



## ヒューマンファクタ分析ハンドブック

平成 29 年 3 月 3 日 A 改訂

宇宙航空研究開発機構

#### 免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

#### Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

#### 発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

## 目 次

1.	総則.....	1
1.1	目的.....	1
1.2	適用範囲.....	1
2.	関連文書.....	1
2.1	適用文書.....	1
2.2	参考文書.....	1
2.3	引用文献.....	1
3.	ヒューマンエラー防止活動と本書の構成.....	2
3.1	ヒューマンエラー防止活動と本書の位置付け.....	2
3.2	本書の構成.....	2
4.	用語の定義.....	3
5.	基礎知識編(ヒューマンエラー防止の考え方).....	5
5.1	ヒューマンエラーとは.....	5
5.2	ヒューマンファクターズ概念.....	6
5.3	ヒューマンエラーが不具合、事故に至るまでのプロセス.....	7
5.4	ヒューマンエラーを引き起こす要因.....	8
5.4.1	要因の分類.....	8
5.4.2	宇宙開発関連業務におけるヒューマンエラーに関わる要因例.....	11
5.4.3	要因の排除・緩和.....	16
5.5	ヒューマンエラー起因不具合の防止に向けて.....	16
5.5.1	ヒューマンエラー起因不具合の発生モデル.....	16
5.5.2	再発防止のアプローチ.....	17
5.5.3	未然防止のアプローチ.....	18
6.	分析手法編(ヒューマンエラー起因不具合の分析方法).....	19
6.1	分析の基本的流れ.....	19
6.2	不具合に至った経緯の整理、問題点の識別.....	20
6.2.1	バリエーションツリー.....	21
6.2.2	いきさつダイヤグラム.....	28
6.3	問題点に対する要因の抽出.....	31
6.3.1	なぜなぜ分析.....	32
6.3.2	PSF 法.....	36
6.3.3	その他の手法.....	39
7.	対策編.....	43
7.1	対策立案の基本的考え方.....	43
7.1.1	対策立案の段階的視点.....	43
7.1.2	対策立案の際の考慮事項.....	44
7.1.3	防止対策のカテゴリー.....	44
7.1.4	対策の妥当性検証.....	46
7.1.5	対策実施に向けての注意事項.....	46
7.2	防止対策のカテゴリーに基づく対策例.....	47
7.2.1	意識の一般的強化・啓蒙.....	47
7.2.2	意識の個別強化.....	52
7.2.3	教育・訓練.....	53
7.2.4	規律化・習慣づけ.....	53
7.2.5	模擬体験的訓練.....	56
7.2.6	隔離化.....	57

7.2.7	冗長化 .....	59
7.2.8	人間工学的配慮 .....	59
7.2.9	作業改善 .....	62
7.2.10	マニュアル類の改良・補完 .....	62
7.2.11	エラーの影響緩和 .....	63
7.2.12	機械化・自動化 .....	64
7.3	未然防止に向けた対策例 .....	65
7.3.1	未然防止の視点(3H) .....	65
7.3.2	ヒヤリハット活動 .....	65
7.3.3	作業工程管理チャート .....	66
7.3.4	職場改善による未然防止活動 .....	70
8.	引用文献リスト .....	71
付録 I	.....	I-1
付録 II	.....	II-1
付録 III	.....	III-1
付録 IV	.....	IV-1

## 図 表 目 次

図 3-1	ヒューマンエラー防止活動と本書の構成 .....	3
図 5-1	m-SHEL モデル <sup>[3]</sup> .....	6
図 5-2	事象のチェーン <sup>[5][6]</sup> .....	7
図 5-3	スイスチーズモデル <sup>[1][7]</sup> .....	8
図 5-4	2つの契約方式 .....	12
図 5-5	ヒューマンエラー起因不具合の発生モデル .....	16
図 6-1	不具合分析のフローと分析手法の例 .....	19
図 6-2	バリエーションツリーの基本形 .....	21
図 6-3	排除ノードとブレイクの考え方 .....	27
図 6-4	バリエーションツリーの例(メインツリー) .....	27
図 6-5	バリエーションツリーの例(サブツリー) .....	28
図 6-6	いきさつダイアグラムの様式例 .....	29
図 6-7	いきさつダイアグラムの作成例 .....	30
図 6-8	なぜなぜ分析の実施方法および例 .....	33
図 6-9	なぜなぜ分析のポイント(①～⑦を実行する) .....	35
図 6-10	なぜなぜ分析の例 .....	35
図 6-11	なぜなぜ分析の例(良くない例) .....	36
図 6-12	PSF リファレンス・リストの概要 .....	37
図 6-13	要因マトリクスと対策の方向性 .....	39
図 6-14	ノタメニ構文 .....	40
図 6-15	ノタメニ分析の注意点 .....	40
図 6-16	m-SHEL 分析の様式例 .....	41
図 6-17	4M-4E 分析 .....	42
図 7-1	戦略的エラー対策:4STEP/M と 3つのステップとの関係 .....	43
図 7-2	もうひとりの自分がある .....	50
図 7-3	JAXA が提案する CRM スキル <sup>[33][34]</sup> .....	54
図 7-4	エラープルーフ化の原理 <sup>[11]</sup> .....	57
図 7-5	人間・機械系の要素 .....	59

図 7-6	ハインリッヒの法則.....	66
図 7-7	マトリクス展開.....	67
図 7-8	QFD 手法による要求品質と据付工事での影響要因評価 <sup>[40]</sup> .....	68
図 7-9	変電所における据付組立工事の事例 <sup>[40]</sup> .....	69
表 5-1	m-SHEL モデルの各要素 <sup>[1][3]</sup> .....	6
表 5-2	3分類における要因例.....	9
表 5-3	要因の 3 分類とその他の分類との関係.....	10
表 5-4	(参考)4M の各要素 <sup>[1]</sup> .....	10
表 5-5	宇宙開発関連業務における要因例の分類別整理結果.....	15
表 6-1	分析法の選択基準.....	20
表 6-2	5W1H.....	22
表 6-3	軸の設定例.....	23
表 6-4	通常作業の記入例.....	24
表 6-5	ノード(四角棒)の種類.....	24
表 6-6	記述上の注意点.....	25
表 6-7	欄外の記述方法.....	25
表 6-8	バリエーションツリーの検証方法.....	26
表 6-9	対策策定ポイント.....	26
表 6-10	なぜなぜ分析実施の考慮事項.....	34
表 6-11	要因マトリクスと分類内容.....	38
表 7-1	防止対策のカテゴリー <sup>[13]</sup> .....	45
表 7-2	対策の妥当性チェックリスト.....	46
表 7-3	ヒューマンエラーに関係する人間特性(認知的特性) <sup>[3]</sup> .....	48
表 7-4	ヒューマンエラーに関係する人間特性(生理的身体的特性) <sup>[3]</sup> .....	49
表 7-5	エラーに関係する集団の心理的特性 <sup>[3]</sup> .....	49
表 7-6	初心者と熟練者の違い(ヒューマンエラーの特徴例).....	50
表 7-7	KSAB モデル <sup>[1][29]</sup> .....	51
表 7-8	規則遵守を促すポイント <sup>[1]</sup> .....	51
表 7-9	ヒューマンエラーを起こさないための仕事に対する心構え.....	52
表 7-10	JAXA CRM スキルの概要と行動指標例 <sup>[1][33]</sup> .....	54
表 7-11	会話の原則(H.P.Grice) <sup>[1]</sup> .....	56
表 7-12	エラープルーフ化の原理とその対策例 <sup>[4][11][35][36]</sup> .....	58
表 7-13	手順書、マニュアル等の書き方に関する注意点と対策例 <sup>[38]</sup> .....	63
表 7-14	自動化の形態 <sup>[39]</sup> .....	64
表 7-15	推奨される自動化の条件 <sup>[15]</sup> .....	65
表 7-16	3H.....	65

## 1. 総則

### 1.1 目的

本書は、宇宙開発において発生したヒューマンエラーに起因する不具合の再発防止および未然防止に向けて、ヒューマンエラーを引き起こす要因を明らかにし、対策を講じることを目的とした分析手法、対策の考え方、および必要な基礎知識を解説したハンドブックである。宇宙開発におけるヒューマンエラーの要因例やよく使われる分析手法を調査、検討し、作成したものである。

特に、重大な不具合からヒューマンファクタを抽出して、より効果的な再発防止対策を立案したり、品質システムの抜本的な改善活動に本書を利用することが期待される。

### 1.2 適用範囲

JAXA および契約の相手方が、不具合の背後要因分析(品質保証プログラム標準 JMR-005 4.9.4.1 項 \*1)や人為故障の除去(信頼性プログラム標準 JMR-004 4.3.13.1 項 \*2)等の検討作業において、ヒューマンエラーに起因する不具合分析を行う場合の参考文書とする。

- ※1 開発スケジュール、コスト並びにインタフェースに重大な影響を及ぼす不具合が発生した場合、契約の相手方は機構の検査員等と実施の要否を協議して次に示す不具合の背後要因分析を行い、是正処置に役立てること。背後要因分析においては、「ヒューマンファクタ分析ハンドブック」(JERG-0-018)を活用すること。
- ※2 契約の相手方は、開発からミッション運用にわたって、人為故障の潜在的な原因を除去すること。  
人為故障を避けるためには、品目を正しく安全に利用しやすく、かつ、間違った危険な使い方をしにくくすること。できるだけ簡単かつ安全に、組立・取扱・維持・運用できるシステムとすること。  
これには、機器の設計、報告された異常／故障の解析とその除去、並びに取扱・貯蔵・輸送・点検・運転にかかわる器材および訓練に関しても含めること。

## 2. 関連文書

### 2.1 適用文書

- (1) JMR-004 信頼性プログラム標準
- (2) JMR-005 品質保証プログラム標準
- (3) JMR-013 品質保証プログラム標準 (基本要求 JIS Q 9100)

### 2.2 参考文書

下記参考文書について、本書と併せて、ヒューマンエラー防止活動の参考にされたい。

なお、(5)は ESA において運用時における人的信頼性に焦点を当てたものであり、(6)は設計上のヒューマンファクターズに対する考慮事項に関するものである。

- (1) JERG-0-020 「品質ヒヤリ・ハット」の活用ハンドブック
- (2) JERG-0-021 フールプルーフ設計ガイドライン
- (3) CGM-104001 ヒューマンファクタ分析ハンドブック補足版
- (4) CGB-104013A ヒューマンエラー防止ガイドブック
- (5) ECSS-Q-HB-30-03A Space product assurance Human dependability handbook
- (6) ECSS-E-ST-10-11C(31July2008) Space engineering Human factors engineering

### 2.3 引用文献

本書において引用された情報や知見は、8章に示す引用文献リストによる。

### 3. ヒューマンエラー防止活動と本書の構成

#### 3.1 ヒューマンエラー防止活動と本書の位置付け

本書は、JAXA で既に作成している JERG-0-018 ヒューマンファクタ分析ハンドブック、2.2 項の参考文書(3) CGM-104001 ヒューマンファクタ分析ハンドブック補足版、2.2 項の参考文書(4) CGB-104013A ヒューマンエラー防止ガイドブックの 3 文書を統合し、宇宙開発関連業務におけるヒューマンエラー防止を進めるにあたり必要な情報をまとめたものである。

#### 3.2 本書の構成

本書 4 章以降に示す内容は、以下の通りである。

##### 【用語の定義(4 章)】

本書にて使用するヒューマンエラーに係る用語の定義を示す。

##### 【基礎知識編(5 章)】

宇宙開発におけるヒューマンエラー起因不具合の防止のための基本的考え方について述べる。

ヒューマンエラーやヒューマンファクターズの定義、ヒューマンエラーが不具合に至るのはどのような場合か、それを防ぐにはどうすべきかについて示す。

##### 【分析手法編(6 章)】

ヒューマンエラー起因の不具合が起きた場合の事後分析手法の基本手順やルールについて示す。

対象不具合に対し、不具合に至った経緯の整理の手法、浮き彫りになった問題点に対する要因分析手法を紹介する。

##### 【対策編(7 章)】

要因の排除・緩和対策を検討するにあたり、基本的な考え方について紹介する。次に要因別に対策の視点や対策例を示す。また、未然防止の観点も踏まえた対策例や考え方についても触れる。

