

設計業務を例とした品質及びリスクマネジメントシステムの組織的取組による経営リスクの低減と競争優位

前山 一登

キーワード：品質マネジメントシステム（QMS）、リスクマネジメントシステム、設計レビュー、専門技術者、見えざる資産、競争優位

1. はじめに

21世紀を迎え、経営を取り巻く環境に大きな変化が表れてきている。それは、外部環境に目を向けると、グローバル化市場の流れと国内内部環境ではベテラン社員の大量退職がある。また、情報技術の高速な進歩があげられる。

これまでの企業では、米国より導入されていた品質管理が昭和30年代の高度成長期に普及強化され、独自の発達を見るようになり、時代とともに、また、製品の高度化とともに、高品質の製品を供給し製品のトラブル撲滅に関して、一定の効果を挙げてきた。日本製品が低コストと高品質なるがゆえに欧米市場を圧巻しグローバル化と経済成長およびそれに伴う生活向上に寄与してきたのは周知の事実である。そして、品質管理は、品質管理の高度化の変遷により、経営トップを責任者とするQMS（quality management system）まで全社ぐるみで製品の品質向上に取り組んできた。これにより、製品の品質は製品が巨大化、複雑化、高度化してきたが、トラブルの減少に寄与してきた。

しかし、最近では製品の高品質化とは裏腹にヒューマンエラーでの重大事故も多く、それまでの航空機や原子力プラントなどの社会的影響の大きい製品ばかりのみでなく、国民の品質管理に対する高まりもあって一旦事故が起こると問題が大きククローズアップされる状況となっており、経営リスクともなっている。それゆえに、製品が巨大化した現在では、製品の品質性ばかりでなく、ヒューマンエラーが起こりにくい製品設計、製作システムが要求されている。従って、経営リスクを低減

するためには、高品質な製品と同時にヒューマンエラーを起こさないような製品を供給できるかにかかっており、とりわけ設計段階でいかに防止できるかにかかっているとと言っても過言ではない。

つまり、トラブルを未然防止し、設計開発で手戻りをなくすには、製品や製造工程の設計・計画がしっかり行われ、その設計・計画どおり製品が確実に出来上がる組織的仕組みを整備することが必要である。このことにより、経営リスクが低減されると同時に技術的差別化が図られ競争優位に寄与するものとなる。

本論文では、いかに製品の品質を向上させ、また、ヒューマンエラーを撲滅していくか、についての経営的視点での取り組みと企業組織の仕組みのあり方について、以下考察をしていくこととする。

1-1 経営リスクの背景とコントロールの必要性及び動向

品質の重要性とヒューマンエラーをなくす試みが必要となってきた背景をまとめると以下のような事項が考えられる。

- ① これまでは、一旦事故やトラブルが起これば個人の責任であり、個人の問題であるとする考え方が強かったが、しかし、システムが巨大化して来ている近年では、個人の問題というよりも、背後にあるそのような仕組みを構築していなかった、あるいは、こなかった組織、経営の問題、責任であるとの考え方がとられるようになってきた。従って、企業の組織の中でトラブルが生じないような仕組みを作ることが重要であり、まずは、フロントローディングをすることが必要であり、効果を発揮する。
- ② 我が国の産業自体が、高度成長期を経てバブル期を経て、近年では、成長が望めない時代となってきており、また、一方では、グローバル化が進み、どの産業でも競争が激しくなってきたり、必然的に中長期的視点でのコスト低減が求められている。これについては、省力化、IT技術の適用が図られてきつつある状況にある。
- ③ 企業も国際競争、競合他社との競争で疲弊しており、教育に時間とコストを掛けられない状況になってきているが、裏腹に競争に打ち勝つための即戦力の人材に対する要求は増している。これを増長するかのように近年では、ベテラン社員の大量退職と少子高齢化による人員の確保が困難となってきつつあり、事故を起こしやすい温床とのジレンマとなっている。

- ④ 高度成長時代より日本の産業を支えてきた現場に密着した高度技術を持つベテラン社員が大量に退職している時代となっており、ヒューマンエラーの問題も生じてきており、そういった中でいかに技術を伝承していくかが課題となってきた。従って、企業としても経営にとってのリスクマネジメントが必要となってきたおり、トラブルに強い組織を構築することが重要で、ここからイノベーションを起こし、競合他社に対し競争優位を確立することが求められている。
- ⑤ 一方でIT（Information Technology）などの技術革新の波とIoT（Internet of Things）の推進の機運が形成されて来つつあり、これらの技術を取り入れることにより、技術の体系化が可能となっており、今どこでも組織的にヒューマンエラーの低減やイノベーションを起こせる気運ができてきている。
- ⑥ 各社には、日報や過去のトラブル情報等、これまで蓄積されてきた多くの社内データが存在するが、それらのデータは、過去のそういった手書き情報から単なるワープロ化やDB化データとして、蓄積され存在しているのみで体系的にまとめられておらず、必要な時に必要な情報が引き出せない状況となっていることが多い。DB化のみでは、これまで使えないと言われてきたことが、AI（Artificial Intelligence）技術の進化により、ビッグデータとして明確化できるようになってきつつあり、暗黙知のマニュアル化への新しい動き、流れとなってきた。ただし、一見異なったトラブル情報を有効に再利用するためには知識の構造化が必要である。

以上のように経営リスクの背景とコントロールの必要性が高まってきているが、いままで製品システムの信頼性とヒューマンエラーにもとづくエラーは、別々のものとして扱われてきた。しかし、製品システムが巨大化し、また、製品に情報技術が取り入れられてきた現在では、巨大大事故につながることも多く社会的影響が大きいので、製品システムの信頼性を品質管理、品質マネジメントのもとで確実なものとし、それと同時にヒューマンエラーを起こさせない組織としての信頼性も同時に求められてきている。

そこで、次の2節では、品質管理およびヒューマンエラーがどのように導入され、現在に至るまでどのように高度化してきたのか、そして、今後あるべき方向性について、即ち、歴史的変遷について以下概観する。さらに、3節では設計段階で実施するリスクの解析、評価、対応に必要な品質管理及びヒューマンエラーの評価手法にはどのようなものがあり、どのように利用されているのかについて述べ、4節では、リスクをコントロールするためのリスクマネジメントシステムの概要と必要性について述べ、5節では、QMS及びリスクマネジメントシステムの取組み実施例として設計業務の場合の例を紹介し、そして、最後に6節のおわりにで本論文のまとめを示し締めくくる。

2. 品質管理及びヒューマンエラーの歴史

2-1 品質管理の歴史

製品・システムの品質は時代とともに向上してきたが、これはひとえに品質管理活動と信頼性向上活動の賜物であると言える。現在に続く品質管理活動、特に信頼性向上活動の起源は、それほど古いものではなく、第2次世界大戦時の米国での戦闘機に搭載された電子機器（真空管）の故障を減らす研究にルーツがあるが、ここでは、広義の品質管理がどのように変遷してきたのか、その生い立ちも含め以下に外観してみることとする。

(1) 品質管理と品質保証¹

品質管理（QC:Quality Control）は、米国で生まれ、米国で発展し、その後、日本に導入された手法である。

産業革命以前は、製品規模が小さく職人が材料入手から手作りで生産し、品質管理まで行っていた。また、製品の及ぼす影響も小さく品質がさしたる関心事ではなかった。しかし、産業革命による工業化と米国での大量生産のシステムの普及が、品質を重要事項なものとすると同時にそれまでモノづくり職人が行っていた分野を、作業が比較的訓練されていない人々にも行われるようになった。治具や型、電化された機械によって、複雑化された生産が、モノづくりは、経験を積んだ職人だけの分野でなくなった。そして、生産ラインの最後に行われる専門家による検査を意味する言葉として品質管理が使われた。

当時のQCは、製品を生産する工程で、科学的管理法の影響の下で、統計的プロセスコントロールを活用する概念を確立した。この段階の品質管理は統計的品質管理（SQC:Statistical Quality Control）と呼ばれる。

品質管理は、製造現場主体の活動、取り組みとみられていたが、その後、物つくりの前工程である設計部門や生産に直接関係ない人事、購買部門など、全部門を巻き込む全社的活動に発展していった。このような品質管理は、全社的品質管理（TQC:Total Quality Control）と呼ばれ、最近では、総合的品質管理（TQM:Total Quality Management）と呼ばれるようになってきた。

(2) 日本での取り組み²

¹ ジェームス・リーズン（1999）『組織事故』日科技連 P69, 70、および、山田雄愛、岡本眞一、綾野克俊（2004）『文科系のための品質管理』日科技連 P5~9 を参照した。

² 山田雄愛、岡本眞一、綾野克俊（2004）『文科系のための品質管理』日科技連 P5~9 を参照した。

戦前、日本の企業では、旧式なテーラーの生産管理方式が行われていたが、品質の良いものではなかった。終戦後、進駐した連合軍も、それまでの日本製品に対する評価は、よくなかった。いわゆる、「安かろう、悪かろう」というものであった。1946年には、民間団体の日本科学技術連盟（日科技連）が設立され、米国より指導者としてデミング博士が招かれ、日本国内企業に品質管理を普及する活動が紹介され展開されていった。なお、総合的品質管理（TQM：Total Quality Management）の進歩に功績のあった民間団体及び個人に授与されるデミング賞（Deming Prize）は、彼の名にちなんだもので1951年より毎年選ばれている。

表1 品質管理の歴史

	1940年代	～	1980年	～	2000年		
管理	QC (SQC)		TQC		QA	TQM QMS	ヒューマンエラー
手法	QCの7つ道具		FTA FMEA MTBF ³ MTTR ⁴ 稼働率 ⁵ SIL ⁶		新QCの7つ道具 デザインレビュー	トップマネジメント	EMEA De-bda therp ジョハリの窓
データ			Millstandard Handbook ⁷				NUREG1278 ⁸ Wash1400 ⁹
			デミング賞			ISO9000	
背景	第二次世界大戦 航空機						
製品	電子機器（真空管）					マイクロプロセッサ （コンピュータ）	

(出所) 筆者作成

そこで、デミングは、PDCAサイクルを考え、品質の継続的な改善を図らせた。その後、品質は、検査官によるラインの終わりの時点でコントロールされるものでなく、経営トップから現場作業員までの全員の協力で保証されるべきものである、とす

³ MTBFとは、平均故障間隔 (Mean Time Between Failure) の略語で、故障した機器が故障するまでに要する時間の平均間隔を意味する。

⁴ MTTRとは、平均修理時間 (Mean Time To repair) の略語で、故障した機器の修理に要する時間の平均値である。

⁵ 稼働率とは、アベイラビリティとも呼び、修理可能なシステムが、ある使用条件のもとに特定の瞬間に機能を維持している確率で定義される。稼働率をAとすると、BTBFとMTTRを使って、 $A = BTBF / (BTBF + MTTR)$

