

ものづくりの現場で役に立つ安全の勘どころ・概論



阿部技術士・
労働安全コンサルタント事務所
阿部弘
Hiroshi ABE
(機械部門)

1. 緒言

日本の労働災害による死亡者数は1961年をピーク（6712人）として長期的には減少傾向を示しており、直近の5か年は、2018年（909人）、2019年（845人）、2020年（784人）、2021年（778人）、2022年（774人）と推移している。しかし、労働災害による被災者数（労災保険新規受給者数（業務災害））については、2022年は年間約67万人で、前年より増加している。

厚生労働省は、労働災害や職業性疾病の急増を踏まえ、1958年に第1次の労働災害防止計画を策定した。その後、経済情勢や技術革新などに対応しながら5年毎に計画を策定し、事業者や労働者等の関係者に対し、安全衛生活動を推進する際の実施項目や目標等を示している。現在は第14次計画（2023～2027年）が進行中である。

筆者は医薬品製造会社に在職し、技術部門、資材部門、研究部門、製造部門で多くの業務を経験した。定年退職後、技術士・労働安全コンサルタント事務所を開設し、技術相談・指導、現場診断、技能講習、安全講話などを中心に各種業務を行っているが、基礎教育のテキストとして在職中に身につけた知識や経験を基に「ものづくりの現場で役に立つ安全の勘どころ」を作成、使用している。全体の構成は、以下のとおりであるが、安全を確保するために何をなすべきか、本稿ではその勘どころの一端として第1章から第4章までの概要を述べる。

第1章 安全と不安全の境界

1. 絶対安全は存在しない
2. ものづくりの現場で失われたもの
3. 不安全行動と不安全状態

第2章 不安全を排除する

1. 事故・品質トラブル原因の解析
2. N T S Bの4つのM
3. 空圧機器のF T A（故障の木解析）
4. スイスチーズモデル（The 'Swiss Cheese' Model of Defences）
5. リスクアセスメントと未然防止への6ステップ
6. リスクアセスメント
7. フールプルーフとフェールセーフ
8. 人間エラーとフールプルーフ化
9. フェールセーフの死角

第3章 安全を維持する

1. 指差呼称の効果
2. 忘却曲線
3. バスタブ曲線からドリフト対応へ
4. 労

働安全衛生教育あれこれ 5. OSHMSとPDCA 6. 事故・品質トラブルの未然防止に繋げる保全

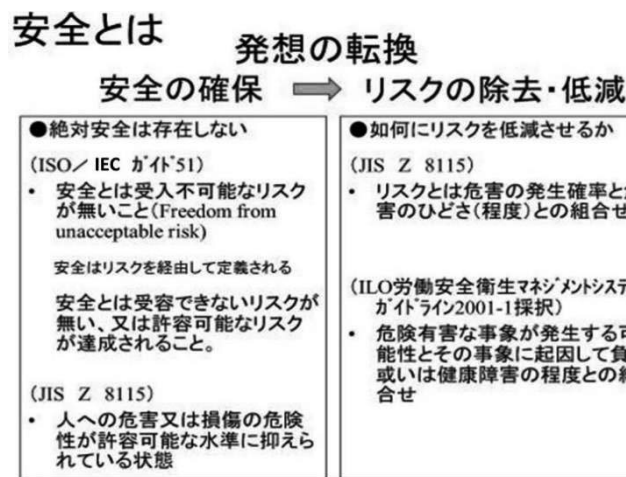
第4章 孫子に学ぶ

1. 五事七計(孫子・計篇) 2. 巧久拙速(孫子・作戦篇) 3. 呉越同舟(孫子・九地篇) 4. 迂直の計(孫子・軍争篇) 5. 臨機応変(孫子・九変篇) 6. 得失の計(孫子・虚实篇) 7. 形勢逆転(孫子・形篇・勢篇) 8. 用間の計(孫子・用間篇)

2. 安全と不安全の境界

2-1. 絶対安全は存在しない

「安全で安心できる社会」と表現する人がある。広辞苑によると「安全とは物事が損傷し



たり、危害を受けたりするおそれのないこと。」「安心とは心配・不安が無くて心が安らぐこと。また、安らかなこと。」とある。

安全管理の分野に限らず、用語の定義は厳密であり、ISO/IEC ガイド51では「安全とは受入不可能なリスクが無いこと (Freedom from unacceptable risk)」と定義されている。

図 2-1. 安全とリスクの定義

図 2-1 は安全とリスクの定義を

まとめたものである。「絶対安全は存在しない」ので、「安全の確保のため如何にリスクを低減させるか」への発想の転換が必要である。

また、「絶対安全が存在しない」ことから「安全管理の分野では心配・不安が無い状態」は想定できないので、目指すべきは可能な限りリスクを除去・低減し、受入不可能なリスクが無い社会の実現である。

自然災害が発生したとき人工物が自然のエネルギーに耐え切れず大きな災害となることがある。2011年3月11日に発生した東日本大震災による災害もその一つである。英知を結集して設計製作していたはずの原子力発電所が一瞬にして破壊されてしまった。想定外の規模であったということだけで片付けられるだろうか。

失敗学の提唱者で政府事故調査・検証委員会委員長を務めた畑村洋太郎・東京大学名誉教授(以下、畑村)の見解を紹介する。これは、2015年1月28日に開催された内閣府の原子力委員会臨時会議における畑村の発言である¹⁾。

議題は二つあり、内一つが畑村の「(1)原子力利用の「基本的考え方」について」であった。畑村が作成した会議資料「福島原発事故に学ぶ(全35頁)」は次の4項目で構成されている。

1. 事故はこれからも必ず起こる、2. 福島原発事故の検証の継続、
3. 今後の原子力発電を考える、4. これからの原子力分野のあるべき姿

畑村は、「原子力を扱う限り、事故は今後も必ず起きると認識すべき」と訴えている。それは、努力して考えても人が気付かない領域が残るもので、全てを考え尽くしたと思うのは傲慢であり、絶対安全はあり得ないとしている。また、資料 31 頁には、原発を使うとしたら、「安全性が確認できたら・・・」では不十分(この論理は事故が起こったことで破綻)であり、事故は起こるものとして、次のような対応の必要性を説いている。

○被害拡大防止策の策定

実際に近い形で計画の試行、計画の妥当性の確認、除染計画の策定と住民への周知及び住民の理解が必要である。

○危険なものを危険なものとして議論できる文化の醸成が必要。

○想定外に対応できる人間を作る。

そして、「防災」と「事故時の被害を最小限に抑える減災」の両方が重要であると指摘している。

また、日本機械学会誌 2015 年 6 月号に掲載された特集記事の一つ、「福島原発事故における想定外と法的責任—危険社会における「リスク管理」と「法」のあり方—²⁾」の「4. 国民の安全は、「法」によってどのように守られるべきか 4.1 「法」の規定はどうなっているか」の項の結びに、興味深い記述があるので紹介する。

—略—

原発の安全を守るための法律としては原子炉等規制法などがあつたが、それが十分でない場合は条理によって必要とされる注意義務を負担することになるのである。

そこで、具体的予見可能性説と危惧感説のいずれによる注意義務を負担すべきかは、いずれが条理に適っているかにより判断すべきことになる。(注:ここでいう「条理」とは、「物事の道理、すじみち」(広辞苑)の意味である。) (注、筆者)

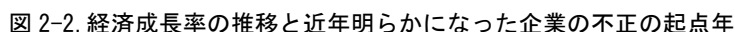
具体的予見可能性説は、東京電力の「想定外」をそのまま容認してしまうものである。しかし、危惧感説は、一般より高い注意義務が特別に課される業務には、今まで起きたことがない「未知の危険」であっても、起きる可能性が合理的に危惧(予測)される危険については責任を問える、とする考え方である。

2-2. ものづくりの現場で失われたもの

絶対安全は存在しないとされるものづくりの現場であるが、品質管理の立場から歴史を振り返ってみる。

SQC(統計的品質管理)は 1920 年代後半から 1930 年代にかけて米国のベル研究所のシューハートにより提唱、創始された。日本には戦後の 1950 年前後に導入され、組織的に取り上げられた。1960 年前後には SQC (Statistic Quality Control) は発展し、TQC (Total Quality Control) として、ものづくりの現場で磨かれ、日本経済の高度成長期から安定成長期(1954～1990 年)を支えた。1996 年には TQC (Total Quality Control) から TQM (Total Quality

- ・人間の能力を発揮し、無限の可能性を引き出す。
- ・人間性を尊重して、生きがいのある明るい職場をつくる。
- ・企業の体質改善・発展に寄与する。



高度経済成長期には国家規模のビッグプロジェクトが次々と計画、実施された。例えば、東京タワーは1957年6月に着工し、1958年12月に完成した。東海道新幹線は1959年4月に着工し、1964年10月1日に営業運転を開始した。その9日後の10月10日には東京オリンピックが開会された。また、1970年には大阪で万国博覧会も開催された。

しかし、今、品質立国日本の地位は落ちているのではないだろうか。例えば、①大学付属病院患者誤認事故 ②JCO 臨界事故 ③地下鉄脱線事故 ④ダイオキシン汚染 ⑤リコール隠し事件 ⑥雪印乳業集団食中毒事件、これらは 1999～2000 年の間に起きた事故や不祥事である。図 2-2 は実質経済成長率のグラフに近年明るみになったいくつかの不正事例の起点年を記入したものであるが、20 年の時を経ても事故や不祥事は無くなっていない。

	1980年	2000年	2020年
アイディアの出し方と経営者・管理者の役割	ピラミッド型の人員構成であり、多くの人の議論を経て、質の高いアイディアが形成される。経営者・管理者の役割は議論を促すこと。	人が少なく、十分な議論を経ないでアイディアが出てくる。経営者・管理者はアイディアの質についても責任を持つ必要がある。	人が少ないため質的な技術的变化に対応できない状況でアイディアが出てくる。従来の強みが足かせにならないように経営者・管理者は人材のレベルアップを図る必要がある。
ルール化の状況	ルールは大きめにしか決められていない。ベテランの工夫・ノウハウが仕事を通して後輩に伝えられる。	技術の高度化・複雑化に対応してルールが完備され、これらを短期間で教え込む画一的教育が中心となる。ルールを守ることが気にして無難なルールしか作られない。	デジタル化の進展にルール化が追いつかない局面もある。デジタル社会に対応できる人材と組織作りが遅れると無難なルールで不正を生み出す危険性がある。
使用しているツールの特徴	アナログであり、ハードウェアと対応しており、イメージしやすい。	デジタル化され、ソフトウェアの割合が大きく、イメージしにくい。	デジタル化の更なる進展により、デジタル社会に対応できる人材の確保と組織作りが急務となっている。
上流部門との関係	計画部門と実施部門との距離が近く、意思の疎通が容易である。	計画部門と実施部門との距離が遠く、意思の疎通が難しい。	デジタル化により情報共有は容易になったが、計画部門と実施部門との意思疎通に注力しないと大きなトラブルにつながる可能性がある。
製品・技術の導入スピード	新製品・新技術の導入スピードは緩やかであり、一つ一つの検討にある程度の時間を描けることができる。	新製品・新技術の導入スピードが速く、これに素早くキャッチアップすることが求められる。	新製品・新技術の導入スピードが更に速くなり、予測困難なほど変化する環境や状況に対応できるような企業変革力が必要となる。

