(原因を特定するために症状と対策、その結果を関連づける)。	(7) 製品品質管理	製品の品質が安定しているか、検査時の特性値を把握したい
		(8) 工程品質管理	製造条件の変化(温度など)を捉えて、製造不良を出さないようにしたい
		(9) 製品追跡管理	生産途中の半完成品や最終製品にIDを付けて、どのロットから不具合が出たかを把握したい
保全	生産に必要な治工具のマスタ情報（ID、名称等）の管理や、設備の定期保守や予防保全の予定、実績を管理する機能。	(10) 治工具管理	治工具の交換時期をみえる化したい
		(11) 定期保守管理	設備の保守時期をみえる化したい
		(12) 予防保全管理	設備が止まる前に、予防保全したい
環境	設備、空調、建屋の温湿度や電力量の目標と実績を管理する機能。	(13) 温度管理	環境変化による不良品をなくしたい
		(14) 湿度管理	同上
		(15) 電力量管理	生産計画と連動させ、ピーク電力を抑えて電力コストを下げたい

(1) 設備稼働管理

表 9 設備稼働管理

みえる化レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	稼働実績 (稼働時間、停止時間、良品数、エラーコード、サイクルタイム、段取り時間等) を電子化しているか。
レベル b	稼働実績を可視化しているか。 (又は、目標値と実績値の差を可視化しているか。又は、稼働実績の各種管理図を生成/トレンド管理しているか。)
レベル c	稼働実績の目標値と実績値の差の要因を分析できる機能はあるか。 (又は、稼働実績のサイレント異常を判定する機能はあるか。例：設備停止だけでなく、能率低下による生産性低下を検知)
レベル d	稼働実績の目標値と実績値の差の要因を元に、自動的に改善のアクションを指示又は実行する機能はあるか。 (又は、稼働実績の異常を検知し、設備を停止、設備の製造条件変更を行う機能や、作業者の作業を修正・改善するための意志決定を支援、又は自動的に改善する機能はあるか。)

(2) 現品管理

表 10 現品管理

みえる化レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	現品の進捗実績 (開始日、完了日等) を電子化しているか。 (又は、仕掛品の生産実績、進捗状況を電子化し蓄積しているか。)
レベル b	現品の進捗実績を可視化しているか。 (又は、現品の進捗計画 (開始予定日、完了予定日等) を電子化しており、進捗計画と進捗実績の差を可視化しているか。) (又は、仕掛品の生産実績、進捗状況を可視化しているか。)
レベル c	現品の進捗計画と進捗実績の差の要因を分析できる機能はあるか。 (又は、仕掛品の進捗状況の正常/異常 (遅れ、工程飛び) を判定しているか。)
レベル d	現品の進捗計画と進捗実績の差の要因を元に、アクション (工程担当者へ指示、生産停止等) など改善を指示、又は実装できる機能があるか。 (又は、仕掛品の異常を判定し、アクション (工程担当者へ指示、生産停止等) が自動的にできるか。)

(3) 日別生産管理

表 11 日別生産管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	計画作成に必要なデータ (マスタ) を電子化しているか。 (又は、計画作成に必要なデータ (マスタ) を整備 (追加・編集・削除) できる仕組みはあるか。) (又は、実績情報 (作業実績、稼働実績、生産実績等) を取得し、電子化しているか。)
レベル b	計画作成に必要なデータ (マスタ) に基づき、日別の生産計画を作成しているか。 ※最終的に人による調整がある場合も可とする。 (又は、計画と実績を比較し、左記ギャップを確認しているか。)
レベル c	作成した計画と実績の差に応じて、リソース計画の意思決定を支援する仕組みはあるか。 (又は、計画と実績を比較し、ギャップを確認できる。オペレータ・管理者はギャップに応じて手作業で計画を再作成 (リスケジューリング) しているか。)
レベル d	作成した計画と実績の差に応じて、システムから自動的にリソース計画の作成する仕組みはあるか。 (又は、計画と実績を比較し、ギャップに応じて自動的に計画を再作成 (リスケジューリング) しているか。)

(4) 時間別生産管理

表 12 時間別生産管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	計画作成に必要なデータ (マスタ) を電子化しているか。 (又は、計画作成に必要なデータ (マスタ) を整備 (追加・編集・削除) できる仕組みはあるか。) (又は、製造指示 (キッティング、着手、搬送) に必要な情報 (各作業単位、作業者、先行着手日数等) を電子化しているか。)
レベル b	計画作成に必要なデータ (マスタ) に基づき、時間単位の生産計画を作成しているか。 ※最終的に人による調整がある場合も可とする。 (又は、上記の情報を加味して、時間単位で電子化された製造指示が行われているか。)
レベル c	作成した計画と実績をリアルタイムに比較することはできるか。 (又は、計画と実績をリアルタイムに比較し、ギャップを確認できる。オペレータ・管理者はギャップに応じた対応策 (挽回指示、先行着手等) を行っているか。)
レベル d	作成した計画と実績の差に応じて、リアルタイムに作業指示を行う仕組みが自動化されているか。 (又は、計画と実績をリアルタイムに比較し、システムが自律的に、ギャップに応じた対応策 (挽回指示、先行着手等) を行っているか。)

(5) 作業者実績管理

表 13 作業者実績管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	作業者の作業実績 (実在场時間、直接作業時間、管理不備時間、出来高標準時間等) を電子化しているか。
レベル b	作業者の作業実績を可視化しているか。 (又は、作業者の作業目標を電子化しており、作業目標と作業実績の差を可視化しているか。)
レベル c	作業者の作業目標と作業実績の差の要因を分析できる機能はあるか。 (又は、作業状況および負荷より、作業の遅れ進みを分析し自動で判定できているか。)
レベル d	作業者の作業目標と作業実績の差の要因を元に、人や設備に対してアクション (作業支援等) を自動的にできるか。 (又は、作業状況を監視し、①生産資源の配分を行う、②作業の遅れ進みを自動で判断し、最適な作業割当て、指示を支援するなど自動で行っているか。)

(6) 作業者状態管理

表 14 作業者状態管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	作業者のスキル情報 (操作可能な設備、熟練度等) を電子化しているか。 (又は、作業者の状態 (作業内容、位置等) を電子化しているか。)
レベル b	作業者のスキル情報を可視化しているか。 (又は、作業者の状態をリアルタイムに可視化しているか。)
レベル c	作業者のスキル・状態に応じて、作業割り当て・作業指示の意思決定を支援する仕組みはあるか。
レベル d	作業者のスキル・状態に応じて、システムから自動的に最適な作業割り当て・作業指示を行っているか。