⁶ SILとは、Safety Integrity levelの略で、インパクト×発生頻度を検証し、規定にSIL以下となるようにリスク低減策を実施する安全設計方法の1つである。

⁷ MILは、米軍の規格であり、機器の故障率データハンドブックとしてMIL-STD-217Dがある。

⁸ NUREG1278:A, D. Swan, H. D. Guttmann: handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications, NUREG/CR-1278(1983)

⁹ Wash1400: u. s. atomic energy commission: reactor safety study, an assessment of accident risks in us commercial nuclear power plant, Wash-1400(1974)

る総合的品質管理（total quality control：TQM）活動が生まれ、産業界に普及した。それゆえ、品質管理というより品質保証（QA：quality Asuranssu）と呼ばれる。

日本では、日本人の特徴である勤勉さや村社会的集団的まとまりとあいまった日本企業の取り組みとして、小集団活動やQCサークルが活発化し、トヨタの看板方式など、独自の成長をもたらすこととなった。

以上のような品質管理に関する歴史を表1にまとめてみた。

（3）品質マネジメントシステム（QMS=quality management system）

現在の品質管理は、QMSであり、グローバル市場で企業活動を行う上では必須の品質管理システムである。QMSのシステムとして、ISO9000シリーズが運用されている。

ISO9000シリーズでは、製品、サービスの品質を向上させるためには、「業務プロセスの質」の向上が不可欠であり、これには、トップマネジメントと図1に示すようにプロセスアプローチによるPDCAサイクルを回すシステムの構築が要求される。ISO9000シリーズによるQSMシステムにより製品を製作している企業の製品は、品質が保証されているとみなされる。

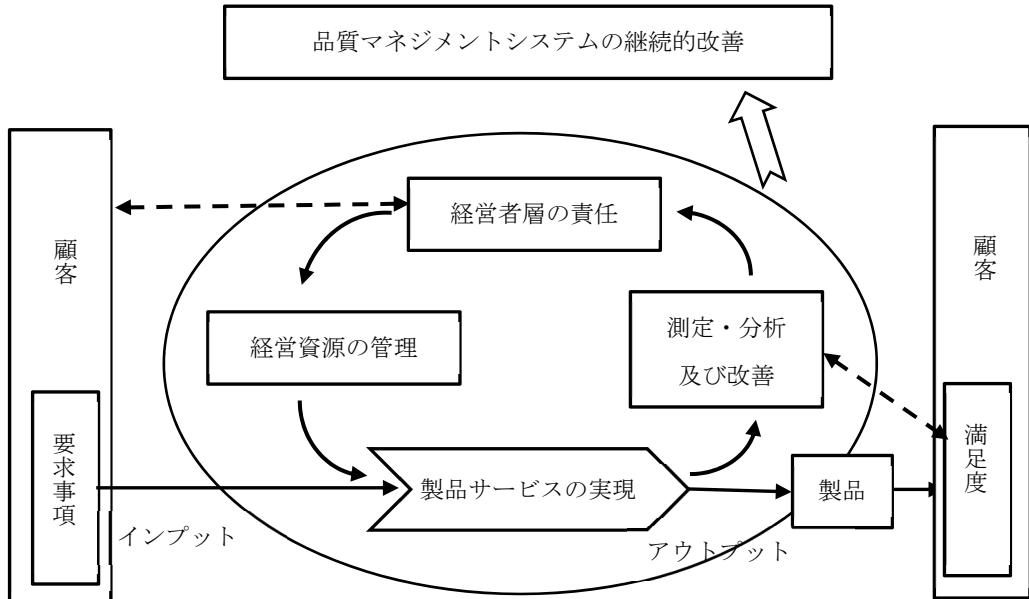


図1 品質マネジメントシステム

(出所) JIS Q 9001:2015(ISO 9001:2015)、JIS Q 9004:2010(ISO 9004:2009)

ISO9001では以下の8つの品質マネジメント原則を基礎としており、経営者は、これらの原則を組織の実績を向上させるために使用し、QMSの有効性は、アウトプットされた製品・サービスに対し、顧客満足や業績向上、クレーム減少などの監視指標で評価確認し、この結果は、次の製品・サービスのインプットデータとなり、継続してPDCAが回るようにしなければならない。

- ①顧客重視
- ②リーダーシップ
- ③組織の人々の参画
- ④プロセスアプローチ
- ⑤マネジメントへのシステムアプローチ
- ⑥継続的改善
- ⑦意思決定への事実に基づくアプローチ
- ⑧供給者との互恵関係

また、品質マネジメントとは、品質に関して、組織を指揮し管理するための調整された活動であり、以下の活動は品質マネジメントの一部である。

- ①品質方針・品質目標
- ②品質計画
- ③品質管理
- ④品質保証
- ⑤品質改善

2-2 ヒューマンエラーの歴史

ヒューマンエラー（HE：Human Error）に対する取り組みは、製品の品質向上とは、独自に発達してきた。以下にヒューマンエラー研究の歴史を見てみることにする。

2-2-1 ヒューマンエラー研究

これまでヒューマンエラーは、個人的側面や脳科学的側面から研究されてきた。

わが国でも昔の職人さんが「ケガと弁当は、自分持ち」と言っていたように、個人の不注意によるものとみなされた。それゆえに、個人の安全を守るために安全意識を

持ち安全作業に徹するように、「RKY」¹⁰「指差呼称」などが、多くの企業で取り入れられ、事故防止に貢献してきたのも事実である。

一方で、現場の取組と呼応して脳科学的側面から科学的に研究がなされた。

いくつか列記すると、以下のようなものである。

(1) ハインリッヒの法則

ハインリッヒは、1つの重大事故の背後には、29個の小事故があり、さらには、事故とはならなかった300ものヒヤリハットが存在することを明らかにした。

つまり、

1 : 29 : 300 = 重大事故 : 小事故 : ヒヤリハット

このことは、重大事故は、1/330の確率、即ち、1000件のヒヤリハット等のうちで重大事故が3件起こる確率を現わしており、この値は、日本でも古くから千三つなどと言われてきたものである。また、この値は、統計学の正規分布に対するシックスシグマ6σ¹¹ (±3σ (σ:標準偏差)) に相当する。

従って、多くの企業では、ヒヤリハットの経験データの収集に努めている。そして、そのデータを分析し、ヒヤリハットの背後要因となっている作業環境や作業条件、作業の単調性や習熟性、作業の理解度などから手順書や規則の見直し、および戦訓集や教育訓練を行いヒューマンエラーを防止する対策を講じている。

(2) 人間の脳心理学的研究

脳には大脳を活性化して、覚醒させたり、休息させ、睡眠までさせるアクセル系とブレーキ系があり、その力の兼ね合いで大脳の意識レベルは、決まるが、大脳が情報処理するときの信頼性も意識明解か、ぼけているかに依存している。表2は、意識の明度段階をフェーズ0からフェーズIVまでの5段階に分類し、それぞれの段階に対応する情報処理の信頼性を示している。

ヒューマンエラーは、意識レベルが「フェーズⅢ」では起きにくく、「フェーズⅡ」のときは「フェーズⅢ」に比べて起きやすい。また、「フェーズⅠ」や「フェーズⅣ」では、かなり煩雑にエラーが起きる可能性が大きい。

¹⁰ RKYとは、「リスクアセスメント(R)を行い、危険(K)を予知・予防(Y)する活動」で、作業者が自発的に危険予知活動を実施することを目的としている。

¹¹ 統計学では、標準正規分布の区間±σには、全体の68.3%が、同様に±2σには、全体の95.4%が、±3σには、全体の99.7%が含まれる。即ち、±3σ(6σ)より外れるのは、0.3%=3/1000の確率となる。

「フェーズⅢ」は、明快な意識、つまり、積極的に行動を展開するときであるので、うっかりミスを起こすことはほとんどない。しかしながら、フェーズⅢの人間の高いレベルの注意力、集中力は15分から30分しか続かない、と言われており、1日の合計でも2～3時間しか維持できない、とされている。

このように意識フェーズによって、エラーの形や頻度は、かなり異なるが、意識フェーズと行動の信頼性レベルを図2に示す。

表2 大脳の意識レベルの段階分け

意識レベルの段階分け				
フェーズ	意識のモード	注意の作用	生理的状态	信頼性
0	無意識、失神	ゼロ	睡眠、脳発作	ゼロ
I	準正常、意識ぼけ	不活発	疲労、単調、居眠り、酒酔い	0.9以下
II	正常、リラックス	受け身、心の内方に向かう	安静時、休息時、定例作業時	0.99～ 0.99999
III	正常、明晰	活発、前向き	積極活動時	0.99999以上
IV	緊張、興奮	一点に凝集、判断停止	緊張防衛反応、あわて→パニック	0.9以下

(出所) 橋本邦衛 人間安全工学 P94 中災防 1979 を基に筆者一部修正

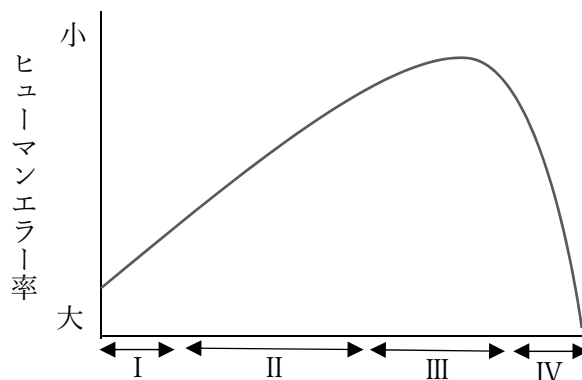


図2 意識フェーズと行動の信頼性

(出所) 橋本邦衛 ヒューマンエラーと安全設計 人間工学 17(4) 1981

2-2-2 ヒューマンエラー撲滅の取組

ヒューマンエラー撲滅の取組として、以下のような取組がなされ、ヒューマンエラー防止に効果をあげてきた。

(1) ヒューマンエラーリスクの低減

発生頻度の低減を図るもので、以下のような方法がある。

- ①故障やミスをしてでも 安全側に働き、直ちに危険状態に至らない設計
 - ・フェイルセーフ¹²、冗長性、多重化など
- ②誤操作を起こす確率を低減する設計
 - ・フールプルーフ¹³など
- ③隔離することにより誤操作を起こす確率を低減する設計
 - ・インターロック¹⁴、保護カバーなど

(2) 警報装置

危険状態に達する前に警報窓への表示やブザーなどの吹鳴装置により人間が異常状態にあることを発見しやすくし、危険回避行動を容易とするために設置する装置を警報装置という。