表 2-1. 職場環境の変化³⁾ (2020 年の列を筆者追記)

日本品質管理学会の複合技術領域における人間行動研究会では人間エラーや標準不遵守に起因する事故の未然防止のための従来の方法を整理するとともに、必要に応じて新しい手法の開発を行い、これらをパッケージ化された方法論として

て体系化することをねらいとして活動し、2002 年には最終報告書「人間行動に起因する事故・品質トラブルの未然防止のための方法論の体系化」³⁾をまとめている。IT 技術の発展により誰もが簡単に世界中から欲しい情報を手に入れることができるようになった。この行為は特別に責められるものではない。しかし、入手した情報を安易に利用することにより生じる弊害があることを忘れてはならない。本来、知識や経験は努力して、苦労して身につけるべきものだ。真偽は元より本質を見抜く努力を怠るとそのつけは自分に返ってくる。今、正に、組織を構成する個々の知的レベルが試されている。バブル崩壊以降の失われた 10 年（あるいは 20 年）の間に、ものづくりの現場で失われた「本質（真実）を追求する意欲」を復活しなければならない。

表 2-1 に示すとおり、職場環境は変化している。そして、ものづくりの現場には、導入された高度に自動化された機械設備や製造ラインについていけない作業者がいる。高度に自動化されたものづくりの現場の単純な作業で起きている事故やトラブルは単なる人間エラーではないのだ。技術者は考え抜いて技術を開発し、機械設備や製造ラインを作り上げる。そして、作業者は技術者の意図を理解し、個々の機械装置を取り扱う。作業者は個々の機械装置の動作原理を理解していなければ使いこなすことはできない。また、稼働状況を診断したり、トラブル発生時の修復能力も必要だ。今、ものづくりの現場で、これらのことができ

る作業者がどれだけいるだろうか。この状況を打開するために、作業者を入れ替えて終わりにして良いはずがない。真の解決策は組織の中の個々の知的レベルの向上なのだ。

2-3. 不安全行動と不安全状態

厚生労働省では労働災害防止対策の確立に向けた取り組みの一つとして災害発生要因を

不安全状態		2007	2011	2014	2017
1	物自体の欠陥	1296	704	399	分類なし
2	防護・安全措置の欠陥	7020	3380	381	
3	物の置き方、作業場所の欠陥	8124	3828	1431	
4	保護具、服装等の欠陥	1233	652	225	
5	作業環境の欠陥	207	296	252	
6	部外的、自然的に不安定な状態	891	2172	2973	
7	作業方法の欠陥	12618	14020	14106	
8	その他の不安全状態	1347	2624	5601	
9	不安全状態がないもの・分類不能	3351	968	2445	
合計		36087	28644	27813	0
不安全行動					
1	防護・安全装置を無効にする	309	256	234	236
2	安全措置の不履行	774	892	789	676
3	不安定な放置	831	480	237	1140
4	危険な状態を作る	243	512	717	1004
5	機械、装置等の指定外の仕様	441	184	354	332
6	運転中の機械、装置等の掃除、注油、修理、点検など	4521	1604	1434	2632
7	保護具、服装の欠陥	1071	484	402	412
8	その他危険場所への接近	8685	6320	4050	4932
9	その他不安定な行為	5106	7760	4260	5340
10	誤った動作	11823	7308	8487	8252
11	運転の失敗	462	404	342	368
12	その他不安定な行動	546	1424	3504	1740
13	不安定な行動がないもの・分類不能	1275	1016	3003	820
合計		36087	28644	27813	27884

詳細かつ多角的に検討する作業を行っているが、その中に不安全行動や不安全状態に関わる休業4日以上死傷災害のデータがある。

例えば、表2-2における2007年の製造業のデータの内、不安全行動と不安全状態による休業4日以上死傷者数は36,087人だが、詳細に見ていくと、不安全行動では、不安全行動がないもの・分類不能(1275人)、不安全状態では、

表2-2. 製造業における4日以上休業災害⁶⁾

その他・分類不能(3351人)となっている。これらを除くと何らかの不安全行動、不安全状態が原因となった死傷災害の割合はそれぞれ96.5%と90.7%になっており、ほぼ毎年同様の傾向である。

労災(品質異常)発生の流れ

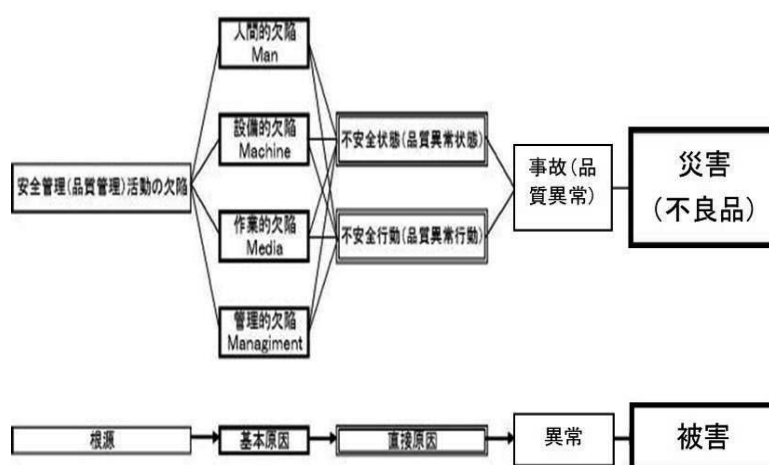


図2-3. 労働災害発生シーケンス⁹⁾

(品質関連用語は筆者追記)

不安全状態や不安全行動は直接的な原因であり、その奥にある根本的な原因を究明することが重要である。

原因の詳細をみるとNTSBの4M (Man、Machine、Media、Management)の何れかに該当していることがわかる。この4Mの手法を取り入れたときの労働災害と品質異常トラブルの発

生のフローは図2-3のようになる。

3. 不安全を排除する

3-1. 事故・品質トラブル原因の解析

ものづくりの現場で発生している種々の労働災害や品質トラブル、あるいは、労働災害や品質トラブルには至らなかったが生産活動に支障をきたした事故や品質トラブルについては、その原因を解析し、同様な事故や品質トラブルの再発防止もしくは未然防止に繋げていかねばならない。この原因の解析はリスクアセスメントにおける危険性又は有害性の特定・評価とも密接な関係がある。

ものづくりの現場において製造ラインなどのシステムの安全度を科学的に解析する手法として次のようなものが知られている。

① FTA (Fault Tree Analysis)

目標は事故・品質トラブルの起こり易さを確率論的に数値で評価することにあるが、個々のデータ収集が不十分なことが多く、数値で評価することは困難なことが多い。

② ETA (Event Tree Analysis)

FTA が事故・品質トラブルの結果を設定して原因解析を進めるのに対し、ETA は FTA の逆の方向（初期事象⇒ 結果）に原因解析を進める。

③ HAZOP (Hazard and Operability Study)

ガイドワードを用いて一連の質問を行いながら解析を進めるところが特徴であるが、この解析には当該システムや専門的な技術に関してかなりの知識を有する者の参画が必要である。

④ What-if および Checklist 法

プロセスプラントの開発、設計や運用段階におけるハザード分析に用いられる。質問を行いながら対策を定めていく方法である。

⑤ FMEA (Failure Modes Effects Analysis)

システムを構成する要素などの故障が及ぼす影響を定性的に解析する手法である。元は米国の自動車協会が開発したものであり、信頼性解析の分野で用いられていた。

⑥ FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis)

FMEA に危険度(数値化)の考えを加え、システムを構成する要素などの故障が及ぼす影響を定量的に解析する手法である。

⑦ NTSB の 4 つの M

4 つの M とは NTSB (National Transportation Safety Board: 米国の国家運輸安全委員会) が事故調査の時に基本にしている災害の基本原因のことである。

- ・ Man (エラーを起こす人間要因) ・ Machine (機械設備の欠陥、故障などの物的要因)
- ・ Media (作業の情報、方法、環境などの要因) ・ Management (管理上の要因)

事故や品質トラブルに至るまでの経過を時系列に洗い出し、いずれの M に相当するのかが判断し、対策を進める手法である。NTSB では原因の究明にあたり、主原因とか副原因などの考え方をせず、4 M の何れの M に該当するのかが確定させることを最優先にし

ている。人によって見解が分かれる可能性をできる限り排除しながら、真の原因への到達を目指して事実の調査と解析を進めなければならない。

⑧ 特性要因図

石川馨が考案した、特性と要因の関係を系統的に線で結んで表した図のことである。イシカワ・ダイアグラム とも呼ばれる。また、魚の骨のように見えることからフィッシュボーン・チャート、魚の骨図とも呼ばれ、関連する要因を大中小（大骨、中骨、小骨）に分類し、体系的に検討する手法である。