##### 【引用文献リスト(8 章)】

本書において引用された情報や知見を示す。

##### 【付録(付録 I、II、III、IV)】

宇宙開発分野において、これまでに取り組んだツールとして、分析手法編、および対策編に関連したものを掲載する。

本書は、図 3-1 に示す構成で作成しており、利用者の利用目的により、必要項目を確認することが可能である。

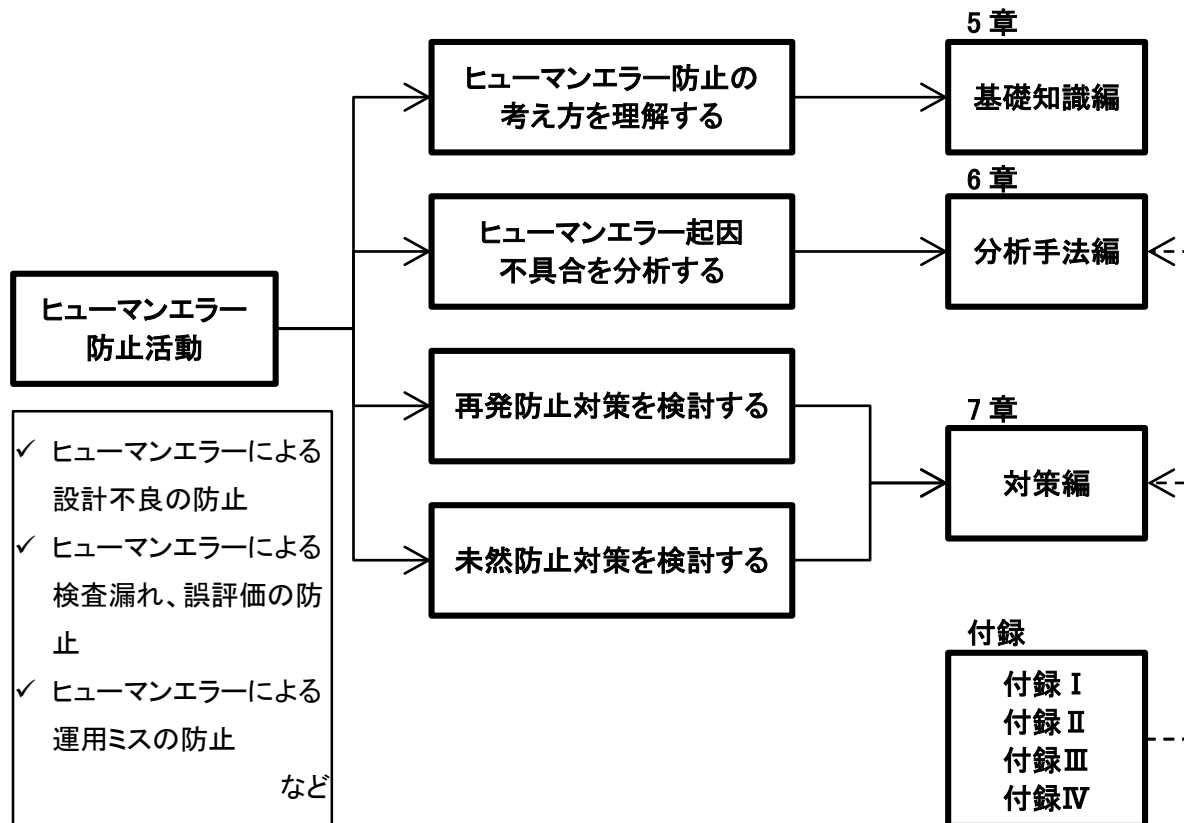


図 3-1 ヒューマンエラー防止活動と本書の構成

#### 4. 用語の定義

本書においては、次に示す各用語について、以下のように定義する。

##### 不具合:

一つ以上の特性が要求と合致しないまたは異常な物品の状態。故障、偏差、欠陥、不足および機能不良を含む。なお、本書で言う「不具合」とは、上記状態のうち特に「ヒューマンエラー起因不具合」を指す。

##### ヒューマンエラー (Human Error): 5 章

本書で言う「ヒューマンエラー」とは、「人間の判断や行為(作業)が、(結果的に)意思に反して目的を達成する妨げになってしまうようなこと」を指す。

##### ヒューマンファクターズ (Human Factors): 5.2 項

ヒューマンエラーを引き起こすあらゆる要因について、その特性を理解し、それらを管理する一連の活動やその学問体系を指す。

##### m-SHEL モデル: 5 章

ヒューマンファクターズの内容を理解するためのモデル。作業する人間(中心の L)とその周りの各要素(S,H,E,L等)の特性がうまくかみ合っていないと、ヒューマンエラーが引き起こされ易くなることを表す。



**事象のチェーン:5章**

ヒューマンエラーの前後において適切でない事象が連鎖的に結びついて鎖のようになったときに、不具合や事故が発生するという考え方。エラーチェーンともいう。

**スイスチーズモデル:5章**

悪い条件が重なると事故が発生することをスライスしたスイスチーズの穴にたとえて説明したもの。

**EFC (Error Forcing Context) :5章**

複数の要因が重なることによって、ヒューマンエラーが引き起こされやすくなる状態、状況。

**原因 (Cause):5章**

本書では、不具合を引き起こす直接的な事象を指す。

(本書では、不具合の(直接的な)原因がヒューマンエラーであるものを「ヒューマンエラー起因不具合」と呼ぶ)

**PSF (Performance Shaping Factor) :5章**

ヒューマンエラーを引き起こす要因、または作業を阻害する状況、状態。一般的に、ヒューマンエラーの要因(状況、状態)は複数存在する。ヒューマンエラーの直接原因だけでなく、関連するすべての要因を含めたものが PSF である。本ハンドブックでは、前者を「ヒューマンエラーの原因」、後者(PSF)を「ヒューマンエラーの要因」と、表現を使い分けている。PSF を単に「要因」と表記している場合もある。

**バリエーションツリー (Variation Tree):6章**

不具合に至った経理の整理や、問題点を識別するための手法。不具合事象をトップに配置し、不具合に至った事象の関連を時系列的に記述し、事故や不具合の発生過程を視覚化する。

**いきさつダイアグラム:6章**

不具合に至った経理の整理や、問題点を識別するための手法。通常の作業ステップ(手順)から逸脱した作業(ヒューマンエラー、問題事象)を識別して記述し、事故や不具合の発生過程を視覚化する。

**なぜなぜ分析 (Why-Why Analysis) :6章**

ヒューマンエラーや問題点に対し、要因を抽出するための手法。対策志向で「なぜ」を掘り下げていき、再発防止対策が見出されるまで続ける。

**PSF 法 (PSF Method) :6章**

ヒューマンエラーや問題点に対し、要因を抽出するための手法。PSF リファレンス・リストを参考に、該当しそうな要因を抽出する。

**PSF リファレンス・リスト (PSF Reference List) :6章**

ヒューマンエラーの要因や、作業阻害要因になりそうな項目を予めリスト化したもの。

**対策 (Measure) :7章**

ヒューマンエラー起因不具合を防止するための方法・手段。

**3H:7章**

「初めて」「久しぶり」「変更」の頭文字(H)を取ったもの。

## 5. 基礎知識編(ヒューマンエラー防止の考え方)

本章は、宇宙開発関連業務において 1 章の目的に示すヒューマンエラーを防止するために、各人が基礎知識として知っておくべきことをまとめている。宇宙開発関連業務に携わる方々を対象として作成している。

初めに、ヒューマンエラーについて述べた後、「ヒューマンエラーはどのようにして起こるのか」について、ヒューマンファクターズの考え方に基づいて具体的に説明する。次に、ヒューマンエラーが単なるエラーで終わらず、不具合に至ってしまうプロセスについて説明する。さらにヒューマンエラー起因の不具合を防止するためにはどうすればよいか、という観点から、要因やその排除・緩和について説明する。最後に、ヒューマンエラー起因不具合防止のアプローチについて示す。

### 5.1 ヒューマンエラーとは

ヒューマンエラーとは、人間の判断や行為(作業)が、(結果的に)意志に反して目的を達成する妨げになってしまうようなことである。具体的にはオMISSIONエラーとコミッションエラーに分類する方法がある<sup>[1]</sup>。

#### オMISSIONエラー (Omission Error) : すべきことをしない(省略する)

オMISSIONエラーには、以下のエラーを含める。

- やるべきことをやらなかった。省いた(飛ばし、抜け:狭義の Omission Error)
- やるべきことをしたが不完全(一部不足、不十分)

#### コミッションエラー (Commission Error) : してはいけないことをする(間違い)

コミッションエラーには、以下のエラーを含める。

- 要求されていることと違うことをした(やり間違い:狭義の Commission Error)
- 要求されていない余計なことをした
- すべきことの順序が違う
- タイミング的に不当なことをした

オMISSIONエラーとコミッションエラーは、いずれもその行為が「わざとではない」、「意図してやったわけではない」というように、無意識的な状態でなされたものを指している。

一方、同様の行為であっても、「面倒だったから」「よかれと思って」等の理由が後で調べて見るとわかる場合、つまり意識的に(意図的に)その行為を選択・判断している場合は、ヒューマンエラーとは区別して、「違反」と呼んでいる<sup>[1][2]</sup>。

違反は、「もっと効率的に」「遅れて迷惑をかけないように」といった当事者の善意や、リスクテイキング、好奇心などによって引き起こされるが、その背景には、「規範意識の低下」や「不必要な作業、手順」、「手続きの煩わしさ」等といったシステム、管理面での問題が潜んでいる。したがって、違反に対しては、組織的な問題としてとらえ、ヒューマンエラーと同様に、その要因を明らかにし、適切に対策を取っていく必要がある。

## 5.2 ヒューマンファクターズ概念

ヒューマンファクターズ概念を理解するためのモデルとして、m-SHEL モデル<sup>[3]</sup>を紹介する。さらに、m-SHEL モデルを用いて、ヒューマンエラーが生じる状況および、ヒューマンエラー防止の基本的考え方について説明する。

ヒューマンファクターズ概念を m-SHEL モデル(図 5-1)を使って説明する。

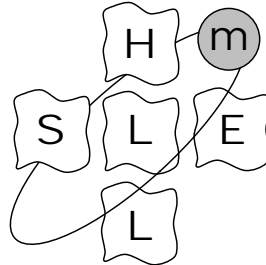


図 5-1 m-SHEL モデル<sup>[3]</sup>

m-SHEL モデルは、「S」「H」「E」「L」と「m」から構成されており、m 以外の各文字は凹凸で囲まれている。「SHEL」の周囲を「m」が回っているという、作業する人間とその周りにある要素を表した概念モデルである。

表 5-1 に m-SHEL モデルに示される要素について説明する。

表 5-1 m-SHEL モデルの各要素<sup>[1][3]</sup>  
(引用文献[1]、[3]を基に一部加筆・修正)

要素	例示
L; Liveware (ライブウェア、真ん中の L): 本人	身体的状況、心理的・精神的状況、能力(技能・知識)等
S; Software (ソフトウェア)	マニュアル、手順書、教育・訓練用教材等
H; Hardware (ハードウェア)	マン・マシン・インタフェース、機械・器具、装置等の設計、配置等
E; Environment (環境)	作業環境(温湿度、照明、騒音等)、作業特性(緊急作業等)、雰囲気等社会的環境
L; Liveware (ライブウェア、下の L): 周りの人	コミュニケーション、リーダーシップ、チームワーク 等
m; management (管理)	組織・管理・体制、職場の雰囲気、風土、安全文化の醸成、管理的要素等

m (management) が各要素の外側にあるのは、「マネジメントは全ての基盤である」との考えに基づいており<sup>[3]</sup>、周囲を回っているのは、全体のバランスを考えながら、各要素間の関係を最適なものにする役割を果たすことを意味する<sup>[4]</sup>。

m-SHEL モデルのポイントは 2 つある。1 つは中心に人間(L)を置いていることである。もう一つは、それぞれの要素の周辺が波線で表現されていることである。この波線はそれぞれの要素の特性や限界を表している。中心の L とその周りの各要素の波線が合っていない場合、人間と周りの要素の特性がうまくかみ合っていないことを示し、その結果、ヒューマンエラーが引き起こされやすくなることを表している<sup>[3]</sup>。

ヒューマンエラーを引き起こさないためには、それぞれの要素の波線を合わせる必要がある。そのためには 2 通りの方法があり、1つは人間側から機械や手順書に歩み寄るという方法(既にあるシステムや手順書を訓練や教育で使いこなす)と、もう 1 つは機械や手順書側から人間に歩み寄る方法(人間特性を考慮した設備設計、わかりやすい手順書表記等)とがある。