(3) 安全装置

事故を未然に防止する目的で設置し危険状態を早期に検出して遮断する設備で保安装置や防護装置、非常停止装置等がある。

2-3 人間-機械特性

(1) 人間の特性と機械の特性

一般的に時系列的に事故の発生頻度を時間の経過でグラフ化すると図3のような曲線になる。図3では、機械系と人間系の事故発生頻度の従来の傾向と近年の傾向とを破線と実線で示した。つまり、システムの開発直後は、人間系は訓練不足や不慣れによるミスなどにより、また、機械系も設計ミスや製品の初期故障などにより事故の発

¹² フェイルセーフ

機器や電気回路が故障した場合でもシステムとして安全側に移行するように設定することを言う。例えば、制御弁の駆動空気源が供給されない場合でのシステムとして安全側の開閉方法となるように設定し、異常時の事故を最小限となるようにする。

¹³ フールプルーフ

人間が操作ミスしないような機構、あるいは、不安全行為のできないような機構にする設計方式である。

¹⁴ インターロック

ある一定の条件がそろわないと次の動作が進まないようにロジックを構成し、誤動作を防止する機構のこと。

生頻度は高くなる。そして、人間系は運転員操作員の慣れとともにエラーは減少する。同様に機械系も時間とともに製品は安定し、故障は減少する。しかし、時間が経過すると、機械系は、システムが老朽化し、機器、部品などの疲労故障により、また、人間系では慣れや怠慢により、事故の発生頻度は高くなるということを示している。

しかも、現在においては、コンピュータを装備した複雑なシステムであることが多く、製品システムとしては多重化が図られ、部品も高品質化、長寿命化してきているが、人間が介在する監視や操作、あるいは事故時の対応等は、システムの高度化、複雑化と裏腹に、ちょっとした誤操作や装置異常時の対応のまずさで大事故が生じかねないものとなっており、経営リスクは増大してきている傾向にある。

近年の統計では、災害の約8割がヒューマンエラーによるものとされている¹⁵。

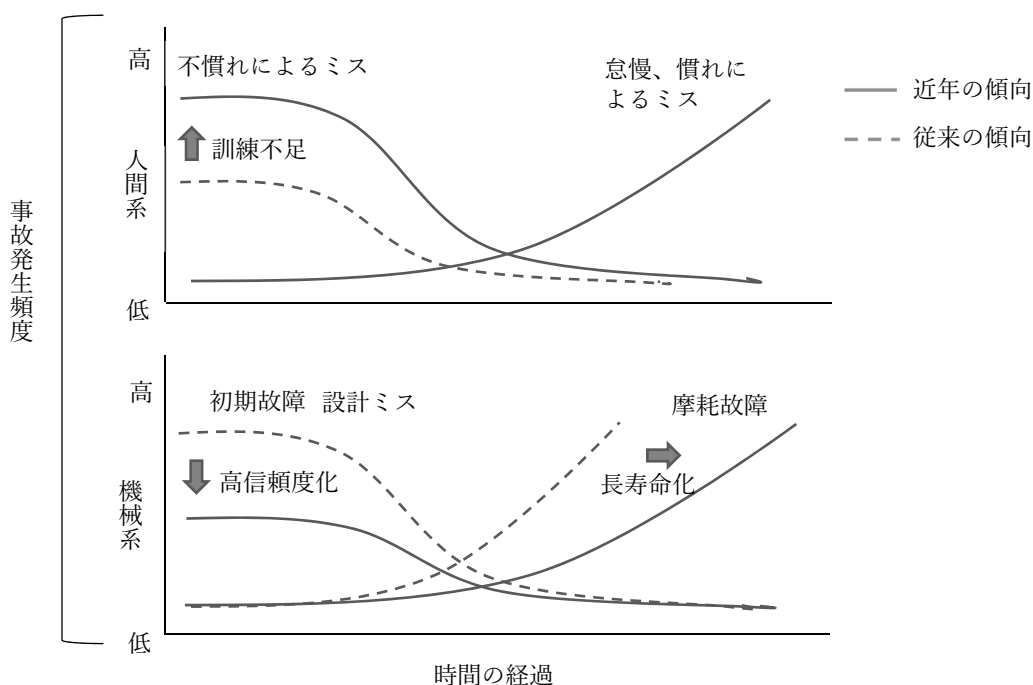


図3 機械系、人間系の事故発生頻度の変化

(出所) 柳田邦男 航空機事故 中央公論社 1975 を参考に筆者加工追記して作成

¹⁵ ジェームス・リーズン (1999) 『組織事故』日科技連 P63 に「80対20問題」として、ヒューマンエラー 80%、機器故障 20%と記述している。

従って、現代社会においては、製品に対する基礎教育のみでなく事故等を想定した体験学習を行うことや模擬シミュレータを用いた操作訓練を取入れて、ヒューマンエラーを防止する対策を行うことが事故発生予防に有効的に働き効果的であると考えられる。

(2) 人間と機械の組合せ

システムとしての信頼性を向上させるためには、人間と機械との組み合わせを考える必要がある。図4は、人間—機械系におけるフィードバック要素としての人間の役割を示した図で、自動化が、あまり取り入れられていなかった従来の制御監視システムであり、多くの判断とそれに基づく操作を人間が介在して実施していたものである。これに対し、図5は、制御ループから人間を排除した人間—機械系で自動制御系が取り入れられ、多くの判断とそれに基づく操作を自動制御系が実施し、人間は、システムの非常時や緊急時に介在するものとなっている。

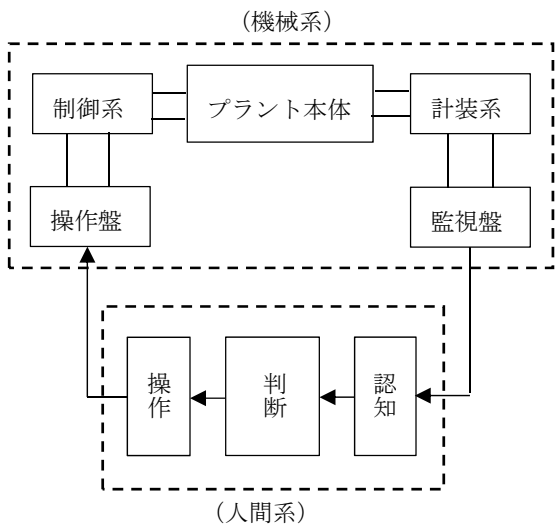


図4 人間—機械系におけるフィードバック要素としての人間の役割

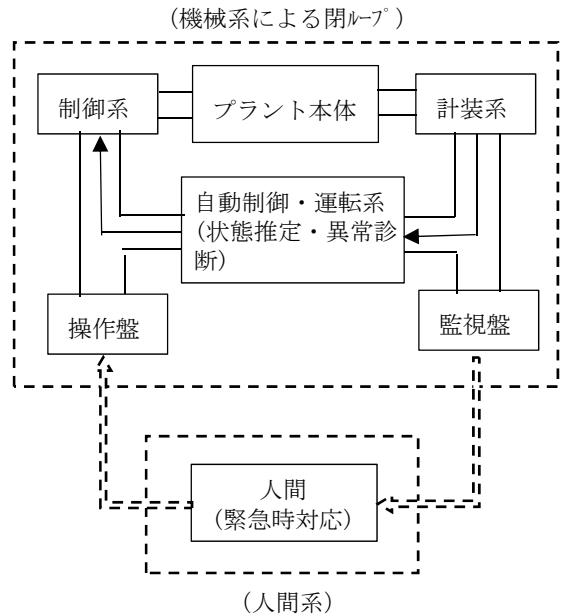


図5 制御ループから人間を排除した人間—機械系

(出所) 武田充司 人間—機械系としてみた原子力発電とヒューマンエラー 人間工学 Vol.17 1975 を基に筆者加工修正変更して作成

近年では、自動制御系は、アナログ制御からデジタル制御¹⁶へと進化し、あらゆる機能がソフトウェア（S/W）により処理され、システムも巨大化、複雑化してきている。それゆえに、コンピュータ化したシステムの理解や確率的に低い緊急時の操作に対する人間の負担は大きくなってきており、操作ミス等によるヒューマンエラーによるトラブルで巨大大事故が起こりうる要素も秘めており、経営リスクとなっている。このような自動化、巨大化されたシステムでは、マニュアルの整備や非常時、緊急時に備えた教育や訓練を行い、ヒューマンエラー防止の取組が重要になってきており、こうした経営リスクをコントロールし、経営リスクを低減するための組織としての対応、対策が必要となってきた。

2-4 人間—機械に関連する項目

(1) 3H（初めて、久しぶり、変更）

トラブルを分析すると、通常行っている設計や手配、製造などと比べて、3H（初めて、久しぶり、変更）のときにトラブルが多いという結果が得られている。従って、受注してきた業務を行うとき、3Hの場合は、特に注意を要する必要がある、フロントローディング、設計レビューの実施等、特に念入りに実施し、不適合を起こさないようにしなければならない。既設設備の改造である場合には、既設図面を信用するのではなく、特に現地調査を実施し保有する図面との差異、相違はないか等の a s b u i l t 確認を行って、それをまず図面に反映し、そこから初期設計をスタートさせることが大切である。

(2) 安全工学¹⁷

安全工学は、機械設備等のシステム事故や災害を起りにくいようにする、安全性を追求、改善する工学の1分野であり、航空機事故や原子力発電所などの巨大大事故等が発生してきた20世紀後半にそれらの調査から安全工学も発展してきた。分析法も時代とともに変化してきており、最近では、組織事故と安全文化の劣化、平時における「組織としての学習（フィードバック）システムの確立」が重要となっている。

¹⁶ マイクロプロセッサを保有した制御でコンピュータが判断し操作をする制御系である。最近では、I o t（Internet of Things）が政府主導で進められ、いろんな分野でA I（Artificial Intelligence）が取り入れられてきつつある。

¹⁷ 安全工学： <https://ja.wikipedia.org/wiki> を参照した

(3) 失敗学

畑村洋太郎が、提唱したもので比較的新しい学問である。

「失敗は成功の母」と言われるように、失敗学では、過去の失敗に学び、同じ愚を繰り返さないようにするためには、どうすればよいか、を考える学問である。そのためには、原因を究明し、失敗防止のために、小さな失敗が次の大きな失敗を起こさないための軌道修正の働きをし、次の成功へと転化させていくようにすることである。さらに、こうして得られた知識を社会に広め、他でも似たような失敗を起こさないように考える。ものである。

(4) 最近の研究動向

2-2節で述べたように、これまで個人レベルでの研究、対策については広く議論されてきた。ここでは、エラーマネジメントの問題点と最近の研究動向として、残されたタスク、作業現場、組織の3つのレベルについて、最近の組織事故の作業現場と組織レベルでのエラー誘発要因を明らかにし、矯正するための事前手法としてトライポットデルタを紹介しておく。