3-2. 空圧機器の FTA（故障の木解析）

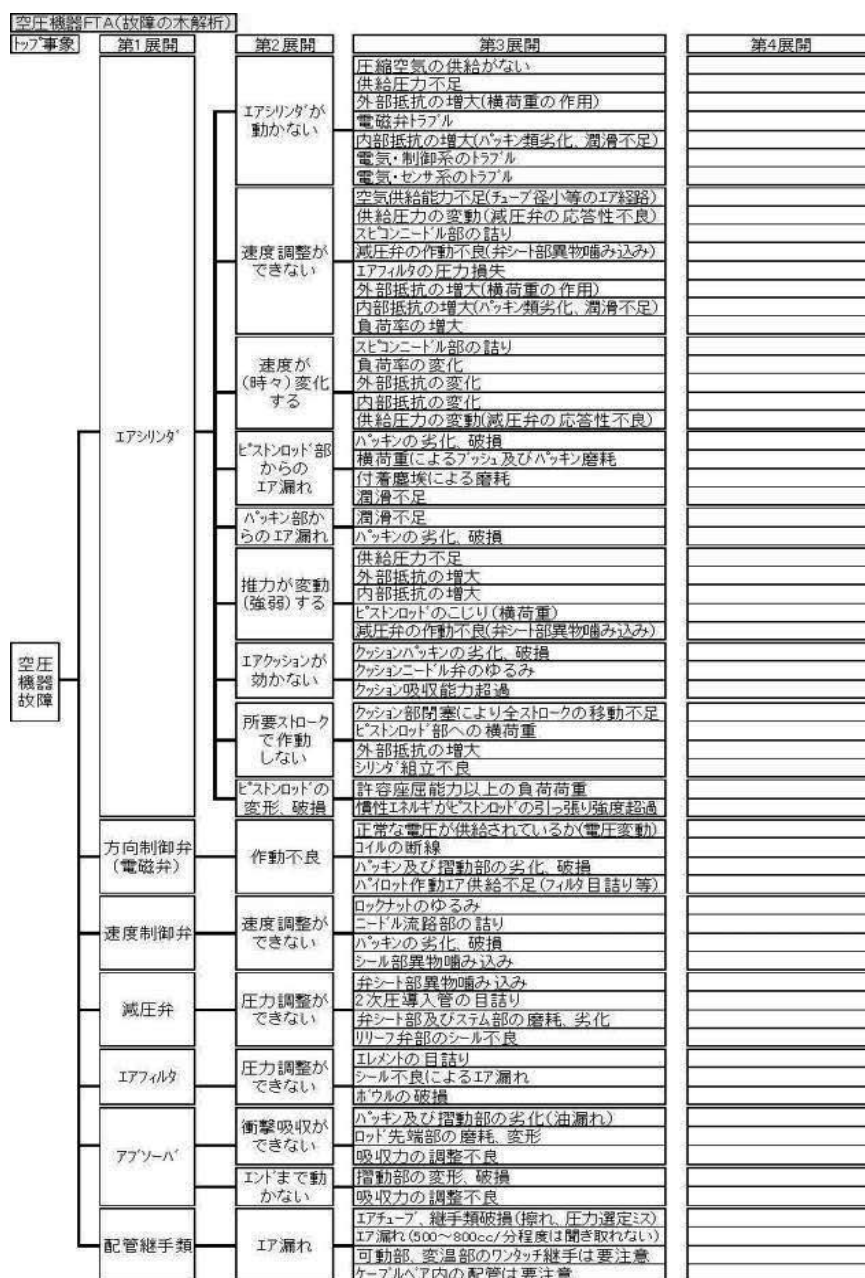


図 3-1. 空圧機器の FTA (FT 作成の前段階の作業)

前項 3-1. では事故・品質トラブルの解析方法について紹介したが、本項では具体的に空圧機器について FTA (故障の木解析) を行う。FTA の目標は事故・品質トラブルの起こり易さを確率論的に数値で評価することにある。好ましくない事象をトップ事象に採り上げ、その事象が起こるための原因となる事象を次々と辿り、真の原因を目指す。

FTA のかなりの時間は FT の作成に費やされる。FT の特徴は事象や論理について一定の記号が用いられることだ。FT の作成については、例えば、FMEA, FTA の活

用¹⁰⁾などに詳述されている。

本項の表題は「空圧機器に関する FTA（故障の木解析）」としているが、ここでは、FT を作成する前段階の作業を図 3-1 に紹介する。この図 3-1 を作成する作業が最も重要だと考える。ものづくりの現場では、発生した事故・トラブルを再発防止や未然防止に活かすため、あらゆる角度から事後解析が行われている。FT 作成には蓄積されたこれらの情報も活用する。

また、FTA は FMEA 同様、解析者により要因の採り上げ方が異なる可能性がある。この解析者によるバラツキを少なくし、意味のある FT を作成しなければならない。意味のある FT 作成のため、図 3-1 の第 1 ～ 3 展開の要因抽出は極めて重要な作業となる。

3-3. スイスチーズモデル (The 'Swiss Cheese' Model of Defences)

写真 3-1 に示したようにある種のスイスチーズにはブロックに「眼」(eyes) と呼ばれる穴が開いた独特の外観をしている。

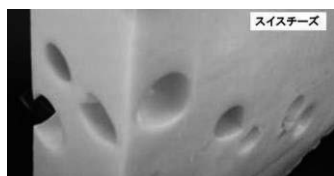


写真 3-1. スイスチーズ

英国マンチェスター大学教授の James Reason は「Managing the Risks of Organizational Accidents」の中で、このスイスチーズを用いて多重に備えた防護壁が破られるメカニズムを説明している（図 3-2 及び図 3-3）。

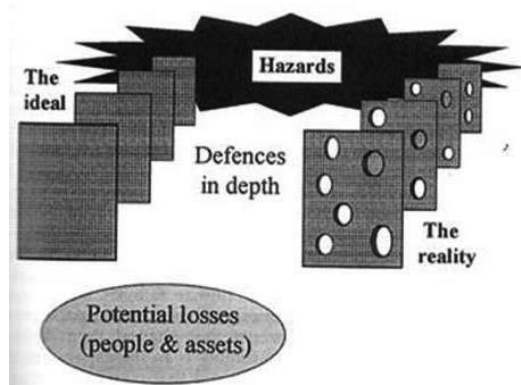


図 3-2. The ideal and the reality for defences in depth.¹¹⁾

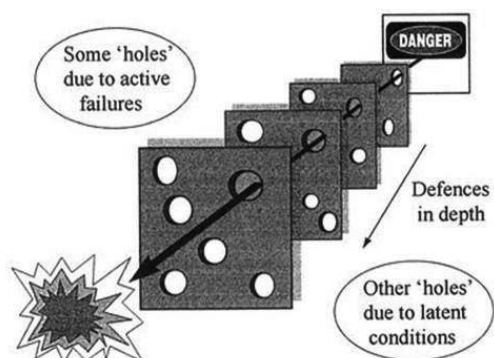


図 3-3. An accident trajectory passing through corresponding holes in the layers of defences, barriers and safeguards.¹²⁾

James Reason の組織事故の考え方については「人間行動に起因する事故・品質トラブル未然防止のための方法論の体系化」の中でも「リーゾンのアプローチ」としてつぎのように紹介されている。

- ・穴は既に空いた状態になっているもの（潜在的な原因）があり、多重防護のうちの幾つかは既に直線状に貫通した状態にある。最後の 1 枚が即発的エラーとして潜り抜けたとき、事故は発生する。この最後のエラーが一見、根本原因と勘違いしやすい人間エラーである。

- ・潜在的に空いている穴は、一定の位置に留まるのではなく、移動や発生・消滅を繰り返す。問題は穴が開くことではなく、潜在的な原因となる穴が放置されていることであり、それらを如何に発見し塞ぐかが事故の未然防止に必要となる。組織事故として解析することの重要性は、即発的エラーだけでなく、

これら潜在的な原因も同時に明らかにし、対策をとるところにあるといえる。潜在的な原因の多くが組織的な要因だからである。

3-4. リスクアセスメントと未然防止への6ステップ

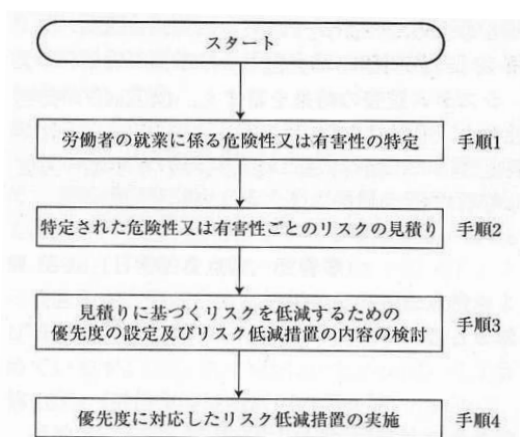


図 3-4. リスクアセスメントの手順¹³⁾

ステップ1. 未然防止への動機付け
ステップ2. リスクの事前抽出（ハザードの列挙）
ステップ3. リスクの事前評価（ハザードの重要度評価）
ステップ4. リスク評価後のアクション事前の安全確保
ステップ5. 万一の事故発生に向けての事前対策の策定
ステップ6. リスク管理の仕組みのさらなる改善

図 3-5. 未然防止への6ステップ⁴⁾

図 3-5. 未然防止への6ステップ⁴⁾は、リスクアセスメントの手順等と共通している。危険性又は有害性を特定し、リスクを評価、見積り、対策を検討、実施する点では共通している。

3-5. フールプルーフとフェールセーフ

機械による災害を防止するための原則がある。それは隔離と停止の二つである。この二つの原則を組み込み、安全化を図った機械を設計製作し、安全に使用しなければならない。安全の指標¹²⁾には次のように紹介されている。

機械による災害を防止するための二つの原則

① 隔離の原則

柵や囲いなどのガードを設けて機械の動作範囲に人体の部位が入らないように隔離すること。

② 停止の原則

インターロックなどにより機械が停止しているときだけ機械の動作範囲に人体の部位が入ることを許すこと。

また、厚生労働省からすべての機械に適用できる「機械の包括的な安全基準に関する指針」（2007年7月31日付け（基発第0731001号））が公表されている。

このように構造的、材質的な面でリスクのないものにするほか、次のような安全機能、フールプルーフ機能、フェールセーフ機能を有することが必要と考える。

2005年の労働安全衛生法の改正により、同法に第28条の2が追加され、2005年4月から事業者新たに「リスクアセスメント」実施が法令上の努力義務とされた。

リスクアセスメントについては厚生労働省から「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」を基本指針として、「化学物質等による危険性又は有害性等の調査等に関する指針」、「機械の包括的な安全基準に関する指針」が基本指針に基づく詳細指針として、それぞれ公表されている。いずれの指針においても、リスクアセスメントの手順等の基本は共通していて、図3-4に示すとおりとなっている。

次に、図3-5は未然防止への6ステップを示したものである。これは「人間行動に起因する事故・品質トラブルの未然防止のための方法論の体系化」に記載されている。

- ① 安全機能：内蔵又は組み込み
- ② フールプルーフ機能：操作や取り扱いを誤っても災害につながらないような機能
- ③ フェールセーフ機能：破損や故障をしても安全側に作動する機能

フールプルーフの機構にはガード、操作、ロック、トリップ、オーバーラン、押払い、起動防止などの機構がある。

また、フェールセーフの機構の例としては、工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドライン 厚生労働省（1998 年 7 月 28 日基発第 464 号）に示すような制御機構が知られている。

3-6. 人間エラーとフールプルーフ化

人間エラーとフールプルーフ化を考えると、人間エラーを起こした人の責任とするかしないかで、二通りのアプローチが考えられる。

一つ目は、エラーは起こした人の責任なので、例えば、反省会による意識付けで対応しようとするアプローチ。二つ目は、人間はエラーをするとの前提で、人間を変えられないのなら、作業を構成するもう一つの要素である「作業方法」を工夫するアプローチ。