従来は、前者の考え方が主流であったが、今日では後者、すなわち「機械や手順書に人間のパフォーマンスを十分に発揮させない何らかの問題がある」と考え、設備や手順書でヒューマンエラーを発生させない工夫が必要」という発想に立つことが重要である。m-SHEL モデルから言えることは、ヒューマンエラーを引き起こした本人だけが悪いというわけではないことである。本人を取り巻く他の要素においても、何らかの問題が潜在しており、それが顕在化してヒューマンエラーを引き起こしたと考える。したがって、ヒューマンエラーを引き起こした本人だけの責任追及は意味がなく、本人を取り巻く周囲の状況の不適切さにも目を向けなければならない。

なお、ヒューマンエラーそれ自体が常に不具合や事故に繋がるとは限らない。多くのヒューマンエラーは、自分自身や他者が早期に気づき、リカバリーできるものである。

どのような状態の時にヒューマンエラーが重大な不具合や事故に繋がるのか、そのプロセスについて説明する。

### 5.3 ヒューマンエラーが不具合、事故に至るまでのプロセス

ヒューマンエラーが単独で、重大な不具合や事故につながることは少ない。ヒューマンエラーの前後の段階において、様々な形で適切でない事象が重なって連なった結果、重大な不具合や事故が発生する。言うなれば、不具合や大きな事故の背景には、不適切な事象要因の連鎖が関係しているということである。この考え方は、航空機分野等では、「事象のチェーン」として知られている(図 5-2)<sup>[5][6]</sup>。

事象のチェーンはエラーチェーンともいう。ヒューマンエラーは当事者の周囲にある要因によって引き起こされた結果であること、また、ヒューマンエラーが検出・リカバリーされず、さらにヒューマンエラーの影響緩和ができないなど、さまざまな問題が連鎖したときに、不具合や事故につながることを表したものである。

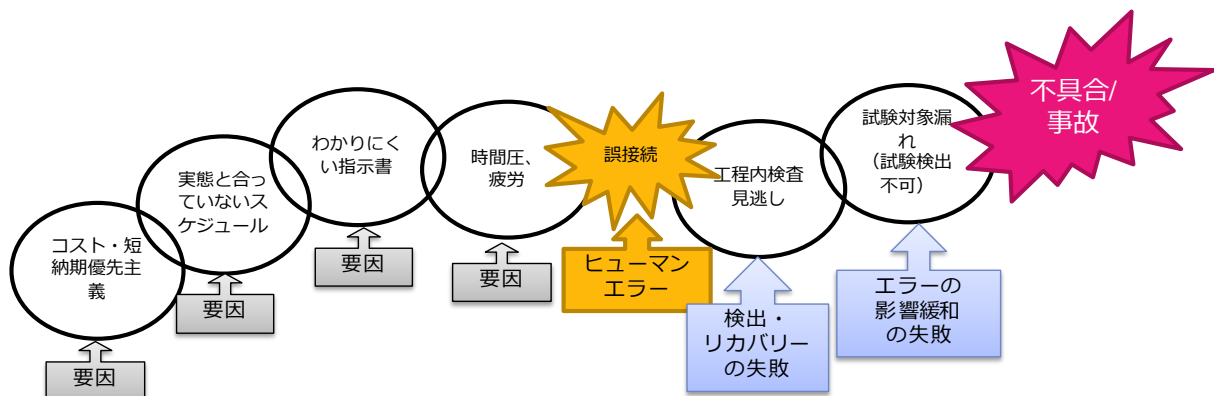


図 5-2 事象のチェーン<sup>[5][6]</sup>

(引用文献<sup>[5][6]</sup>を基に一部加筆・修正。図内の要因は一例を示す)

なお、事象のチェーンと類似したものとして「スイスチーズモデル<sup>[17]</sup>」がある。悪い条件が重なると事故が発生することをスライスしたスイスチーズの穴にたとえて説明したものである(図 5-3)。図 5-3 に示したような要因や不適切な事象、状態をスライスチーズの穴に例えており、光を通した時に穴が一直線に重ならなければ光は漏れない(事故は起こらない)が、穴が重なったときに光が漏れてしまう、すなわち事故に繋がる<sup>[17]</sup>というものである。

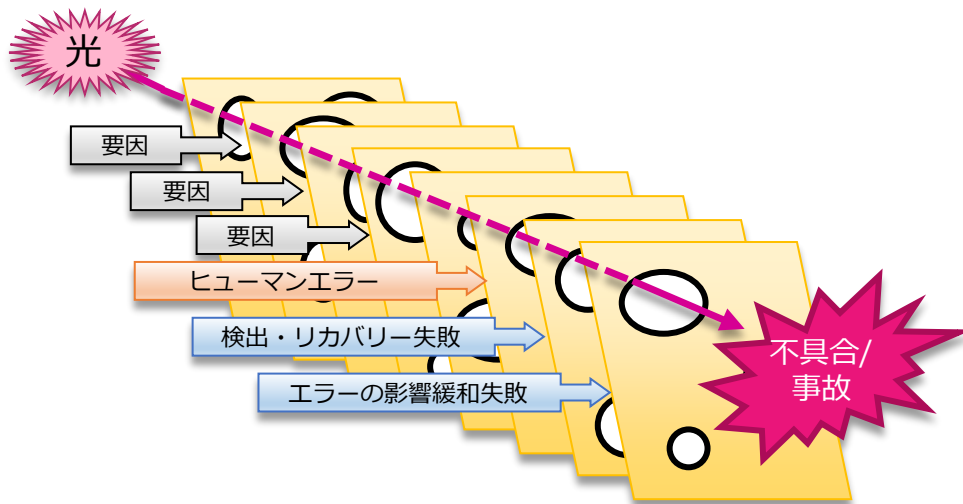


図 5-3 スイスチーズモデル<sup>[17]</sup>  
(引用文献<sup>[17]</sup>を基に一部改変)

#### 5.4 ヒューマンエラーを引き起こす要因

ヒューマンエラーは、エラーを引き起こした当事者本人だけが問題(要因)なのではなく、当事者を取り巻く周囲の状況の不適切さ(本人との不整合)も要因として捉えるべきであることを述べた。複数の要因が重なることによって(Error Forcing Context: 過誤誘発状況<sup>[3]</sup>という)、ヒューマンエラーが引き起こされやすくなるということである。

本項では、ヒューマンエラーを引き起こす要因について説明する。

##### 5.4.1 要因の分類

一般に、1件のヒューマンエラーについて、ほとんどの場合は幾つかの要因が関わり、それらは多様である。従って、ヒューマンエラーの要因を洩れなく抽出するには、場当たりのではなく、なるべく体系的且つ、順序立てて考えられるよう、予め要因の分類があると抽出しやすい。

そこで本項では、要因の分類例(仕分け例)について説明する。

要因の分類方法(要因の仕分け方)には、4M<sup>[1]</sup>(Man, Machine, Media, Management)、m-SHEL、PSFリファレンス・リスト(6.3.2項参照)など、使う側によって様々であるが、本書では、それらを包含するものとして以下の3つの分類を紹介する。

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>① システム要因: 作業要因、環境要因等、仕事のしやすさ等に係わる要因</li> <li>② 組織要因: 管理要因、職場要因、コミュニケーション等、マネジメントに係わる要因</li> <li>③ 個人要因: 心理的負担、作業遂行能力等、作業者本人に係わる要因</li> </ul> |
|---|

上記3分類における要因例を表 5-2 に示す。

表 5-2 において、①システム要因は作業要因と環境要因から成り、さらに下位の分類で構成される。「要因例」は下位分類ごとに考えられる要因例を示す。②組織要因、③個人要因についても同様である。これを活用して、順序立てて、網羅的に要因を洗い出す際の補助とされたい。

また、3つの分類と、その他の分類体系(4M、m-SHEL、PSF リファレンス・リスト)との関係について表 5-3に示す。この表は、要因の3分類に対し、4M、m-SHEL、PSFリファレンス・リストの各要素や下位分類の対応関係を整理したものである。なお、4Mの構成要素およびその例示について表 5-4に示す。

いずれの分類体系を用いても、順序立てて、網羅的に要因を抽出することができることを示す。現場によって、上記3分類よりもその他の分類体系の方がなじみやすく使いやすければ、それらを用いればよい。

表 5-2 3分類における要因例

要因分類		要因例	
① システム 要因	作業 要因	困難さ	解釈の困難、予測の困難、判断の困難、作業精度の厳しさ 等
		ワークロード	重筋作業、同種繰り返し、姿勢の制約 等
		並行/突発的作業	並行作業、予定外作業、突発的作業 等
	環境 要因	MMI (マン・マシン・インタフェース)	表示の不備、道具の不備、操作器具の不備、レイアウトの不備、設備上の不備・不具合 等
		空間	狭あい部、足場・高所、危険場所、上下作業、遠隔 等
		特殊装備	防護具の不具合、安全装備の不具合 等
	音熱等	照明不足、高/低温、高湿、騒音等	
② 組織 要因	職場 要因	チーム構成	チーム構成の不備、指揮系統の不備、役割分担の不明確さ 等
		コミュニケーション	報告・連絡不適切、指示・指導不適切、引継ぎ・申し送り不十分、情報共有不足、連携不良 等
	管理 要因	モラル	ポリシー・価値観の偏り、ヒューマンエラー防止への無関心 等
		教育・訓練	職場教育の不備、技能訓練の不備 等
		管理規定等	マニュアル・書類の不備、図面の不備、作業計画不適切、管理規定の不備、文書・物品等の管理不適切、不適切な計画変更 等
③ 個人 要因	個人 要因	心理的負担	時間的制約、焦り、単調感、失敗の懼れ、心的飽和、作業環境による注意の散逸、一点集中的状況 等
		生理的負担	作業状況によるストレス、疲労、夜間作業 等
		作業遂行能力	不慣れな作業、経験不足、知識・技能不足、付随作業、作業意欲 等

表 5-3 要因の 3 分類とその他の分類との関係

要因種別		4M (表 5-4 参照)	m-SHEL	(宇宙用)PSF※ リファレンス・リスト
システム 要因	作業要因	Machine	Hardware	b. 主体業務 c. 分析・評価 f. ツール・部品等 h. 作業特性
	環境要因	Media (物理的環境)	Environment	j. 環境特性
組織要因	職場要因	Man Media (人間環境)	Liveware (外側の L)	d. コミュニケーション i. 職場・組織特性
	管理要因	Management Media (情報環境)	Management Software	a. 基準・規定 e. 管理・計画 g. 教育・知識・技術
個人要因	個人要因	Man	Liveware (中央の L)	b. 主体業務 g. 教育・知識・技術

※PSF: Performance Shaping Factor (作業阻害要因)

表 5-4 (参考)4M の各要素<sup>[1]</sup>

要素	例示
Man	作業員本人、上司や同僚などの人間要素
Machine	道具、機械、設備などのハードの要素
Media	照明、騒音、温湿度等の物理的環境、手順などの情報環境、同僚などの人間環境などの様々な環境要素
Management	使役条件、制度や管理体制など、管理的な要素

#### 5.4.2 宇宙開発関連業務におけるヒューマンエラーに関わる要因例

ロケットや人工衛星、惑星探査機といった無人宇宙機等は、「非修理系」と言われ、一度宇宙空間へ打上げられたら直接修理することが困難である。ソフトウェアによる対応が可能な場合があるが、ハードウェアは直すことができない。

これらの中には少量開発生産のものが多く、一度ヒューマンエラーが入り込むと、スクリーニング等により検出されにくい。また、設備による対策が必ずしも取れない、もしくは老朽化した設備を使用し続けなくてはならない場合が多い。このように、宇宙開発関連業務では、ヒューマンエラーが生じても検出されにくく、軌道上に持ち込まれる危険性をはらんでいる。

仮に、打上げ直前にヒューマンエラー起因の不具合が発生した場合、打上げが一日延期するたびに、多額の追加コストが必要となる。また、ヒューマンエラーが原因で打上失敗、軌道上不具合が発生すると、宇宙開発に対する国民の信頼に大きく影響することとなる。

ヒューマンエラーに対しては「発生させない」「残さない(自工程)」「持ち込ませない(次工程、他社、射場、軌道上等)」という考え方が重要となる。

そのためには、ヒューマンエラーに起因する不具合の再発防止に対して、その要因をしっかりと掘り下げて対策を講じる必要がある。また、未然防止についても同様、予めヒューマンエラーが引き起こされやすい要因を洗い出し、事前に潰していく必要がある。

本項では宇宙開発関連業務における特徴を挙げ、ヒューマンエラーが引き起こされやすい状況およびその要因例について示す。文中の四角く囲んだ部分はヒューマンエラーを引き起こす要因例を示す。