(7) 製品品質管理

表 15 製品品質管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	検査指示や検査結果 (検査日時、判定結果、特性値等) を電子化しているか。
レベル b	検査結果の良品率 (または不良率) の実績値を可視化しているか。 (又は、良品率 (または不良率) の目標値を電子化しており、目標値と実績値の差を可視化しているか。)
レベル c	検査結果の管理図のトレンド変化があった際に、関係者 (作業員、 作業スタッフ、生産技術スタッフ等) に通知する機能はあるか。 (又は、不良の要因を分析できる機能はあるか。)
レベル d	不良の要因を元に、人や設備へのアクション (作業支援等) が自動的にできるか。

(8) 工程品質管理

表 16 工程品質管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	製造条件の設定値や実績値 (電圧、電流、温度、圧力等) を電子化しているか。 (又は、製造条件の指示値を電子化しているか。)
レベル b	製造条件の設定値や実績の管理図を作成しているか。 (又は、各種管理図を生成/トレンド管理しているか。)
レベル c	製造条件の実績値の管理図のトレンドに変化があった際に、関係者 (作業員、作業スタッフ、生産技術スタッフ等) に通知する機能はあるか。 (又は、製造条件の実績値の管理図のトレンド変化があった際に、要因を分析できる機能はあるか。)
レベル d	製造条件の実績値の管理図のトレンド変化があった際に、トレンド変化の要因を元に、人や設備にアクション (作業支援等) が自動的にできるか。 (又は、検査結果と製造条件の設定値と製造条件の結果値の相関に応じて、製造条件の設定値を自動制御する機能はあるか。)

(9) 製品追跡管理

表 17 製品追跡管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	<p>対象ライン・工程にて製造する半完品に半完品 ID(ロットNo、シリアルNo.) を関連付け、最終製品 ID (ロットNo、シリアルNo.) と紐付け可能な状態で電子化しているか。</p> <p>(又は、対象ライン・工程にて使用する部品に部品 ID(ロットNo、シリアルNo.) を関連付け、最終製品 ID (ロットNo、シリアルNo.) と紐付け可能な状態で電子化しているか。)</p> <p>(又は、上記 ID と関連付けて市場不具合記録を電子化しているか)</p>
レベル b	<p>最終製品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) から半完品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) を特定できるか。 または</p> <p>半完品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) から最終製品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) を特定できるか。</p> <p>(又は、最終製品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) から部品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) を特定できるか。 または部品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) から最終製品 ID(ロットNo.またはシリアルNo.) を特定できるか。)</p> <p>(又は、上記 ID と関連付けて市場不具合記録より、市場不良率をトレンド管理しているか。)</p>
レベル c	<p>最終製品の製造履歴 (日時、作業者、設備、検査結果、製造条件等) と対象ライン・工程の製造履歴を紐づけて閲覧する機能はあるか。</p> <p>(又は、最終製品の製造履歴 (日時、作業者、設備、検査結果、製造条件等) と対象ライン・工程に使用する部品の部品情報を紐づけて閲覧する機能はあるか。)</p> <p>(又は、検査結果と市場不具合記録の相関を分析できるか。)</p>
レベル d	<p>最終製品の製造履歴 (日時、作業者、設備、検査結果、製造条件等) と対象ライン・工程の製造履歴の相関を分析し自動的に改善できる機能はあるか。</p> <p>(又は、最終製品の製造履歴 (日時、作業者、設備、検査結果、製造条件等) と対象ライン・工程に使用する部品の部品情報との相関を分析し自動的に改善できる機能はあるか。)</p> <p>(又は、検査結果と市場不具合記録の相関に応じて、設計値の見直しを支援する機能や不具合要因の特定を支援し自動的に改善できる機能はあるか。)</p>

(10) 治工具管理

表 18 治工具管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	治工具の使用実績 (使用回数、使用時間等) を電子化しているか。
レベル b	治工具の使用期限 (使用可能回数・使用可能時間等) を電子化しており、使用履歴との差を可視化しているか。
レベル c	治工具の使用可能回数・使用期限を超える前に、関係者 (作業員、工作スタッフ、生産技術スタッフ等) に通知する機能はあるか。
レベル d	治工具の使用履歴に応じて、治工具の交換・修理計画を自動作成し、計画に応じて関係者にアクションを自動的に通知する機能はあるか。

(11) 定期保守管理

表 19 定期保守管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	設備の保守実績 (保守日時、保守内容、保守部品等) を電子化しているか。
レベル b	設備の保守計画 (保守期限、保守内容、保守部品等) を電子化しており、設備の保守履歴 (保守日時、保守内容、保守部品等) との差を可視化しているか。
レベル c	設備の保守予定日時に近づいた際、関係者 (作業員、工作スタッフ、生産技術スタッフ等) に通知する機能はあるか。
レベル d	設備の保守計画に応じて、保守計画を自動作成し、保守内容に応じて関係者 (作業員、工作スタッフ、生産技術スタッフ等) にアクション (部品手配等) を自動的に通知する機能はあるか。

(12) 予防保全管理

表 20 予防保全管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	設備の故障予測に繋がると予想されるデータ (振動、音、電流等) を電子化しているか。
レベル b	設備の故障予測に繋がると予想されるデータを可視化しているか。
レベル c	設備の故障時に、設備の故障予測に相関のあるデータを抽出する機能はあるか (ビックデータ分析)。
レベル d	設備の故障予測に繋がるデータと故障履歴の相関より故障を予測し、関係者 (作業員、工作スタッフ、生産技術スタッフ等) に事前交換を促す自動的な機能はあるか。

(13) 温度管理

表 21 温度管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	温度を電子化しているか。
レベル b	温度の実績値を可視化しているか。 (又は、温度の目標値を電子化しており、温度の目標値と実績値の差を可視化しているか。)
レベル c	温度の目標値と実績値に差が生じた際に、関係者（作業員、作業スタッフ、生産技術スタッフ等）に通知する機能はあるか。
レベル d	温度の目標値と実績値との差に応じて、アクション（空調の制御等）する自動制御機能はあるか。

(14) 湿度管理

表 22 湿度管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	湿度を電子化しているか。
レベル b	湿度実績値を可視化しているか。 (又は、湿度目標値を電子化しており、湿度目標値と実績値の差を可視化しているか。)
レベル c	湿度の目標値と実績値に差が生じた際に、関係者（作業員、作業スタッフ、生産技術スタッフ等）に通知する機能はあるか。
レベル d	湿度の目標値と実績値との差に応じて、アクション（空調の制御等）する自動制御機能はあるか。

(15) 電力量管理

表 23 電力管理

みえる化 レベル	考え方 (判断基準)
レベル a	電力量を電子化しているか。
レベル b	電力量と原単位の実績値を可視化しているか。 (又は、電力量と原単位の目標値を電子化しており、電力量と原単位の実績値との差を可視化しているか。)
レベル c	電力量と原単位の目標値と実績値に差が生じた際に、関係者（作業員、作業スタッフ、生産技術スタッフ等）に通知する機能はあるか。 (又は、電力量と原単位の目標値と実績の差の要因を分析できる機能はあるか。)
レベル d	電力量と原単位の目標値と実績の差に応じて、アクション（設備、照明の制御等）の自動制御機能があるか。