① エラーマネジメント

エラーマネジメントには、エラーの削減とエラーの封鎖という2つの要素があるが、今までのほとんどのエラーマネジメントでの対策は、その場限りであり、計画的に対策しているものではなかった。即ち、原理を理解した上での予防的処置というより対処療法的で時にはイベント的なものであった。エラーマネジメントの問題点として整理すると以下のようなものであり、なぜエラーが起こったのか、その機器の原理や組織に対する根本原因を理解して初めてエラーの再発を防止できるものである。

- ・潜在的エラー、即ち、次に起こるであろうエラーを予測したり防止する事より、直前に発生したエラー対策に「躍起」となっている。
- ・エラーの発生に寄与した状況要因より人間そのものに注目している。
- ・ヒューマンエラーは、原因というよりも結果であり、エラーはその上流にある作業現場や組織要因によって形作られ、引き起こされたものである。

このようなエラーマネジメントの手法としては、3節で述べる手法等があるが、ここでは以下のトライポットデルタの例を示しておく。

② トライポットデルタ¹⁸

¹⁸ ジェームス・リーズン (1999)『組織事故』日科技連 P187~197 を参照した。

石油探索、生産事業のために開発されたもので、図6に示すように、全体が「三脚」で構成されている。

右下の「脚」、即ち、不安全行動と左下の「脚」、即ち、事故、故障、損失のそれぞれの段階において以前から対処してきた必要な安全管理のやり方に3つ目の最も重要な「脚」、即ち、一般的故障タイプの測定と管理を加えたものである。

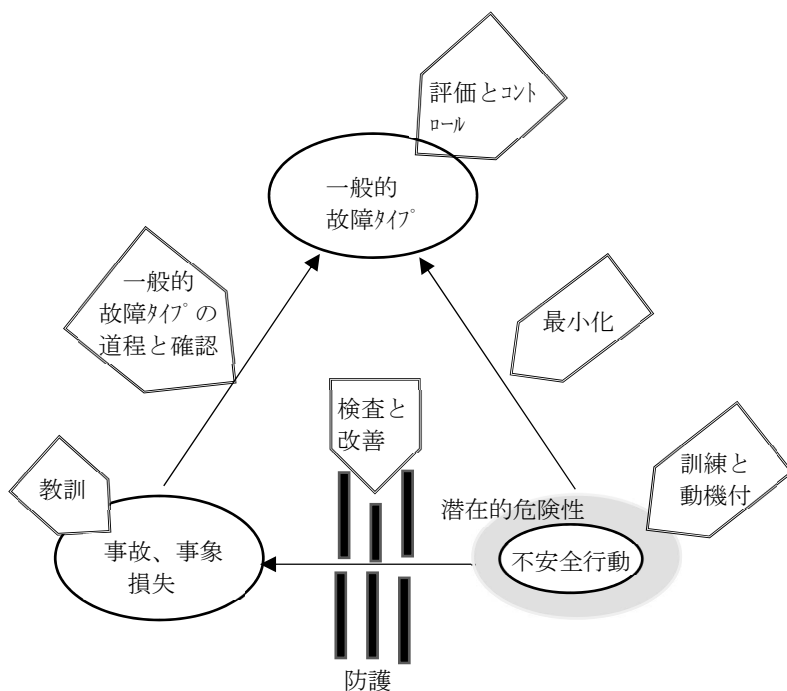


図6 トライポットデルタの3本の足

(出所) ジェームス・リーズン (1999) 『組織事故』 P189 日科技連

つまり、右下の「脚」は、潜在的に危険な環境での不安全行動でのパフォーマンスであり、安全管理に関する昔からの問題を現わしており、時には、これが防護の壁を壊し、望ましくない結果をもたらす。以前は、ほとんどの対策が、このトライポットの下部の2つの「脚」に対処するものであった。人々が安全に働くように訓練し、モチベーションを向上させる努力が活発に行われた。防護は、定期的に点検され改善され、発生した事象については、再発を防ぐために調査が行われた。そして、左下の「脚」から一般的故障タイプにつながる矢印で示されるように、一般的故障タイプは、過去の事象に関連した再発性の潜在的原因から、その一部が明らかにされる。ま

た、一般的故障タイプから右下の「脚」につながる矢印で示されるように、一般的故障タイプは、次々に不安全行為の発生を促進、あるいは、その影響を悪化させる条件を作り出す。

一般的故障タイプの性質、評価、管理について以下記述する。

トライポットデルタは、一般的故障タイプの有無とその程度を評価するための業種別の指標あるいは兆候によるチェックリストがあり、中核となる仕事を実際に行っている専門家によって作られ、経験を共有する仕組みである。

一般的故障タイプのプロセスと一般的故障タイプの関係、およびエラー誘発条件につながる一般的故障タイプが複合した場合の影響について図7に示す。

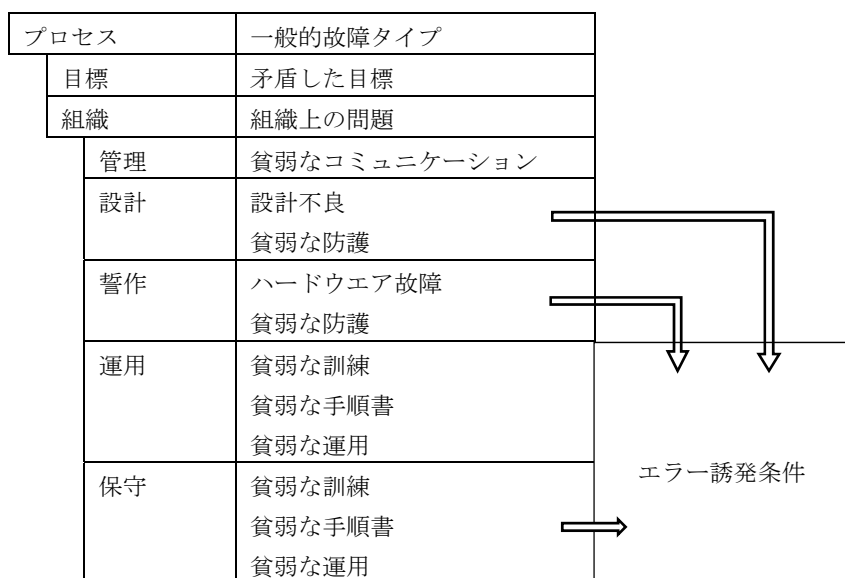


図7 基本的なプロセスと一般的故障タイプ関係及びエラー誘発条件につながる一般的故障対応が複合した場合の影響

(出所) ジェームス・リーズン (1999) 『組織事故』P192 日科技連

3. 評価手法

評価手法は、製品品質やヒューマンエラーをコントロールするのに直接的、間接的に関係する。製品品質の向上やヒューマンエラーの撲滅には、適切な手法を用いて解析、評価することにより製品品質の向上やヒューマンエラーの撲滅に生かせるものである。本論文は、手法の紹介が目的ではないが、設計段階で有用であり、5節の設計

業務での品質及びリスクマネジメント取り組み事例で手法を記載しているので、ここでいくつかの手法を紹介しておく。

3-1 品質の信頼性評価手法

信頼性解析には、いろいろな方法があるが、設計段階でシステムの信頼度の解析、予測、評価をする最も普及した一手法として、F T A (Fault Tree Analysis) や F M E A (Failure Mode and Effect Analysis) / F M E C A (Failure Mode Effect and Criticality Analysis) がある。いずれもシステムや製品開発の開発・計画あるいは設計変更等において稼働中に起こりうる故障を予測し具体的な対策を前もって講じようとする信頼性手法である。そして、双方を適切に組み合わせて実施することが各々単独で行うより効果的であり、一般的には、F M E A を実施し、問題点を明確にし、それらの中で致命的な故障や人身事故につながる事象について、さらに F T A を実施し発生経路や原因を追求し対策を講じる方法がとられる。以下に F T A と F M E A / F M E C A 手法について記述する。

(1) F T A

システムの信頼性を総合的視点より検討する場合、F T A が有効である。

F T A とは、「故障の木解析」とも呼ばれ、システムによって好ましくない事象、即ち「頂上事象」を設定し、その原因となる各部分の故障を順々に樹木のような形に結びつけた線図を作成し、システムの故障を引き起こす原因を順次求めていくもので結果を与えて要因を導き出すものである。

さらに、F T A では、「頂上事象」に対する出現確率を、原因事象を起点とする発生確率のデータからブール代数を用いて順次下位事象の発生確率を組合わせて理論的に計算できる点である。データとしては、企業で蓄積されたフィールドデータを利用するか、公表されている適切なデータを見つけ出すか、あるいは、あらためてフィールドデータを収集するかが必要となる。

懐中電灯が不点灯の場合の F T A の例を図 8 に示す。

また、F T A は、機器・システムの信頼性解析に従来より使われてきたが、人間の信頼性についても、同じように、この手法により評価が可能である。

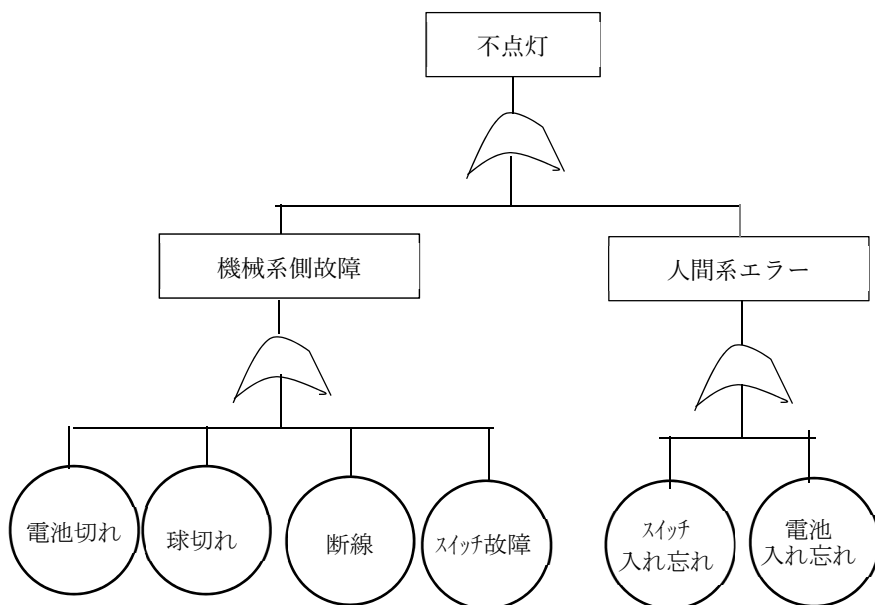


図8 FTAの例

(出所) 小松原明哲 ヒューマンファクターズの論理と方法 Vo161.No.6 P207 (2017)
を基に筆者一部追記及び修正

(2) FMEA/FMECA

F T Aがシステム構成の上から下に向かっての演繹的な展開によりシステムの信頼度を解析する手法であるのに対し、F M E Aは、システム構成の下から上へ向かっての帰納法的な展開によりシステムの信頼度を解析する手法である。この手法は、システムを構成する構成部分（コンポーネント）の潜在する不具合がシステム全体に及ぼす影響の重要度又は致命度を定性的に明確にするものである。