いずれの例も宇宙開発関連業務においてよくみられるものである。これらの要因を抜けがないように分析、抽出し、対策を講じることによってヒューマンエラー防止に繋げていくことが必要である。なお、分析手法については、6章で述べる。

##### (1) 新規技術を伴う開発業務における変更、未確定要素の多さ

宇宙開発業務においては、新規技術の導入を必要とする場合が多いが、このことは同時に頻繁な設計変更を引き起こす。また、当初の契約の段階では仕様において曖昧な箇所があったり(「TBD」などと表現される)、作業計画の後半になってから予期しない工程が発生したりすることが多い。従って、製造等の下流工程になるに従い時間的余裕(マージン)がなくなる傾向がある。

時間的余裕がないと、焦りが生じ、ヒューマンエラーを引き起こしやすい状況になる。そのような状況の中で不具合が発生した場合、そのトラブルシューティングにより予定外作業が発生し、ますます時間的余裕がなくなるという悪循環に陥りやすい。その結果、作業者のストレスや疲労等が増大する可能性がある。

また、新規技術等の様々な課題を解決しながら開発が進むため、度重なる仕様変更が行われる。従って、変更情報の伝達洩れ、文書への反映洩れ(記述内容不足)といった問題が作り込まれやすい。

また、時間的余裕がなくなることで、「過去経験(実績)の過信」に伴う検証作業、試験省略(不足)という状況が生じる可能性もある。

##### (2) 宇宙環境下の使用における制約の多さ

宇宙環境下に曝されるハードウェアについては、構造設計、熱設計等の設計要求が厳しい。

特に人工衛星は高温/低温および真空環境下において設計寿命まで正常動作をする設計とする必要があることから、設計においては、宇宙環境下の使用における制約の多さが前提になる。



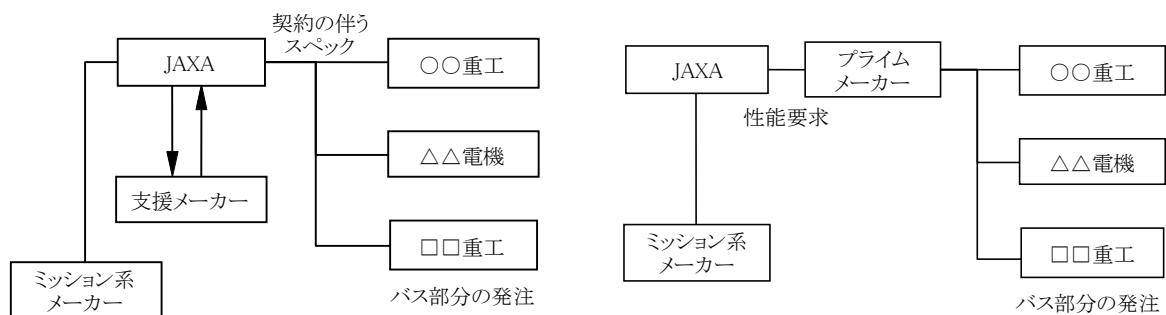
このため、さまざまなトレードオフがなされるが、それによる設計検証等が求められる。しかし、このときに陥りやすい状況が「**過去経験(実績)の過信**による**設計検証等の省略**(結果的に不十分)」である。そのため、潜在しているヒューマンエラーを検出できず、軌道上に持ち込まれる可能性がある。

### (3) 開発体制(契約方式)から来るインタフェースの多さ

宇宙開発において契約方式は大きく2つに分類される。プロジェクトによって契約の方式がインテグレータ方式とプライム方式に分かれている(図5-4)。

インテグレータ方式では、各社が JAXA と個別に契約を結び、設計の詳細な部分の調整は契約メーカーと JAXA で行う。プライム方式では、JAXA がプライムメーカーとのみ契約を結び、プライムメーカーがさらにサブプライムメーカーへバス部分を発注する形態となっている。

このため、インテグレータ方式では、JAXA と複数のメーカーの協働作業となり、必然的に関係する組織・人が多くなり、**インタフェース(I/F)における調整が頻繁かつ複雑**となる。さらに、各組織(または部署)の考え方や解釈の違いにより、**インタフェース(I/F)において齟齬が生じる**可能性がある。すなわち、お互いに「相手がやるものだと思っていた」とした結果、誰も手を付けていない作業が発生する可能性がある。プライム方式の場合は、JAXA とサブプライムメーカーとの意思の疎通が減るため、**顧客要求が正確に伝わりにくい**可能性もある。



(左:インテグレータ方式、右:プライム方式)

図5-4 2つの契約方式

### (4) 各組織固有の文化(仕事の進め方等)の違い

宇宙開発に携わる主だった組織は、JAXA とメーカーであるが、各組織が有する文化(仕事の進め方等)は当然のことながら全く異なる。また、開発対象(ロケット、人工衛星、惑星探査機、有人関連等)によっても組織文化が異なる場合がある。従って、インタフェース等の調整において、**各組織の文化、風土の違い**等により、組織間、人員間において**業務内容に対する理解や考え方にズレ**が生じ、誤解や作業内容の不整合、作業内容の洩れ等の様々な問題が発生し易い。

さらに、**適切な支援や情報伝達システムなどの欠如、タスクの手順が不完全あるいは不十分**なことにより、外部とのインタフェースの不備が引き起こされる場合がある。

特に海外宇宙機関との共同開発や海外調達機器の場合、文化の違い、設計思想の違い、仕様解釈の齟齬などのコミュニケーションに関する不具合が発生する可能性が高い。

## (5) 分業作業による使命感の伝わりにくさ

上記契約方式でのメーカー間の分業作業により、特にメーカーの下請け企業(ベンダー等)においては、自社の取り扱う部品等が宇宙機のどの部分を担っているのかわからないまま製造・納品している状況によって、自分が何のために作業しているのかわからないという「Know-WHY情報の不足」や、各作業員の「ものづくりに対する愛着不足」、「宇宙開発の一端を担う」という使命感(責任感)の伝わりにくさにより、仕事に対する「作業意欲の低下」に影響を及ぼしたり、手抜き等の違反を引き起こすきっかけに繋がることもある。

## (6) 過去技術の流用

宇宙開発は、プロジェクトの性質上、常に新しい技術目標の達成を求めている。このため、開発される製品は単品発注が多く、量産とは異なる生産形態をとる。

人工衛星やロケット等の後続機、継続機などは過去の設計技術が引き継がれることがあるが、「過去技術の流用部分の一部に設計(仕様)変更」が発生する場合がある。例えばロケットでは、搭載する衛星とのインタフェース、あるいは技術テレメータ計測の量により機体仕様の一部が号機毎に変更となる。そのため、「変更情報の伝達が洩れる」ことによる不具合が生じたことがある。

また、過去実績があったことを理由(「過去経験(実績)の過信」を背景に)に「十分な検証をしないまま過去技術の流用」をしたことによる不具合がある。

## (7) 開発体制の変更

単品生産という生産形態をとるがゆえに、開発される製品毎に開発体制が変更されてしまうことが多い。プロジェクト毎に「開発体制が変更」されていくことで、それぞれのプロジェクトで培った「技術的なノウハウや、不具合から得られた教訓といった情報が蓄積、継承、共有されにくい(技術情報伝承の途切れ)」現状がある。

## (8) 開発期間の長期化、間隔生産

宇宙機によっては、設計から打上げに至るまでの開発期間が長期化したり、間隔生産になったりする。そのため、設計者が途中で交代したりするといった「人の入れ替わり(技術者の異動)」や時間の長期経過により、「引き継ぎ不足」や「必要情報の洩れ(失念)」、「必要な記録の紛失」といった、情報伝達上の問題が生じやすい。また、「知識・技能の繰り返しによる習熟や、難度の高い技術伝承が困難」といった面もあり、3H(初めて、久しぶり、変更)に伴うヒューマンエラーが作り込まれやすい。

## (9) 現場環境(作業条件等)の違い

例えばロケットの場合、機体は工場だけでは完成せず、射場において衛星、フェアリング、SRB、SSB、電池等を取り付け、最後の試験を行う。また、機体燃料となる極低温の液体水素、液体酸素は射場で充填するため、工場での試験条件と異なる。

このように各メーカーの工場、JAXAの試験場、JAXAの射場等、それぞれの設備での、「装置の表示やレイアウトの違い」、現場環境の違いや、多様に変化する試験コンフィギュレーションに伴う「不慣れな作業」、指示・連絡等の不足や「作業チーム間の連携不良」等によって、試験フェーズでのヒューマンエラーが生じる可能性がある。

## (10) 作業環境の制約

人工衛星およびロケットの組立等は、狭所作業や高所作業が多く、例えば、高所作業を実施する際に使用する高所作業台は足場が狭く、足場に置いてある工具等を蹴り落とすなどの不具合が生じ易い。

特に、射場作業において実施するロケットフェアリングを被せた後の衛星へのアクセス作業は、フェアリングのアクセス窓から行うこととなるが、アクセス窓の開口部が非常に狭いうえでフェアリング内部の暗い場所での作業となる。また、作業者がアクセス窓からフェアリング内部に入る際は、腹ばいの姿勢となり、作業環境および作業姿勢も悪い状況であり、ヒューマンエラーが生じ易い状況である。

なお、人工衛星およびロケットの製品を扱う場所は、クリーンルームが一般的であり、作業者は防塵服（マスクと帽子を含む）を着用するとともに、製品を素手で扱うことは禁止されていることから必ず手袋を装着する必要がある。手袋を装着することによって、手に持った製品や工具類が滑り、落としてしまうような事故が生じる。

宇宙開発関連業務における要因例(1)～(10)を表 5-2 の要因分類に当てはめて整理した結果を表 5-5 に示す。

表 5-5 宇宙開発関連業務における要因例の分類別整理結果

要因分類		要因例	宇宙開発関連業務における要因例 (数字は要因例が書かれていた記述番号を示す)	
システム要因	作業要因	困難さ	解釈の困難、予測の困難、判断の困難、作業精度の厳しさ等	(2)宇宙環境下の使用における制約の多さ
		ワークロード	重筋作業、同種繰り返し、姿勢の制約等	(10)腹ばいの姿勢での作業
		並行/突発的作業	並行作業、予定外作業、突発的作業等	(1)予期しない工程が発生 (1)予定外作業
		MMI (マンマシン・インタフェース)	表示の不備、道具の不備、操作器具の不備、レイアウトの不備、設備上の不備・不具合等	(4)適切な支援、情報伝達システムなどの欠如、タスクの手順が不完全あるいは不十分 (9)装置の表示やレイアウトの違い
	環境要因	空間	狭い部、足場・高所、危険場所、上下作業、遠隔等	(10)狭い足場、アクセス窓の開口部が非常に狭い、高所作業
		特殊装備	防護具の不具合、安全装備の不具合等	(10)防塵服および手袋装着による作業
音熱等		照明不足、高/低温、高湿、騒音等	(10)フェアリング内部の暗い場所	
組織要因	職場要因	チーム構成	チーム構成の不備、指揮系統の不備、役割分担の不明確さ等	(7)開発体制の変更、技術者の異動 (8)人の入れ替わり
		コミュニケーション	報告・連絡不適切、指示・指導不適切、引継ぎ・申し送り不十分、情報共有不足、連携不良等	(1)(6)変更情報の伝達漏れ (1)文書への反映漏れ(記述内容不足) (3)インタフェース(I/F)における調整が頻繁かつ複雑、インタフェース(I/F)において齟齬が生じる、顧客要求が正確に伝わりにくい (4)各組織の文化、風土の違いによる、業務内容に対する理解や考え方のズレ (8)引き継ぎ不足、必要情報の漏れ (9)指示・連絡等の不足、作業チーム間の連携不良
	管理要因	モラル	ポリシー・価値観の偏り、ヒューマンエラー防止への無関心等	(2)(6)過去経験(過去実績)の過信 (5)「宇宙開発の一端を担う」という使命感(責任感)の感じられにくさ
		教育・訓練	職場教育の不備、技能訓練の不備等	(5) Know-WHY 情報の不足 (7)技術的なノウハウや、不具合から得られた教訓といった情報が蓄積、継承、共有されにくい(技術情報伝承の途切れ)
		管理規定等	マニュアル・文書類の不備、図面の不備、作業計画不適切、管理規定の不備、文書・物品等の管理不適切、不適切な計画変更等	(1)仕様において曖昧な箇所がある、)頻繁な設計変更、度重なる仕様変更 (1)(2)(6)「過去実績の過信」に伴う検証作業、試験省略(不足)(不適切な計画変更) (6)十分な検証をしないまま過去技術の流用 (8)必要な記録の紛失(記録管理不適切)
	個人要因	個人要因	心理的負担	時間的制約、焦り、単調感、失敗の恐れ、心的飽和、作業環境による注意の散逸、一点集中的状況等
生理的負担			作業状況によるストレス、疲労、夜間作業等	(1)(予定外作業等による)ストレスや疲労等の増大
作業遂行能力			不慣れな作業、経験不足、知識・技能不足、付随作業、作業意欲等	(5)ものづくりに対する愛着不足 (5)作業意欲の低下 (8)知識・技能の繰り返しによる習熟や、難度の高い技術伝承が困難 (9)現場環境の違いに伴う不慣れな作業