5. SMKL の改善目標値の決定

次に、SMKL の現状値を元に、改善目標値を検討します。

5.1 特定の設備やライン、工場全体など「管理対象」を決めて SMKL を評価した場合

設備やライン、工場ごとに大まかに SM 化の評価ができ、SM 化を推進すべき複数の候補からターゲットを絞る場合や、初めに SMKL を使ってみえる化状況を把握する時などに有効な方法です。

現状の SMKL による評価結果を元に、

- 1) A 工場はプリントアウトしている業務を見直し、モニタに表示するなどレベル a からレベル b に上げるべきか？
- 2) B 工場は消費電力に閾値を設定してアラームを出すように見直し、レベル b からレベル c に上げるべきか？又は、工場 A のように稼働状況をみえる化をしなくて良いか？
- 3) C 工場は空調に関してはレベル d であるが、B 工場のように消費電力をみえる化をする必要は無いのか？
- 4) D 工場はみえる化を進める必要は無いのか？

など、設備導入者間や、SM の投資を判断する経営者側と、SMKL のみえる化という同じ視点で改善の目標を議論できるようになります。

但し、当然ながら管理項目を広げれば、それだけ投資費用も多くなるため、費用対効果を精査し、予算内でできる改善項目を実施していく必要があります。

5.2 みえる化の「管理項目 (KPI) 」を決めて SMKL を評価した場合

この方法は、図 3 SMKL 適用時の業務フローに従います。

設備稼働状況や消費電力など、管理したいあるいはみえる化したい情報が予めわかっているため、改善の目標も設定しやすいメリットがあります。

但し、当然ながら管理項目を広げれば、それだけ投資費用も多くなるため、費用対効果を精査し、予算内でできる改善項目を実施していく必要があります。

場合によっては、年度を分けて中長期的にレベルアップを計画することも大切ですし、自社にメリットが無い KPI はみえる化をしないという判断も重要です。

6. SM 投資判断について

SM化による改善で工場経営にとって重要な投資効果が見込めるものや、SM化の教育も兼ねて簡単に着手出来て効果が認められる等の「管理対象」と「管理項目」を設備導入者間や、設備導入者とSMの投資を判断する経営者間で選定して改善をしていくのがベストです（表 24 参照）。

具体的には、選定した管理対象と管理項目（機器・設備、データ収集方法、費用対効果など）を記載した SM 投資計画書を作成します（<付録 C> 「SM 投資計画書」）。

SM 投資計画書には、改善前の状態や、みえる化を実施した改善後の状態を Before→After で分かりやすく端的に記載します。また、投資費用、投資効果（削減時間、改善費用、副次効果、その他注意事項）等を記載します。

なお、SMKL の現状レベルと改善目標レベルも記載しますが、SMKL が 4×4 のマス内でレベルアップしていなくても、改善の方向性や十分な改善効果が見込まれるのであれば投資すべきです。

更に、短期的な効果が見込めない場合でも、複次的な効果や中長期的な効果※が見越せる場合には投資すべきです。

※例えばSMに関する新人育成や、熟練工のノウハウ蓄積、作業者のモチベーションアップなど。

表 24 現状と改善目標の SMKL の記載例

管理項目		現状の SMKL	改善目標の SMKL
(P) 生産	(1) 設備稼働管理	3b	←
(I) 在庫	(2) 現品管理	1b	2b
(D) 納期	(3) 日別生産管理	2a	←
	(4) 時間別生産管理	0	1a
(C) コスト	(5) 作業実績管理	0	←
	(6) 作業状態管理	0	←
(Q) 品質	(7) 製品品質管理	0	←
	(8) 工程品質管理	0	←
	(9) 製品追跡管理	0	←
(M) 保全	(10) 治工具管理	0	2a
	(11) 定期保守管理	0	←
	(12) 予防保全管理	0	←
(E) 環境	(13) 温度管理	1a	←
	(14) 湿度管理	0	←
	(15) 電力量管理	0	1b

7. SMKL の運用メンバーについて

SMKL による改善活動には、工場で各役割を持つ責任者や担当者の役割の明確化が必要です。

7.1 SMKL による PDCA のシーケンス図

SMKL の適用、及び KPI 情報の構築に必要なアクターを整理し、各 UML (ISO/IEC 19501:2005) のシーケンス図で、それぞれの関連性を PDCA で記述します (図 4 参照)。

Plan : 計画、Do: 実行、Check: 確認、Act : 改善

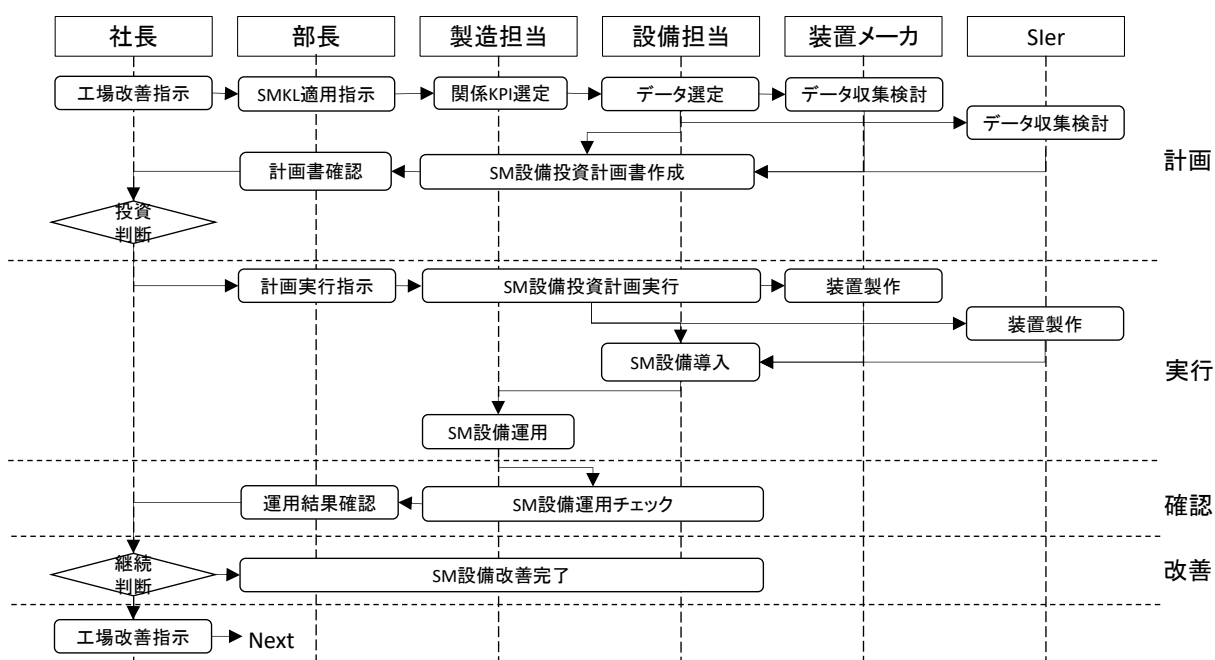


図 4 SMKL による PCDA のシーケンス図 (例)

