

DX 時代における 保安力強化に向けて

特定非営利活動法人 保安力向上センター会長

松尾 英喜 *Hideki Matsuo*

1. はじめに (DX による社会変化)

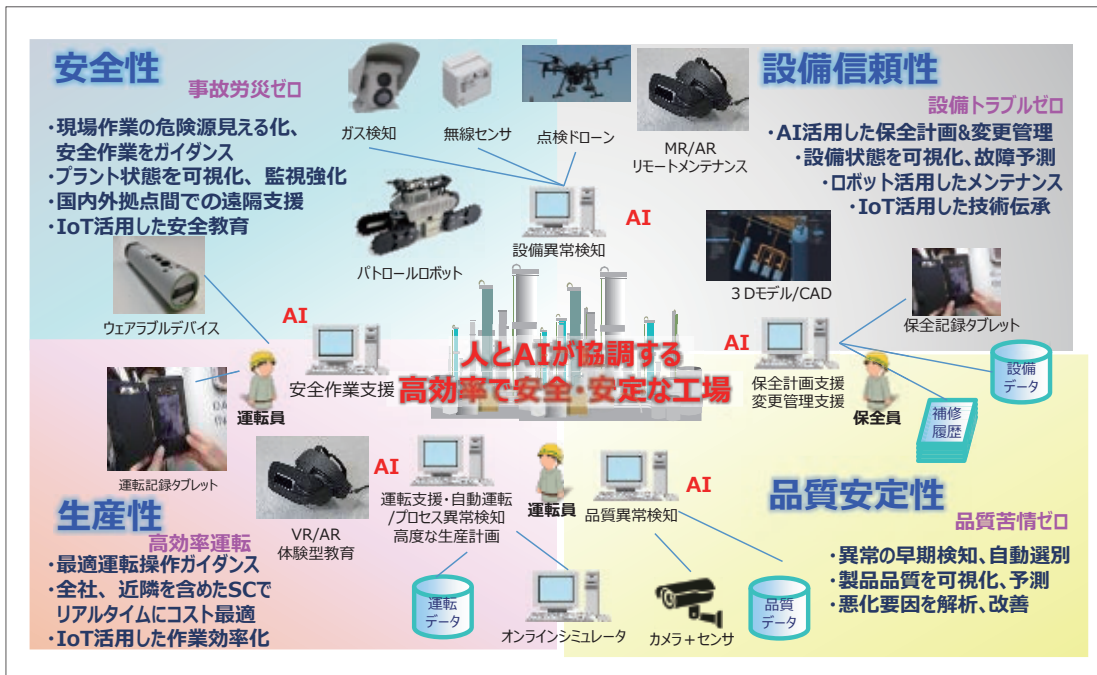
コロナの感染拡大によって世の中は大きく変化してきた。リモート化は急激に進展してきた。これらの変化にはデジタルや ICT 技術の発展が大きく影響している。今後も DX の進展は更に加速、拡大していくだろう。新たな技術の導入は必ずトレードオフの課題 (副作用) も発生する。表1にコロナによって足元で発生している変化と考慮すべき課題を整理してみた。リモート化が進むと臨場感は伝わるのか。現場感覚は養成できるのだろうか。3密の回避が進むと技術伝承のやり方も変わっていくのだろうか。高度化が進めばブラッ

クボックス化も発生する。先日医療機器に細工を行い故障に見せかけて過剰な補修費を請求する問題が発生していた。ブラックボックスになれば非定常時や異常時の対応はより難しくなってしまうのではないだろうか。AI やロボットの活用が広がれば、人の役割はどのように変化して、どのような分担になるのだろうか。その時に人はこれまでと違うどのような能力が必要となっていくのだろうか。また ICT による監視強化が行われ、将来的には感情まで監視されるかもしれない。そうなれば価値観や意思や意欲にも影響するかもしれない。教育についてもリモート教育の普及はデジタルに強い人材は育成できてもコミュニケーション力は大丈夫だろうか。アメリカの小学生の学力がリモート教育の拡大とともに低下しているとの発表がなされていた。サプライチェーンにも変化が起こるだろう。大量生産、大量消費からの脱却は、生産計画の高度化、複雑化への対応が必要となる。これらの変化や課題は製造業にも同様な影響が考えられる。高圧ガス保安法が改定され、技術の活用によって高度な自主保安を確保する事が求められているが、技術の高度化は分かるが、高度な自主保安は高度な技術の導入だけで実現できるのだろうか。このように DX の進展に伴って生じる新たな課題には、これまでとは違った対応が必要になってくると考えなくてはならない¹⁾。