また、F M E C Aは、F M E Aが定性的手法であるのに対し、発生度（発生頻度）、影響度（影響の厳しさ）及び検出度（検知難易度）にそれぞれ評点を与えて、その積で表した総合評点で致命度の格付けを行う場合が多く、定量的な信頼性データがなくても問題点を抽出できる可能性があることである。表3にF M E C Aの例を示す。

表3 FMECAの例

ユニット：電装ユニット
 対象機種：XX
 作成日：〇年〇月〇日
 部位：冷却ファンアッセンブリ
 担当部署：〇〇設計部
 担当者：〇〇 〇〇

アイテム	機能	故障モード	故障影響	故障原因	影響度(対策前)				対策の検討		対策実施とその結果
					影響の厳しさ	発生頻度	検知難易度	致命度	対策内容	担当部門 実施期限	
冷却ファン BRG	・ファンシャフトの回転保持 ・振動がなく静かである。	BRG ホールかじり	冷却ファン停止 ⇒電装ユニット 高熱による動作不良	・BRG 潤滑剤劣化 ・BRG 転動面への異物混入 ・BRG 偏荷重大 ⇒BRG ハウジング部変形	3	3	3	2 7	・BRG 封止構造をXXにする ・評価方法を変更し、XXに基づく高温連続負荷試験での確認	設計 〇月〇日 実験 〇月〇日	・封止構造試験を実施 ・試験合格 (報告書 XX 参照)
		BRG 腐食	BRG 内部から異音 ⇒設置場所 で異音クレーム が出る	・BRG 部への水や腐食性物質の侵入 ⇒メンテの洗浄不良 ⇒環境温度が高い	2	3	2	1 2	評価基準 XX に基づく高温高湿試験での確認	実験 〇月〇日	試験合格 (報告書 XX 参照)

(出所) 構造化知識研究所 http://www.ssm.co.jp/preventive/fmea_fta.html を基に一部加工

3-2 ヒューマンエラー評価手法

(1) ジョハリーの窓の応用

ヒューマンエラーについて、1つ1つの具体的事象を分析し、「管理」という観点から分類し、これによって事実を正しくつかみ、その結果を集計して未然防止の対策を立てるのが目的である。

ジョハリーの窓は、ジュセフ・ルフト等によって人と人との相互のコミュニケーションを分析するために考え出されたものである。この考え方を日常起こる様々なヒューマンエラーの評価手法として応用し「ジョハリーの窓の応用」と呼ぶものである。この手法は、人または部署というセクションが相互に関係し、その中で欠陥が生じているという観点でとらえ、欠陥の出ない正しい方法(知)とその方法を確実に実行する(行)という要素についてセクションごとに評価し、そのセクション相互関係の重要な欠陥原因を抽出し、ヒューマンエラーをなくす対策や効果を推定するヒューマンエラー評価手法である。

ジョハリーの窓の応用の基本形を図9に示す。ここで、X、Yは、日常の仕事を進めていく上で相互に関係する人または部署を示す。また、窓の表示についての定義は以下である。

- ① 「A」 枠は、「欠陥の出ない正しい方法が確立されていて」その方法を全員が知り、かつ100%実行している状態であり、原因、対策を検討する必要はない。
 - ② 「B」 枠は、「欠陥の出ない正しい方法が確立されていて」その方法を全員が知っているが、実行していない状態
 - ③ 「C」 枠は、「欠陥の出ない正しい方法が確立されているのに」本来それを知っていなければならないX、Yのどちらか片方が知らないという状態
 - ④ 「D」 枠は、「欠陥の出ない正しい方法が確立されておらず、そのため誰も知らないという標準方法未定の状態」
- ヒューマンエラーを是正するために必要なアクションは、B、C、D枠を全てA枠化することであり、そのための改善活動を実施することになる。

		X		不知
		知	不知	
Y	行	行	不行	
	不行			
知	行	A	B	C
	不行	B	B	C
不知		C	C	D

X、Yの例

X	設計	自工程	営業部門
Y	製造	前工程	生産部門

図9 ジョハリの窓応用基本形
(出所) 筆者作成

(2) EMEA (Error Mode and Effect Analysis)

機器・システムの信頼性解析に従来よりよく使われているFMEA手法を人間の信頼性解析用にアレンジしたものである。一連の作業について、人間の作業を基本的な単位作業に分類し、作業分析表(EMEA表)に単位作業ごとに考えられるヒューマンエラー項目を掲げて、そのエラーの検出能力、検出後の処置時間について、大、中、小、あるいは、点数による5段階や10段階などの評価を行い、この評価により重要なエラーを抽出する。

なお、定量的評価まで実施するのが一般的であるが、定性的評価のみとする場合もある。また、作業要素は、主要な作業のみでなく、付随的な作業についても行き、もうこれ以上説明できないレベルまで作業を分解することが大切である。そして、改善

策の立案にあったては、それを起こした本人の直接的な行動のみでなく、本人を取り巻く4M (man、machine、media、management) の背後要因に分類して対策を立案する必要がある。

EMEAの例を表4に示す。

表4 EMEAの例

作業ステップ 2 内部ケーシング上半部取付						参照図面											
作業名	作業内容	作業時間	作業人員	環境	対象部品名	HE内容		HE原因	機能への影響因子		作業安全絵の影響		HE検出方法		検出後の処置		重要度ランク
						内容	可能性		影響因子	重要度	影響	重要度	方法	能力	処置	時間	
吊り上げ移動	内ケーシング上半部にアベルト(2個)を取り付ける	0.5	2		アベルト	アベルトの選び間違い	小	不注意	-	-	怪我	大	当該作業でわかる	大		小	
	リ付を取付水平に吊り上げる	0.5	3		リ付ケーブル	アベルトの締付不足	小	不注意	-	-	怪我	大	当該作業でわかる	大		小	
	リ付を取付水平に吊り上げる	0.5	3		フック	フックの安全ピンを忘れ	少	不注意	-	-	怪我	大	当該作業でわかる	大		少	

(出所)「軽水炉改良技術確性試験等に関する調査報告書」発電設備技術検査協会 1986

(3) Therp (Technique for Human Error Rate Predication) と De-BDA (Detail Block Diagram system Analysis)

両者とも、ヒューマンエラーの定量的評価手法である。

Therpは、米国サンディヤ研究所のスウェイン等によって開発、改善された手法である。基本的には、イベントツリー手法をヒューマンエラー評価手法に適用したものである。

Therpでは、一連の作業について人間の作業を基本的な単位作業に分類し、単位作業ごとに「成功」「失敗」に分岐させ、これらを作業順に連結して作業全体を表し、その単位作業ごとに「成功」「失敗」の確立を与えることによって、一連の作業全体の「成功」「失敗」の確立を与える。

Therpの基本的な記述例を図10¹⁹に示す。

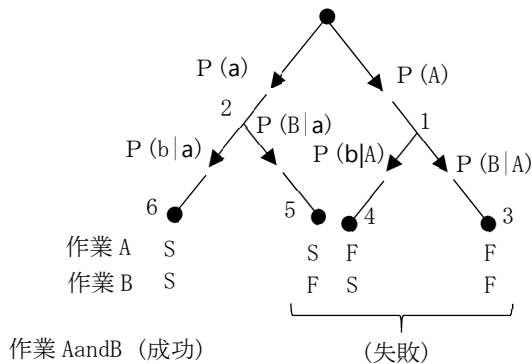
De-BDAは、Therpの応用形として作成された手法であり、Therpと同様に人間が行う作業シーケンスの定量的信頼度評価を目的としたもので、作業シーケンス上で成功するためのパスを追っていく事によって、作業シーケンスの成功確

¹⁹ 図10では、直列型、すなわち、作業A、作業Bともに成功した場合、一連の作業が成功である例を示したが、並列型、すなわち作業A、あるいは、作業Bのどちらかが成功した場合、一連の作業が成功である場合もある。この場合、図10で3が失敗、4、5、6が成功となる。

率、失敗確率を求めることができる。具体的には、一連の作業について人間の作業を基本的な単位作業に分類し、単位作業ごとに「成功」「失敗」に分岐させ、これらを作業順に連結して作業全体を表し、その単位作業ごとに「成功」「失敗」の確立を与えることによって一連の作業全体の「成功」「失敗」の確立を求める。

De-BDAの基本構造例を図11に示す。

この作業手順は、①Aの作業を行う。②次にBの作業を行う、という順序で行われるとし、Aの作業とBの作業がともうまくいったときのみ、この作業がうまく完遂されたとする、直列型の例を示す。



- P (a) : 作業Aに成功する確率
- P (A) : 作業Aに失敗する確率
- P (b) : 作業Bに成功する確率
- P (B) : 作業Bに失敗する確率
- P (b|a) : 作業Aに成功した後、作業Bに成功する確率
- P (B|a) : 作業Aに成功した後、作業Bに失敗する確率
- P (b|A) : 作業Aに失敗した後、作業Bに成功する確率
- P (B|A) : 作業Aに失敗した後、作業Bに失敗する確率

図10 Therpの基本的な記述例

(出所) A. D. Swain, H. E. Guttman : NUREG/CR-1278(1983)を参考に筆者作成

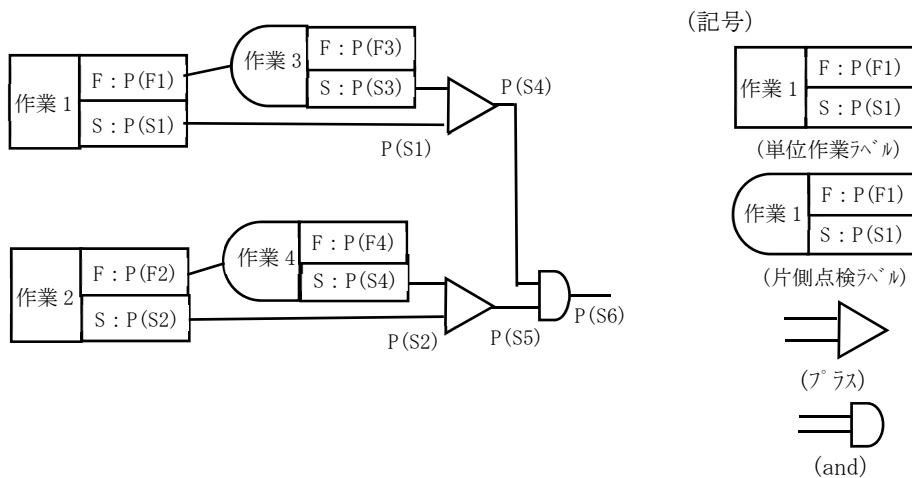


図11 De-BDAの基本的な記述例

(出所) 筆者作成

3-3 人間機械システム評価手法

(1) なぜなぜ分析

なぜなぜ分析とは、ある問題とその問題に対する対策に関して、その問題を引き起こした要因(『なぜ』)を提示し、さらにその要因を引き起こした要因(『なぜ』)を提示することを繰り返すことにより、その問題への対策の効果を検証する手段である。なぜなぜの回数は、5回程度は実施するのが良いとされている。