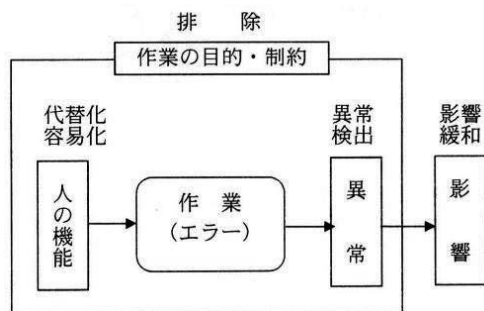


図 3-6. フールプルーフ化の原理⁵⁾

作業とは作業者が所定の方法（肉体や頭脳を働かせて）により仕事をするのである。

即ち、「作業＝作業者＋作業方法」なので、作業の対象となる物、設備、作業手順などを工夫することによるトラブル防止を図らねばならない。

この際、人間を作業方法に合わせるのではなく作業方法を人間に合わせることでエラー防止活動の第一歩になる。

図 3-6 はフールプルーフ化の原理を表したものである。フールプルーフ化の原理は性格の異なる二つのグループに分けられる。未然防止の立場として、排除、代替化、容易化がある。また、事後処理の立場として、異常検出と影響緩和がある。

ところで、人間の失敗に限らず、人間の機能を代替化、容易化したものの失敗も考慮しておかねばならない。例えば、取り付けた安全装置としてのセンサーが異常となり、加えて、センサー異常を見越して取り付けいていた機械保護部品が機能しなかった場合、如何にして影響を緩和するかは設計者が図面並びに組み立てた装置単体のみで考えるのではなく、製造ラインの場合は前後装置との取り合いに十分の配慮が必要となる。静的だけでなく動的にも十分に行う必要がある。

また、装置が複雑になると運転モードも自動、手動、寸動、仮想など多くに分けられることがある。特に、自動運転以外の場合は装置がどのように動くのか解っていないと衝突など不測の事態が発生する。シーケンスプログラムでインターロックをかけるなど配慮していても、稼働間もない装置の場合にはインターロックの不備は想定以上に多いので、注意が必要である。

3-7 フェールセーフの死角

2019年6月1日午後8時15分頃、横浜市の新交通システム「金沢シーサイドライン」で衝突事故が発生した。

新杉田駅発、並木中央駅行き、5両編成の電車（無人自動運転）が、進行方向とは逆方向に走り、約25m先の車止めに衝突し、14人が負傷した。

金沢シーサイドラインは、ATC＝「自動列車制御装置」とATO＝「自動列車運転装置」という2つのシステムにより、無人で自動運転していた。

鉄道や航空機などの交通機関には、通常の仕組みが働かないとき、別の仕組みが乗客の安全を守るという「フェールセーフ」の考え方を取り入れるよう求められている。金沢シーサイドラインにも、「フェールセーフ」の考え方が取り入れられており、速度オーバーなどの際に働くATCを二重に備えているだけでなく、両方のATCに異常が起きたときには、別の仕組みで「非常停止」が作動し、乗客の安全を確保するようにしている。

それでは、金沢シーサイドラインでは、何故、フェールセーフが利かなかったのか。列車は、通常の進行前方向に進んだ時には、ATCや非常停止によるフェールセーフに守られながら走ることができる。一方、逆走した場合も、ATCや非常停止は機能する。

このとき問題になるのは制限速度の設定である。仮に、時速40kmに設定していた場合、停止した状態から逆走した列車は、制限速度の時速40kmに達するまで、ATCは働かないのである。今回の事故で、運行会社は「逆走は想定外だった」と説明したが、自動運転を導入するからには、フェールセーフが抜け落ちるような条件を可能な限り無くさなければならない。今回の事故は、自動運転の難しさを、あらためて突きつけたのである。

安全な自動運転はどうあるべきなのか、採用しているフェールセーフに死角はないのか原点に立ち返って考える必要がある。

4. 安全を維持する

4-1. 指差呼称の効果

1996年、財団法人鉄道総合技術研究所が実施した「指差呼称」の効果検定実験では「操

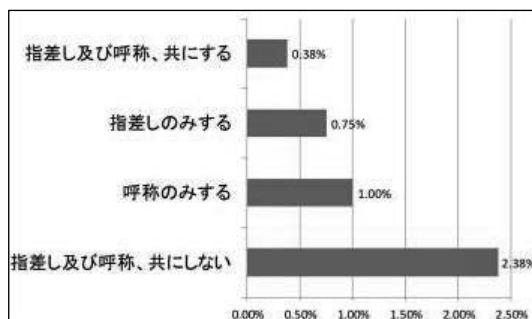


図4-1. 指差呼称効果検定実験結果⁷⁾

（1996年に財団法人鉄道総合技術研究所が行った実験結果を基に作成）

作ボタンの押し誤りは指差呼称を行った場合が何もしない場合に比べて約1／6になった」との結果が得られた。図4-1は実験結果のグラフ（データを基に筆者が作成）である。

JR、私鉄などの運輸関係、多くのものづくりの現場、建設工事現場などでは古くから指差呼称が行われてきた。指差呼称は不安全行動を防止し、人間エラーを防止するために効果があるといわれている。操作間違いを防止するためハード面でも操作器、表示器などが改善されてき

た。それでも人が介在する限り人間エラーは発生する。ダブルチェックが可能であればともかく、自分一人に対応せざるを得ない時、指差呼称は有効と考える。

一刻を争う緊急事態ならともかく、通常の作業において数秒の時間確保は容易と思われる。もちろん、指差呼称で人間エラーが100%防げるわけではない。しかし、指差呼称しない場合に比べて操作ミスが約1/6に減るのであれば真剣に取り組む価値はある。

4-2. 忘却曲線

ドイツの心理学者でブレスラウ大学のヘルマン・エビングハウス(1850~1909)は自ら実験を行い、図4-2の忘却曲線を求めた。「子音・母音・子音」から成る無意味な音節(例え

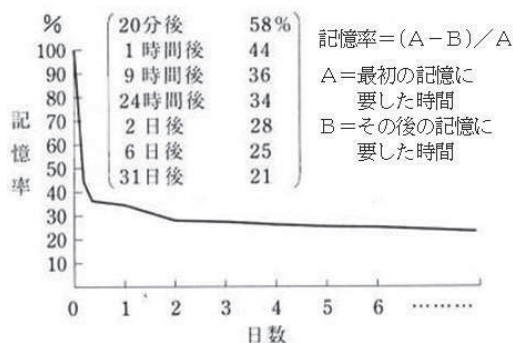


図4-2. エビングハウスの忘却曲線⁸⁾

ば、r i t、p e k、t a sなど)を記憶し、一定時間経過後の再生率を調べ、時間と記憶率の関係を求めたのである。

物忘れは誰にでもあり、病的なものでなければ日常生活にそれほど支障を来たすことはない。しかし、作業に関わる重要な手順や数値などを忘れると事故や品質トラブルに繋がることがある。エビングハウスの忘却曲線から分かるように一度覚えたことも1時間たてば半分は忘れてしまう。ものづくりの現場で毎日行う作業

のように意味のある内容であれば記憶率の減少はもう少し緩やかになるかもしれないが、忘れることを前提とした指示・連絡方法にする必要があるのだ。重要なもの、危険を伴うものなどの指示・連絡は必ず文書で行う必要がある。

4-3. バスタブ曲線からドリフト対応へ

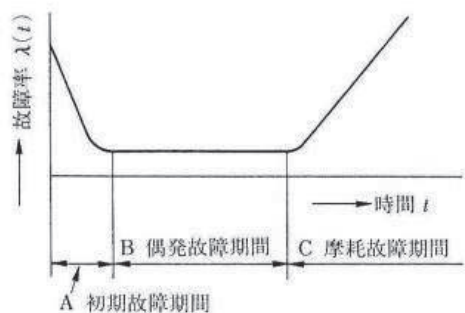


図4-3. バスタブ曲線(JIS Z 8115-1981)¹⁴⁾

図4-3はバスタブ曲線(JIS Z 8115-1981「信頼性用語」)である。信頼度関数 $R(t)$ とはアイテムがある時間 t において、なお機能を果たしている確率である。信頼性工学でよく使われる分布には指数分布、ガンマ分布、ワイブル分布、正規分布、対数正規分布、二項分布、ポアソン分布等がある。ここではバスタブ曲線をワイブル分布で説明する。

ワイブル分布とは W. Weibull が提唱した分布で信頼度関数などが次式のように表される¹⁴⁾。

$$R(t) = \exp[-\{(t-\gamma)/\eta\}^m] \quad (t \geq \gamma > 0, m > 0, \eta > 0)$$

$$f(t) = (m/\eta) \{(t-\gamma)/\eta\}^{(m-1)} \exp[-\{(t-\gamma)/\eta\}^m]$$

$$\lambda(t) = (m/\eta) \{(t-\gamma)/\eta\}^{(m-1)}$$

ここで、各パラメータ(母数)は、 η を尺度パラメータ、 m を形状パラメータ、 γ を位置

パラメータという。供用開始後、時間 γ が経過するまで故障が生じない場合には位置パラメータが有用であるが、通常はそのようなことはないので、 $\gamma=0$ として差支えない。

m の値により、以下のとおり、バスタブ曲線に対応する。

$1 > m > 0$ の場合、時間 t の経過とともに故障率 $\lambda(t)$ が減少する。これは、バスタブ曲線の初期故障期間Aに該当する。

$m=1$ の場合、時間 t の経過に拘りなく故障率 $\lambda(t)$ は一定である。これは、バスタブ曲線の偶発故障期間Bに該当する。この場合、 $\gamma=1/\eta$ の指数分布となる。

$m > 1$ の場合、時間 t の経過とともに故障率 $\lambda(t)$ が増加する。これは、バスタブ曲線の摩耗故障期間Cに該当する。

自然界に存在するすべてのものは劣化し、寿命に至る。寿命は確率変数であり、使用条件が同じであっても寿命はある分布を有しており、個々の機器の寿命を予め知ることはできない。これに対処する手段が信頼性工学である。

しかし、寿命に至る過程をすべて信頼性工学で説明することはできない。数学の解として図4-3は間違っていないが、例えば、製造ラインにおいて発生している事故・トラブルの状況は必ずしもバスタブ曲線とおりではない。電子工学ではある原因によって電子回路の特性にゆっくりとした変化が生じることがある。これを「drift(ドリフト)」(漂流、漂泊、偏流の意味)と呼んでいるが、これは温度上昇による直流電圧の変化により生じる現象である。

ドリフトの捉え方(どのように進めるべきか?)

