

## 4M4Eを用いた ヒューマンエラー分析手法 の研究



千葉 武史\* 青沼 新一\* 楠神 健\*

当社にとっての「事故の“芽”」である「注意を要する事象」は、その大部分がヒューマンエラーに起因して発生しているため、事故を未然に防止するためには、ヒューマンファクターの観点から「事象」を的確に分析し、しっかり教訓を抽出することが必要不可欠である。ヒューマンエラーを誘発した要因について、多面的に分析を行う手法として、「4M4E分析」がある。本研究では、的確な対策を立てるための手法として、開発中の当社版の「4M4E分析」を紹介する。具体的には、「時系列分析シート」、「構造分析シート」、「問題別詳細分析シート」の3種類の分析シートを用いることにより、ヒューマンエラーを表面的に捉えるのではなく、「事象」が発生したプロセスを正しく捉え、その過程で生じたエラーについて本質的な誘発要因を抽出し、それをもとに対策を具体的なアクションベースにまで落とし込み、実質的にエラーをなくせる、あるいは事故を防げる対策の策定を可能にする手法を目指している。

●キーワード：事故調査手法、4M4E分析、ヒューマンファクター、ヒューマンエラー、安全

### 1 はじめに

当社では、「安全」を経営の最重点課題とし、お客さまの死傷事故ゼロ、社員の死亡事故ゼロを目標に様々な安全施策を実施してきた。この安全性を一層向上させるためには、「事故および事故の“芽”」を正しく把握するとともに、そこから教訓をしっかりと抽出し、事故の再発・未然防止を図ることが重要である。当社にとっての「事故の“芽”」である「注意を要する事象」（鉄道運転事故につながるリスクのあった事象。以下単に「事象」という時がある）は、その大部分がヒューマンエラーに起因して発生しているため、事故を未然に防止するためには、ヒューマンファクターの視点から「事象」をしっかりと分析することが必要不可欠である。

ヒューマンエラーを誘発した要因について、多面的に分析を行う手法として「4M4E分析」がある。この手法はNTSB(National Transportation Safety Board国家交通安全委員会)の事故調査手法の考え方を取り入れており、単なる手続き的な要領ではなく、事故をどう考えるか、事故から何を教訓として引き出すのかを考えた手法である。この手法は様々な産業界で広く取り入れられ、ヒューマンエラー対策の検討に使われている。本研究では、「事故」や「注意を要する事象」の分析の主体となる現場や支社の担当者でも、ヒューマンファクター

の観点から誘発要因の分析や対策の検討が的確にできる手法として、当社版の「4M4E分析」を開発中であり、本稿ではそのねらいと概要について説明する。

### 2 4M4E分析導入のねらい

#### 2.1 現在の事故調査の問題点

当社にとっての「事故の“芽”」である「注意を要する事象」を的確に分析し、有効な再発・未然防止対策を打つためには、ヒューマンファクターに関する知識が必要であり、それが不十分であると、「ヒューマンエラー自体を原因と考え、エラーを誘発した要因にまで調査が及ばない」ことが発生しがちである。また、エラーを分析する場合でも、ヒューマンエラーに対する見方が表面的・硬直的になるため、「エラーの原因はたるみ。だから鍛えるしかない」といった考えに偏りがちになる。そのため、大事な要因が見落とされ、同種の事故が繰り返されることとなる。また現場においては、ヒューマンエラーそのものが「恥」とされ、真の教訓が蓄積されない。したがって、事故から的確に教訓を抽出し、事故の再発・未然防止につなげていくためには、ヒューマンファクターの視点を踏まえたヒューマンエラーおよび事故分析手法が必須である。

## 2.2 4M4E分析導入のねらい

4M4E分析は前述のように、発生したヒューマンエラーや事故の誘発要因をヒューマンファクターの観点から多面的に捉えるとともに、対策も広い観点から検討できる手法である。また、現場社員にも理解しやすい手法といえる。したがって、新しい事故分析手法開発のベースとして、4M4E分析を採用した。

“4M4E”の名称は、下記に示す4つのエラー誘発要因の頭文字“M”と、4つの対策の頭文字“E”に由来している。

表1：4M4Eの名称由来

4 M	Man	(人)
	Machine	(もの)
	Media	(環境)
	Management	(管理)
4 E	Education	(人)
	Engineering	(もの)
	Environment	(環境)
	Enforcement	(管理)