なぜなぜ分析の例を表5に示す。

表5 なぜなぜ分析の例

なぜ(事象)	なぜ1	なぜ2	なぜ3	なぜ4	対策
機械が止まった ⇒ 過負荷が発生	なぜ過負荷が発生したのか ⇒ 軸受け部の潤滑が不十分	なぜ十分に潤滑しないのか ⇒ 潤滑ポンプの軸が摩耗	なぜ摩耗したか ⇒ 切粉が入っていた	なぜ切粉が入ったのか ⇒ 濾過器がついていない	発生系対策 ⇒ 濾過器設置
—	—	—	—	なぜ切粉が入ったのか ⇒ 清掃点検基準なし	流失形対策 ⇒ 総点検基準作成、運用

(出所) 匠の知恵 <http://takuminotie.com/blog/quality/> を表形式に筆者加工

(2) 特性要因図分析

特性要因図とは、要因(原因)と結果の因果関係を整理してわかりやすく表示するための図である。原因と結果との関係が、うまく整理できれば、解決すべきいろんな問題の対策を立てるのに効果的なのはである。

一般的な特性要因図では、右端に特性を記入し、その原因と考えられる要因を矢線の元に記入し、さらにその要因の原因と考えられる要因を細い矢線の元に記入し、これを繰り返す。

特性要因図を作成するときには、問題となっている特性の要因(原因)を考えるうえで有効な4Mなどの区分を大骨に記入し、さらにその原因を中骨、小骨に展開記入していくようにする。図12に特性要因図の例を示す。

特性要因図は、結果に対する要因(原因)を抽出するための手法であり、抽出された要因(原因)に対しては、防止対策を検討する必要がある。

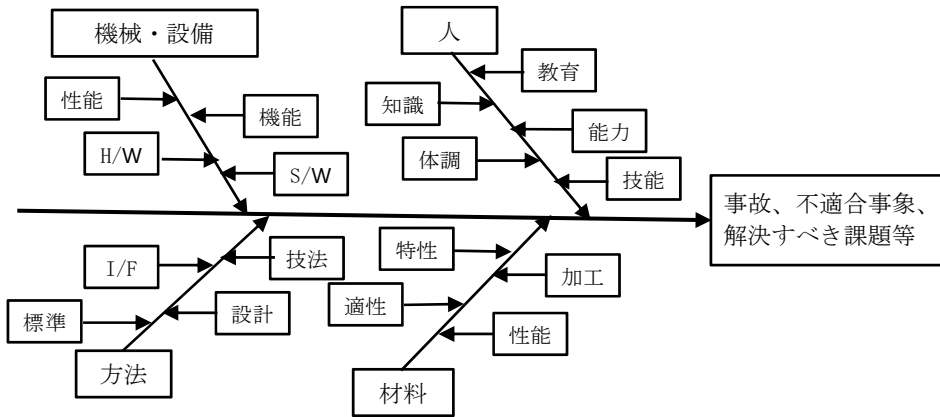


図 12 特性要因図の例

(出所) 筆者作成

4. リスクマネジメント

現代企業における企業活動では、不適合を起こさないように、製品品質を高めると同時にヒューマンエラーを起こさないような取り組みが必要である。このためには、内在するリスクを見極め、そのリスクを分析・評価し、対策を行い、その一連のサイクルを継続的改善として継続していくことが必要である。このようなリスクマネジメントに関する国際規格として、ISO 31000が2009年に制定された。以下に国際規格ISO 31000の概要を記載する。

4-1 国際規格ISO 31000

リスクマネジメントの国際規格ISO 31000が2009年に発表された。ISO 31000の「枠組み」では、PDCAサイクル、すなわち、「計画 (Plan)」、「実行 (Do)」、「監視、評価 (Check)」、「是正、改善 (Action)」のマネジメントサイクルに当てはめて、リスクマネジメントを提示している。

また、「リスクマネジメントのプロセス」について、「組織状況の確定」「リスクアセスメント」「リスク対応」という流れと、各段階に「コミュニケーション及び協議」、「モニタリング及びレビュー」がかかわりあうという形をとっている。

図13と図14にISO 31000のリスクマネジメントの枠組みとリスクマネジメントプロセスを示す。

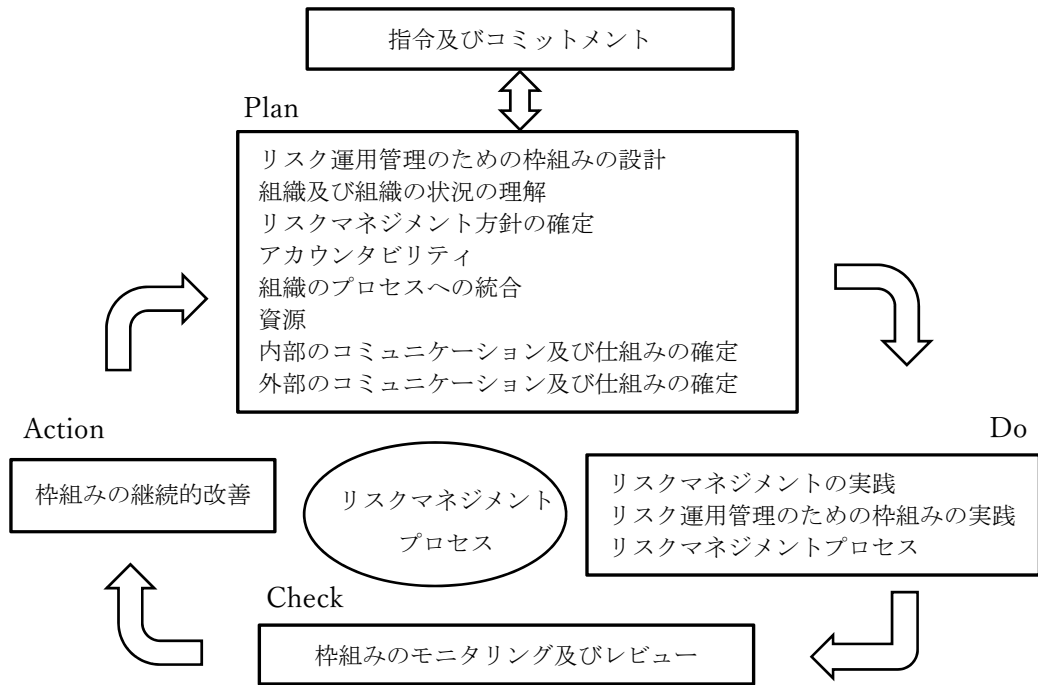


図 13 ISO 31000によるリスクマネジメントの枠組み

(出所) JIS Q 31000:2010 (ISO 31000 : 2009) による「リスク運用管理のための枠組みの構成要素間の関係」を筆者にて一部加工

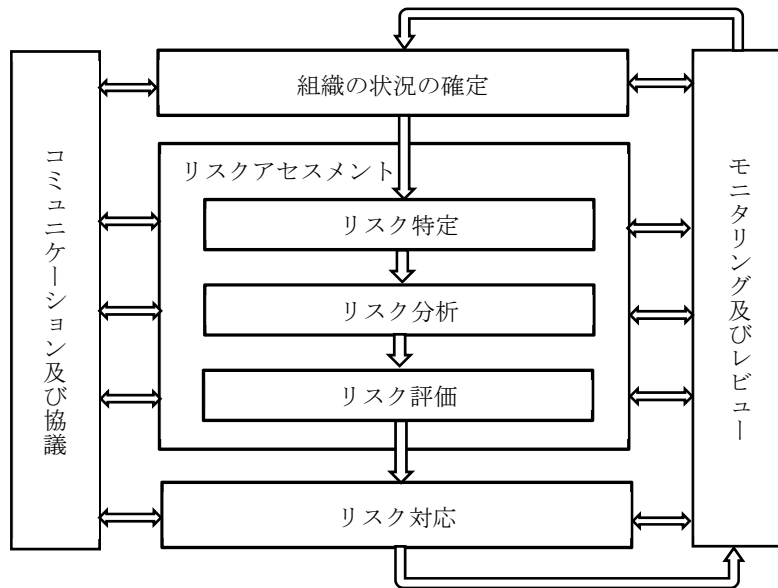


図 14 ISO 31000によるリスクマネジメントプロセス

(出所) JIS Q 31000:2010 (ISO 31000 : 2009)

4-2 リスクマネジメントに必要な知識

(1) トラブル予測・未然防止に必要な知識²⁰

リスクマネジメントに必要なリスクを特定、分析、評価し、対策するためには、設計者（広義には技術者も指す）として、以下の事項が必要である。

①設計者は、設計仕様に関係する技術領域におけるトラブルに関する知識を持っておく必要がある。トラブルに関する知識がなければ、何も気づくことができない。無知ではトラブル予測はできない。また、設計計画を進めている具体的なアイテムにおいて、そのアイテムが具体的にどのようなトラブルに関する特徴を持っているのか把握できなければならない。

即ち、設計者、技術者が設計計画仕様立案時、トラブルを予測し早期に問題点を摘出し、設計の質を高めるためには、トラブルに関する知識、更にその知識を使って設計の問題点に気づく思考能力が必要である。また、ベテランにとって当たり前のものであっても、既知の典型的な不適合発生メカニズムをしっかりとトラブルに関する知識として整理し、設計者、技術者個人にしっかりとトラブル予測、未然防止をさせることの重要性が分かるようにしておく必要がある。

② さらに、トラブル情報に再利用可能な知識が含まれていなければならない。

トラブル情報の再利用とは、例えば、次のようなものである。

- ・商品 A で起きているが、実際には、一般的な工法や材料の仕様で起きた故障だから、自製品の他部品でも再利用できる、との感性を持つこと。
- ・事例内容は、全ては再利用できないが、この部品の知識は、自分の設計にも再利用できる、との感性を持つこと。

以上のような設計者が持つべき感性を磨くためには、組織内にある知識を構造化し、いつでも引き出せる状態にしておくこと、および設計者を教育、育成し、技術が伝承される仕組みを組織として構成しておく必要がある。図 15 にトラブル情報や製品情報から知識を構造化し活用できるようにするフローを示す。この PDCA サイクルを回していき組織内に知識を蓄積してゆくことが大切であり、このことによりリスクマネジメントがうまくコントロールされ、企業組織として見えざる資産として蓄えられていくことになる。