表1 コロナ後に起こる社会変化 (製造業にも影響)

キーワード	内容 (考慮すべき事項)
リモート化 オンライン化 3密回避	<ul style="list-style-type: none"> コミュニケーションのオンライン化 (テレワーク、遠隔診断、Web 会議)、人と人の直接接触の減少 (現場感覚はどうなる?) (臨場感、経験の代替が必要) 移動の減少 ・居住と就業先が地理的に分散 (技術伝承の方法も変化)
高度化 働き方改革 人材確保困難	<ul style="list-style-type: none"> ブラックボックス化 (非定常時、異常時の対応) AI・ロボットの活用拡大 ・労働の質や内容の変化 人とロボットの協働 (ロボット・AI・人の役割分担、連携)
監視社会強化	<ul style="list-style-type: none"> IT による監視強化 (感情までも監視) (価値観、意思、意欲の変化)
教育の変化	<ul style="list-style-type: none"> 対面式教育からリモート教育へ (コミュニケーション力の教育)
サプライチェーン	<ul style="list-style-type: none"> サプライチェーン (国内回帰) の変化 大量生産大量消費からの脱却 (生産計画の複雑化、高度化)
高圧ガス保安法の改定	<ul style="list-style-type: none"> A 認定、B 認定ともに高度なテクノロジーを活用し、自主的に高度な保安の確立が必要 (高度な保安と伝承される保安力)

図1 スマートファクトリーの目指すべき姿



2. スマートファクトリーの方向性

それでは、DX時代の工場、スマートファクトリーとはどんな工場になるのだろうか。図1にスマートファクトリーの目指すべき姿を示す。

- ①安全性＝現場作業の危険源の見える化、プラント状態が可視化され管理の強化が可能となる。現場とコントロールルームが画像等により情報の共有化、指示の徹底が図られる。国内外拠点間で遠隔支援が行われ知識・経験が共有化される。安全作業等がAIによりガイダンスされる等が可能となり事故労災が減少する工場である。
- ②設備信頼性＝AI活用による故障予測・保全計画・変更管理が高度化される。ロボットを活用したメンテナンスや遠隔メンテナンスも行われる。IoTを活用した技術伝承も行われ設備信頼性が向上している工場である。
- ③品質安定性＝異常の早期検知・オフス

ペック品の自動選別、品質悪化原因の高度解析が行われ品質悪化対策が適切に取られ、品質苦情が無くなる工場である。

④生産性＝最適運転操作ガイダンス、ICTを活用した作業効率化、全社を含めたサプライチェーンでのコスト削減により高効率化が実現する工場である。

これらを実現するために様々な技術が適用され始めている。いくつかの事例を紹介する。タブレットを用いたパトロールで、運転記録や保全記録を確実にを行い、画像の利用も可能となり、現場で過去の記録やマニュアルも確認できる。無線センサーや点検ドローン、パトロールロボット、更には画像によるガス検知等は、点検困難箇所のパトロールを可能とするだけでなく、データ収集量を増大させ精度も向上させる。更に画像処理やビッグデータ解析等を組み合わせることで監視、解析、管理の強化につなげることができる。ウェアラブルデバイスの利用は画像による情報の共有化が可能であり、VR/MR/AR^{※1}との組み合わせにより遠隔メンテナンス（海外からも可能）や体験型教育にも利用されている。収集され