表1のEnvironment (環境)の代わりにExample(模範)を当てはめる考え方が一般的であるが、当社では4Mと統一させるため、Environment (環境)を採用した。また、作業内容、作業手順、作業マニュアルなどについては、Media(環境)に分類されることも多いが、ルールがManagement (管理)に分類されることもあり、実務者からは分かりにくい。したがってここではMedia(環境)は、作業空間の狭さ・悪天候・作業場所の暗さ・

表2：誘発要因の“4M”の観点

<u>Man (人)</u>
知識/経験/技量の不足
危険感受性や警戒心の不足
体調不良/生理現象 など
<u>Machine (もの)</u>
作業/設備/機器のわかりにくさ
作業/機器操作の難しさ
信号/標識などの見難さ など
<u>Media (環境)</u>
作業空間の狭さ
照明/騒音などの作業環境の悪さ
悪天候 など
<u>Management (管理)</u>
指示/通告/合図の不十分
組織/職場間の協力体制の不良
作業マニュアルの不十分・不適切
作業時間/人員の不適切 など

騒音などの作業環境のみとし、マニュアルなどは管理要因とした。その他、実務者が利用することを考慮し、4Mおよび4Eのそれぞれの要素を日本語でいう場合には、表1のように人・もの・環境・管理をそれぞれ使うこととした。表2に当社版4M4E分析における4Mの具体的観点、表3に4Eの具体的観点を示す。

表3：防止対策の“4E”の観点

<u>Education (人)</u>
作業標準など手順の教育
技能習熟のための教育訓練
安全意識の高揚 など
<u>Engineering (もの)</u>
車両/設備/機器の機能改善
マンマシン・インターフェイスの改善
治工具の改善 など
<u>Environment (環境)</u>
照明/騒音の改善
足場/床面の改善
作業姿勢の改善 など
<u>Enforcement (管理)</u>
作業体制/分担の見直し
作業手順/方法の見直し
帳票/マニュアル類の見直し など

## 3 4M4E分析の実施方法および手順

### 3.1 既存の4M4E分析の問題点

4M4E分析は、この研究以前からも一部の支社で独自の取り組みとして実施されていた。そこで、既に現場で4M4E分析が実施されていた支社等にヒヤリング調査を行い、当社で4M4E分析を実施する場合の課題を収集した。その結果、次のようなことがわかった。

#### ① エラー誘発要因の分析に不慣れ

エラーの「誘発要因」を分析する際に、重視すべき視点がわからず、誘発要因の掘り下げも不十分であることが多い。また、対策が直感的に決定され、エラーの誘発要因の分析が後づけになることがある。

② 対策の優先順位づけが難しい。また、対策の具体化が不十分であることが多い。

分析の結果提言された対策は、基本動作の励行に代表さ

れるように、対策の実施内容の具体化が不十分になる場合がある。また、多面的な観点から多くの対策が出てくるので、優先順位の判断が難しくなる。

### 3.2 新たな4M4E分析の実施手順

前述のような問題を解消するため、当社版の4M4E分析では、「時系列分析」、「誘発要因の分析」、「対策の策定」という3つのステップで分析を行うとともに、各ステップ内では「広く」、「深く」、「評価」という3つの手順を経て、最終的に実施対策を決定する分析手法を考えた(図1参照)。各ステップについて説明する。

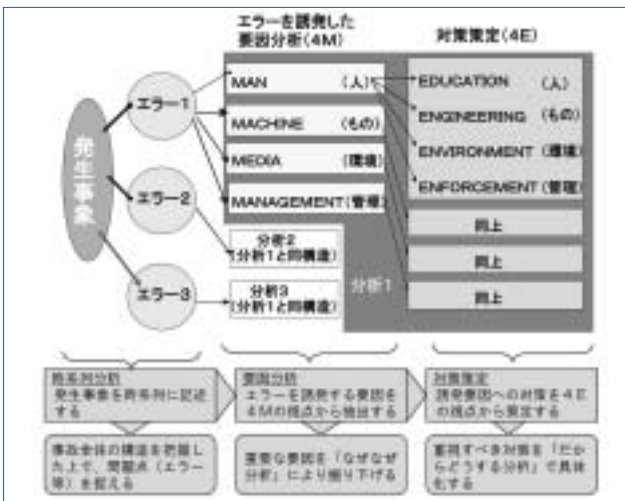


図1: 4M4E分析手順

#### 3.2.1 時系列分析

1つの事故は複数のエラーが重なって発生していることが多い。したがって、事故の再発・未然防止対策を適切に打つためには、「事象」発生に至るプロセス全体を把握する必要がある。それを可能にする方法として、以下の3つの手順(広く・深く・評価)で時系列分析を行う。