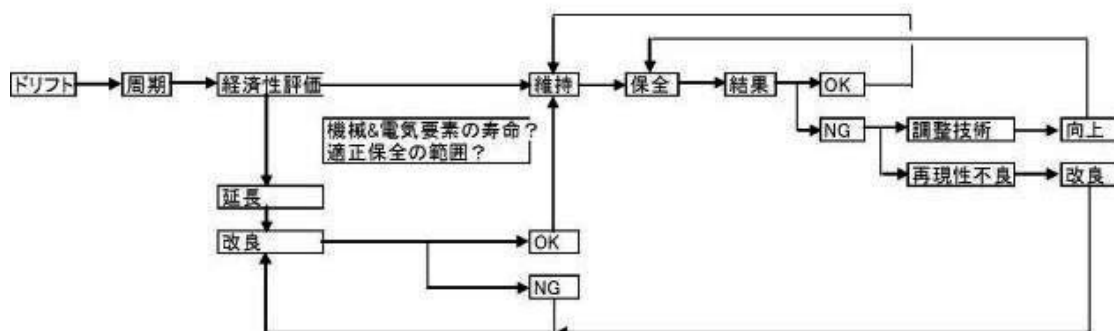


図4-4. ドリフトへの対応

製造ラインにおいてもゆっくりとした変化(ドリフト現象)の後、異常が発生することがある。原因の特定は困難なことが多いが、このようなドリフト現象を捉え、対応することがトラブルの未然防止には必要となる。図4-4はドリフト現象への対応のフローを示したものである。

4-4. 労働安全衛生教育あれこれ

労働安全衛生法にはそれぞれの事業場が実施しなければならない安全衛生教育の種類や内容が示されている。教育を受けた者には付与された知識や技能をものづくりの現場で活かすことが求められている。従って、教育を行う者は常に教育の効果を把握しながら教育を進める必要がある。

教育はきちんと行われたことになっているにも拘らず、事故発生時の対応が適切に行わ

れなかった例は少なくない。教育を行う者は効果が上がるような教育資料の作成と教育の実施方法を考えなければならないのである。

以下に、教育の実施方法をいくつかを紹介する。

1) OFF・JT(off the job training)とOJT(on the job training)

高度化、複雑化したものづくりの現場では教育内容や教育を受ける者のレベルを見ながら、両者を有機的に組み合わせて実施すべきと考える。

2) 講義方式による教育

最も一般的に採用されている方式であるが、教育効果を把握しつつ進めなければ「教育は受けましたが、内容は理解できませんでした」になるおそれがある。

3) 討議方式による教育

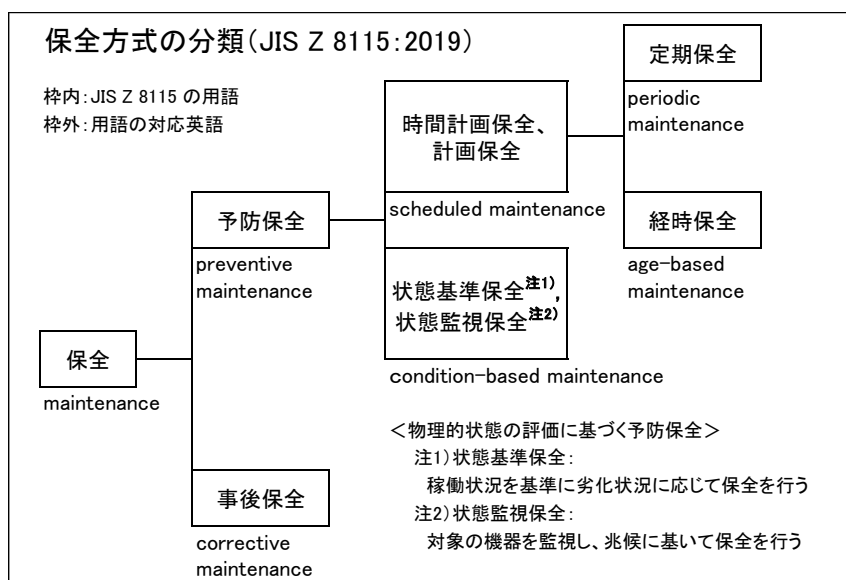
この方式には少人数による討議やブレインストーミングなどがある。ものづくりの現場では小集団活動の中で「少人数による討議」が行われることがある。

4) 問題解決方式による教育

これは討議方式をさらに発展させた方式で、ものづくりの現場で発生しているトラブルなどの具体的な問題を取り上げてその対策を検討する場合がこれにあたる。

4-5. 事故・品質トラブルの未然防止に繋げる保全

規模の大小にかかわらず事故や品質トラブルが発生すると原因の究明と対策に追われることになる。その時、いつも問題になるのが「発生するまで何故気が付かなかったのか」と



いう点である。機械や構造物は完成した時がピークでその直後から経時的な変化が始まっている。従って、機械や構造物を安全に使用するための維持管理の方法を設計段階において考慮しておくことは技術者として当然行うべき責務である。

図 4-5. 保全方式の分類 (JIS Z 8115²⁴⁾ を基に見える化)

JIS では、維持管理を「保全、保守」として次のように定義している。

「アイテムを使用及び運用可能状態に維持し、又は故障、欠点などを回復するためのすべての処置及び活動」

図 4-5 は保全方式を分類したものである。適正に維持管理するためには適正な保全方式

選定が必要である。

5. 孫子に学ぶ

中国、呉の時代、孫武（孫子）が説いた兵法書¹⁵⁾は「計篇、作戰篇、謀攻篇、形篇、勢篇、虚实篇、軍争篇、九変篇、行軍篇、地形篇、九地篇、火攻篇、用間篇」の1巻13篇で構成されている。

孫子の謀攻篇に次の件^{くだり}がある。「---故に曰く、彼を知りて己を知れば百戦して殆うからず、彼を知らずして己を知れば一勝一負す。彼を知らず己を知らざれば戦う毎に必ず殆うし。

ここで「彼」を「機械装置或いはトラブルの予兆など」、「己」を「自分の機械装置習熟度或いはトラブル対処の技能」と読み替えると次のようになる。「機械装置或いはトラブルの予兆など」を知り、「自分の機械装置習熟度或いはトラブル対処の技能」を知っているオペレータは的を得たトラブル対処ができる。「機械装置或いはトラブルの予兆など」を知らなくても「自分の機械装置習熟度或いはトラブル対処の技能」を知っているオペレータは巧くいたり、いかなかったりであるが、まあ、勝率5割は確保できる。しかし、「機械装置或いはトラブルの予兆など」も知らず、「自分の機械装置習熟度或いはトラブル対処の技能」も知らないオペレータは必ず失敗する。

ものづくりの現場では「ものづくりと共に「彼」を知り、「己」を知ることができる人づくり」が必要になる。以下、ものづくりの現場で役に立つ孫子¹⁵⁾の考え方を幾つか紹介する。

5-1. 五事七計(計篇)¹⁶⁾

「計篇」は戦争の前によく熟慮すべきことを述べたもので全篇の序論にあたる。

計篇（一）には、戦わずしてすでに勝敗を知る方法、「五事七計」（五つの事と七つの計（目算））について次のように述べられている。

孫子(金谷治 訳注) 計篇					
五事					
	1 道	2 天	3 地	4 将	5 法
	民をして上と意を同じうし、これと死すべくこれと生くべくして、危わざらしむるなり。	陰陽・寒暑・時制なり。	遠近・陰陽・広狭・死生なり。	智・信・仁・勇・嚴なり。	曲制・官道・主用なり。
七計	1. 主 孰れか有道なる(敵味方、何れの君主が人心を得ているか)。				
	2. 将 孰れか有能なる(將軍は何れが有能であるか)。				
	3. 天地 孰れか得たる(自然界の巡りと土地の情況とは何れに有利であるか)。				
	4. 法令 孰れか行わる(法令はどちらが厳守されているか)。				
	5. 兵衆 孰れか強き(軍隊はどちらが強い)。				
	6. 士卒 孰れか練いたる(士卒はどちらがよく訓練されているか)。				
	7. 賞罰 孰れか明らかなる(賞罰はどちらが公明に行われているか)。				
基準	自国	0	0	0	0
評価	敵国1	1	1	0	-1
	敵国2	-1	-1	1	-1
注)この例では、自国を基準(0)として、敵国が優れている場合(1)、劣っている場合(-1)として評価した。					

表 5-1. 「五事七計」の見える化

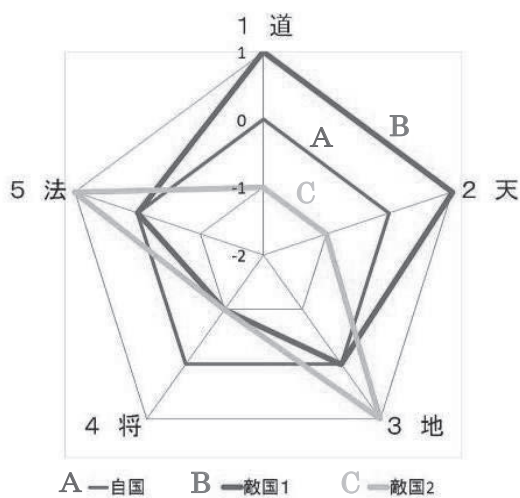


図 5-1. 「五事七計」の見える化

「孫子曰く、兵とは国の大事なり、死生の地、存亡の道、察せざるべからざるなり。故に、これを経るに五事を以てし、これを校ぶるに計を以てして、その情を索む。(後略)」

表 5-1 は五事七計を見える化したものである。表の下段の 4 行は、自国を基準(0)、敵国が優れている場合(1)、劣っている場合(-1)として、敵国 1 と敵国 2 を評価したもので、その結果を図 5-1 のレーダーチャートで示した。

5-2. 巧久拙速(作戦篇)¹⁷⁾

「作戦 篇 (一)」には、用兵の法(戦争の原則)などについて、次のように述べられている。

「孫子曰く、凡そ用兵の法は、一(中略)一 故に兵は拙速なるを聞くも、未だ巧久なるを睹ざるなり。夫れ兵久しくして国の利する者は、未だ、これ有らざるなり。故に^{ことごと} 尽く用兵の害を知らざる者は、即ち^{ことごと} 尽く用兵の利をも知ること能わざるなり。(後略)」

