

# 職場安全管理の改善に向けたヒューマンファクタ分析手法

宮地 由芽子\*

## Human Factor Analyzing Technique to Improve Safety Management

Yumeko MIYACHI

Even if an individual work result becomes a trigger and the accident resulting from human error occurs, the problems of the organization, i.e.; system and climate for safety are considered to exist as the background of accidents resulting from human error. According, in order to prevent human error, systematic management is required. Therefore, we developed human factor analytical technique to pursue the root cause of human error. We report the present situation of the human factor analysis in railway-related companies and the outline of the analyzing technique. This technique has three step procedures. In each step, we can carry out analysis from many viewpoints by reference of human factor model and PDCA cycle.

キーワード：ヒューマンファクタ分析，職場安全管理，ヒューマンエラー，PDCA

### 1. 目的

近年，ヒューマンエラーに起因する事故やトラブルは，マスコミ等では一般に「組織事故」と呼ばれ，問題視されることが多くなった。これらの事故は個人の作業結果が引き金になって発生していても，その背景には組織の安全体制あるいは組織の安全風土といった安全マネジメントの問題があると考えられ，組織的な取組みが求められている。ヒューマンエラーに起因する事故を防止するためには，何が事故を発生させる事象（ヒューマンエラー）なのか，その発生に影響する要因（ヒューマンファクタ）は何かを把握することが必要である。このため，我々は，ヒューマンエラーに起因する事故の防止に向けた職場安全管理を支援するツールの開発に取り組んでいる。ここでは，鉄道事業者に向けて開発したヒューマンファクタ分析手法について報告する。

### 2. 鉄道におけるヒューマンファクタ分析の現状

#### 2.1 調査

鉄道では，輸送障害等の被害の小さな事故についても原因分析・報告が行われている。その実態を表すものとして，鉄道関連企業・団体に対して実施したアンケート調査結果を示す。

調査は，2006年1月に実施した。（財）鉄道総合技術研究所鉄道技術推進センターの会員である鉄・軌道事業者や関連会社及び協力団体等365箇所に対して調査協力

を依頼し，178箇所より延べ210件の回答を得た（回収率49%）。

調査の結果，鉄道関連企業・団体の7割がヒューマンエラーに起因する事故等のトラブル事例の背景要因分析を「いつも」あるいは「時々」実施しており，全く実施していないところは約1割にすぎなかった（図1）。また，その分析対象は，鉄道運転事故あるいは労働災害事故だけでなく，インシデントあるいはそれ以下の事象についても該当していた（図2）。ただし，調査分析はヒューマンエラーの発生箇所である現場内で担当していることが多く（図3），事故やヒューマンファクタの専門家が調査分析する場合は限られている。また，何らかの分析手法を適用している企業は全体の6割にすぎない（図4）だけではなく，その多くは事情聴取や調査時に「関係者に直接話を聞く」「会議等で話し合う」といったものであり体系的な手法ではなかった（図5）。背景要因の分析についても，「なぜなぜ分析」<sup>1)</sup>等の探索的な手法を導入している場合が多かった。背景要因に着目する前に予め「バリエーションツリー分析（Variation Tree Analysis）」<sup>2) 3)</sup>や「時系列対照分析」<sup>4)</sup>といった手法を用いて事象の経緯を整理する等，多面的な背景要因の分析をするための手掛りとなるようなヒューマンファクタモデルの活用は非常に少ないのが現状であった。

#### 2.2 課題

「なぜなぜ分析」は，鉄道分野においても使用され始めた<sup>4) 5)</sup>が，もともとは品質管理（QC活動）の分野で考案・実用化された手法である<sup>1)</sup>。1つの問題事象が起こる背景には，それを誘発させる理由が複数存在し，その