[広く]…発生した事象を時系列に記述し、問題点(エラーおよびエラーとまでは言えないが安全上の配慮が不足していた行動。以下単にエラーという)を抽出する。

[深く]…複数のエラー間の関連や両者に共通する要因の分析など、事故全体の構造を分析する。

[評価]…エラーの重要度を評価する。

以上のように「事象」発生に関係するエラーを漏れなく抽出するため、時系列分析はできるだけ遡って行き、「事象」発生に導いたエラー等をすべて抽出することを重視する。

#### 3.2.2 誘発要因の分析

##### (4Mなぜなぜ分析)

時系列分析と同様に、適切な対策を打つためには、「エラーの表面的な分析」を打破し、エラーや事故の真の要因を明らかにする必要がある。このため、以下の3つの手順(広く・深く・評価)で「4Mなぜなぜ分析」を行うことにした。

[広く]…エラータイプ(後述)を参考に、4Mの観点でエラーの誘発要因を広く抽出する。

[深く]…影響の大きな要因を中心になぜを繰り返す「なぜなぜ分析」により、本質要因を明確にする。

[評価]…抽出された本質要因のエラー発生に及ぼす影響度を評価する。

トヨタ自動車の改善運動の基本原則の一つに、「なぜを5回繰り返す」がある。そうすることにより、表面的な原因分析にとどまることなく、本質要因(真因)に至ることができるとされている。事故の調査手法としても同様の「なぜなぜ分析」があり、発生事象に対してその原因を「なぜ」で繰り返すことによって掘り下げ、本質要因に至ることを目的としている。当社も「なぜなぜ分析」を取り入れ、4Mで抽出した要因に対して「なぜなぜ」で掘り下げ、真の要因を明らかにし、表面的な分析の打破をねらっている。

#### 3.2.3 対策の策定

##### (4Eだからどうする分析)

事故を防止するためには、形式的な対策から脱皮し、効果的な対策を具体的な形で策定する必要がある。これを可能にするため、「4Mなぜなぜ分析」と同様、以下の3つの手順(広く・深く・評価)で「4Eだからどうする分析」を実施する手順とした。

[広く]…抽出された要因に対して、4Eの観点から再発防止対策を広く検討する。

[深く]…重要要因の対策を中心に「だからどうする分析」により、対策を具体化する。

[評価]…各対策の実施優先度を評価する。

4Eのみで対策を検討しても抽象的な対策になりがちであり、効果も不明である。したがって、4Eで抽出した対策に対してさらに「だからどうする」を繰り返すことにより、対策を具体的なアクションベースにまで落とし込む手順を導入した。これにより、対

策の効果の予測やスピーディーな実施が可能となる。

### 3.2.4 実施対策の決定

「4Mなぜなぜ分析」および「4Eだからどうする分析」は、事象の中で発生したエラーごとに実施している。そのため実際に実施する対策を決定するには、各エラーで検討した対策を総合的に評価し、実施対策の優先順位を決定する必要がある。これが対策策定までの最後の手順になる。

## 3.3 4M4E分析で用いる分析シート

4M4Eの分析は、以下に述べる「時系列分析シート」、「構造分析シート」、「問題別詳細分析シート」の3種類の分析シートを用いながら実施する。

### 3.3.1 時系列分析シート

「事象」の発生に至るプロセスを時系列に沿って記述し、「事象」を発生させたエラーを漏れなく抽出するためのシートである。時系列分析シートの記載例を図2に示す。

(1)○時△分頃、車両技術係(作業担当)2名は、×番線留置中車両の仕業検査、ワイパー修繕、及び解放作業を行うため、運転台助手側の乗降ステップに移動禁止合図旗を掲出した。  
 (2)その後、解放位置に向かい、棍を取外し、…  
 …  
 (4)…これまで車両の分割作業が終了していればすぐに転線できたことがあったため、運転士は「×番線へ転線するため入換作業をして良いか」と車両技術係(作業担当)に聞いた。<配慮不足2>これに対し…  
 …  
 (6)車両技術係(作業担当)は「切っている」と言ったが、これは電氣的に「切っている」という意味であった。しかし運転士はその同じ言葉を、分割作業自体が終了していると勘違いし、もう転線しても良いと思いついてしまった。<エラー1>そして…