- 1 兵は拙速なるを聞くも、未だ巧久なるを睹ざるなり。
戦争には拙速(まずくともすばやくやる)というはあるが、巧久(うまくて長びく)という例はまだ無い。
- 2 兵久しくして国の利する者は、未だ、これ有らざるなり。
戦争が長びいて国家に利益があるというのは、あったためしが無い。
- 3 尽く用兵の害を知らざる者は、即ち尽く用兵の利をも知ること能わざるなり。
戦争の損害を十分知りつくしていない者には、戦争の利益も十分知りつくすことはできない。

ここでは、拙速と巧久の関係性を分かり易くするために図 5-2 のような「座標」にした。X 軸を重要度、Y 軸を満足度とすると「速」が第 1 象限にくる。孫子は戦争に勝つためには素早い対応が最も重要であると説いている。発生した事故やトラブルの再発や未然防止を考えると、ゆめゆめ巧久に陥ることなく、拙速でも行動を起こすことが肝要である。

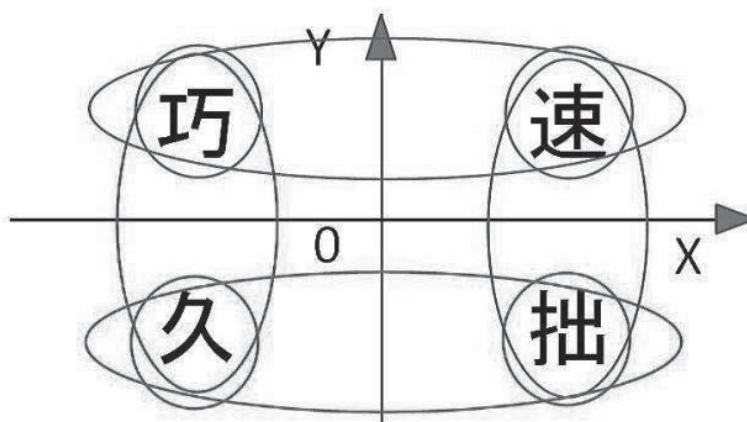


図 5-2. 「巧久と拙速」の見える化

5-3. 呉越同舟(九地篇)¹⁸⁾

「九地 篇(五)」には、戦争の上手な人を率然(蛇の名)にたとえて、次のように述べられている。

「故に善く兵を用うる者は、譬^{たと}えば率然^{そつぜん}の如し。率然とは常山の蛇なり。其の首^{しゆ}を撃てば則ち尾至り、其の尾を撃てば則ち首至り。其の中を撃てば則ち首尾俱^{とも}に至る。敢えて問う、兵は率然の如くならしむべきか。曰く可なり。夫れ呉人^{ごひと}と越人^{えつひと}との相い悪むや、其の舟同じくして済^{わた}りて風に遇うに当たりては、其の相い救うや左右の手の如し。是の故に馬を方^{つな}ぎて輪を埋むるとも、未だ恃^{たの}むに足らざるなり。勇を齊^{ととの}えて一の若くするは政の道なり。剛柔皆な得るは地の理なり。故に善く兵を用うる者、手を攜^{たずさ}うるが若くにして一なるは、人をして已^やむを得ざらしむるなり。(後略)」

このような限られた空間において、敵対する相手と一緒にあって、目の前の問題解決にあたるには、所定の訓練が必要と思われる。例えば、過日、聴講した宇宙飛行士の山崎直子さんの講演「宇宙、人、夢をつなぐ」で、紹介された宇宙飛行士の訓練業務などの評価項目にも含まれている、自己管理(Self Management)、リーダーシップ(Leadership)、フォロアーズシップ(Followership)、状況把握(Situational Awareness)などは欠くことができない能力と思われる。

5-4. 迂直の計(孫子・軍争篇)¹⁹⁾

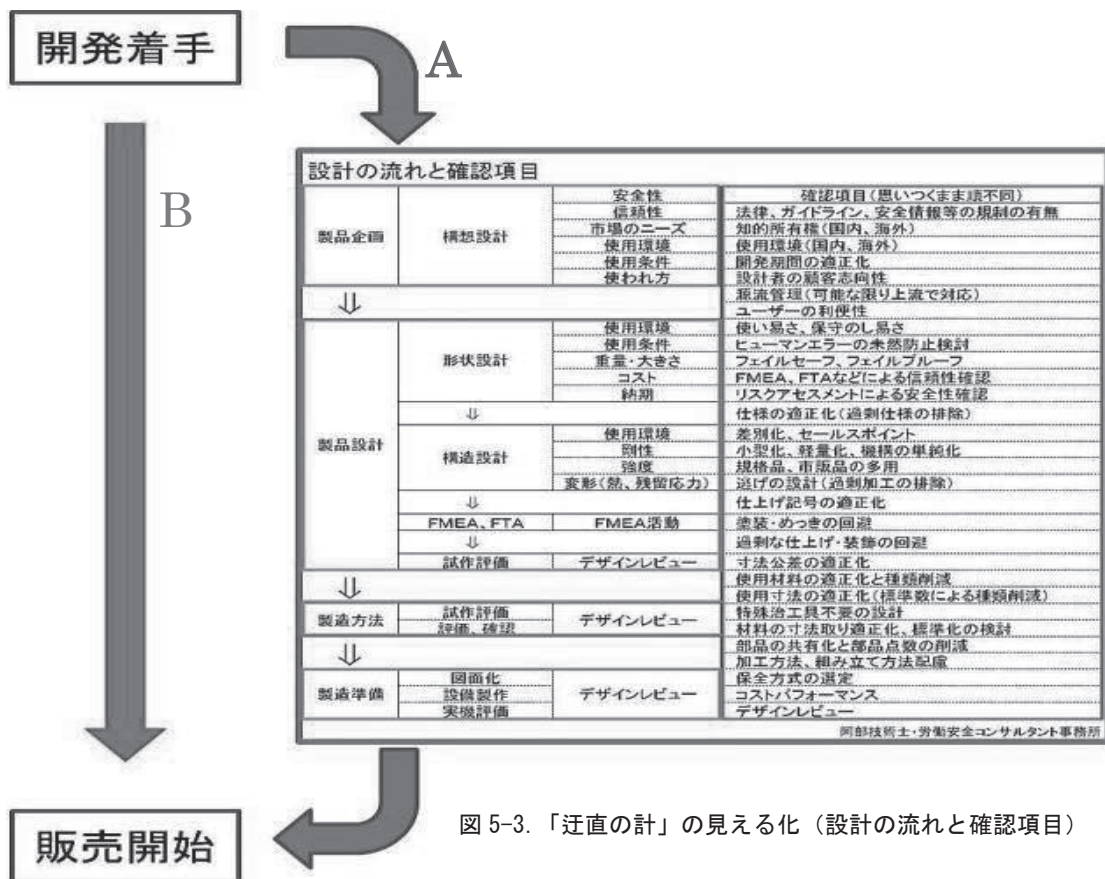
「軍争 篇(一)」には、機先を制するための争いほど難しいものはないと説き、遠い道を近道にするはかりごとについて、次のように述べられている。

「孫子曰く、凡そ用兵の法は、将^{しょう} 命^{めい}を君より受け、軍を合し衆を聚^{あつ}め、和を交えて舎まるに、軍争より難^{かた}きは莫^なし。軍争の難きは、迂^うを以て直^{ちよく}と為し、患^{かん}を以て利と為す。故に其の途^{みち}を迂^うにしてこれを誘^{おこ}うに利を以てし、人に後れて発して人に先^{さき}んじて至る。此れ迂直の計を知る者なり。故に軍争は利たり、軍争は危たり。(後略)」

ここでは、ものづくりの現場でよく遭遇する事例を二つ紹介する。

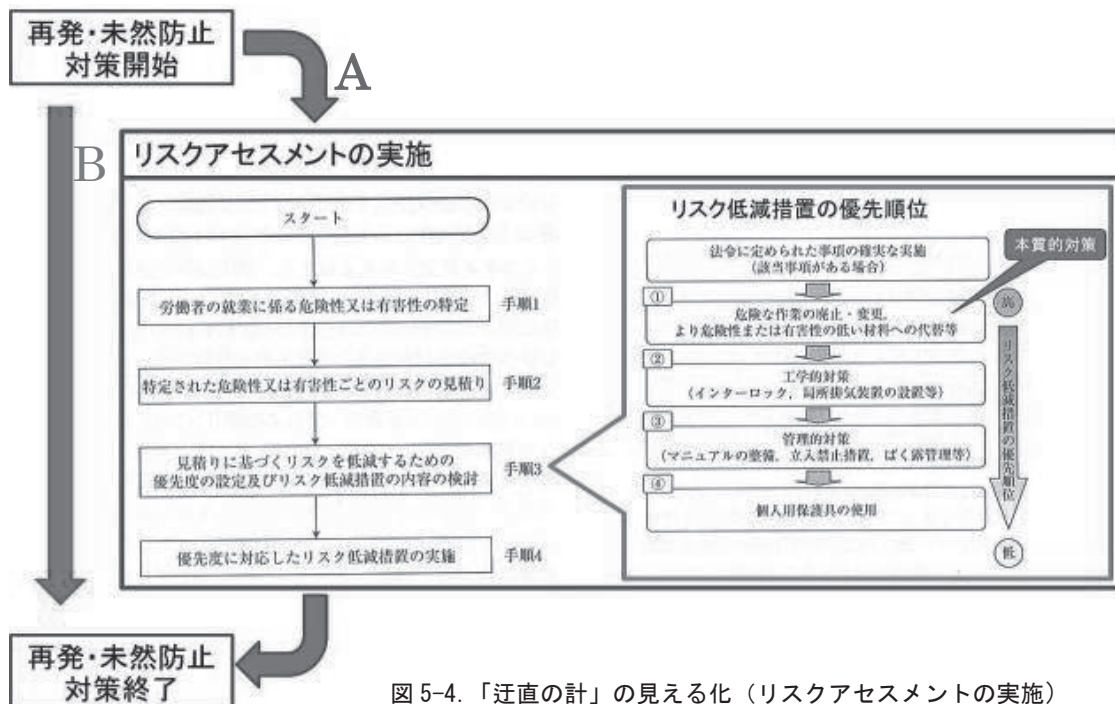
1) 設計の流れと確認項目

図 5-3 は、開発着手から販売開始までについて、設計に焦点を当て、その流れと確認項目を示したものである。顧客ニーズなどを基に構想設計を行い、構想がまとまると製品設計に移る。この段階で設計者は不具合を漏れなく予測しなければならない。設計者は不具合を予測し、設計に反映させながら、製品試作を行う。これら一連の流れの中で、関連の部署では検討会を行ったり、多くの専門家によるデザインレビューが行われる。デザインレビューは、その目的が設計レベルの向上であることを認識して実施しなければ時間と金の浪費につながるので、注意が必要である。このようにデザインレビューを重ねた後、開発した製品について工業化の可否を判断する。孫子は軍争(機先を制するための争い)が難しいのは遠い道を真直ぐの近道にし、害のあることを利益に転ずることであると説いている。図 5-3 の設計の流れは遠回りのように見えるが、設計で品質を作り込むためには最も効果的な方法と考える。