\* 人間科学研究部（安全性解析）

特集：ヒューマンファクター

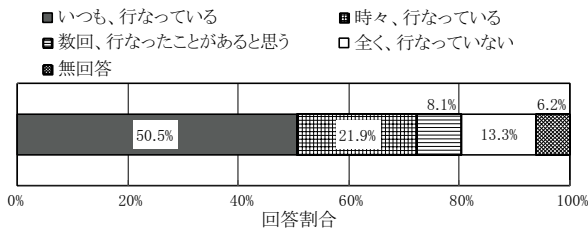


図1 ヒューマンエラーに起因する事象の背景要因分析の実施

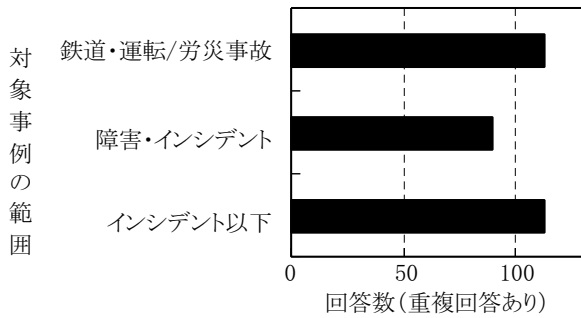


図2 ヒューマンエラーに起因する事象の背景要因の調査分析範囲

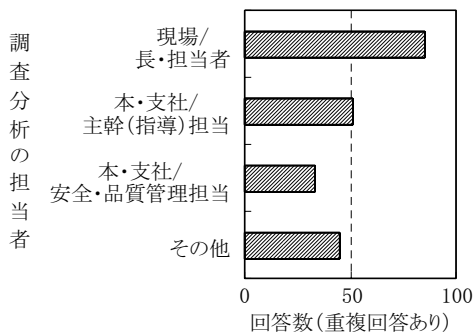


図3 背景要因の分析担当者

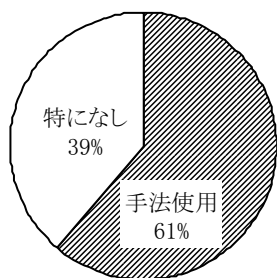


図4 背景要因の調査分析手法の有無

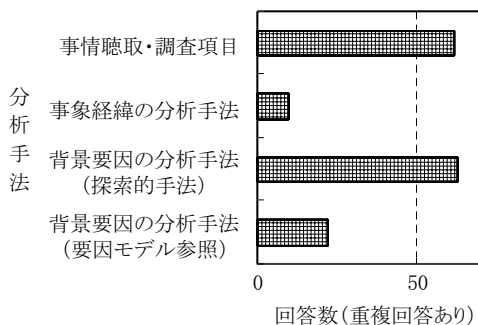


図5 活用している背景要因の調査分析手法の内容

理由の背後にも同様に背後要因があると考えて事象を根本原因にまで遡って追求しようとした時 (Root Cause Analysis: 根本原因分析), 発想の手掛りとして「なぜそうなったのか?」を複数回繰り返すことで問題の原因を突き止め、最後に明らかになった原因の源が根本原因であるとする。この手法は特別な技法や知識を必要としないため、手軽に活用できることが特徴である。

一方、作業者の行動がヒューマンエラーとされるのは「予め期待した目標から逸脱した行動である」場合である。事故発生後には作業者の行動のみに注目し易いが、「予め期待した目標とは何だったのか?」「何をもって逸脱したと言われるのか?」の2つの視点で事象を整理すると、必ずしも作業者の行動だけが問題であるとは限らない。他の関係者も同時に逸脱行動を行っている場合があれば、期待した目標そのものが無理な条件である場合もある。「なぜなぜ分析」も、対策ありきで偏った視点で行うと背景となる原因を網羅的に抽出できず、根本要因まで到達しない。このような場合には、作業者の行動だけではなく、他の関係者や無理な要求を指示した側の行動も分析の対象とする必要がある。