※1 VR/MR/AR
現実世界と仮想世界を融合して、新しい体験を作り出す技術で以下の種類がある。
VR: Virtual Reality (仮想現実) 仮想世界に入りリアルな体験が可能。
MR: Mixed Reality (複合現実) 現実世界を仮想世界に反映させ、リアルに操作可能。
AR: Augmented Reality (拡張現実) 現実世界を仮想的に読み取り、現実起こっているかのような体験が可能。

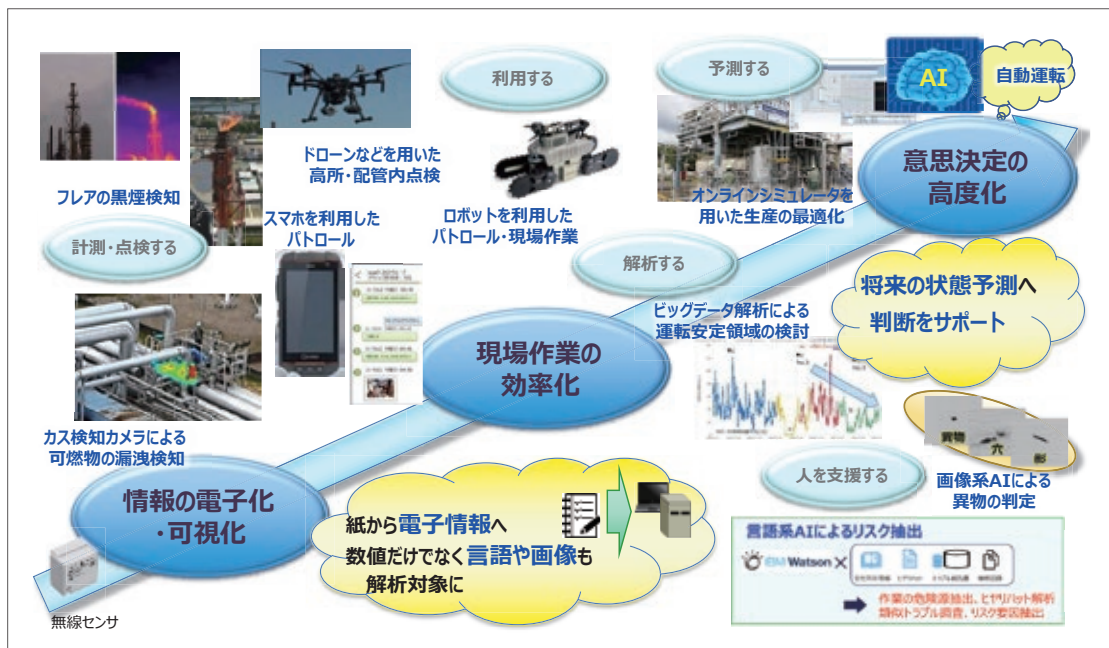
た情報はビッグデータ解析やオンラインシミュレータ、AI判断に利用され、情報のビジュアル化、将来の状態予測、意思決定支援に利用されようとしている。高効率で安全・安定な工場とは人とAIが協調する工場であり、今後更にAI活用が進んでいけば、人とAIの関係が重要な課題になってくる。

3. スマートファクトリーに向けた高度化技術の展開と技術開発の課題

スマートファクトリーの実現のため技術開発の流れを図2に示す。情報の電子化・可視化が進み、数値だけでなく言語や画像も解析対象となってきた。また無線センサーやドローン、ロボット等により更に多くのデータが収集され、データの信頼性が要求される。これらのデータはビッグデータ解析などで課題解析や効率化に利用され、さらにオンラインシミュレータ等により将来の状態予測や意思決定の高度化につながっていく。データ解析結果を十分に理解し活用していく能力が求