5.4.3 要因の排除・緩和

ヒューマンエラーを引き起こす要因を明らかにした後は、それらを排除・緩和するような対策を講じることで、ヒューマンエラー防止を図る。対策については、7章で説明する。

この時、ヒューマンエラーを引き起こした要因を排除・緩和するだけでなく、当事者や関係者に対し、ヒューマンエラーの抑止力を強化するような対策を同時に講じることで、より有効で確実なヒューマンエラー起因不具合の防止に繋げることができる。ヒューマンエラーの抑止力強化に関する対策例については、7.2.1項を参照のこと。

5.5 ヒューマンエラー起因不具合の防止に向けて

5.5.1 ヒューマンエラー起因不具合の発生モデル

5.1 項～5.4 項において、ヒューマンファクターズの視点から、ヒューマンエラーや事象のチェーン、要因など、個々の概念について示し、ヒューマンエラー起因不具合が発生するまでのプロセスを説明した。これらヒューマンエラー起因不具合の発生モデルとしてまとめたものを以下に示す。

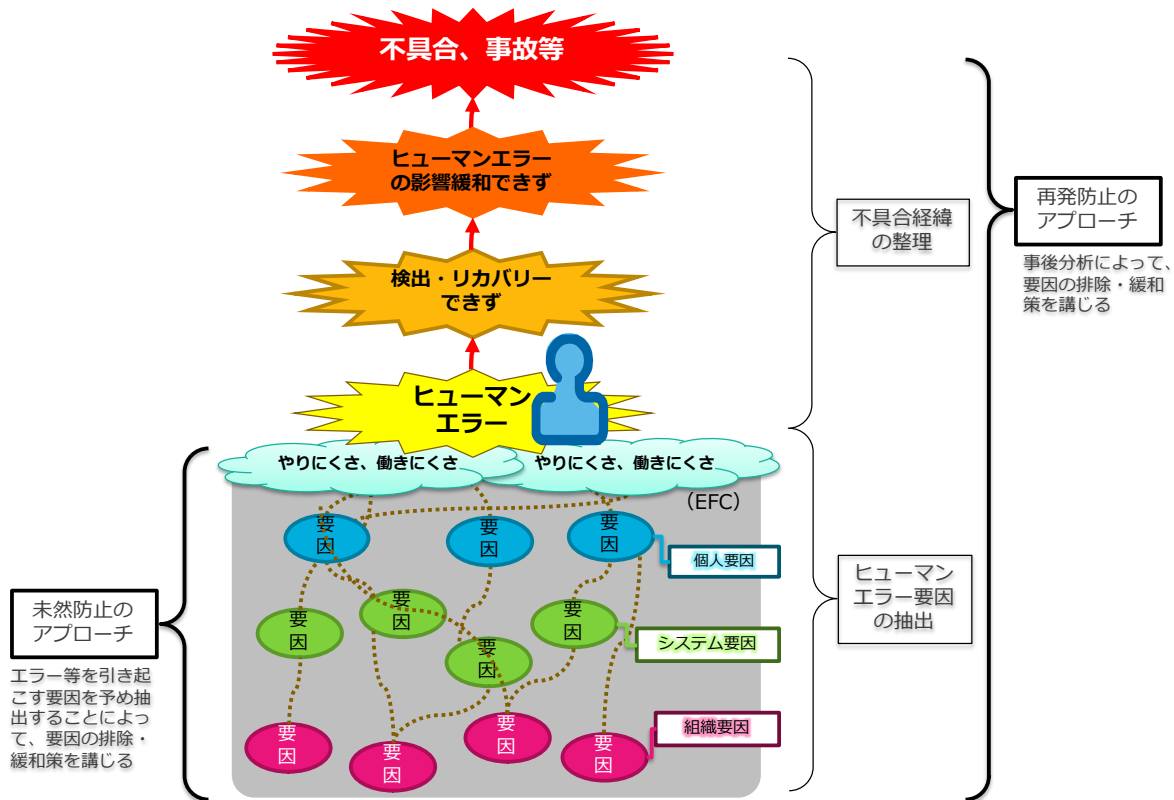


図 5-5 ヒューマンエラー起因不具合の発生モデル

図 5-5 に示すように、ヒューマンエラーはさまざまな要因によって引き起こされ、ヒューマンエラーの検出・リカバリーが図れず、その後の不適切な事象、状態が連なった結果、不具合や事故に至るといえるものである。

ヒューマンエラー起因不具合を防ぐには、第一にヒューマンエラーそのものを発生させないことである(①ヒューマンエラーの防止)。しかし、もしヒューマンエラーが発生した場合、第二として、それを早期に検出・リカバリーできれば不具合に至らずにすむ(②ヒューマンエラーの早期検出とリカバリー)。それも出来なかった場合、第三としてヒューマンエラーの影響緩和を図ることができれば不具合までの連鎖を絶つことができる(③ヒューマンエラーの影響緩和)。このように、ヒューマンエラー起因不具合を防ぐには、上記の3ステップで対策を策定していく必要がある。詳細は、7.1.1項「対策立案の段階的視点」による。

また、事後分析による再発防止にとどまらず、ヒューマンエラー起因不具合から得られた教訓をもとにさらなる改善に繋げ、且つ継続していくことが必要である。また、あらゆるヒューマンエラーを未然に防止するというような取組みが重要である。

このような不具合を防止するためには次に示す2つのアプローチ、すなわち「再発防止のアプローチ」と「未然防止のアプローチ」が必要である。

「再発防止のアプローチ」とは、実際に起きてしまった不具合等に対し、不具合経緯の整理や、ヒューマンエラーを引き起こした要因の抽出などの事後分析によって、要因の排除・緩和策を講じるというものである。

「未然防止のアプローチ」とは、不具合や事故が実際に起きる前に、ヒューマンエラー等を引き起こす要因を予め抽出することによって、要因の排除・緩和策を講じるというものである。

以下、それぞれについて述べる。

### 5.5.2 再発防止のアプローチ

再発防止は、実際に起きたヒューマンエラー起因不具合に対し、事後分析を行い、再発防止策を講じることによって、類似のヒューマンエラー起因不具合を防止していくことである。

この再発防止のための分析にあたっては、ヒューマンエラーが発生する前段階から、不具合に至るまでの事象の経緯を明らかにし、どこで気づいていれば、または手を打っていれば不具合を未然に防ぎ得たか、その問題点を明らかにする必要がある。

次に、ヒューマンエラーや問題点を引き起こした要因を洗い出し、それらの要因の排除・緩和対策を検討する。

再発防止のキーワードとして以下を紹介する。詳細は6章(分析手法編)および7章(対策編)で説明する。

#### (1) 不具合に至った経緯の整理、問題点の識別

ヒューマンエラー起因不具合に対する事後分析において、初めに不具合に至った経緯の整理、問題点の識別を行う。その手法はいろいろあるが、本書では下記手法を紹介する。

- バリエーションツリー(6.2.1項)
- いきさつダイアグラム(6.2.2項)

#### (2) 問題点に対する要因の抽出

上記(1)において問題点の識別を行った後は、その問題点を引き起こした要因を抽出する。

要因抽出手法について、本書では下記手法を紹介する。

- なぜなぜ分析(6.3.1項)
- PSF法(6.3.2項)
- その他の手法(ノタメニ分析等)(6.3.3項)

### (3) 要因の排除・緩和対策の立案

上記(2)において要因を抽出した後は、要因を排除・緩和するような対策を立案する。対策については7章(対策編)にて説明する。

### 5.5.3 未然防止のアプローチ

未然防止は、ヒューマンエラーや問題を引き起こしそうな要因を予め洗い出し、それらの要因を排除・緩和することで、ヒューマンエラーが生じにくい、または早期に検出・リカバリーして不具合や事故に繋がらない環境、職場にしていくことである。

未然防止のキーワードとして以下を紹介する。詳細は7.3項で説明する。

#### (1) 3H

未然防止活動に有用なキーワードとして「3H」がある。

3Hとは、「初めて」、「久しぶり」、「変更」の3つの頭文字をとったものである。これらが該当する場合は、「ヒューマンエラーのリスクが発生しやすい」ものと意識して、再点検、チェックに取り組むことが有効である。

#### (2) ヒヤリハット活動

ヒヤリハット活動とは、ヒューマンエラーの一步手前で済んだ事象、すなわち「ヒヤリハット」を収集・分析し、対策を検討・実行していくというものである。

ヒヤリハットは、一般に事故や作業者の命に関わる事象を対象としているが、宇宙開発においては、重大な不具合を引き起こすかもしれない事象を「品質ヒヤリハット」と定義し、その防止方法や事例について整理している(2.2項(1)JERG-0-020 品質ヒヤリ・ハットの活用ハンドブック)。

#### (3) 作業工程管理チャート

作業(工程)の流れの中で、どの時点でどのようなヒューマンエラーが起こりやすいかを正確につかみ、ヒューマンエラーを防止する具体策を反映させ、着実に実行できるようにしたものを「作業工程管理チャート」という。本書の7.3.3項に、電力関連業務(変電所)における適用事例を掲載しているので参照されたい。

#### (4) 職場改善による未然防止活動

ヒヤリハットが起きる前の「潜在的なヒヤリハット」に着目し、そのような状態が引き起こされそうな要因、すなわち一人一人が「やりにくい作業、環境等」を洗い出し、その芽を摘み取る(=要因の排除・緩和策を実行する)活動がある。

## 6. 分析手法編(ヒューマンエラー起因不具合の分析方法)

本章では、ヒューマンエラー起因不具合が発生した場合に、その不具合の防止対策を立案するための分析手法について説明する。

### 6.1 分析の基本的流れ

本章で述べる一連の分析手法は、ヒューマンエラーを引き起こす様々な要因が抽出できるよう考案されたものである。分析にあたっては、以下の点を基本思想としている。

- 業務に精通している人であれば、誰でも簡単に用いることができるような手法を提供する(手法の簡易性)。
- ヒューマンエラーが単独ではなく、複数の要因が連鎖して発生することを前提として、ヒューマンエラーに至る経緯を明らかにする。
- 原因と結果という固い論理で考えすぎない。
- 責任追及ではなく、対策指向で分析に臨む。

分析の対象となる不具合は、「ヒューマンエラーに起因した不具合」である。不具合については、ヒューマンエラーに起因しているか否かで判断し、これが分析のスタート点となる。

以下、ヒューマンエラーに起因した分析の基本的流れについて図 6-1 に示す。

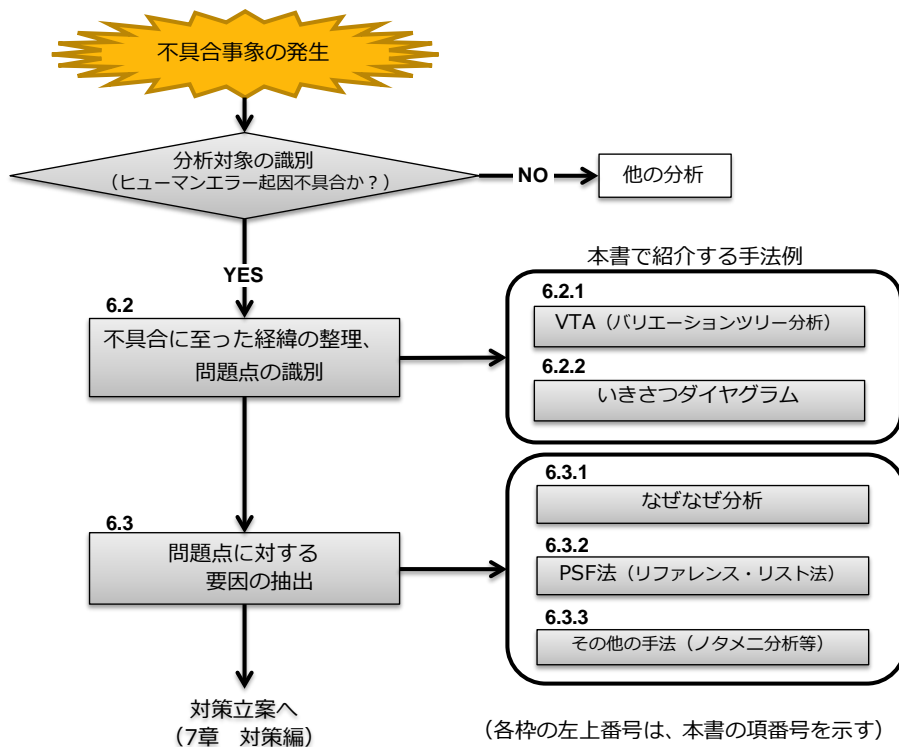


図 6-1 不具合分析のフローと分析手法の例



## 6.2 不具合に至った経緯の整理、問題点の識別

ヒューマンエラー起因の不具合を分析するにあたり、はじめに不具合に至った経緯を整理し、問題点を識別する。その手法の例としてここでは以下の2つを紹介する。

- バリエーションツリー(6.2.1項)
- いきさつダイアグラム(6.2.2項)