作業やシステムを改善するのも人間であるため、関係者が納得できない的外れの対策の実施は組織全体のモチベーションを低下させることに繋がり、それが新たなヒューマンエラーの原因となりかねない。的外れの「なぜ?」「なぜ?」を繰り返さないためには、「何を分析対象の問題事象とするか?」を予めの確にとらえておくことが重要である。このため、1990年代から様々な産業分野で、背景要因を追究する前の段階に事象の発生経緯を整理し、事故に至る過程で発生しているはずの複数の問題点を顕在化する手法が導入されている<sup>6)</sup>。また、ヒューマンエラーに起因する事故の分析が困難な理由の1つは必ずしも客観的情報だけでは真の背景要因の追求には至らない点があるが、より効果的な対策を検討するためには想定要因をも含めて検討しておく必要があり、それぞれを分けて分析しておくことで事実と想定との整理が可能になる。

問題の発生に関係している他の関係者や無理な要求が是正されることなく、表面的に作業員だけに注意喚起や指導徹底といった対策を実施しても、ヒューマンエラーの再発防止にはなり得ない。より確実な再発防止のためには、さらに、指導や注意喚起の方法や仕組みまで踏み込んだ対策検討がなされるべきである。そこで、我々はこうした安全マネジメントのあり方を改善すべく、ヒューマンファクタ分析手法を開発した。

3. 分析手法の内容

鉄道事業者の現場レベルで、ヒューマンエラーの背景

要因を的確・簡便に分析できるよう、ヒューマンファクタ分析手法を開発した。この手法は3段階の手続きを構成している（図6）。

3.1 「時系列対照分析」による逸脱事象の解明

分析の第一段階では、誰のどのような行動が事故を引き起こす原因事象となっているかを洗い出す。このための手法として他分野で改良実施されている「バリエーションツリー分析」<sup>2) 3)</sup>があるが、記述形状が複雑なため鉄道現場での実施は困難であった。そのため、当初は、“事故時の事象の流れ”と“あるべき事象の流れ”の2情報を照合させてズレ（逸脱）を見つけ、真のエラーを簡便に抽出する方法<sup>4)</sup>を用いた。しかし、運転作業の異常時場面や車両や保安装置の保守作業では関係者や関係要素（装置・道具）が多様に関係していることが多く、最終的に分析した結果を本人に納得させるためにも、当時の作業状況を客観的に整理して提示することが必要であった。

そこで、“事故時の事象の流れ”について、ヒューマンファクタの説明モデルである m-SHEL モデル<sup>8)</sup> (M-SHELL<sup>2)</sup>, M-SHEL<sup>3)</sup>)を参照して関係要素を整理することとした(図7)。このモデルは、関係者の行動(Live-ware)の背景には、必ず指示や手順等の情報に関する要因(Software)、機器・装置や工具などの要因(Hardware)、物理的な環境やその場の雰囲気といった要因(Environment)及び対人関係の要因(Live-ware)が多少なりとも影響しており、その「S」「H」「E」及び「L」といった背景要因も、さらに組織の安全マネジメント(Management)の影響を受けているとする考え方である。時系列対照分析における「本来の取扱(ルール)」とは、事象発生時に作業者に与えられていた情報(S)であり、すなわち予め期待されていた目標や計画を示す。この分析では、図7のように、作業内容(S)、作業や確認者の行為(L)、機器状態(H)といった関係要素の状態を時系列に記述し整理を行う。ヒューマンファクタの説明モデルは他にもあるが、当該モデルは多面的な視点を誘導するだけでなく、各要因の相互関係にも着目し、その不具合がヒューマンエラーを発生させる原因であると考えため、当該分析手続きで各要素のズレを逸脱として着目する考え方に適している。

さらに、本分析手法では、事象の流れは、指示内容や計画内容といった作業条件にヒューマンエラーを発生させる問題はなかったかというところから、ヒューマンエラーの検出の仕組みや発生したエラーの影響を拡大させる条件等についての問題点といった事故の発生に対する影響までを分析対象とし、PDCAサイクルに従い時系列に整理することとした。PDCAサイクルとは、組織や作業の質を改善するためのマネジメント方法である。作業者の行動(Do)の結果が適切であるためには、その前段階である計画・指示(Plan)が適切である必要があり、これを改善するためにはさらに前段階である点検・確認や記録方法(Check)やトラブル発生時の処置方法(Action)