7.2 運用時の KPI 管理業務フロー・シーケンス図

表 8 電気部品組み立て工場の事例の KPI 管理項目の大分類ごと、又は、KPI の詳細管理項目(1)～(15)ごとにアクターが異なる場合は、それぞれにアクターを整理し、毎日、毎週、毎月の業務フローを作成します(図 5 参照)。

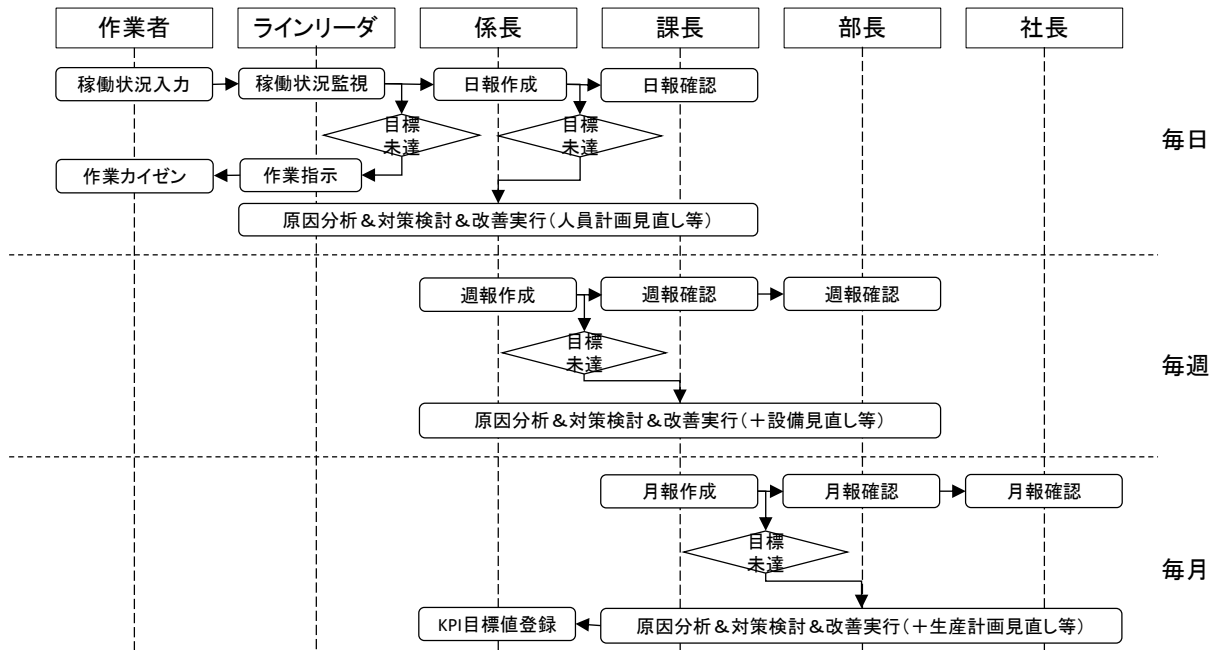


図 5 表 24 に於ける生産(P)・設備稼働管理(1)の業務フロー (例)

8. SM化を実現できる技術について

SM 関連製品やソリューションをお客様へ提供する時に、SMKL 指標を使えば

“どのレベルの見える化に役立つ製品か？”を分かり易く説明することができます（図 6 参照）。また、お客様もこのような SM 関連の製品を使う事で自社が望むレベルの SM 化をいち早く実現できます。

- ・データ収集レベルでは、KPI の用途に合った各種センサーやネットワークや 5G 製品
- ・可視化の見える化レベルでは、表示器や SCADA などのアプリケーション
- ・分析の観える化では、エッジコンピューティング
- ・改善の診える化では、各種 AI などを活用したシステムソリューションなど
- ・また、工場からサプライチェーンに対象範囲をレベルアップするには、セキュリティの検討やクラウドの活用も必要になります。

お客様の SM 化のレベルに合った技術を紹介する事で、SM 関連の機器、設備、ソフトウェア、ソリューションなどの営業活動もスマートにできるようになります。

また、コンサルタントや SIer など、サプライヤー側の立場で SMKL を使ってお客様に SM 関連のサービスおよび製品やソリューションをわかりやすく説明することができます。

本件の詳細に関しては「営業・コンサルティング向け SMKL 白書（仮称）」にて計画中です。

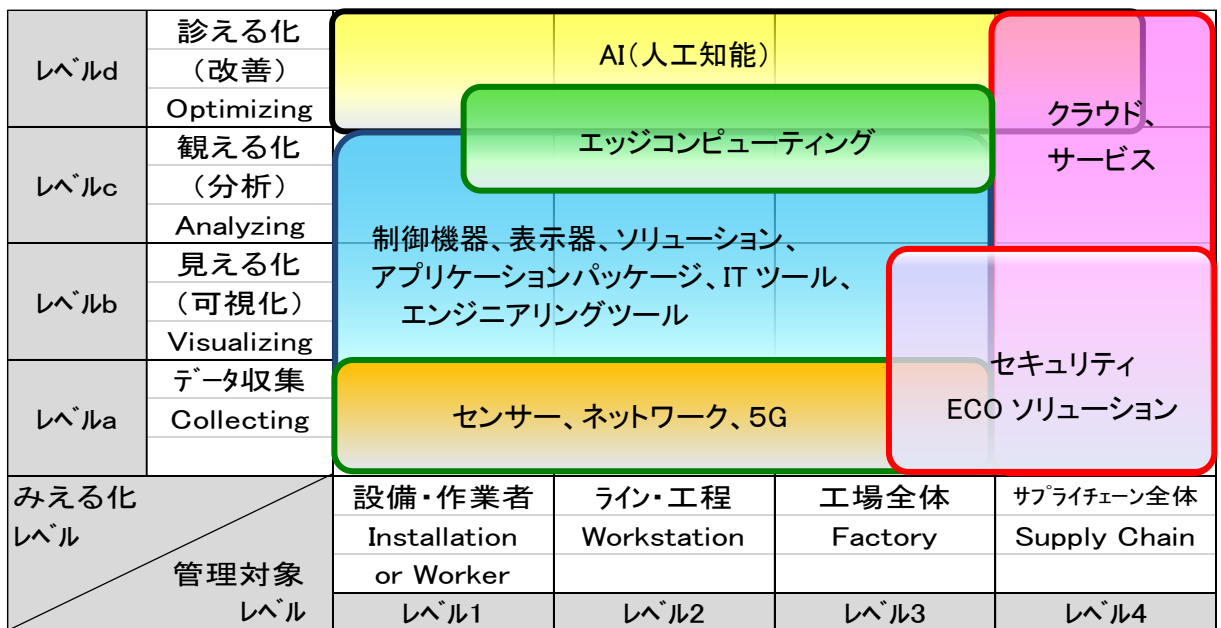


図 6 SMKL 技術マップ (例)