められる。そして将来的には自動車と同様にプラントの自動運転も可能になっていくのかもしれない。意思決定や操作が自動化されていった時でも、非定常時に対応できるように準備しておかなくてはならない。技術の高度化が進めば、その段階に応じて複雑で多方面に渡る新たな課題が生じることが考えられる。今後意思決定の高度化（判断・自動化）が進むだろうが、スマートファクトリー実現のためには、それによって生じるリスクに対応できる保安力を高めることが前提になる。プラントのDX化にはどのようなリスクがあり、考慮すべき課題は何か表2に整理した。ドローン活用では人による点検が減少するが、目視だけではなく人の五感を生かした検知が減ることが心配である。現場感覚や感性の維持に影響はないのだろうか。ロボットの活用では、人とロボットが協同する中で人の役割はどのように変化し、必要な能力や資質は変わるのだろうか。AIによる自動運転では、AIが学習していない非定常時に人が自力で対応する力をつけることが求められる。AIと人の意思決定の役割はどうなるのだろうか。人

図2 スマートファクトリーに向けた高度化技術の展開



材面ではデータサイエンティストの育成が必要になる。対象となるプロセスや設備の知識だけでなくデジタルの知識も必要となるが、非正常時に対応できる応用力や感性の育成も必要となる。技術の高度化によって生じる新たなリスクを想定し対応を行っていくリスク評価力が必要となる。

4. スマートファクトリーを実現する人の役割と人材

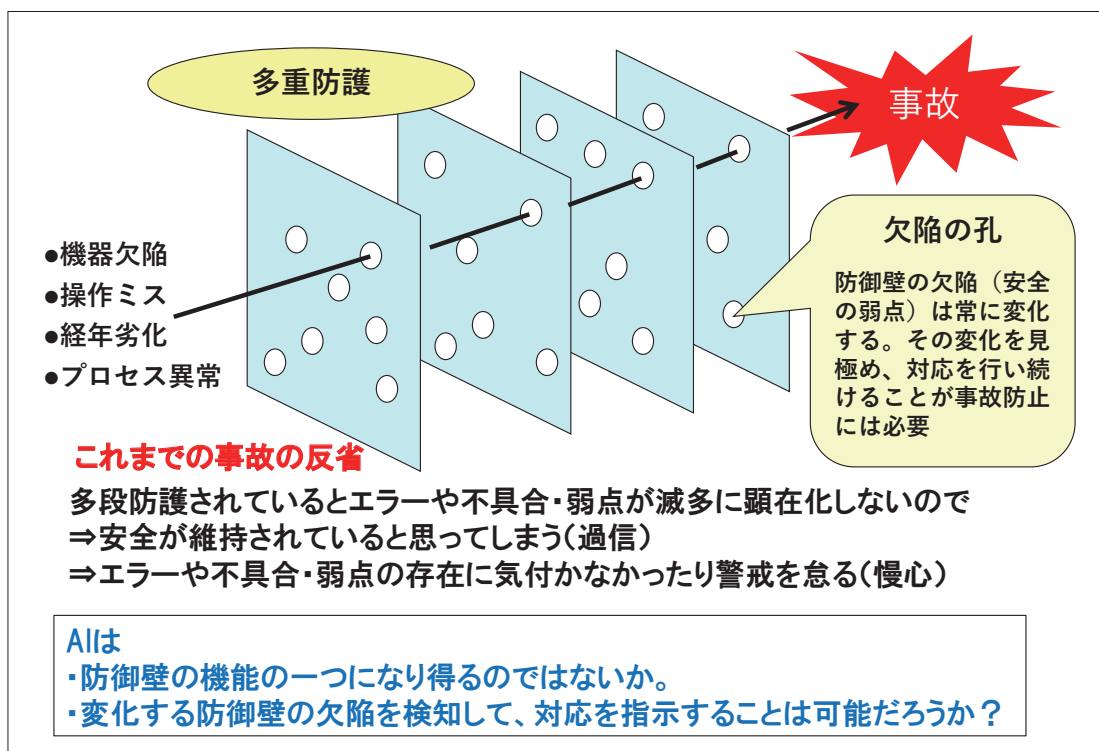
スマートファクトリーとは、人とAIが協調する工場である。スマートファクトリー実現のためには技術の高度化とともに、それに対応できる人を組み合わせていくことが必要となる。プラントで最も重要な安全の視点で人の役割を考えてみる。図3でAIと安全の関係をスイスチーズモデルで考える。いろいろな欠陥やミスが要因で事故は発生するが、プラントではミスが発生しても事故につながらないように多重の防護壁がある、しかし防護