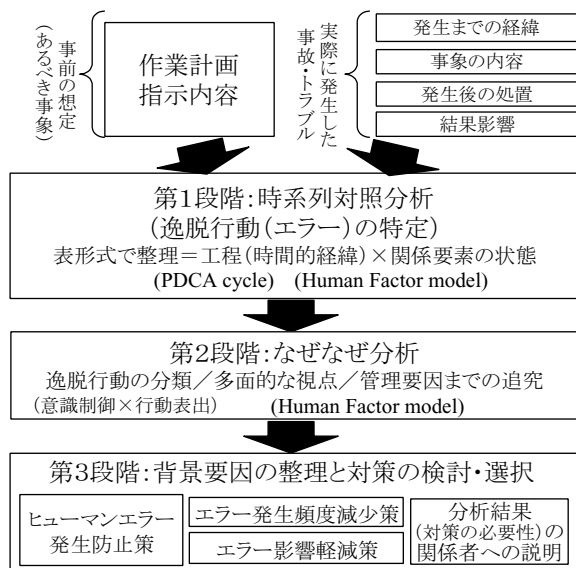


図6 ヒューマンファクタ分析の手続き概要

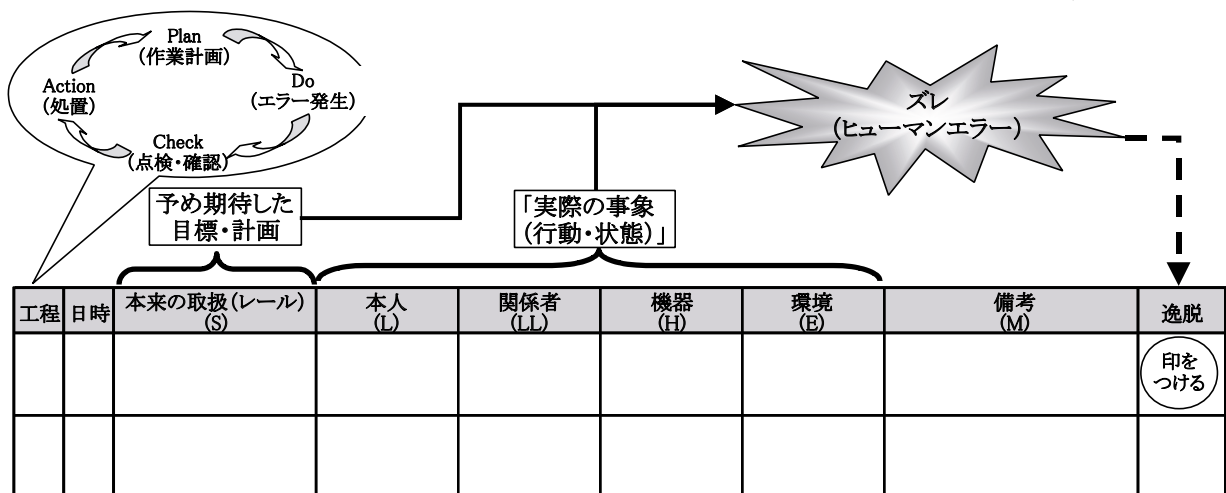


図7 時系列対照分析（第1段階）の書き方

特集：ヒューマンファクター

が重要なプロセスである。こうしたプロセスが常に継続される状態こそが目指すべきマネジメントのあり方であり、2006年に国土交通省が定めた「安全管理規程に係るガイドライン」においても、安全マネジメント態勢のポイントとして「経営トップのリーダーシップによるPDCAサイクルの明示化と実現」が求められている<sup>10)</sup>。

逸脱は、特に、誰が、いつ、どこで、なぜ、どのようなやり方で何をしたのかといった5W1Hを考え、通常の作業や指示された内容と異なる点(変動要因)は無かったかを調べる。