図2：時系列分析シート（仮想事例）

### 3.3.2 構造分析シート

構造分析シートは、複数のエラー間の関連や共通要因の抽出など、事故の構造を分析するとともに、「4Mなぜなぜ分析」「4Eだからどうする分析」を実施し、適切な対策の策定に向けて分析を行うシートである。「事象」内で発生した1つのエラーについて、構造分析シートで「4Mなぜなぜ分析」「4Eだからどうする分析」を展開した例を、図3に示す。

### 3.3.3 問題別詳細分析シート

構造分析で重要とされたエラーを中心に、「4Mなぜなぜ分析」や「4Eだからどうする分析」を詳細に実施するシートであるとともに、決定された対策について「アクションベースの具体的な対策」を記載するシートである。

## 3.4 エラータイプを用いた分析のガイド

誘発要因の分析や対策の検討を的確に行うには、エラーのタイプを考慮することが有効である。エラータイプにより、着目すべき要因やエラー防止に有効な対策が異なるからである。当社ではリーズンおよびラスムッセンのエラーモデルを参考にしながら、4M4E分析で用いるエラータイプの検討を行い、表4のような分類を用いることにした。

表4：エラータイプの分類

発見失敗	発見失敗型エラー
失念	ぼんやり型失念 割り込み型失念
うっかりエラー	無意識・反行動型エラー
判断エラー	錯覚・思い込み型エラー 誤行誤認型エラー
行動エラー	技量不足型エラー 動作の乱れ・手順な作業型エラー
意図的行動	外正型意図的行動 手抜き型意図的行動
その他	完全忘却型エラー 戻戻り・眠気型エラー その他