表2 DX 技術開発の課題

開発技術	技術的課題	考慮しておかなければならない課題
全体	<ul style="list-style-type: none"> 防爆エリアでの使用機器の制限 防爆機器はコスト大 サイバー対応 	<ul style="list-style-type: none"> 技術の導入によって生じる新たなリスクを想定し対応を行っておく。 ⇒リスク評価力の強化
ドローン	<ul style="list-style-type: none"> 防爆エリアでの飛行制限 定修時の目視点検の代替だけではなく、日常点検や死角部の点検への展開 	<ul style="list-style-type: none"> ドローンの活用拡大による人による点検の減少 ⇒目視だけでなく人の五感による検知減少
ロボット	<ul style="list-style-type: none"> データ収集から知能化への展開 データ収集を異常の検知につなげる。 	<ul style="list-style-type: none"> 人とロボットの協働 ⇒ロボット導入による人の役割の変化
AIの活用	<ul style="list-style-type: none"> 情報の信頼性の確保 AIによる自動運転は難易度が高い 精度向上にはシミュレータの精度が重要 	<ul style="list-style-type: none"> 非常時 (AIが学習できていない) 事象への対応 ⇒通常AIに依存している人が非常時に自力で対応できるようにしておく。
人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> DXの推進には化学プラントの知識を有するデータサイエンティストが必要 経験の減少を補う教育 	<ul style="list-style-type: none"> 技術だけでなく、デジタル力や更なるリスク評価力が必要 非常時に対応できる応用力と感性の育成 技術伝承をどう考えるか。

壁は完ぺきではなく欠陥（安全の弱点）が存在し、その弱点は環境や時代等の変化によって常に変化している。その変化を見極め対応することが求められるが、過去の事故を振り返ると、この対応が十分でなかった時に発生している。安全が維持されていると思ってし

図3 AIと安全のスイスチーズモデル



まう（過信）、エラーや不具合・弱点の存在に気付かず警戒を怠る（慢心）が深層原因に挙げられている。AIは防護壁の一つにはなり得るが、変化する防護壁の欠陥を検知して対応を行うのはAIには難しい。AIが導入されても防護壁の変化に確実に対応するのは人の役割である。そこで図4でDXの時代に工場で求められる人材を考えてみた。エンジニアはデータ解析力やマネジメント力とともに、新たに生じるリスクを評価対応できるリスク評価力を有するデータサイエンティストが求められる。オペレーターはデータ収集力に加えて、経験が少なくても非定常やリスクに対応できるリスク対応力（応用力）が必要となる。ジェット機のパイロットについて考えてみよう。ジェット機の技術進歩は目覚ましく、ほとんど自動運転が可能となってきている、そんなジェット機を運転するパイロットは気象の急激な変化や機器異変などの非定常の時に安全に運転できる能力が求められる。応用力、感性を維持するために継続的な訓練を行っている。

ジェット機の安全はパイロットだけで維持されているわけではない、色々な部門、多くの専門家、過去からの色々な安全の取り組みと改善等の組み合わせにより可能にしている。プラントの運転も同様の対応を考えていかななくてはならないのではないだろうか。DXが進展しても絶対安全はない。プロセス安全は優れた設計・建設・運転・保全が一体化することで実現する。AIやICTの進歩によって設計、建設、運転、保全の内容も変化しようとしている。それぞれの変化に対応し一体化を担うのはAIではなく人である。安全は技術だけでは維持できず、技術の進歩に応じて人の役割、育成を併せて考えていかないと一体化にひずみが生じてしまう可能性がある。これまで蓄積してきた経験や文化、組織力を更なる変化に対応できるように強化していく必要がある。保安は現場だけの問題ではない。DXの推進は経営の責任だが、これら自主保安の強化も経営の責任である。本社機能を含めた総合保安力を考慮し強化する必要がある。