本手法は、ヒューマンエラーに起因する事故が発生した後にその調査情報を整理するための分析手法であるが、この分析手法を用いて従来行われてきた事故分析結果について再整理してみると、今まで見逃されてきた課題を明らかにすることも可能である。特に、作業員や運転係員がヒューマンエラーとされる逸脱行動をした後に「被害が拡大しないように適切な処置をしていたか？」といった事柄(サバイバルファクター)については調査不足であることが多く、その原因としてそもそも事後に何をすべきかという指示(S)そのものが検討・実施不足なことが多い。こうした点は、安全マネジメント上の重要な課題であり、PDCAサイクルに基づいた時系列対照分析を行う本手法を用いることによって把握しやすくなる。

3.2 「なぜなぜ分析」による背景要因の追求

分析の第二段階では、「時系列対照分析」で抽出された事故へ連鎖している逸脱行動(ヒューマンエラー)について、これらの事象を発生させる原因(背景要因)を「なぜなぜ分析」によって追求する。「なぜなぜ分析」においてやみくもに「なぜ?」「なぜ?」を繰り返すことは容易だが、より根本的な原因への到達は難しい。的確な分析のためには、「原因と結果の因果関係が正しいか?」「無理な条件はないか?」「網羅的に分析できているか?」を確認することが必要である。

(1) ヒューマンエラーの特徴をふまえる

ヒューマンエラーが発生するメカニズムによりその特徴を分類する方法には様々な考え方があがるが、ここでは、「意識制御の有無」と「行動表出の有無」の2視点により逸脱行動を4つに分類する(図8)。

「意識制御の有無」は、行動時の覚醒水準によるものだが、その把握には生理学的な計測が必要であり、トラブル後の把握は困難である。そこで、分析では、当事者が意識的に行為を選択判断せず、行動が自動的に生じられた状態(非意図的の行為、非自発的の行為、突発的の行為あるいは副次的の行為)はおおよそ無意識的な状態であると想定する。ぼんやりした場合と焦って興奮した場合との両極端な場面も、意識制御が不十分な場面としては同じと

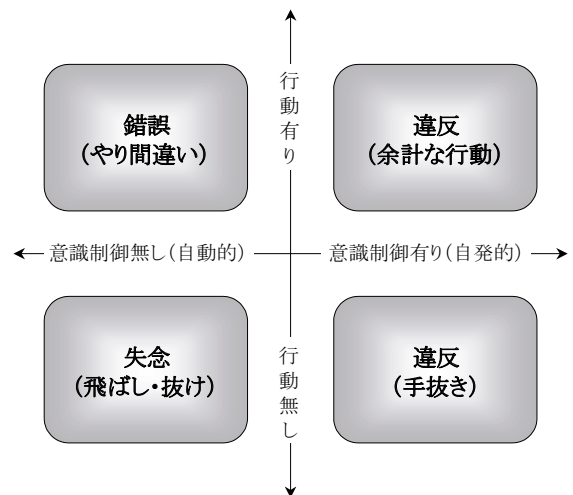


図8 分析におけるヒューマンエラーの特徴分類

する。これらの場合、周囲の状況や行動対象に対しての注意力は最小限であることが多いため、後から行動の理由を求められても、「うっかりした」程度しか答えられないことが多い。一方、「面倒だったので」とか「良かれと思って」等の理由が明確に出てくる場合は、意識的に行為を選択・判断している状態と考える。ただし、作業員がもつ意図は原則的に当事者にとっては善意である場合のみを分析対象としない。なお、当事者にとっては善意でも、作業システム上は問題である場合を違反(不安全行動)と呼ぶ。

また、「行動表出の有無」による分類は、逸脱行動が「求められた行為(正しい行為)」とは別の行為(commission error)か「行為の実施そのものを行わない(omission error)」のいずれかに分類する。