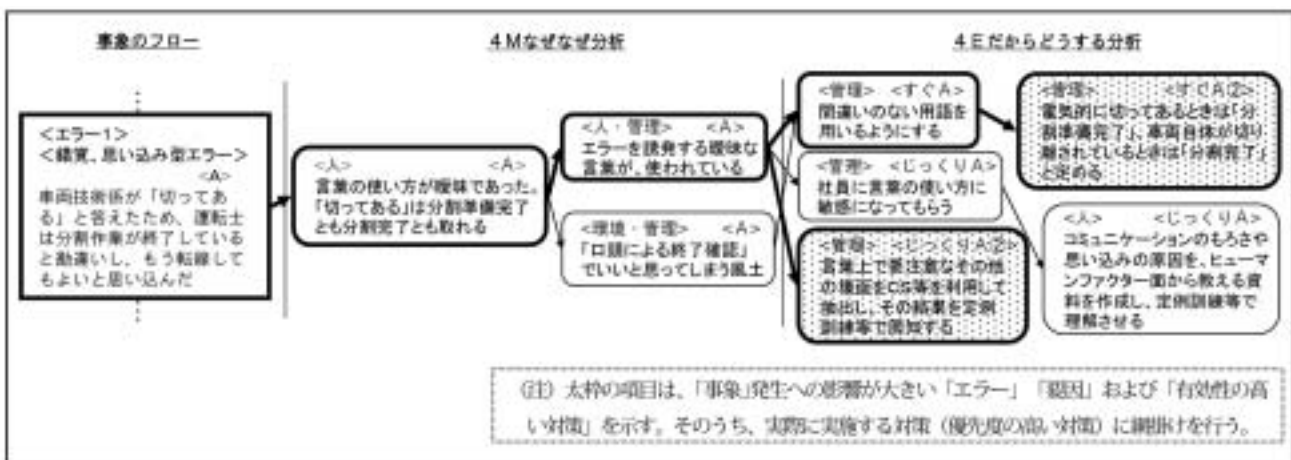


図3：構造分析の例



表5：4M4E分析ガイド（抜粋）

エラー名称	誘発要因を分析する際の着眼点				対策の着眼点	
	全般	Man(人)	Machine(もの)/Media(環境)	Management(管理)	4Eすべて	
判断エラー	①錯覚・思い込み型エラー	・意識的な判断や確認を行ったのに、なぜ間違えたのか ・いつもうまく行っている場合には、なぜその時だけ間違えたのか	・慣れや経験の影響はないか（いつものパターンと思ったなど）	・錯覚や思い込みを誘発しやすい設計になっていないか ・通常と異なる条件になっていなかったか ・事前情報の影響はなかったか	・いつもとは違う変則的な条件はなかったか(エラー誘発要因になっている可能性が高い) ・曖昧な情報提供・指示になっていなかったか	・情報の明確な周知徹底方法の工夫 ・要注意場面での注意喚起方法の工夫
	②試行錯誤型エラー	・状況がよく把握できていたか ・どうすればよいかわかっていただけなかったか ・試行錯誤をしていたか	・知識・経験は十分であったか	・状況がすぐ理解できるような情報が、機器やシステムから提供されていたか ・状況が理解しやすいような作業環境になっていたか	・作業に従事させる前に知識・経験のチェックを行っていたか ・教育訓練は十分に行われていたか ・必要な注意喚起は行っていたか	・異常時対応訓練 ・知悉度のチェック ・状況がすぐ理解できるような機器のデザイン

また、エラータイプごとに着目すべき誘発要因や有効と考えられる対策を整理した4M4E分析ガイド(表5)を作成し、ヒューマンファクター面からの分析が不慣れな人に対する支援を行うことにした。

エラータイプから要因への展開を例示する。例えば発生したエラーが「判断エラー」とされた場合、「いつもうまくいっていたのに、なぜその時だけ間違えてしまったのか」が問題になるが、その場合4M4E分析ガイドに沿って、注目すべき要因として「慣れの影響はないか」「錯覚や思い込みを誘発しやすい設計になっていないか」「いつもと違う変則的な条件が、錯覚や思い込みを誘発していないか」「あいまいな情報提供・指示になっていなかったか」といった観点から要因の抽出・分析を行ってみよう指導している。

### 3.5 4M4E分析のチェックリスト

この分析手法は、現場・支社等の実務者が実施することを想定しているため、分析がヒューマンファクターの観点から適切にできているかどうかをチェックするためのチェックリストを作成した。この項目は、いわば4M4E分析の要点といえることができる。チェック項目は、基本チェック項目と各分析ステップごとのチェック項目から構成される。表6に作成したチェックリストを記す。

表6：4M4E分析チェックリスト

<p>(1) <b>基本チェック項目</b></p> <p>(a) 本質的な要因を抽出し、実効ある対策を策定できたか</p> <p>①エラー当事者の「意識・思考過程・行動の背景」を「本人の立場」からしっかり分析したか（たるみ・手抜きなど、分析が表面的なきめつけになっていないか）</p> <p>②対策の効果を「現場の体制」「社員の受け止め」などをしっかり踏まえてシミュレーションし、その結果、効果に手ごたえを感じるか（事象を裏返しただけの表面的な対策になっていないか）</p> <p>(b) 現場としての教訓（事故防止のノウハウやコツなど）が抽出できたか</p> <p>①現場でヒューマンエラーやその誘発要因、要注意場面等に対する理解が深まったか</p> <p>②現場で共有する価値のある有意義な教訓（事故防止のノウハウやコツなど）が抽出できたか</p> <p>(2) 「時系列・構造分析」チェック項目</p> <p>①設計・製作までさかのぼり、「事象」に関連した問題点（エラー等）を漏れなく抽出できたか</p> <p>②抽出した複数の問題点の背景にある「共通の問題点や要因」までチェックしたか</p> <p>③「事象」全体を通して、何が重要な問題点か明らかになったか</p> <p>(3) 「4Mなぜなぜ分析」チェック項目</p> <p>①発生したヒューマンエラーに対して、以下の2つの観点から要因を分析したか</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「本人」自身の作業遂行能力が十分高かったか</li> <li>・「本人」をエラーに陥れる要因がなかったか</li> </ul>
--