9. おわりに

本書では、SMに関するシンプルな指標であるSMKLについて解説しました。

SMKLはSMで発生する投資の費用対効果や、SM化の推進方向性について、経営者と現場担当者が同じレベルで会話ができ、実際の製造現場でSMを使ったPDCAによる改善活動を強力に推進するのに適したツールです。

また、このSMKL指標はシンプルで分かりやすい為、SMに関する特別な専門知識や教育が無くても、みえる化と対象範囲の基本的な概念を理解すれば誰でもすぐに使えます。

そのため、本書で述べた経営者と設備担当者以外でも、SMに関する開発・設計者やコンサルタント、SIer、営業マン、金融や保険業者なども、SMKLを応用したビジネス展開ができる可能性があり、IAF/CLiC/KPI分科会ではそれらの可能性についても今後検討を進めていきます。

本取り組みにご興味のある方は是非IAFへご参加ください。

10. 参考文献他

- [1] ISA-95 (ISO/IEC 62264) : Enterprise - Control System Integration
- [2] ISO 22400 : オートメーションシステム及びその統合－製造操業マネジメントのキーパフォーマンス指標－Automation systems and integration - Key performance indicators(KPIs) for manufacturing operations management -)
- [3] X. SHI, T. BABA, D. OSAGAWA, M. FUJISHIMA and T. ITO, "Maturity Assessment: A case Study toward Sustainable Smart Manufacturing Implementation," 2019 International Conference on Smart Manufacturing, Industrial & Logistics Engineering & 2019 International Symposium on Semiconductor Manufacturing Intelligence (SMILE & ISMI 2019), Hangzhou, China, 2019, pp. 67-70. 「Best Faculty Paper Nomination」
- [4] X. SHI, T. BABA, D. OSAGAWA, M. FUJISHIMA and T. ITO, "A Maturity Model for Sustainable System Implementation in the Era of Smart Manufacturing," 2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Zaragoza, Spain, 2019, pp. 1649-1652.
- [5] IAF CLiC(制御層情報連携意見交換会) ," 製造現場のIoT化/見える化を推進するSMKL指標について" , IIFES November 2019, http://www.mstc.or.jp/iaf/event/iifes2019s/SMKL_seminor.pdf, [Accessed: 03- April- 2020]
- [6] DX推進指標, 経済産業省, https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/dx/dx_seisaku/dx_index/dx_index.html, [Accessed: 03- April- 2020]
- [7] SIRI 指標, シンガポール経済開発庁, <https://www.edb.gov.sg/en/news-and-events/news/advanced-manufacturing-release.html>, [Accessed: 03- April- 2020]
- [8] IIFES 2019 SMKL Seminar Website in Japanese, http://www.mstc.or.jp/iaf/event/iifes2019s/SMKL_seminor.pdf, [Accessed: 03- April- 2020]
- [9] IAF forum 2019 Website in Japanese, <http://www.mstc.or.jp/iaf/event/2019f/04chino.pdf>, [Accessed: 03- April- 2020]
- [10] K. Kumagai, M. Fujishima, H. Yoneda, S. Chino, S. Ueda, A. Ito, T. Ono, H. Yoshida, H. Machida, "KPI Element Information Model (KEI Model) for ISO 22400 using OPC UA, FDT, PLCopen and AutomationML" , SICE Annual Conference 2017 pp602-604
- [11] N. Sugawara, S. Chino, A. Ito, T. Ono, H. Yoshida, M. Okuda, Use Case Analysis Integrating OPC UA, FDT, PLCopen and AutomationML for Factory Automation Systems, SICE2018 Annual Conference, pp594-596

※SMKL(Smart Manufacturing Kaizen Level)は三菱電機(株)の登録商標です。また、本資料で掲載中の団体名および技術名は、各社または各団体の商標または登録商標です。

以上

<付録A> 「KPI (ISO 22400-2) 」

分類	項目(日本語)	項目(英語)
生産性指標 (Efficiency indicators)	労働生産性	Worker efficiency
	負荷度	Allocation degree
	生産量	Throughput
	負荷効率	Allocation efficiency
	利用効率	Utilization Efficiency
	設備総合効率	OEE Index
	正味設備効率	NEE Index
	設備有効性	Availability
	工程効率	Effectiveness
品質指標 (Quality indicators)	品質率；良品率	Quality ratio
	段取率	Preparation degree
	設備保全利用率	Technical usage level
	直行率	First pass yield
	廃棄度合	Scrap degree
	廃棄率	Scrap ratio
	工程利用率	Production process ratio
	手直率	Rework ratio
	減衰率	Fall-off ratio
能力指数 (Capacity index)	機械能力指数：Cm	Machine capability index
	クリティカル機械能力指数：Cmk	Critical machine capability index
	工程能力指数：Cp	Process capability index
	クリティカル工程能力指数：Cpk	Critical process capability index
環境指標 (Environmental indicators)	材料使用率	Ratio of used material
	有害物質	Harmful substances
	危険物質廃棄率	Hazardous waste ratio
	総合エネルギー消費量	Comprehensive energy consumption
在庫管理指標 (Inventory management indicators)	在庫回転率	Inventory turns
	良品率	Finished goods ratio
	総合良品率	Integrated goods ratio
	製品廃棄率	Production lost ratio
	在庫輸送廃棄率	Storage and transportation lost ratio
	その他廃棄率	Other lost ratio
保全指標 (Maintenance indicators)	設備負荷率	Equipment load rate
	平均故障間隔	Mean time between failures
	改良保全率	Corrective maintenance ratio

<付録B> 「SMKL 管理シート」

「SMKL 管理シート」

管理対象レベル：「 」 レベル1、レベル2、レベル3、レベル4

管理項目 (KPI)	見える化レベル	考え方 (判断基準)	判定欄
	a		
	b		
	c		
	d		

見える化レベル 判定理由

Smart Manufacturing 改善レベル				
レベル d：診える化 (改善)				
レベル c：観える化 (分析)				
レベル b：見える化 (可視化)				
レベル a：データ収集				
/	レベル 1： 設備・作業者	レベル 2： ライン・工程	レベル 3： 工場全体	レベル 4： サプライチェーン 全体