2) リスクアセスメントの実施

図 5-4 では、発生した事故や品質トラブルの再発防止や未然防止対策を検討する際に実施するリスクアセスメントの手順等を示したものである。何れの事例も、その目的を見失



わず、急がず確実に歩みを進めることこそ成功（勝利）への近道だと考える。図 5-3 及び図 5-4 であれば、近い道（矢印 B）ではなく、遠い道（矢印 A）を選ぶべきだと考える。

5-5 臨機応変(孫子・九変篇)²⁰⁾

「九変 篇(一)」には、常法にこだわらず事変に臨んでとるべき九とおりの処置について、次のように述べられている。

「孫子曰く、凡そ用兵の法は、高陵には向かうこと勿かれ、背丘^{はいきゅう}には逆^{むか}（迎）うること勿かれ、絶地には留まること勿かれ、佯北^{しょうほく}には従うこと勿かれ、鋭卒には攻むること勿かれ、餌兵^じには食らうこと勿かれ、帰師には遏^{とど}むること勿かれ、圉師^こには必らず闕^かき、窮寇^{きゆうこう}には迫ること勿かれ。此れ用兵の法なり。（後略）」

このように孫子は常法にこだわることなく、敵の兵や地形などの状況に応じて用兵を変化させている。この臨機応変の処置こそ、戦わずして勝利を獲得するための戦争の原則と言える。

ものづくりの現場では人や機械、材料などの工場の資源を経済的に運用し、生産の合理化を目指している。そして、ものづくりの現場は戦場ではないが、事故や品質トラブルが発生した場合には、臨機応変の処置が求められる。臨機応変の処置を誤ると事態が急激に悪化することがある。「嘘をついたり、隠したり、辻褄合わせ」をすることなく、臨機応変に適切な処置をしなければならない。

ここでは、臨機応変の処置をする際、留意すべきポイントをいくつか紹介する。

1) 職場環境

- ①顧客ニーズなどの変化に対応できているのか？
- ②良好なコミュニケーション、相互理解など、風通しの良い職場になっているか？
- ③嘘をつかない、隠さない、辻褄合わせをしない、正直で誠実な思考と行動ができているか？
- ④新たな価値基準を提案する能力を備えているか？ など。

2) ものづくりの現場

- ①作業標準とおりの作業をすれば本当に問題ないのか？
- ②ハード、ソフトは現状のままで問題ないのか？
- ③作業者のスキルに問題はないのか？
- ④保全の方法に問題はないのか？ など。

5-6. 得失の計(孫子・虚実篇)²¹⁾

「虚実 篇(五)」には、戦いの前に敵の虚実を知るための方法について、次のように述べられている。「故にこれを策^{はか}りて得失の計を知り、これを作^{おこ}して動静^{おこ}の理を知り、これを形^{あらわ}して死生の地を知り、之に角^{かど}れて有余不足の処を知る。（後略）」

ここでは、分かり易くするために図 5-5 のようにリスクアセスメントの手順と対比してみた。敵情を目算してみても利害損得の見積りを知る「得失の計」は「危険性又は有害性を特定してリスクを見積る手順」に対応する。

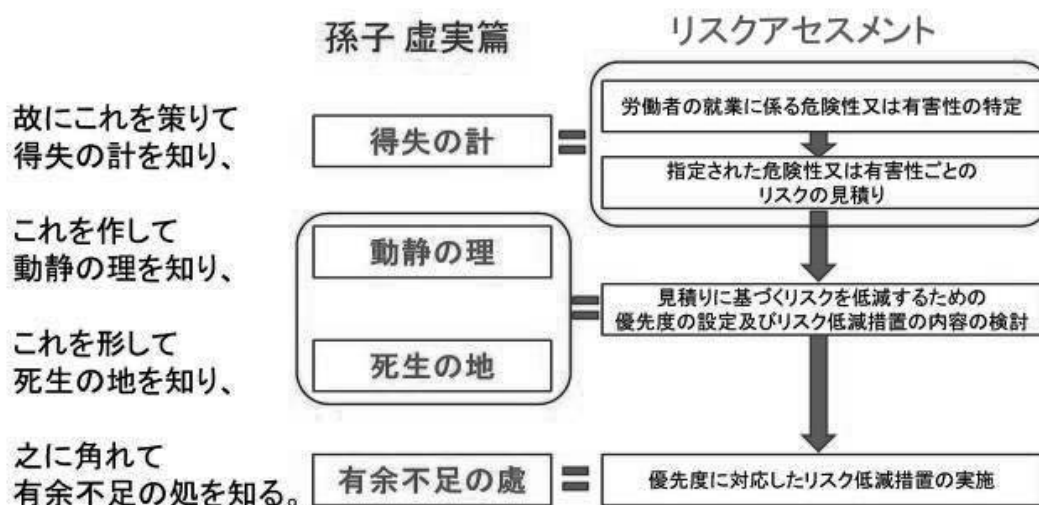


図 5-5. 「得失の計」の見える化（リスクアセスメント手順との対比）

次に、敵軍を刺激して動かしてみてもその行動の規準を知る「動静の理」と敵軍の態勢を把握してその敗死すべき地勢と敗れない地勢とを知る「死生の地」は見積りに基づくリスクを低減するための優先度の設定及びリスク低減措置の内容の検討に対応する。また、敵軍と小競り合いをしてみても優勢なところと手薄なところを知る「有余不足の處」は優先度に対応したリスク低減措置の実施に対応する。

このように手順を踏んでものごとを進めることの重要性は今も昔も変わりはないようである。

5-7. 形勢逆転(孫子・形篇・勢篇)²²⁾

「形 篇（一）」には「軍の形（態勢）」について次のように述べられている。

「孫子曰く、昔の善く戦う者は先ず勝つべからざるを為して、以て敵の勝つべきを待つ。勝つべからざるは己に在るも、勝つべきは敵にあり。故に善く戦う者は、能く勝つべからざるを為すも、敵をして必ず勝つべからしむること能わず。（後略）」また、「勢 篇（六）」には、軍の形（態勢）から発動する「戦いの勢」について次のように述べている。

「故に善く戦う者は、これを勢に求めて人に貢めず、故に能く人を扱ひて勢に任せしむ。勢に任ずる者は、其の人を戦わしむるや木石を転ずるが如し。（後略）」

ここでは、分かりくするために図 5-6 のように事故や品質トラブル発生時の対応手順と対比してみた。事故や品質トラブルが発生すると発生原因の調査と再発や未然防止対策の検討が始まる。この際、例えば、調査委員会のようなものが組織されるが、この組織は嘘をついたり、隠したり、辻褄合わせをするような組織であってはならず、公平かつ公正に真実が追求できる組織の態勢でなければならない。どのような問題にでも粘り強く対応できる態勢を整えることで初めて事故や品質トラブルの真の原因に近づくことができる。

そして、この組織の行動は、客観的事実によってのみ評価されるものでなければならない。ものづくりの現場では、例えば、5 ゲン（現場・現物・現実・原理・原則）主義や、

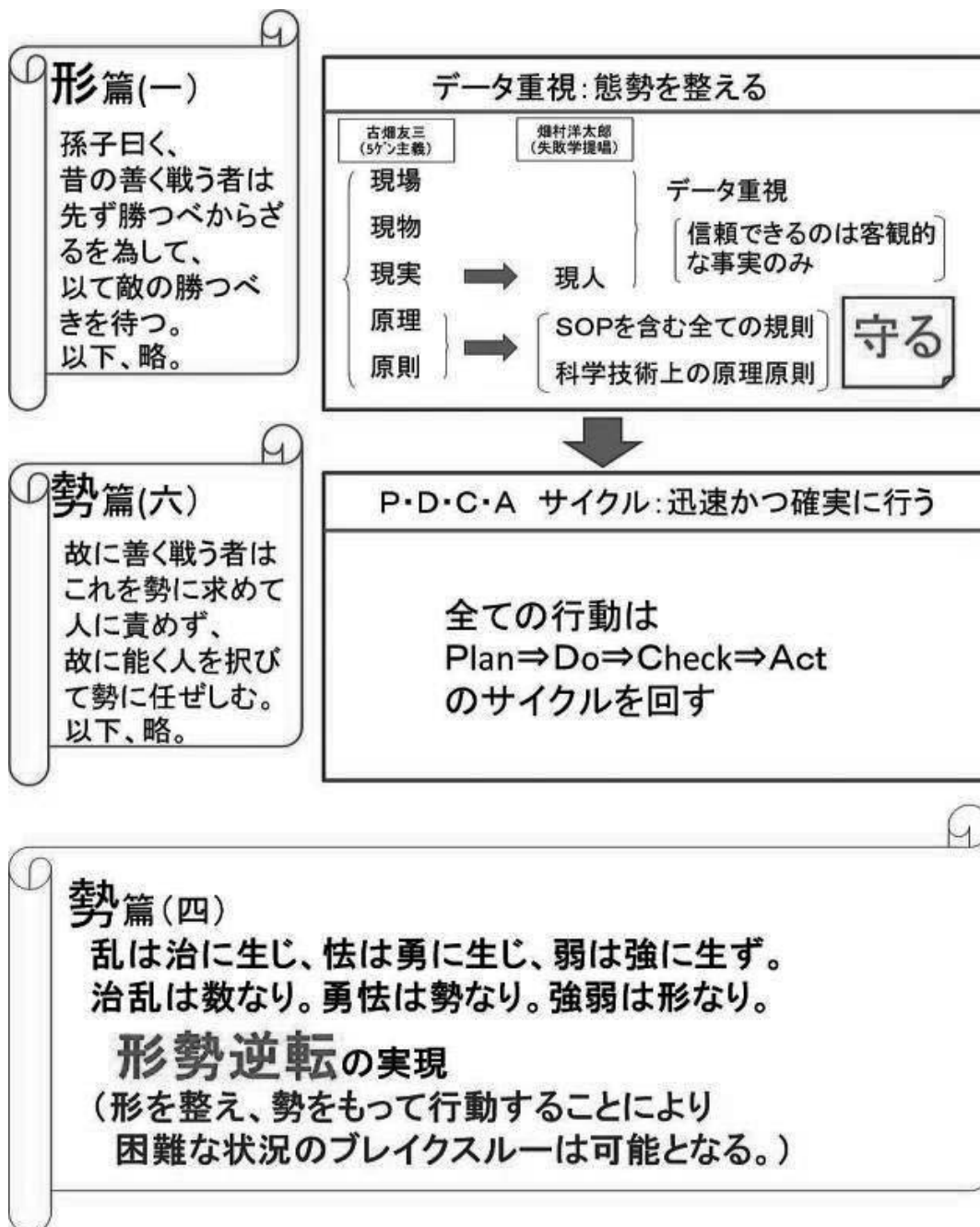


図 5-6. 「形勢逆転」の見える化（事故等処理手順との対比）

これに「現人」を加えて、発生原因に迫るが、信頼できるのは客観的な事実のみなので、迅速な情報収集が必要になる。また、真実に迫るすべての行動は、Plan⇒Do⇒Check⇒Act でなければならない。このような手順を踏むことで、あらゆるロスを少なくすることができる。真実に迫る行動の前途には多くの障害が立ちはだかるが、勢をもって行動することにより困難な状況のブレイクスルーが可能になる。形勢逆転のチャンスは飽くなき探求心をもって真摯に取り組む態勢にこそ巡ってくるのである。