いずれも、不具合に至った経緯をフロー状に再構築することで、不具合に至るまでの各作業、判断、状況等の全体をわかりやすく図示しようとするものである。

どちらを使うかは、事象経緯(背景)の複雑さや用途で使い分ければよい。表 6-1 に選択基準の目安を示す。

表 6-1 分析法の選択基準

バリエーションツリーが向いているケース	いきさつダイアグラムが向いているケース
<ul style="list-style-type: none"> <li>• インタフェース調整や連絡等、複数の部門間のやり取り等、情報の流れが比較的多いケース。</li> <li>• 不具合に至るまでに長期間の時間経過があるケース（例えば開発途中で中断する等）</li> <li>• 人が入れ替わる等の変更が多いケース。</li> </ul> <p>※ 上記のようなケースは、全体像が理解しやすいバリエーションツリーが適している。</p> <p>※ なお、不具合発生の際の経緯の再構築を行うため、分析は設計活動に携わる不具合内容がよくわかる人に入ってもらおうとよい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ある作業の工程内で発生したケース。</li> <li>• 1～2部署間のやり取り上のヒューマンエラーによって発生したケース。</li> </ul> <p>※ 上記のように、作業工程フローをベースにして経緯を整理できるような場合や、比較的不具合の規模が小さい場合は、バリエーションツリーよりも簡便に記述できるいきさつダイアグラムが向いている。</p> <p>※ 一つの図に通常作業ステップと問題点、および要因を書き込めるので第三者への説明資料や現場の事例教育資料としても向いている。</p> <p>※ ヒューマンエラーの当事者の自己反省ツールとして活用する方法もある。</p>

どちらの分析手法についても、個人で分析した場合には分析者の考え方により分析結果に偏りが生じやすいため、できる限り複数人で分析し、分析結果はできる限り多くの関係者による確認が必要である。

また、客観的に不具合を記述することにより、誰の目からも不具合の構造が明らかになり、多くの人から意見を聞くことが可能になる。以上のように共通認識をもつことは、誤った分析結果や偏った分析結果を導き出すことを防止する上で、非常に重要になる。

### 6.2.1 バリエーションツリー

#### (1) バリエーションツリー分析法の基本的考え方

バリエーションツリー分析法 (Variation Tree Analysis; VTA) は、従来どちらかといえばハードウェアを対象としていた FTA (Fault Tree Analysis) などの分析手法の欠点を補い、事象の関連を時系列的に記述することで事故の細部を検討しようとする事故の事例分析手法<sup>8)9)</sup>である。いわゆる「事象のチェーン」の流れを捉えて、事故や不具合の発生過程を記述する。

バリエーションツリーでは、以下の考え方を前提としている。

「普段通りに作業が行われた場合には不具合は発生しない。不具合が発生した場合には、いつもとは異なる作業の連絡をしていたり、連絡が伝わっていなかったり等、通常通りでない作業や状態が存在しているはずである。」

バリエーションツリーは、これらの「通常と異なるもの(総称して「変動要因(ノード)」と呼ぶ)」を時間経過に沿って記述したものである。

正常な状態・判断・作業などから外れたものを変動要因(ノード)として探り、それを鎖のようにつなげて、どのようにして不具合に至ったのかを図式化する。図式化されたツリーの中から、どこを除いたら不具合を防止できるかを考えるために、変動要因を排除したり(=排除ノード)、変動要因の連鎖を断ち切ること(=ブレイク)で不具合への発展を防ごうとする。

バリエーションツリーを作成するに当たり、現場調査やインタビューを実施したり、事故記録などから必要な情報を得ることになるが、はじめから特定の要因を決めつけないように注意する。

調査の際には、「通常とは異なるもの」がなかったかを中心に調べ、調査漏れがないようにする。

#### (2) バリエーションツリーの基本構成と要素

バリエーションツリーの基本形を図 6-2 に示すとともに、概要を以下に示す。

- 事故や不具合の発生経緯を図式的に表す中央のツリー部と、ツリー部を詳しく説明する欄外から構成される。
- ツリー部には、不具合発生に関係した企業、部署、個人等を表す軸ごとに、通常作業および変動要因を時間経過にしたがい整理して並べる。  
(通常作業および変動要因を示す四角枠を「ノード」と呼ぶ。)
- バリエーションツリーは、FTA の考えを根底においており、時間は下から上に向かって経過し、頂上が最終的に発生した事故や不具合を表す。

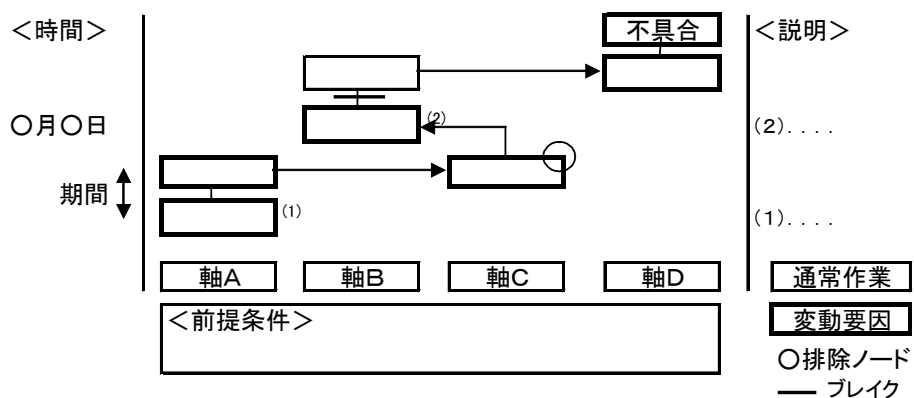


図 6-2 バリエーションツリーの基本形

## (3) バリエーションツリー作成の基本手順およびルール

バリエーションツリーを作成する際の基本手順、ルール等について示す。以下、「a.不具合発生経緯の調査」「b.ツリー部の作成」「c.欄外の記述」「d.バリエーションツリーの検証」「e.対策策定ポイントの特定」の順に説明する。

## a. 不具合発生経緯の調査

現場調査、不具合品調査、インタビュー調査により事実の把握を行う。このとき、初めから特定の原因を決めつけないように注意する。従って、調査の際には原因に着目するのではなく、「通常とは異なるもの(変動要因)」がなかったかを調べる。調査時の心構えとして、以下の8ヶ条を踏まえる必要がある。

不具合調査の8ヶ条<sup>[10]</sup>

- 発生した事実を否定してはならない
- 「～はず」「～であるべき」は禁句
- 発生した事象から真実を学べ
- 現場から習え、現場は重点事項の宝庫である
- 言わざる、聞かざるして見よ（先入観にとらわれるな）
- 不具合発生時の環境、雰囲気を考えよ
- しつこさを持って
- 不具合の要因は一つであるということは稀である

「通常とは異なるもの(変動要因)」を明らかにするために、表 6-2 に示す 5W1H の視点から見て異なるものがなかったかどうかを調べる。

表 6-2 5W1H

5W1H	内容	調査内容	着眼点
Who	誰が	担当者、作業者	担当者の変更、実施者が異なる
When	いつ	時間、時期	実施した時間が異なる(計画からの遅れ) 実施順序・タイミングが異なる
Where	どこで	場所	実施場所が異なる
Why	なぜ	目的と必要性	実施目的が異なる 実施する必要のないことをする
How	どのようにして、 何に基づいて	方法と手順	実施方法・手順が異なる 実施の際の基準・根拠の相違
What	何が、何を	対象物	実施した対象物が異なる

また、3H(初めて、久しぶり、変更)の視点も変動要因の洗い出しに有効である。

経緯の調査は、不具合に至るまでの全工程となる。以下の項目に関して調査を行うことで、変動要因(ノード)をほぼ網羅することが可能である。

- 設計、製造、検査、試験等の工程内容
- 部署内、他の部署、他社への連絡・調整の方法・手順・内容
- 設計変更箇所
- 作業要領書／手順書の作成手順・内容
- 他不具合対策による変更箇所等

また、次のような「変更事象」が工程中に見られる場合には、日常的に行われている場合でも変動要因(ノード)としてリストアップしておく。

- 作業要領／手順書の改訂
- スケジュールの変更
- 作業順序の変更
- 作業場所／置き場所の変化
- 作業の中断、変化
- 仮設物／機械の変更、用途外使用
- 人の変化
- 前フェーズからの変更(前フェーズのままの流用)

## b. ツリー部の作成

### b-1. 軸の設定

調査で見つかった変動要因について、不具合発生に関与した企業あるいは部署ごとに分類し、ツリーの横軸に当たる軸設定を行う。軸の設定は次の四つの視点から行い、不具合に関連しているものを全て軸として設定する。軸の並び順は特別に決まっているわけではないが、上位レベルから順次並べることを基本とする。(複数の不具合の分析結果を比較する際、比較が容易になる。)

表 6-3 に軸の設定例を示す。

表 6-3 軸の設定例

軸の設定視点	軸の設定例
企業、部署:	不具合に関連した全ての企業(客先を含む)、部署(A社、設計、製造、検査など)
当事者、関係者:	不具合に関与した全ての人、管理者、チームやグループメンバー
顧客:	連絡、調整等で関わりが多い場合に追加
作業場所:	作業場所が遠隔地の場合に追加(他工場、筑波、角田、射場など)

### b-2. 時間軸に沿った記述

調査した変動要因(ノード)を設定した軸ごとに整理する。ここには分析者の判断は含めず、調査で明らかになった事実のみを記述する。次に左欄に時間軸をとり、整理した変動要因(ノード)を各軸間の時間関係を整理して並べる。

### b-3. 通常作業の記入

変動要因(ノード)だけでは不具合発生の状況はわかりづらいため、ツリー中には不具合発生経緯の理解を助けるような変動要因(ノード)以外の情報、すなわち通常作業を盛り込む。その際、変動要因(ノード)か否かを明確にするために、変動要因(ノード)は太線、それ以外の情報は細線の枠で囲む。

ツリーに記述したほうがよい通常作業の情報としての記入例を表 6-4 に示す。

表 6-4 通常作業の記入例

通常作業の種類	記入例
節目となるイベント:	DR (PDR, CDR)、PQR 等、他工場および他メーカーへの搬入
作業工程:	例えば、図面作成、手順書の作成、加工、組立て、検査、試験 (なお、検査・試験を通常作業として挿入する場合には、何に基づいて行われたかを明確にしておいた方がよい(例えば、「検査手順書に従った検査にパス」等))
調整会議:	繰り返し行われている場合には、特に重要となる箇所のみ記述する

通常作業の挿入が終わったら、それぞれの軸ごとに、変動要因、通常作業のノード(四角枠)間を実線で結ぶ。また軸間で連絡や物品の移動がある場合には、対応するノードを矢印でつないで示す。

このとき、「連絡忘れ」や「改訂漏れ」等、実施されなかった行動(変動要因)も記述することで、不具合発生経緯はよりわかりやすくなる。さらに、分析を進めていく中で生じた不明箇所や疑問箇所があれば、疑問符付きの四角の中に問題点を記述しておくことよい。不明箇所を検討することで対策に結びつくことがある。