事象によっては分類が困難な場合もあるが、考えられる分類の全てを検討対象とする。例えば、「(確認すべき情報を)確認しない」という逸脱行動に対して、関係者は当初「うっかり忘れました」と供述するかもしれない。分類に従うと、この時点では、無意識(自動的)の行動が無い場合と考え、「失念(飛ばし、抜け)」と分類できる。しかし、「いつでも発生し易いのか?」を問いかけてみると、「この時、話しかけられて、ついうっかり」と続く場合もあれば、「いつも覚えていなくて、やっていません」と続くかもしれない(図9)。前者の場合は、そのまま「失念(飛ばし、抜け)」と分類するが、後者の場合は普段から意識的にやるべき確認をしていなかった場合であり「違反(手抜き)」と分類し、その理由をさらに問いかけて「記号だと覚え難いから」「短時間では覚え難いから」「そもそも覚えるのが苦手なので」等の理由を聞き出す。

(2) 多面的視点(広く)と管理要因までの到達(深く)

分析対象としたヒューマンエラーの発生には、多くの場合、一つではなく複数の要因が関与している。このた

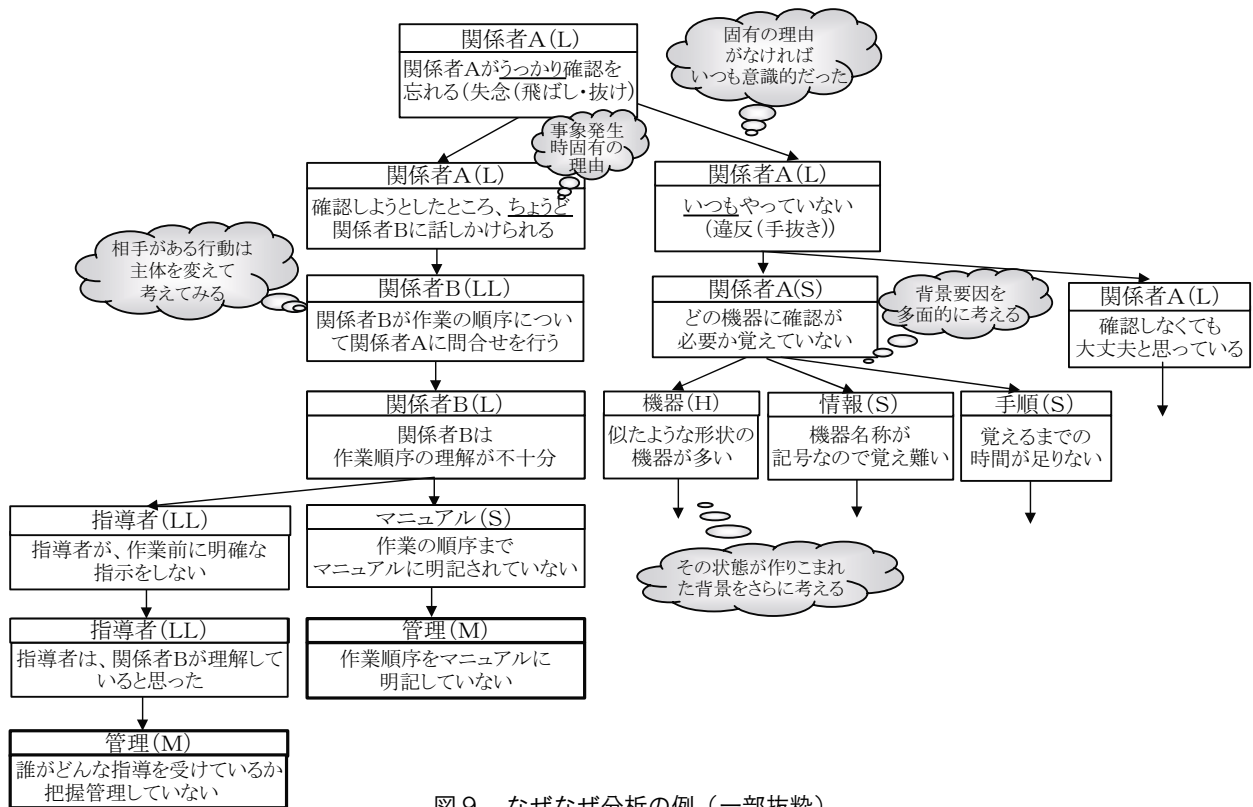


図9 なぜなぜ分析の例 (一部抜粋)