レベル0は全て「一」、現状レベル：「●」、改善目標レベル：「◎」

「SMKL 管理シート」(記入例 1)

管理対象レベル：「B工場」

□レベル1、□レベル2、■レベル3、□レベル4

管理項目 (KPI)	見える化レベル	考え方 (判断基準)	判定欄
電力量	a	電力量を電子化しているか。	●
	b	電力量と原単位の実績値を可視化しているか。 (又は、電力量と原単位の目標値を電子化しており、電力量と原単位の実績値との差を可視化しているか。)	●
	c	電力量と原単位の目標値と実績値に差が生じた際に、関係者(作業員、作業スタッフ、生産技術スタッフ等)に通知する機能はあるか。 (又は、電力量と原単位の目標値と実績の差の要因を分析できる機能はあるか。)	◎
	d	電力量と原単位の目標値と実績の差に応じて、アクション(設備、照明の制御等)の機能はあるか。	—

見える化レベル 判定理由

B工場全体の消費電力を見える化をして、実績データもモニタでグラフ表示している。但し、閾値を設けてアラームを出す機能は無く、人がグラフを見て分析して判断している。また、設備単位やライン・工程や単位では消費電力の見える化は実施していない。

Smart Manufacturing 改善レベル

レベル d：診える化 (改善)	—	—	—	—
レベル c：観える化 (分析)	—	—	◎	—
レベル b：見える化 (可視化)	—	—	●	—
レベル a：データ収集	—	—	●	—
	レベル 1： 設備・作業員	レベル 2： ライン・工程	レベル 3： 工場全体	レベル 4： サプライチェーン 全体

レベル 0 は全て「—」、現状レベル：「●」、改善目標レベル：「◎」

「SMKL 管理シート」(記入例 2)

管理対象レベル：「Cライン」 □レベル1、■レベル2、□レベル3、□レベル4

管理項目 (KPI)	みえる化レベル	考え方 (判断基準)	判定欄
設備稼働管理	a	稼働実績 (稼働時間、停止時間、良品数、エラーコード、サイクルタイム、段取り時間等) を電子化しているか。	●
	b	稼働実績を可視化しているか。 (又は、目標値と実績値の差を可視化しているか。又は、稼働実績の各種管理図を生成/トレンド管理しているか。)	●
	c	稼働実績の目標値と実績値の差の要因を分析できる機能はあるか。 (又は、稼働実績のサイレント異常を判定する機能はあるか。例：設備停止だけでなく、能率低下による生産性低下を検知)	●
	d	稼働実績の目標値と実績値の差の要因を元に、自動的に改善のアクションを指示する機能はあるか。 (又は、稼働実績の異常を検知し、設備を停止、設備の製造条件変更を行う機能や、作業者の作業を修正・改善するための意志決定を支援する機能はあるか。)	◎

みえる化レベル 判定理由

Cラインの稼働状況を電子化し、表示器にモニタ表示している。また、目標値と実績値に差が出ると、設定した閾値に基づきアラームをラインリーダーのスマート・フォンに通知する。但し、AIなどを活用して自動的にリソースなどを再配置して稼働率を改善する指示は出せない。

Smart Manufacturing 改善レベル

レベル d：診える化 (改善)	—	◎	—	—
レベル c：観える化 (分析)	—	●	—	—
レベル b：見える化 (可視化)	—	●	—	—
レベル a：データ収集	—	●	—	—
	レベル 1： 設備・作業者	レベル 2： ライン・工程	レベル 3： 工場全体	レベル 4： サプライチェーン 全体

レベル 0 は全て「—」、現状レベル：「●」、改善目標レベル：「◎」

<付録C> 「SM 投資計画書」

「スマート製造(SM)投資計画書」

SMKL※

d				
c				
b				
a				
	1	2	3	4

部門名		日付		管理対象	
件名		管理項目 (KPI)			
改善前 <i>Before</i>		改善後 <i>After</i>			
《課題》		《改善ポイント》			
改善 効果	《投資費用》				
	《投資効果》 削減時間： 改善費用： 副次効果： その他：				

※SMKL= レベル0は全て「一」、現状レベル：「●」、改善目標レベル：「◎」

認許	確認	担当

「スマート製造(SM)投資計画書」 (記入例)