図4 DXが展開される工場が必要とされる人材

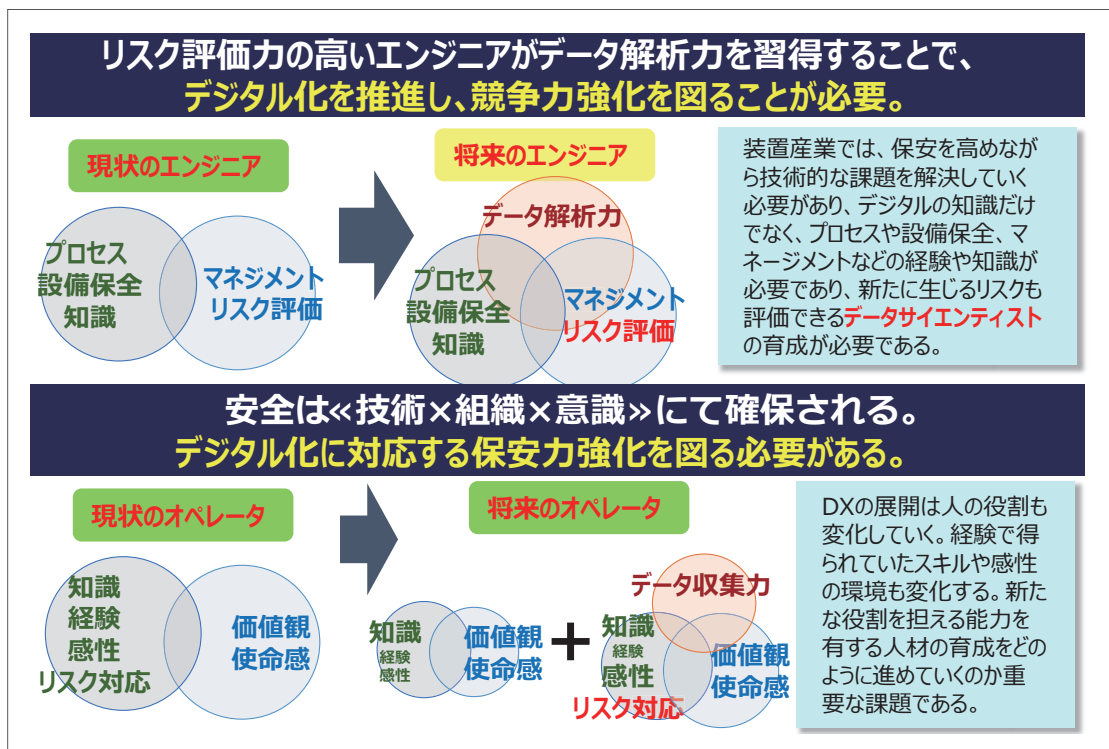
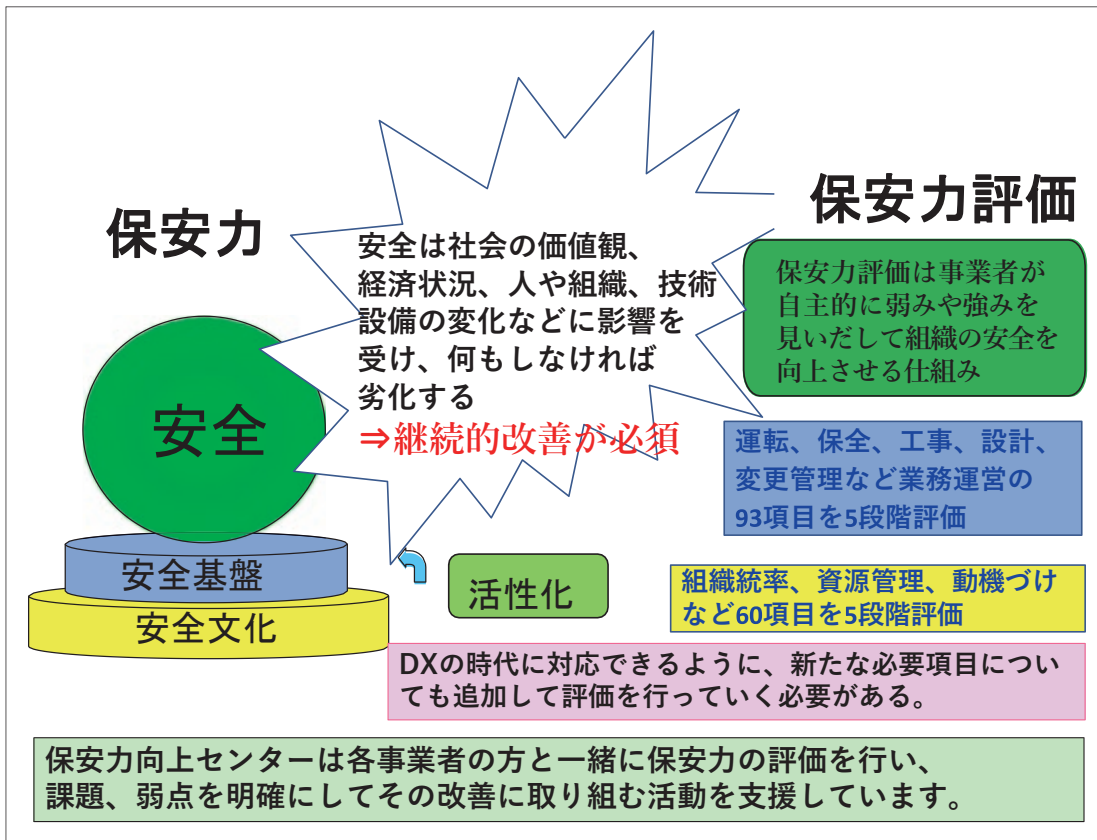