め、分析では、要因追究の視点を多面的にする必要がある。背景要因を広く・深くとらえるためには、時系列対照分析の際と同様、ヒューマンファクタモデルを参照する。

分析すべき対象は、時系列対照分析で抽出された逸脱事象である。そこで、逸脱事象を一番上に記述し、その特徴を考えながら、これを誘発する背景要因を想定する。原因を掘下げていく手続きから、矢印を下方向へと伸ばしていく (図9)。そして、背景要因の追求は終わりのない延々と続く作業に思えるが、管理要因 (M) に行きつくまで「なぜなぜ分析」を繰り返すことが到達点の目安 (Stop Rule) である。管理の要因に至るまで「なぜ?」「なぜ?」と繰り返していると、たいていその過程では職場で対策を実施すべき様々な要因が洗い出されている。

分析時には、必ず要因の分類記号 (「L」「S」「H」「E」「M」) を記述し、視点が広がっているか、管理要因まで到達できているかを確認することが重要である。また、多視点の分析のためには、複数人で討議しながら考えていく (分析者の視点を増す) ことが望ましい。

### 3.3 対策の整理と選択

最後に、「時系列対照分析」や「なぜなぜ分析」の実施結果を図10のように整理すると、1つの事故に至る事象の流れには複数のエラー (逸脱行動) があり、さらにその背景要因には多様な問題点が潜んでいることが理解できる。そして、現在あるリソース (人員, 設備, 資金) を有効に使い、安全性向上に向けたマネジメントをより合

視点	問題点			対策
	逸脱①	逸脱②	逸脱③	
是正処置	関係者 (L)			
	手順 (S)			
	機器 (H)			
	環境 (E)			
	人間関係 (LL)			
予防処置	管理 (M)			

図10 第2段階までの情報を整理する対策の整理シート

理的に行うためには、対策を実施することにより期待されるヒューマンエラーに起因する事故の危険性の軽減効果を想定しておくべきである。

一般に、危険性はリスクという考え方で表される。リスクとは「望ましくない事象として何が起きるか?」「どの程度起きるか?」「その被害はどの程度か?」の疑問に答える尺度である<sup>10)</sup> (図11)。

ここで「望ましくない事象」とは「ヒューマンエラーに起因する事故」である。どのようなヒューマンエラーが発生するかは、そもそもどのような作業を求めらるかによって決定される。例えば、メンテナンス周期を延伸すれば、作業者がメンテナンス作業を行う機会が減る。また、運行管理の自動化は常時監視・リアルタイム制御を可能にし、人間作業の負担を軽減する。こうした機器設計や作業計画の見直しにより、人間の行為が介在しない

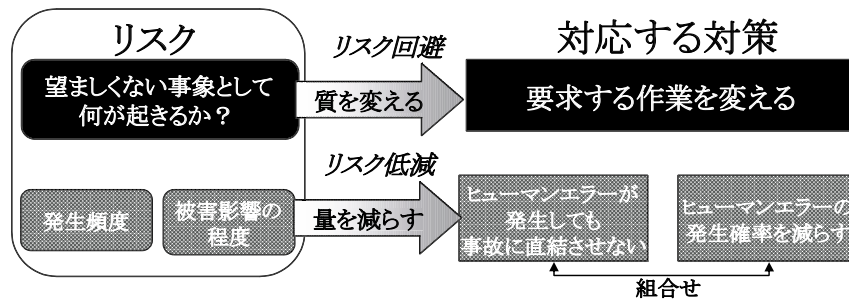


図11 リスク軽減策の考え方

システムづくりが可能であれば、それをまず優先して検討すべきである。(ただし、運行管理の自動化は計画入力作業やシステム・ダウン時のトラブル対応といった異なる質の作業を要する。機械化・自動化によって作業における人間行動の役割が変わる場合には、その作業条件において別のリスクが発生しないか、十分な検討を行うことが必要である)。