SMKL※

d	—	—	—	—
c	—	—	—	—
b	—	◎	—	—
a	—	●	—	—
	1	2	3	4

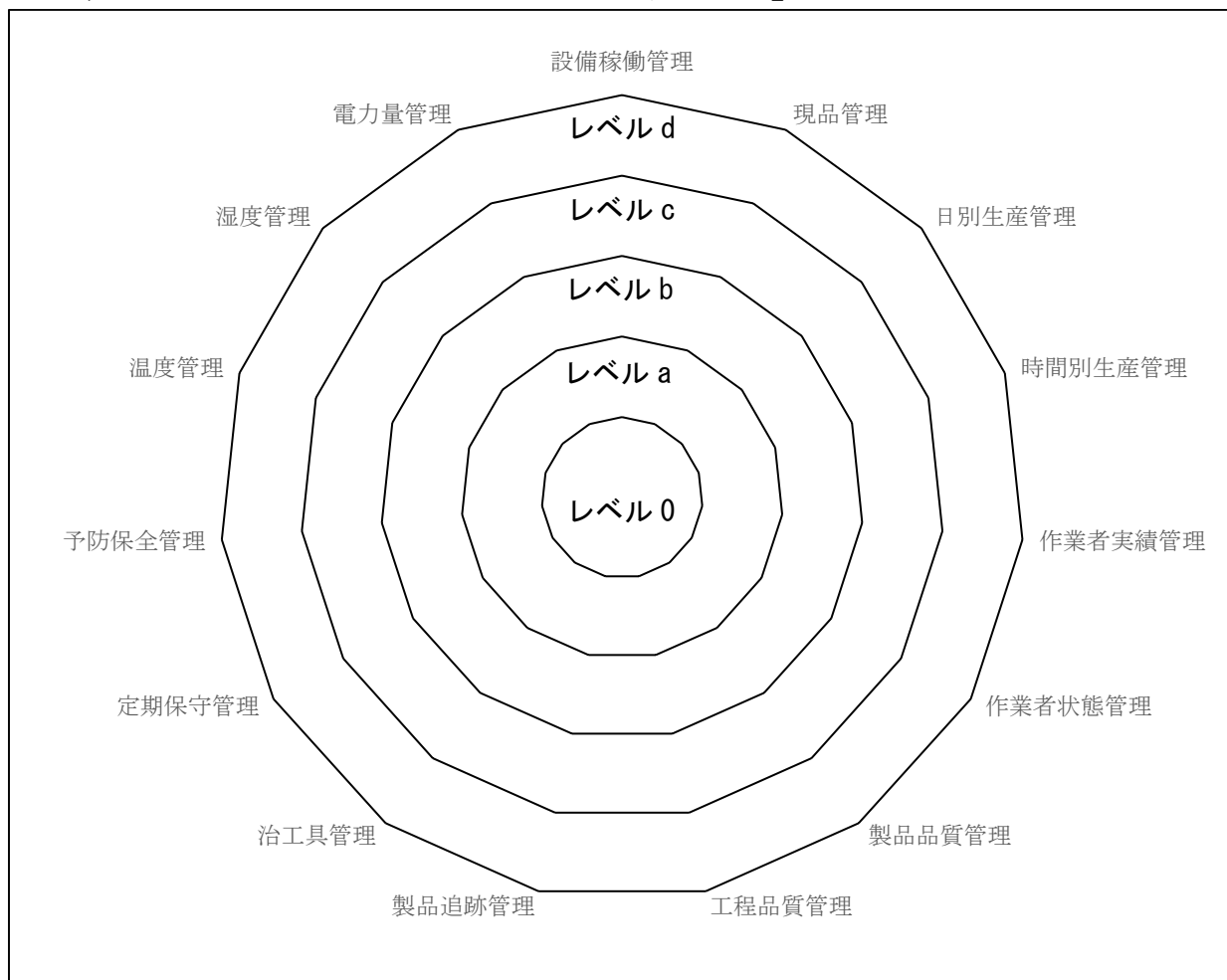
部門名	A 製造部	日付	2019/10/01	管理対象	B ライン
件名	C 製品生産時の作業用タブレット導入による図面チェックの効率化	管理項目 (KPI)	生産切替/段取、在庫、納期、コスト ・品質・予防保全・環境・その他		
改善前 <i>Before</i>		改善後 <i>After</i>			
B ラインでC 製品を生産時に作業者は紙図面で製品チェックを実施していた。		B ラインでC 製品を生産時に作業者は作業者専用タブレットを使ってペーパーレスで、電子図面で製品チェックを実施できるようになる。			
≪課題≫ ・旧図面のデータは紙でしか残っていない。 ・新図面はCAD のデータがあり電子化しているが、直接市販のタブレットでは読めない。		≪改善ポイント≫ ・旧図面は全て高解像スキャンを実施。 ・新図面はCAD から直接市販のタブレットに表示できるようにデータ変換 S/W を導入した。			
改善効果	≪投資費用≫ タブレット 10 万円×10 台、スキャン 200 円×1000 枚、CAD データ変換 S/W3 万円×10 個 SI 外注費用 1 人工/月×100 万円 合計 250 万円				
	≪投資効果≫ 削減時間：検索時間他 10 人×4 製品/日×▲0.25h/件=▲10h/日 =▲2500h/年(250 日) 改善費用：▲2500h×4 千円(時給)=▲1 千万円/年 →3 か月で投資費用を回収可能 副次効果：タブレットでは拡大表示が可能のため紙図面より見易く、作業ミスが減る。 その他：紙図面は経年劣化する。但し、タブレットは壊れ易いので交換費用の確保要。				

※SMKL = レベル0は全て「—」、現状レベル：「●」、改善目標レベル：「◎」

認許	確認	担当
2018/10/4 製造部長 C	2018/10/2 設備課長 B	2018/10/1 設備担当 A

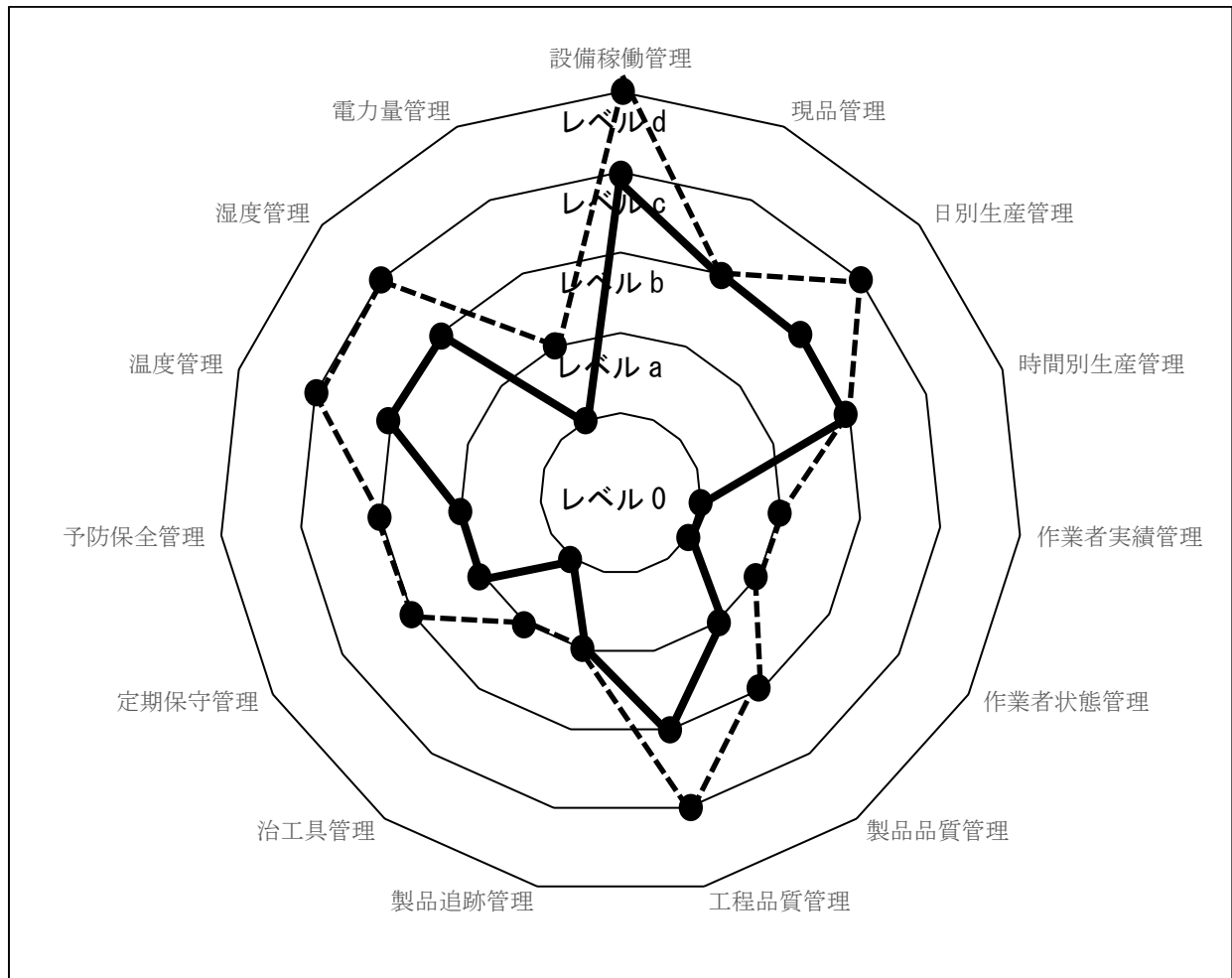
<付録D> 「管理項目別 SMKL レーダチャート」

「管理項目別 SMKL レーダチャート」



※SMKL = 現状値：「実線」、改善目標値：「点線」

「管理項目別 SMKL レーダチャート」 (記入例)