²⁰ 田村泰彦（2015）『知識の構造化』日本規格協会 を参照した。

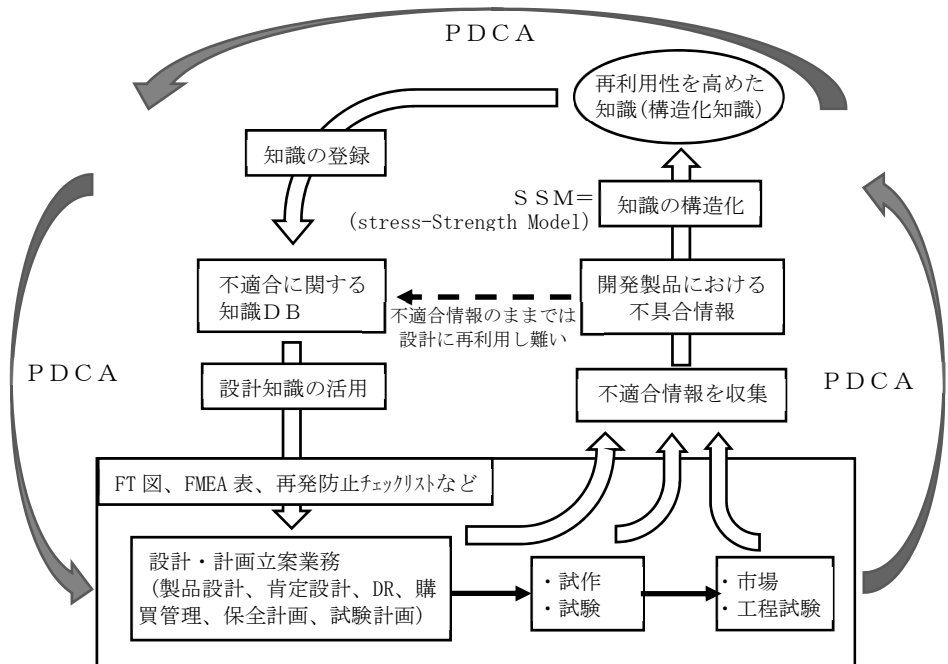


図 15 知識の知識構造化

(出所) 田村泰彦 (2015) 『知識の構造化』 日本規格協会を基に一部追記加工作成

5. 設計業務での品質及びリスクマネジメント実施例

現在においては、多くの事故が個人による事故としてではなく、事故を起こした組織に原因があると考えようになってきている。それゆえに、組織を活性化させ、組織事故を起こさないような取り組みが必要となってきている。

企業においては、製品信頼性とヒューマンエラーを起こさないように内在するリスクをうまくコントロールし、トラブルの撲滅に努める必要がある。このためには、国際規格 ISO 9000 シリーズに基づく品質管理や ISO 31000 に基づくリスクコントロールを適用実行し、その中で両者ともに規格の基本に置いている PDCA を回し業務改善を実施していかなければならない。このようなリスクコントロールによる PDCA を回し製品信頼性の確保とヒューマンエラー防止に取り組んでいる例として、設計業務による実施方法を図 17 に示し、以下に具体的実施方法の説明と製品信頼性の確保とヒューマンエラーを撲滅する組織構造のあり方について記載する。

5-1 リスクマネジメント実施方法

製品受注から出荷、運用までの大まかなフローは、図17に示すとおりであるが、フローの各段階の説明とその段階での製品信頼性とヒューマンエラーを撲滅するためのリスクアセスメント取り組みを概観すると以下のとおりである。

企業において、工事受注が行われると、まずは仕様書の読み込みを実施し、この段階でフロントローディングを実施し設計段階の入口で不適合の要因を持ち込まないようにすると同時に存在するリスクの特定をしなければならない。そして、設計作業として、最近に十分実績のある工事なのか、3Hなのかを見極め、3Hの場合は特にトラブルが起きやすいので今後の設計作業に注意すると同時に、過去の不適合リストを十分チェックし未然防止に努めなければならない。次に具体的設計段階と入っていくが、設計段階は、大きく基本設計と詳細設計に分かれる。設計段階では、各種手法を用いてリスク分析、評価を実施し、コミュニケーション及び協議の実効として、基本設計時と詳細設計時にそれぞれ設計レビューを実施し、リスク対応としてトラブル未然防止に努めなければならない。そして、設計レビューのモニタリング結果は、その後、製品の製作製造及び試験、検査を経て、工場段階での最終的なトラブル未然防止としてのシミュレーション試験により最終チェックが行われることとなる。この活動を回していく事でQMSの実行とリスクマネジメントのコントロールが継続して行われ、組織として知識が見えざる資産として蓄積され競合他社との差別化が図られ競争優位に結びつくことになる。以上が全体の流れであるが、各段階についての詳細な取組を以下に見ていく事とする。

(1) 未然防止とフロントローディング (as built 確認、3Hに対する取り組み)

業務の遂行に当たっては、未然防止が大切である。重大事故を発生させないためには、いかに計画段階でエラーを撲滅できるかにかかっているとと言っても過言ではない。エラーとなる要素を基本計画の段階で撲滅するには、過去のトラブル事例を反映したチェックリストの作成とそのチェックリストに基づくチェックを実施し、チェックできなかった項目は徹底的につぶしておく必要がある。また、チェックリストが有効に働くためには、過去のトラブル事例が、全て盛り込まれており、その情報が必要な時に取り出せるようになっていることが大事である。即ち、4-2節で記述した知識の構造化が必要である。

(2) チェックリスト、専門技術者の設置とWチェック

設計が開始されると、図面を作成することとなる。設計者は、図面作成の上、その図面のチェックリストでチェックし、問題なければ、図面チェックリストと図面を専門技術者に上申し、専門技術者は、チェックしサインする体制とする。これにより設計に対する設計者と専門技術者とのダブルチェックを実施し、設計品質を高めた上で次の工程の設計レビューにつなげるようにする。

(3) システムの信頼性 F T A、F M E A とヒューマンエラーの評価手法 (T H E R P、D e - B D A、E M E A)

リスクを分析、評価するための製品信頼性の確保の手法として、F T Aによる信頼性と F M E Aによる信頼性の併用による分析、評価がよく利用される。

製品に対する信頼度目標を設定し、計画設計した信頼度が、目標信頼度以下の時には、対策を講じるようにする。対策として、設備の重要度に応じた多重化や冗長化を行うことにより、信頼度を満足させるようにするのが一般的である。

また、同じように、ヒューマンエラーによる分析、評価手法として定量的な手法として T H E R P や D e - B D A および定性的な手法である E M E A 等がある。

(4) 設計レビュー ⇒ 質のよい過去不適合、部品情報収集

基本設計段階、詳細設計段階等設計レビューを実施し、全員合意の下で1段1段階段を上るように設計作業を確実なものとして積み上げていく必要がある。設計レビューでは、それまでの評価手法の結果や設計仕様の審議を実施し、工程に遅れにないように次の段階に進めてめかなければならない。また、設計レビュー会で専門家などから抽出された改善事項は、基本設計、詳細設計に反映し P D C A を回していかなければならない。

(5) シミュレーション (システム信頼性、H E の最終的な防止箇所)

設計段階が終了すると製品を製作し、製品は単体試験を実施し、品質管理のもとに設計通りの製品となっているかを確認する。その後、設計、製作段階の最終として、シミュレーション試験を実施し、製品信頼性やヒューマンエラーに対し、所定の機能を果たすことを確認し、クリアしたものは出荷する。

シミュレーション検証は、工場段階でのシステムの信頼性及びヒューマンエラー防止の最終的な未然防止としての役割を担うことになる。

(6) 過去の膨大な企業内情報 ⇒ ビッグデータの利用（SSMへの落とし込み）

これまでの過去に発生したトラブル等をまとめたデータベースより、有用な情報を4-2節で記述したSSM化し、有効に利用できるようにしておく必要がある。

(7) トラブル情報の構造化

トラブルが起こると、対策を実施して終わりではなく、なぜ起こったのか、を追及し仕事のやり方としての不具合点を検証し、再発しないようにその不適合経験を引き継いでいかなければならない。そのための手法として、なぜなぜ分析や4Mによる特性要因図分析による原因調査と対策を実施し、その結果は、過去の不適合リストへ盛り込まれ、次の工事の未然防止に役立たねばならない。ここで重要なのは、表面的なことのみで判断すると根本的な原因を踏まえた適切な対応が行われないので、問題点を深彫し、適切な是正処置をとることが必要である。また、その情報は、SSM化を図り、IoT化などにより、容易にデータとして引出せる状態としておき、次の工事へ反映できるものとしておかなければならない。このことにより、QMS及びリスクマネジメントとしてのPDCAが継続して回っていく事になる。

5-2 ヒューマンエラーを撲滅する組織構造のあり方

5-1節の実施方法を確実なものとするには、QMS及びリスクマネジメントにおける組織的対応、仕組みが重要であり、組織的な対応がなされねば、質の良い製品はできない。即ち、製品信頼性とヒューマンエラーを撲滅するための取り組みを確実なものとし、継続してPDCAサイクルをまわしていくためには、以下のような組織的取り組みが必要であり、組織が確実に回ることにより、製品やヒューマンエラーもなくなりトラブルも防げるものとなり、クレームや苦情の減少、および顧客満足につながる。

(1) プロジェクトマネジャー

まず、工事を受注したならば、工事のとりまとめ者として、プロジェクトマネジャー（PM）を置かねばならない。PMは、設計レビュー会の実施や定期的にフォロー会を実施し、プロセスの監視を行う必要がある。また、プロジェクト内のコミュニケ

ーションを図り、報連相（報告、相談、連絡）を行えるような組織体制づくりを構築しなければならない。

（２）専門技術者の設置と役割

設計者が製品の計画、設計する場合、必ずしもすべて設計に必要な知識を保有しているわけではない。そこで、業務に必要な各分野に専門技術者を任命し、設計者の得意な部分、不得意な部分、それぞれに対し、専門技術者が、あらゆる設計段階で、専門的知識を持って設計者にアドバイスし、また、設計レビュー時には、過去の経験や幅広い知識を持って、コメントできる体制とする。このように、各設計者の縦串に対し専門技術者が横串として機能させることにより、シナジー効果を発揮させトラブル未然防止に努め製品の完成度を高めるようにすることが必要である。こういった取組が企業のトラブル撲滅の鍵を握るものとなる。

専門技術者としては、まず第一に幅広い知識や経験、規格基準類の整備理解、過去の不適合等を踏まえた技術的内容のチェックが役割として期待される。図16に各設計者と専門技術者の役割分担を示す。