表 6-5 にノード(四角枠)の種類や記述例を示す。

表 6-5 ノード(四角枠)の種類

ノードの種類	記述方法	記述例
変動要因 (実施されなかった行動も含める)	太枠線で囲む	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">穴位置を間違えて加工</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">設計変更の連絡忘れ</div>
通常作業	細線で囲む	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">設計変更</div>
不明点、疑問点等	疑問符を付ける	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">?</span> (不明点、疑問点を記述)         </div>

b-4. 記述上の注意点

先述の「②時間軸に沿った記述」、「③通常作業の記入」に変動要因や通常作業の記述方法等を示したが、それらを記述する際に気を付けるべき点を表 6-6 に示す。

表 6-6 記述上の注意点

注意点	解説	記述例
文章は体言止め、もしくは現在形とする。	過去形で記述すると「～した」という記述が「～してしまった」と受け取られる可能性があり、責任追及の意味合いが含まれる。	
情報量は、できる限り少なくする。	あまり長い文章にはせず、簡単にポイントを示し、欄外の「説明欄」を使用して詳しく説明する。	
二つの内容を含まないようにする。	「～と判断し…を実施」は、「～と判断」、「…を実施」の二つに分けて示す。(二つの内容を書くと、どちらに問題があったのかわからなくなるため)	

c. 欄外の記述

ツリー部分が完成したら、次に欄外の記述を行う。欄外の右側は「説明欄」、左側は「時間軸」を、ツリーの下部には「前提条件」を記載する。表 6-7 にそれぞれの記述方法について示す。

表 6-7 欄外の記述方法

欄の名称	説明
説明欄 (欄外右側)	各変動要因(ノード)の補足説明や、調査で十分明らかにされなかった情報を記述する。説明が必要な場合には、説明を加えるノード(四角枠)の右肩に番号を付与し、番号と対応する説明事項を記載する。番号はツリーの下から上に向かって順番につける。
時間軸 (欄外左側)	ツリー中に記載された作業の行われた時間、日時をわかる範囲で明記する(○月○日、2ヶ月、時間的な余裕がない等)。また、特定の期間を示す場合には、両矢印を併記する。 設計、製造/組立て、試験といったフェーズ分けも必要であれば記入する。
前提条件 (ツリー下部)	前提条件とは不具合発生の全般にわたって影響を及ぼしている要因で、それ自体は変動要因とはならないものである。現場の雰囲気や、設計思想、作業形態、管理方式などがこれにあたる。

以上で、バリエーションツリーが完成するが、変動要因のうち、特に重視する変動要因がある場合は、その部分だけを取り出して、より詳細なサブツリーを作成してもよい。

d. バリエーションツリーの検証

作成したバリエーションツリーは、変動要因の漏れや内容の間違い、偏り等がある可能性があるため、ツリーの検証が必要である。表 6-8 に検証方法を示す。

表 6-8 バリエーションツリーの検証方法

検証ポイント		説明
内容の妥当性の検討	不具合発生経緯を理解できるか	不具合発生経緯が理解できなければ、抜け落ちている軸や変動要因がないか再度検討する。 逆に必要ないと判断される軸があれば取り除くか、他の軸とまとめる(軸は出来る限り少ない方が、ツリーが煩雑にならず、発生経緯がわかりやすい)。説明欄、時間軸、前提条件についても情報が漏れなく記述されているか、特定の個人、部署を問うような記述になっていないか検討する。
	変動要因の再確認	変動要因の漏れはないか、次の三つの視点から検討する。 1) 変動要因発生のかきかけとなった、上流の変動要因の漏れはないか: 時間がないので詳細設計審査を前倒しにしたこと、未決のまま通過させたこと、十分議論する時間を取らずに走り出したことなどは、これらも変動要因になる。 2) 変動要因が引き金となって発生する、その後の変動要因の漏れはないか: 設計変更が伝わらずに古い図面で加工をした場合、その後の検査で、この箇所が検査項目になっていなければ、検査を通過する。しかし、実際には加工間違いを残したままで検査を通過しているわけであるから、このような場合には変動要因とする必要がある。 3) 説明欄に変動要因が潜んでいないか: 説明欄を見ればその行動や状況が変動要因であることが明らかなのに、変動要因になっていないものはないか確認する。例えば分析者が検査方法に問題があると先入観を持っているような場合には、設計や製造段階での問題が説明欄に書かれることが多くなる傾向があるので、注意する。
因果関係の整理		変動要因間の因果関係について整理する。変動要因には単独で発生しているものと、それ以前の工程で発生していた変動要因の結果として発生しているものがある。因果関係の特定が困難な場合には不具合調査に携わるエキスパートによる推定の因果連鎖でもよい。

e. 対策策定ポイントの特定

作成したバリエーションツリーの中から問題点、すなわち「どこに対策を打たなければならないか(打つことができるか)」という「対策策定ポイント」を特定する。

バリエーションツリーでは、以下の

表 6-9 に示す二つの対策策定ポイントの視点から考える。

表 6-9 対策策定ポイント

対策策定ポイント	説明
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">排除ノード</div> </div>	<p>何らかの対策を講じることで、変動要因そのものを取り除く、または正常に戻そうとするもの。その変動要因自体に直接手を打つことで、問題の再発を防止しようとするもの。 該当する変動要因(ノード)の右肩に○印をつけて表す。</p>
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">ブレイク</div> </div>	<p>変動要因が発生しても、それが問題となる事象に結びつかないようにすることで不具合の再発を防止しようとするもの。 因果関係を断ち切るように横線で表す。 (ブレイクの対策例: 新たな工程の追加、チェック項目の追加、変動要因間に通常工程がある場合はその工程の作業方法の見直し等)</p>

これら2つの概念を表すと図6-3のようになる。

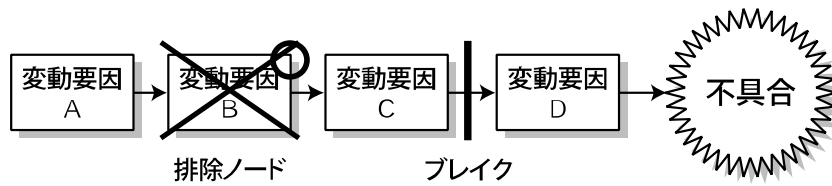


図6-3 排除ノードとブレイクの考え方

これらのポイントは一つではなく、複数見つける必要がある。これらのポイントに対する対策は、不具合へ至る流れをせき止める役割を果たす「壁」となる。出来る限り多くのポイントを特定し、多くの壁を作成することが望ましい。

以上より特定した対策策定ポイントに対し、さらに掘り下げ、要因を明らかにする方法(要因分析法)については、後述する。

図6-4および図6-5に、バリエーションツリーの例を示す。

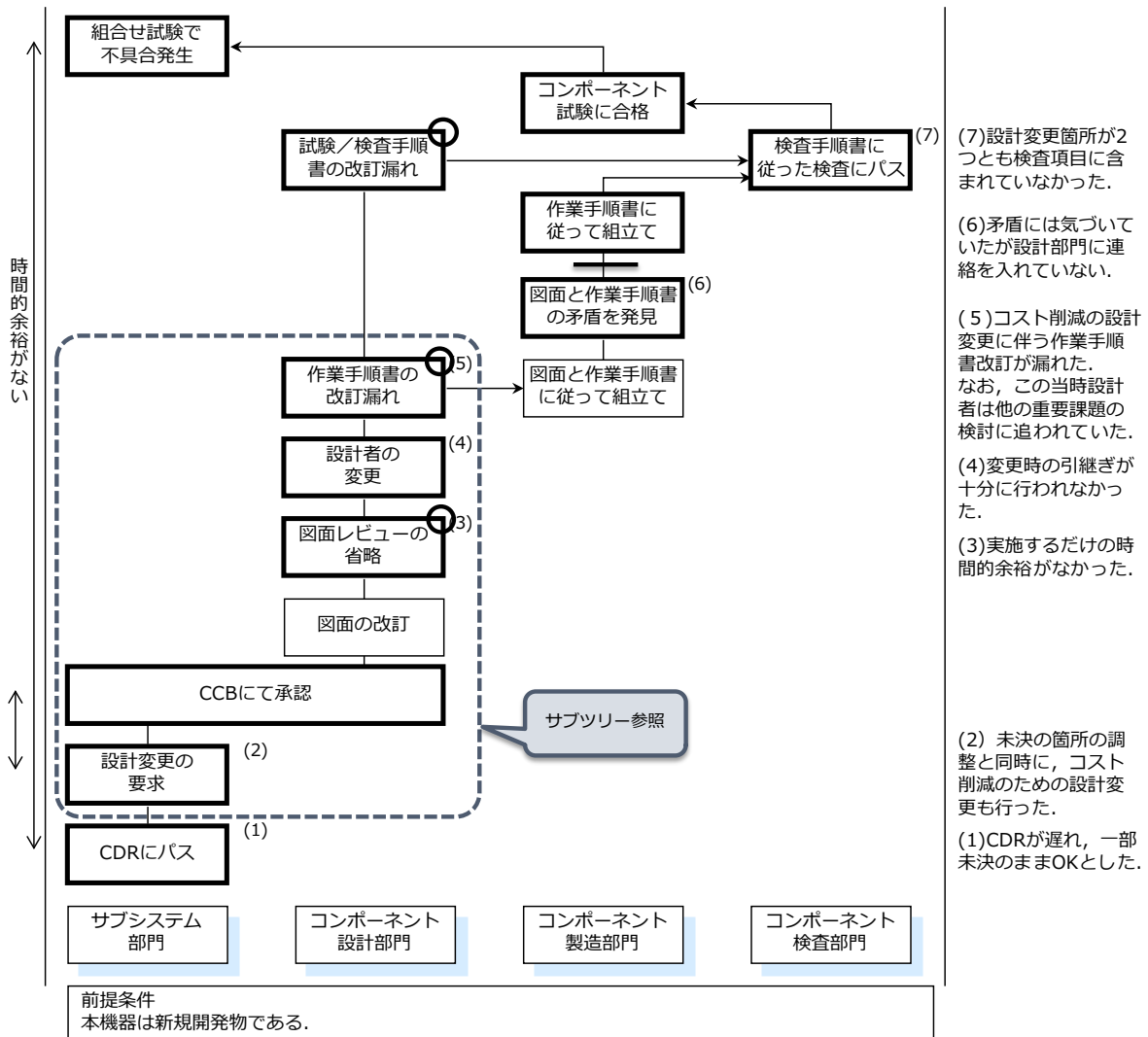


図6-4 バリエーションツリーの例(メインツリー)



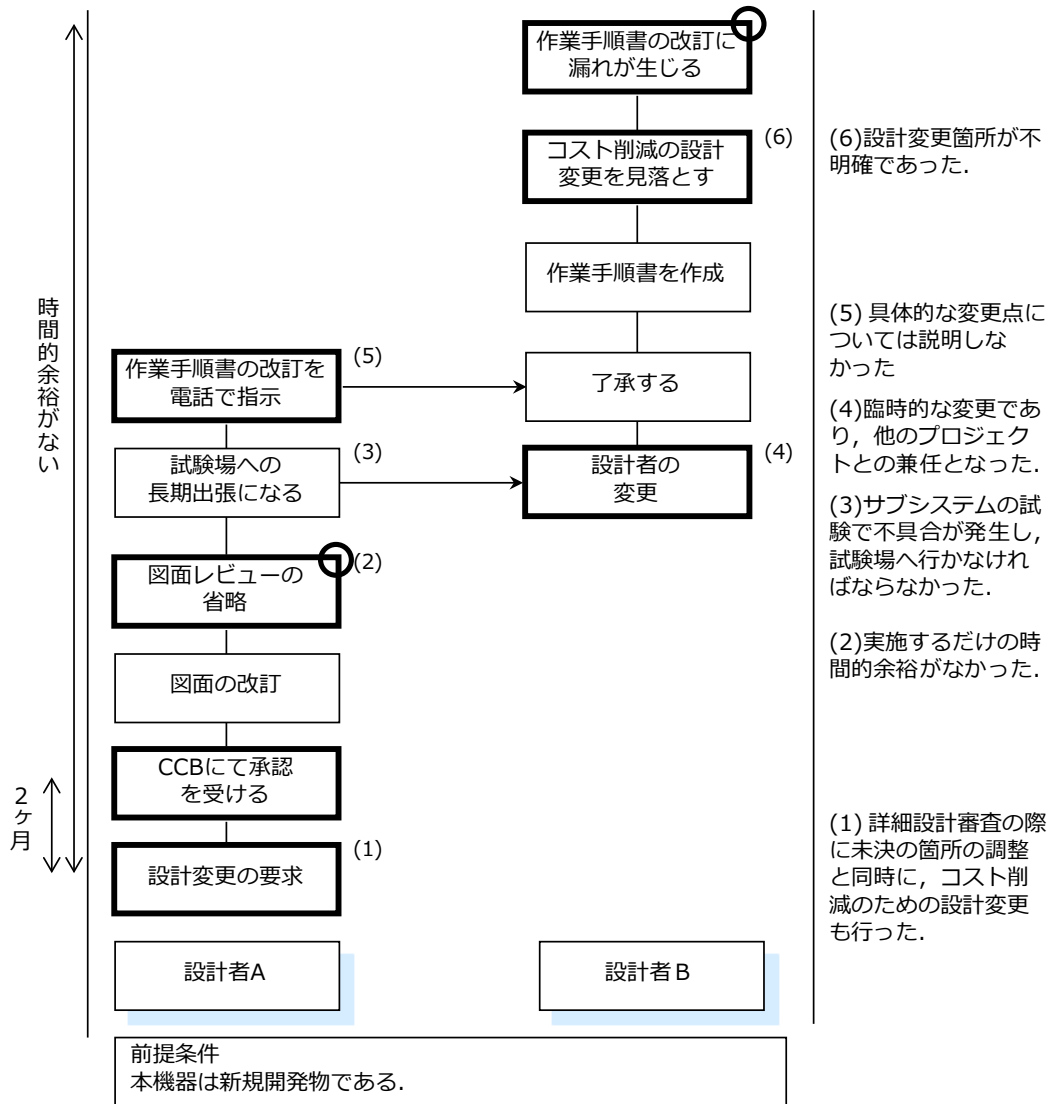


図 6-5 バリエーションツリーの例 (サブツリー)