※SMKL = 現状値：「実線」、改善目標値：「点線」

<付録 E> 「SMKL 総合管理シート」

「SMKL 総合管理シート」 (記入例)

※ 管理対象名を記載： 空欄は「—」、
みえる化レベルを記載：レベル0は全て「—」、現状レベル：「●」、改善目標レベル：「◎」

分類	管理項目 (KPI)	管理 No	みえる化レベル	管理対象レベル	管理対象名							
				4	—	—	—	—	—	—	—	製品 H
				3	—	—	—	—	工場 F	工場 G	—	—
				2	—	—	—	ライン D	工程 E	—	—	—
				1	設備 A	設備 B	人 C	—	—	—	—	—
P: 生産	(1) 設備稼働管理	1	a		●	◎	—	●	●	●	●	—
		2	b		●	—	—	●	◎	●	◎	—
		3	c		◎	—	—	◎	—	◎	—	—
		4	d		—	—	—	—	—	—	—	—
I: 在庫	(2) 現品管理	5	a		●	◎	—	●	●	●	●	◎
		6	b		●	—	—	●	◎	●	◎	—
		7	c		◎	—	—	◎	—	◎	—	—
		8	d		—	—	—	—	—	—	—	—
以下同様												

<付録 F> 「他の指標との比較について」

SMKLのようなSMに関する成熟度の指標はいくつかあり、使い方に違いがあります。SMKLは非常にシンプルで使い易く、現場の担当者を中心としてPDCAサイクルで現場を徐々にSM化し、改善する活動に適しています。以下は経産省が推奨するDX推進指標、シンガポールが推奨するSIRI指標とSMKLの指標の比較表です。

項目	DX 推進指標（日本経産省）	SIRI 指標（シンガポール）	SMKL 指標
診断目的 (対象)	企業のDX化状況の見える化 (人員、体制、ITシステム 等で企業単位)	企業のI4.0の組織的な知識強化を 支援 (3構成要素=プロセス、技術、 組織)	工場内の情報の見える化(電子 化) (生産、品質、コスト、保 守、環境等)
利用対象者	経営幹部や事業部門、DX部 門、IT部門(その他:コン サルティング)	経営者、IT部門、組織内の従業 員、および外部のパートナー、顧 客	経営幹部、設備部門、(その 他:IT部門、製品開発、製 品営業、コンサルティン グ)、顧客
対象企業	全企業を対象 (但し実質DX部門が設置で きるなど、DXを推進する力 のある中大企業が中心)	中小企業から多国籍企業に及び、 ディスクリート及びプロセス製造 施設を含む	全企業を対象 (大企業から中小企業ま で)
利用頻度 (継続性)	年一回の診断を想定 (負荷によって回数の増減 可)	1回限りの評価ではなく、継続的 に使用	改善活動や提案活動に毎回 利用 (新規導入時や、中期計画 時等も利用可)
診断実施者	経営者、社内関係者(IT部 門任せはNG) 現在、経産省HPからWeb診 断も可能	規定なし。(TUV-SUDが支援) 事例として、発電所のゼネラルマ ネージャーや運転、デジタル、施 設チームのシニアリーダーのよう な主要な利害関係者を含む部門横 断的なチームを含む	利用対象者と同じ
利用シーン	取締役会などの経営会議	企業は評価の範囲を定義する必要 があり、製造施設全体を評価する か、製品グループごとに個別に評 価するかを選択	改善活動や新規設備導入時 など、(その他:製品開発、 製品営業、コンサルティン グ)
原案考案者	大学教授、企業経営者、団 体幹部	企業経営者、技術提供者、事業者 団体、高等教育機関、研究機関、 政府機関など	設備部門
実績	2019年から100社以上で PoCを実施 →収集データは非公開	2018年から200社以上で実施。 (33%が中小企業、12社の製造業、 14カ国)	1社複数工場で2015年から 実施 →オープン化し数社で PoCを計画中
まとめ	DX指標は「問診票や血液検 査レベル」のようなもので あり、年一回診断し、経営 関係者が経営判断の為に社 内及び、アドバイザー等に 相談する時の指標として用 いる	SIRI指標は、将来の可能性ではな く、企業の現在の状態のスナップ ショットを提供(つまりDX指標と 同じ) (8本の柱:操作、サプライチェー ン、製品ライフサイクル、自動 化、接続性、インテリジェンス、 適性評価、構造と管理)	SMKL指標は「体重計」のよ うなものであり、経営者か ら設備担当者迄が必要に応 じて都度評価&費用対効果 を考えながら自己管理し、 PDCAで継続的な改善活動 を行う指標として用いる

工場のスマート製造化を
“みえる化”する KPI を用いた
SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)
に関する白書
(公開第一版)

発行日：2020年4月1日

発行者：Industrial Automation Forum (IAF)

制御層情報連携意見交換会 (CLiC) KPI 分科会

筆者：KPI 分科会 主査 藤島 光城 (三菱電機)

監修委員：伊藤 章雄 (FDT グループ) 、
植田 信夫 (立花エレクトック) 、
大野 敏生 (日本 OPC 協議会) 、
奥田 誠 (PLCopen Japan) 、
北山 健志 (三菱電機) 、
熊谷 賢治 (村田機械) 、
竹内 徹夫 (FDT グループ) 、
茅野 眞一郎 (三菱電機) 、松隈 隆志 (PLCopen Japan) 、
吉澤 隆司 (ソフトウェアプロダクツ) 、
吉田 寛 (オムロン) 、
米田 尚登 (ダッソー・システムズ)

IAF 事務局：深澤 和則 (一般財団法人 製造科学技術センター内)

連絡先：〒105-0004 東京都港区新橋 3-4-10 新橋企画ビルディング 4 階

e-mail : jim-iaf@mstc.or.jp

TEL : 03-3500-4891

URL : <http://www.mstc.or.jp/iaf/>

※本書の内容を無断で複写・複製 (コピー) 、引用する事は、特定の場合を除き、
著作者・出版社の権限侵害となります。不明な点は IAF 事務局へご確認ください。