5-8. 用間(用間の計)(孫子・用間篇)²³⁾

用間篇(一)では、間(間諜/スパイ)による情報戦争について、例えば、「間の使い方(情報入手の方法)」について述べられている。

「孫子曰く、凡そ師を興すこと十万、師を出だすこと千里なれば、百姓の費、公家の奉、日に千金を費やし、内外騒動して事を操るを得ざる者、七十万家。相い守ること数年にして、以て一日の勝ちを争う。而るに爵禄百金を愛んで敵の情を知らざる者は、不仁の至りなり。人の将に非ざるなり。主の佐に非ざるなり。勝の主の非ざるなり。故に明主賢将の動きて人に勝ち、成功の衆に出ずる所以の者は、先知なり、先知なる者は鬼神に取るべからず。事に象るべからず。度に験すべからず。必ず人に取りて敵の情を知る者なり。(後略)」

的確な情報を握り、それに基づいて対策を立て行動した者が勝利をおさめる。これは戦争に限らず、企業の競争においても同様であり、ものづくりの現場においても的確な情報を握ることは重要で、的確な情報を得ずに行動すればほとんどの場合、失敗するのではないだろうか。それ故、ものづくりの現場においては、人員削減による単純なコスト競争ではない安全と品質に関わる情報を得るための投資こそ求められる。

図5-7はものづくりの現場において変化する生産技術(技術者)と生産設備の一例を示したものである。生産技術は、開発、確立、維持、継承、見直しの段階を辿る。この間、技術

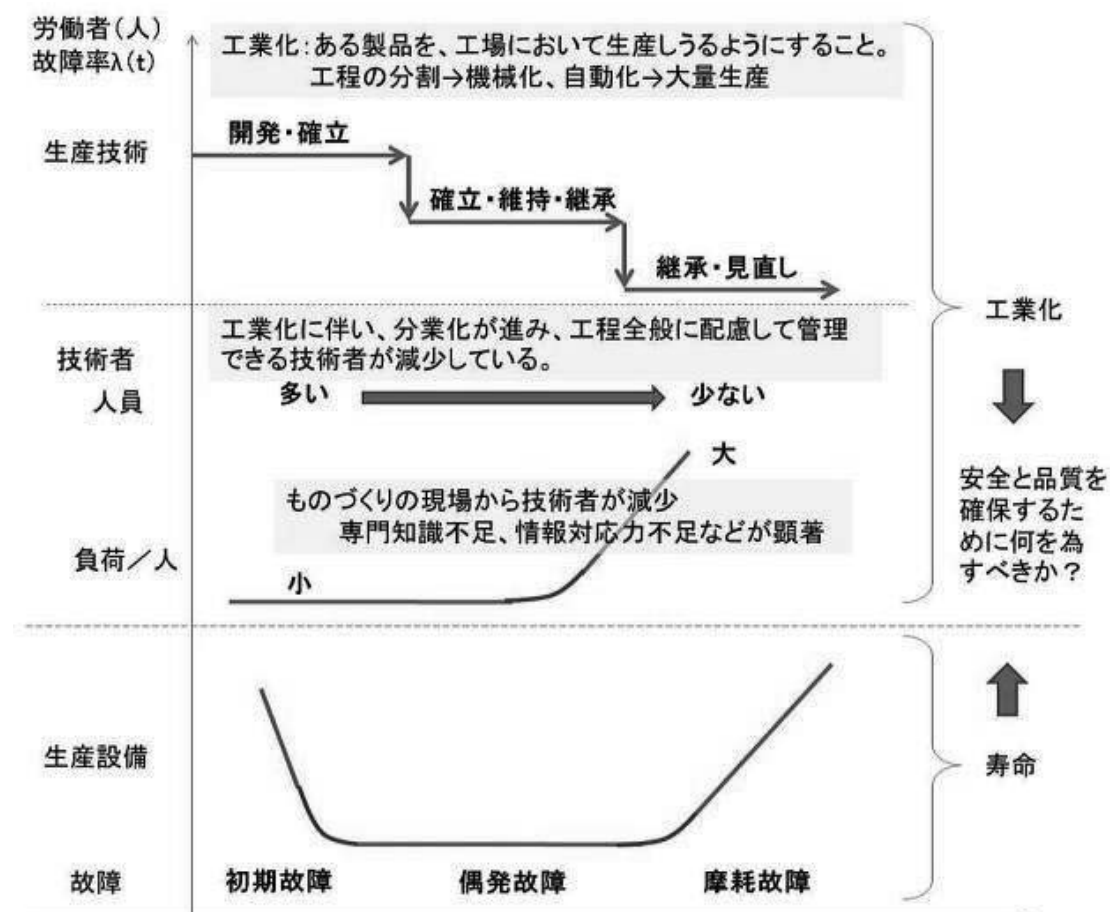


図5-7. ものづくりの現場における生産技術(技術者)と生産設備の変化

者は、製造ラインにおけるイベント（自動化設備導入、人員削減など）により、ものづくりの現場から離れ、新製品や新技術開発へと移っていく。このためものづくりの現場では、技術者の減少により、専門知識不足や情報対応力不足などが顕著になってくる。

一方、生産設備は初期、偶発、摩耗故障（バスタブ曲線）を辿り、老朽化が進行していく。

しかし、工程全般を見通し、製品品質を管理できる技術者の減少により、不完全な対応が増えてくる。このように技術者が減少し、製造ラインの老朽化（寿命）が進行する状況において、安全と品質の確保のためには、技術を標準化し、留意すべきポイントを明確化し、技術を継承すると同時に、製品や設備のライフサイクルを把握し、改善、改良を進めなければならない。

6. 結言

2011年3月11日の原発事故以降、「想定外」の声をよく耳にするが、「想定外」は決して免罪符にはならない。「想定外」を想定する努力をしない限り、事故や品質トラブルの再発を防止することはできない。想定する努力を放棄してしまったのでは話にならないのである。

点検の指示が無かったとか、点検対象に入っていなかったとか、言い訳をする前にやらなければならないことがある。それは辻褄合わせではない真の原因を追求することである。

例えば、点検対象に入っていなかったことを問題にするのであれば、点検対象に入っていないことに対する合理的な説明ができるか否かの検証が必要で、原因の追及が不完全のまま行われる対策ほど愚かなものはない。時間も金も無尽蔵では無いことを肝に銘じなければならない。

引用文献・参考文献

- 1) 原子力委員会ホームページ、<http://www.aec.go.jp/>
- 2) 古川元晴：日本機械学会誌 Vol.118、No.1159（2015）pp.350-351
- 3) 中條武志ほか：人間行動に起因する事故・トラブルの未然防止のための方法論の体系化最終報告書、日本品質管理学会(2002)p.13
- 4) 同上 p.14
- 5) 同上 p.45
- 6) 職場のあんぜんサイト、<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/>
- 7) 大関親：新しい時代の安全管理の全て、中央災害防止協会(2005) p.744
- 8) 同上 p.381
- 9) 同上 p.291
- 10) 塩見弘、島岡淳、石山敬幸：FMEA、FTA の活用、日科技連(2001)
- 11) James Reason：Managing the Risks of Organizational Accidents(1997)p.9
- 12) 同上 p.12

- 13) 安全の指標、中央災害防止協会(2012)
- 14) 清水久二、福田隆文：機械安全工学、基礎理論と国際規格、養賢堂(2000)p. 22
- 15) 金谷治 訳注：孫子、岩波文庫(1991)
- 16) 同上 pp. 19-22
- 17) 同上 pp. 27-29
- 18) 同上 pp. 126-128
- 19) 同上 pp. 73-76
- 20) 同上 pp. 84-85
- 21) 同上 pp. 68-69
- 22) 同上 pp. 43-45、58-59
- 23) 同上 pp. 146-148
- 24) JIS Z 8115、ディペンダビリティ（総合信頼性）用語(2019)pp. 34-38

上記以外の閲覧ホームページ・参考図書・参考文献

- ・ James Reason：Human Error(1990)
- ・ 草間秀俊、一色尚次、佐藤和郎、阿武芳朗：機械工学概論第3版、理工学社(1995)
- ・ 兼田禎宏、山本雄二：基礎機械設計工学、理工学社(1996)
- ・ 畑村洋太郎：失敗学のすすめ、講談社(2000)
- ・ 真壁肇：信頼性工学入門改訂版、日本規格協会(2000)
- ・ 阿部弘：失敗に学ぶ、徳島県技術士会報 Vol. 9(2001)p. 15～21
- ・ 阿部弘：失敗を活かす、徳島県技術士会報 Vol. 10(2002)p. 13～20
- ・ James Reason：Managing Maintenance Error(2002)
- ・ 阿部弘、失敗を防ぐ、徳島県技術士会報 Vol. 11(2003)p. 15～19
- ・ James Reason：The Human Contribution (2008)
- ・ 鈴木和幸：信頼性・安全性の確保と未然防止、JSQC 選書 19、日本規格協会(2011)
- ・ 阿部弘：その後の人間行動に起因する事故・品質トラブルの未然防止、徳島県技術士会報 Vol. 19(2011)p. 11～18
- ・ 阿部技術士・労働安全コンサルタント事務所ホームページ、<https://www.abecon88.com/>
- ・ 安全管理者選任時研修テキスト第7版、中央災害防止協会(2020)
- ・ 厚生労働省ホームページ、<https://www.mhlw.go.jp/index.html>
- ・ 内閣府ホームページ、<https://www.cao.go.jp/>