一方、リスク量を減らす方向での対策検討もある。ヒューマンエラーが発生する確率を可能な限り小さくしたり、あるいは、万が一ヒューマンエラーが発生しても事故に直結させないようにして影響を軽減したりする対策である。ただし、たとえエラー行動そのものの発生が事故の発生には直接影響しない場合でも、エラーしたことで焦り、別の行動を引き起こし事故に至るといった想定も考えられる。エラーが発生する確率を限りなくゼロに近づける努力は必要だが、エラーが発生した場合は事故やトラブルに繋がるリスクが残存するため、その影響が限りなく小さくなるよう、影響の拡大を抑制する方策も事前に検討しておくべきである。すなわち、リスク量を減らすには発生頻度か被害影響の程度のどちらか一方の対策で良いことにはなるが、複数の対策を組み合わせた複合的な対策によって、ヒューマンエラーに起因する事故の防止に取り組むことが重要である。

また、対策は、より根本的な要因に対して実施すべきである。ここで「根本的な」とは「工程の上流の問題点を是正する」と「共通の問題点を是正する」の2つの意味がある。「時系列対照分析」の表では、PDCAサイクルに従い情報を整理するが、工程の上位にある逸脱事象に対してより確実な防止対策が実施できないかを検討すべきである。安全風土のような、長期的に職場に潜在化している問題に手を打つことが可能であれば、まだエラーが顕在化していない作業に対しても対策を講ずる波及効果があり、トラブルの未然防止に繋がる。

さらに、どんな対策を選択しても、同時に、正しいヒューマンファクタ分析の内容を関係者に理解させることが最も重要である。改善策の内容がいくら素晴らしくても、想定外のトラブルが新たに発生してしまう可能性を低減するためには、対策内容の理解 (KNOW WHAT) と共に、対策の必要性 (KNOW WHY) の理解が不可欠である。

#### 4. おわりに

安全マネジメントすなわちPDCAサイクルを廻し組織や作業の質を高める活動では、特に「Check⇒Action⇒Plan」の手続きが重要である。そして、その取組みが継続するには、ヒューマンエラーが実際に発生する現業職場にとって、こうした活動が取組み易いことが課題である。

開発した分析手法は、ヒューマンエラーに起因する事故防止に向けた職場安全管理を展開する一助になり得るものと考えているが、継続して活用されるよう今後も手法の深度化に取り組む所存である。

#### 文献

- 1) 小倉仁志：なぜなぜ分析徹底活用術，JIPM ソリューション，1997
- 2) 宮地由芽子・高田昇・松本潤：宇宙開発におけるヒューマンファクタ分析への取組み—ヒューマンエラーに起因する不具合低減への取組み（その1）—，日本信頼性学会第13回信頼性シンポジウム，pp.7-10, 2000
- 3) 石橋明：事故はなぜ繰り返されるのか—ヒューマンファクタの分析—，中央労働災害防止協会，2003
- 4) 重森雅嘉・宮地由芽子：鉄道総研式ヒューマンファクタ事故の分析手法，日本信頼性学会第12回研究発表会，2004
- 5) 楠神健・本澤卓司：4M4Eを用いたヒューマンエラー分析手法の導入，産業・組織心理学会第22回大会，pp.69-72, 2006
- 6) 宮地由芽子：組織事故防止に向けた背景要因の分析法，鉄道総研報告，Vol.18, No.2, pp.47-50, 2004
- 7) 宮地由芽子・柴田徹：鉄道総研式ヒューマンファクタ事故の分析手法(2)—PDCA・m-SHELモデルを用いた管理要因の分析手法—，日本信頼性学会第14回春季シンポジウム，2006
- 8) 河野龍太郎：ヒューマンエラー低減技法の発想手順：エラーブルーフの考え方，日本プラント・ヒューマンファクタ学会誌，Vol.4, No.2, pp.121-130, 1999
- 9) 国土交通省大臣官房運輸安全管理官室：運輸安全一括法に規定する安全管理規程に係るガイドラインの手引，2006
- 10) 佐藤吉信：安全性とヒューマンファクタ，信頼性ハンドブック，日本信頼性学会，日科技連，p.333, 1997