図5 DXの時代における保安力評価の取り組み



5. まとめ

プラントでは安全はすべてに優先する。DXの時代においても安全を実現するための保安力の強化は不可欠である。スマートファクトリーを実現するためには高度な技術の活用だけでなく、これまで述べたDXの展開による課題を克服する保安力強化の取り組みが必要となる。図5にDX時代における保安力評価の取り組みを示す。安全は社会の価値観、経済状況、人や組織、技術、設備の変化などに影響を受け、何もしなければ劣化する。常に継続的な改善が求められる。DXの導入も大きな変化として対応していくことが保安力の強化には不可欠である。保安力向上センターでは安全を支える安全文化・安全基盤について保安力評価を行い、会員企業とともに保安力評価を通じて課題を把握し改善していく取り組みを行っているが、評価の内容も

DXの時代に対応できるように新たな必要項目についても追加をしていく必要があると考えている。自主保安は各企業の責任ではあるが、現代の大きなかつ急激な変化の中ではどのように取り組むのか各社だけで考えるのではなく、産・官・学が連携して考えていく必要がある。保安力向上センターはDXの時代に対応する保安力評価と更に保安力強化につなげていく方策についても検討を継続するとともに、産・官・学の連携においても、パイプ役として貢献できればと考えている。

参考文献

- 1) 松尾英喜：DX時代における自主保安の強化に向けて、ケミカルマテリアルジャパン2022 第7回産業安全フォーラム, 2022.

まつお●ひでき

1982年横浜国立大学大学院修士課程（安全工学）修了、三井化学入社、プロセスエンジニア及び製造課長経験、シンガポール、中国でのプラント建設及び会社運営に従事、生産技術本部長、代表取締役副社長（CTO）等を歴任し2022年退任。同年6月保安力向上センター会長に就任