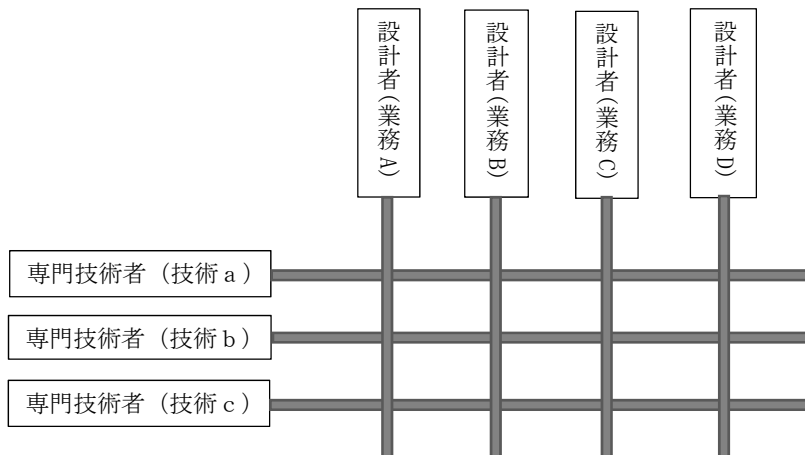


図16 各設計者と専門技術者の役割分担

（出所）筆者作成

一方で専門技術者は、専門としている製品や事項についてのトラブル情報の詳細を収集し、記録に残したりSSM化として蓄積していく業務を担う。このことにより、PDCAを回せる仕組みが構築され、知識が組織内に見えざる資産として蓄積されていく事になる。

(3) PDCAサイクルが回る組織システムの構築

工場内での製作および試験が終了し、現地工事、現地試験の後、実運用に供された製品がトラブルこともありうる。一旦トラブルが起こると、現状の復旧を第一に考えて、暫定対策を実施し、最終的には恒久対策を実施する。そして、恒久対策を実施した後、当該トラブルは、次の工事時、同様のトラブルが起こらないように、未然防止に役立たねばならない。関係者を中心とした専門家を構成員とする品質管理委員会等でトラブルの原因、対策を十分審議し、不適合情報として、記録に残し、これまでのチェックリストに反映、追加し先行プラントの不適合情報として整備される必要がある。この際、重要なのは、トラブル情報を当該事例のみにとどめるのではなく、一般化した情報として幅広く利用できるように知識を構造化（SSM）しておく必要がある。このような活動、即ちPDCAを回す活動を継続することにより、組織としてのトラブル未然防止が可能となり、見えざる資産が組織内に蓄積されていく事になる。

(4) 設計者の技術能力

優れた良い製品が、生産可能かは、設計者の知識、能力に依存していると言っても過言ではない。そのためには、自立した組織づくりと継続した人材育成が必要である。製品品質に影響のある仕事に従事する設計者に必要な力量を明確にすると同時に従事する設計者の育成計画を立て、その個人に必要な技術の習得が図られるような教育訓練を実施し、携わる製品品質に従事するのに必要な力量を評価し記録に残す人的資源管理がなされねばならない。

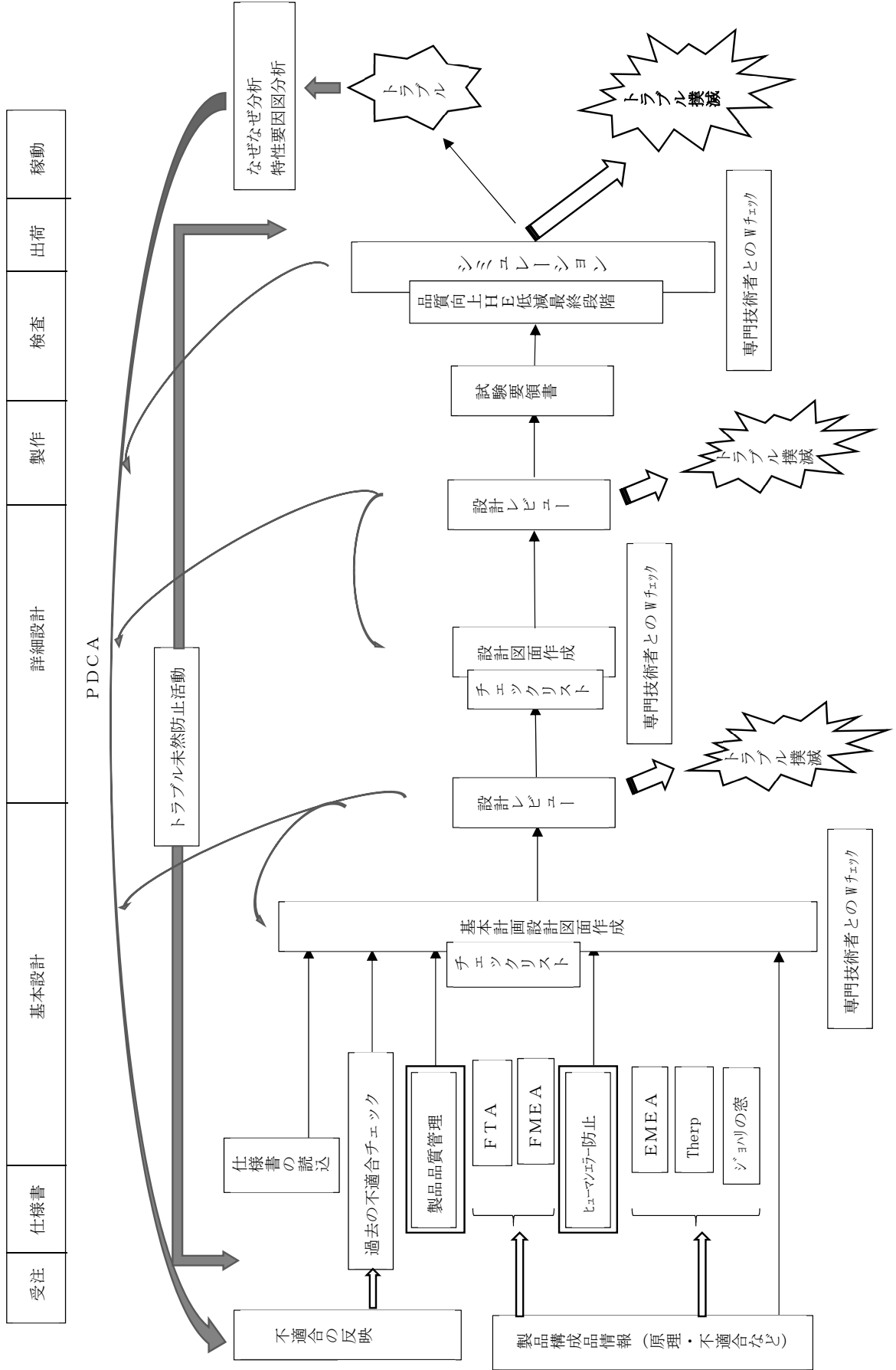
人材育成においても、設計レビューの場を通じて、実践的、効果的に育成可能で、若手経験の浅い設計者でも設計レビューに積極的に参加することにより設計に対する理解が深まり、次第に専門家として育っていくものであり、必要な1つの専門領域のみでなく、幅広い知識を取得し設計の改善に有効な意見を出すことのできる専門家として育成する必要がある。

(5) 事例座学教育と体験教育

トラブルは、風化するものであり、過去のトラブル事例が継続されず、同じようなトラブルを起こすことがある。

図 17 品質及びリスクマネジメントシステム実施例
 (設計作業の流れとトラブル防止活動)

(出所) 筆者作成



これには、定期的な過去のトラブル事例教育と体験学習が効果的であり、品質管理部門と協力して継続して実施していく事が、組織としてのトラブル未然防止につながる。

6. おわりに

21世紀を迎え、グローバル化市場の流れとベテラン社員の大量退職および情報技術の高速な進歩により、経営を取り巻く環境に大きな変化が表れてきている。

製品がますます高度化するのとは裏腹に組織の在り方に基づくヒューマンエラーによる巨事故が数多く発生してきている。各企業では、このようなリスクを管理すると同時にリスクの低減を図る必要があり、このためには、2-1節(3)で記述した国際規格ISOに基づく品質管理(ISO9000シリーズ)と4節で記述したリスクマネジメントシステムによるリスクコントロール(ISO31000)を実施し、全社的に取り組むことが効果的であると考えられる。

即ち、各企業が組織として、製品が運用される事前にトラブルの未然防止に努め、特に製品品質やヒューマンエラー防止の鍵を握る設計段階で設計レビュー、シミュレーション等の取り組みにより、設計品質の向上及びヒューマンエラー撲滅に努める必要がある。そして、その結果については、これまでは困難であったIoT技術の活用や知識の構造化(SSM)を図ることが可能となっており、そういうものを利用して次の業務に有効的にフィードバックすることにより、国際規格ISOで述べられている継続的改善、即ちPDCAを回すことにより、組織としての向上を図らねばならない。以上のサイクルが有効的に機能するためには、設計者の技術力にかかっており、設計者の質の向上と技術の伝承を図る必要があり、専門技術者と一体となって若手技術者を教育、育成し組織として技術力の維持、向上、蓄積を図る必要がある。このような組織的取組の例として、5節で設計業務による実施方法の例を示した。このことにより、1人、1人は普通の人の集団であっても組織としては創造的なグループが構成されていくことが可能であり、そういった知識や技術が、その企業の見えざる資産として蓄積されていき、イノベーションを起こせる素地が形成されていくものとする。企業が組織として、この見えざる資産を蓄積することにより、競合他社との技術的差別化が図られ、競争優位が確立されていくのである。そして、QMSのもとでリスクコントロールが有効に機能し継続してPDCAを回していけば、クレームや

苦情が減少し、それゆえに顧客満足度の向上が見られ、企業業績も向上していくはずである。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、兵庫県立大学大学院経営研究科の貝瀬徹教授より多くのご指導を賜りました。心より厚く感謝申し上げます。

<参考文献>

山田雄愛、岡本眞一、綾野克俊（2004）『文科系のための品質管理』日科技連
ジェームス・リーズン（1999）『組織事故』日科技連
田村泰彦（2015）『知識の構造化』日本規格協会

<参考資料>

小松原明哲（2017）『ヒューマンファクターズの論理と方法』 Vol161.No.6 P207
橋本邦衛（1970）人間安全工学 P94 中災防
橋本邦衛（1981）『ヒューマンエラーと安全設計』 17（4）人間工学
柳田邦男（1975）『航空機事故』中央公論社
武田充司（1975）『人間—機械系としてみた原子力発電とヒューマンエラー』人間工学 Vol.17, NO. 4
（1986）『軽水炉改良技術確性試験等に関する調査報告書』発電設備技術検査協会
A, D. Swain, H. E. Guttmann（1983）NUREG/CR-1278
JIS Q 9001:2015（ISO 9001:2015）日本規格協会
JIS Q 9004:2010（ISO 9004:2009）日本規格協会
JIS Q 31000:2010（ISO 31000:2009）日本規格協会

<参考ウェブサイト>

構造化知識研究所 <http://www.ssm.co.jp/>
安全工学 <https://ja.wikipedia.org/wiki>
匠の知恵 <http://takuminotie.com/blog/quality/>