- ②上記要因について、「人」・「もの」・「環境」・「管理」の側面から分析できたか
- ③重要な要因に関して、「なぜなぜ分析」により本質的な要因まで掘り下げたか
- (4)「4Eだからどうする分析、実施対策決定」チェック項目
  - ①明らかになった本質的要因に対して、「人」・「もの」・「環境」・「管理」の側面から対策を検討したか
  - ②実施すべき対策の優先順位を明確に意識し、優先する対策をアクションベースにまで具体化したか
  - ③実施する対策は、対症療法的でなく、効果に手ごたえを感じるか

#### 4 4M4E分析の効果

例えば、「結線図を作成する際、原図の転記を誤り、本来、配線変更の必要な部分に変更不要と判断された」という「事象」が発生したとする。要因の掘り下げなどを行わない場合には、エラー原因は「うっかりして原図の転記を誤った」程度の分析になりがちであり、その対策としては、「原図の転記を行う際には、転記後の確認を徹底する」など、原因の単なる裏返しの対策になりがちである。

一方、4M4E分析を用いると、例えば表7のような分析も可能になる。

表7：4M4E分析による分析の深度化

<p><b>時系列分析</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・担当者は、打合せのため設計作業を一時中断した</li> <li>・再開後、最初の作業で当該エラーが発生した</li> <li>・当該部分の設計は、通例では変更が不要なケースが多かった</li> </ul> <p><b>要因分析</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・担当者は、通例どおり、当該部分の変更はほとんどないと漠然と考えていた（人・管理）</li> <li>・作業中断後の作業再開の際、気持ちの中で直前まで行っていた作業を引きずっていた（人）</li> <li>・当該作業は十分な経験があり、原因は見なくても覚えているとの認識もあり、結線図の原因部分をCADからよく確認しないまま消去し、自分の記憶に従って再描画した（人・もの）</li> </ul> <p><b>対策決定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業の中断がエラーの典型的な誘発要因であることを事例等で認識させる（人）</li> <li>・通例と異なる場合には、作業指示や注意喚起が確実に実施される仕組みを認ける（管理）</li> <li>・結線図を作成する場合には、CADに原図を残しながら作業する手順に変更する（管理）</li> <li>・CADに論理チェック機能を認ける（もの）</li> </ul>
--

このように4M4E分析の導入により、ヒューマンエラーを表面的に捉えるのではなく、エラーが起こったプロセスを正しく捉え、エラーを誘発した本質的な要因を抽出し、実質的にエラーをなくせる、あるいは減らせる対策の策定が効果的に行えると考えられる。

また現場においては、ヒューマンエラーや事故の捉え方が変わり、表面的な要因ではなくエラーを誘発した本質的な要因が理解されるため、「事象」に対する真の教訓が蓄積されるとともに、事故防止活動・訓練の切り口の幅が広がることが期待される。

#### 5 おわりに

今まで述べてきた4M4E分析の手順をマニュアル化し、2004年度から各支社に4M4E分析についての教育を実施している。4M4E分析は分析の数をこなしていくことにより、分析スキルが向上していくと考えられるため、“OJT”を重視している。

一方、4M4E分析の基礎になるヒューマンファクターに関する知識や基本的な考え方を十分理解するには難しさもある。そのため分析者のレベルアップを図るとともに、分析内容の精度を向上させるため、現在4M4E分析に関する訓練・支援ツールも開発中である。

本分析手法はまだ開発中であるが、来年度からの本格的導入に向け、分析手法としての完成度を高め、当社の「注意を要する事象」の分析手法として定着させることにより、事故の再発・未然防止につなげていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 柳田邦男;事故の死角、文藝春秋、1978.8.
- 2) 柳田邦男;失敗の研究、(財)航空保安協会、2001.10.
- 3) 正田亘;ヒューマンエラー、エイデル研究所、1995.4.
- 4) 正田亘;ヒューマンエラーの原因と予防、麗澤大学出版会、2001.2.
- 5) 小松原明哲;ヒューマンエラー、丸善株式会社、2003.3.
- 6) 黒田勲;「信じられないミス」はなぜ起こる、中災防新書、2001.9.
- 7) 芳賀繁;ミスをしないう人間はいない、飛鳥新社、2001.12.
- 8) 芳賀繁;うっかりミスはなぜ起きる、中央労働災害防止協会、2000.11.
- 9) James Reason;組織事故、日科技連、1999.4.