### 6.2.2 いきさつダイアグラム

#### (1) いきさつダイアグラムの基本的考え方

いきさつダイアグラムは、不具合に至るまでの「いきさつ(経緯)」を、生じたエラーと要因などの経緯を示すために、前後の作業ステップ、生じたエラーまたは困った現象、そしてエラー要因を順序立てて示すことができる、比較的簡単な方法である<sup>[11]</sup>。作業ステップの正常な流れからの逸脱として、ヒューマンエラーや問題点を抜き出して、エラーの輪郭をはっきりさせることができるため、どういうエラーが、どこで、どうして、どういう風に生じたかを簡潔に視覚化することができる記述法である。

いきさつダイアグラムのねらいは、不具合に至った経緯をわかりやすく示すことにある。

いきさつダイアグラムの利点は、不具合の経緯を表すにあたり、本来のあるべき姿(作業・工程の本来の流れ)のどの段階で逸脱したのか(困った現象やヒューマンエラーが起きたのか)、逸脱してしまった事象の要因は何かを1枚の紙の上にコンパクトに表現できることである。

#### (2) いきさつダイアグラムの基本構成と要素

いきさつダイアグラムの基本形を図 6-6 に示す。

いきさつダイアグラムは基本的に、「作業ステップ(作業・工程の本来の流れ)」、「エラー/困った現象」、「エラー要因」の3本柱で構成される。なお、エラー要因の欄は「エラー要因/対策」として、そこに対策案を含めてもよい。

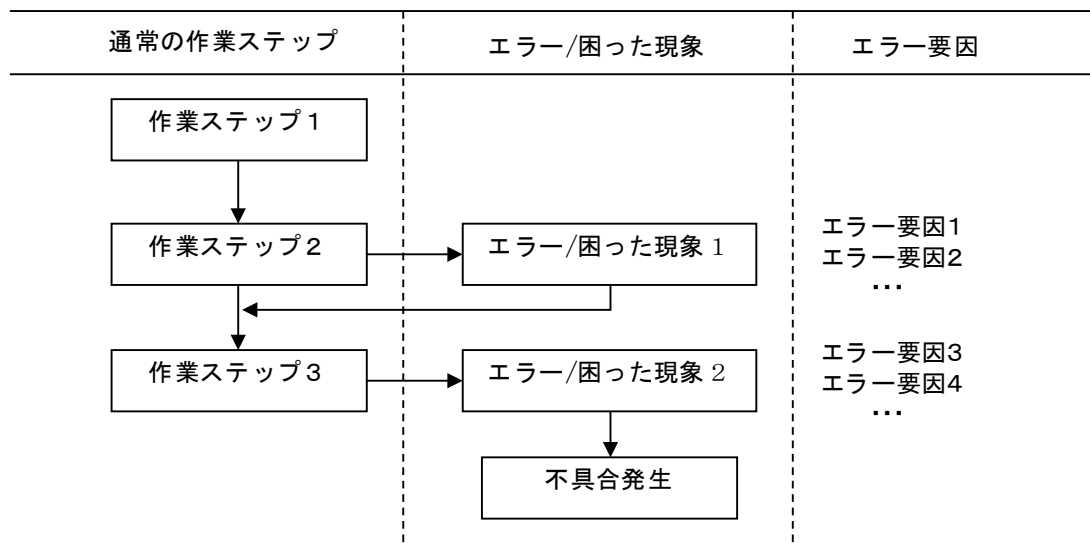


図 6-6 いきさつダイアグラムの様式例

### (3) いきさつダイアグラム作成の基本手順およびルール

以下、いきさつダイアグラムの例を示しながら、作成手順を述べる(図 6-7 参照)。

#### a. 「作業ステップ」の書き出し

ダイアグラム左欄の「作業ステップ」において、通常(正規)の作業シーケンス、つまり「本来あるべき作業・工程」の流れを記述する。

#### b. 「エラー/困った現象」の書き出し

作業ステップにおいて発生したヒューマンエラーや困った現象(まずい判断・行為等)を記述する。

「本来あるべき作業」から逸脱した作業や事象は何かという観点で考える。このとき、ヒューマンエラーは一般に「すべきことをしなかった」というオMISSIONエラーと、「してはならないことをした」というCOMMISSIONエラーとに大別できるので、「作業ステップ」の記述を見ながら、この 2 つの視点で考えるとよい。なお、「エラー/困った現象」は、必ずしも一つとは限らないので注意すること<sup>[11]</sup>。

また、3H(初めて、久しぶり、変更)の視点も、記述のヒントとして有効である。

#### c. エラー要因の記述

次に、「エラー/困った現象」がなぜ引き起こされたのか、という視点からそれぞれの現象に対する要因を、「エラー要因」欄に記載する。このとき、たった一つの要因で問題(エラー/困った現象)が引き起こされることはまずない。要因は複数あるものという前提で記載する。要因が多く記載し切れない場合は、ダイアグラム上に「要因リスト A 参照」と記して、別に記載してもよい。

なお、本質的な問題点は、不具合の上流の段階に潜んでいることが多いので、ダイアグラムの上部の「エラー/困った現象」に注目するとよい。

また、「エラー/困った現象」が複数ある場合、特に要因の掘り下げが必要な問題点は、枠を太くして区別しておくとうい。

(要因の抽出方法については、後述する「要因分析手法」にて詳述する。)

図 6-7 に、人工衛星の開発段階において発生したヒューマンエラー起因不具合に対して、いきさつダイアグラムを利用した例を示す。

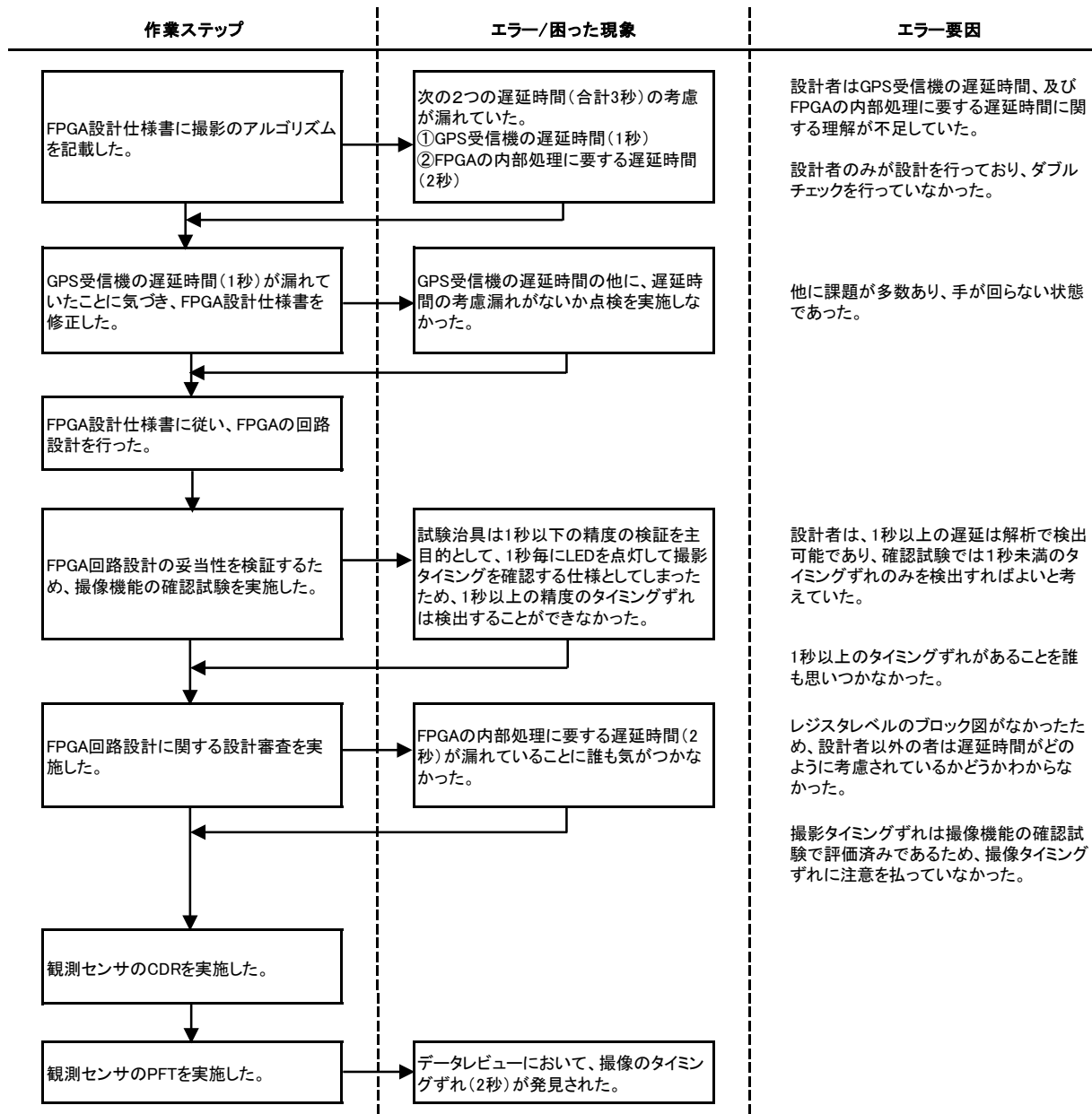


図 6-7 いきさつダイアグラムの作成例 (観測センサの撮像タイミングずれ)

### 6.3 問題点に対する要因の抽出

ヒューマンエラー起因不具合の分析において、事象の経緯および問題点(ヒューマンエラー等)を明らかにした後は、それらを引き起こした要因を洗い出す。

この「問題点に対する要因の抽出」手法として、以下を紹介する。

- なぜなぜ分析

更に、なぜなぜ分析を実施する際の要因を抽出する手法として、以下を紹介する。

- PSF 法(リファレンス・リスト法)

宇宙開発関連業務において、なぜなぜ分析は浸透しはじめ、不具合解析の場で利用されている。

PSF 法は網羅的に要因を抽出することができるため、PSF リファレンス・リストをなぜなぜ分析の要因のヒント集として、2つの手法を組み合わせ用いてもよい。

また、これらの手法を参考に、要因の抽出や整理方法にノタメニ分析や、m-SHEL や 4M などのフレームワークを用いるなど、独自に工夫した手法を用いてもよい。

これらについては、

- その他の手法(ノタメニ分析、m-SHEL 分析、4M-4E 分析)

で説明する。

なお、要因を洗い出す際に、ものごとの本質に対し「なぜだろう」と考えることは大切である。以下に「問題点に対する要因の抽出」を進める上でのポイントを示す。

- 「確実に対象とする事故や不具合を防止するためにはどうすればよいか」を発想の中心とする。
- なるべく様々な角度から、網羅的に探る(偏った見方をしない)。
- 1つの問題点(ヒューマンエラー等)から、可能な限りの要因を洗い出す。
- 推定される要因(「カモ」しれない)は、少しでも可能性があるならば、それも要因と見なす(「カモ」をつかまえる)。
- 何故そのような判断、意思決定をしたのか等、背景となる要因を正確に抽出することができない場合は、その道のエキスパート等、関係者の推定でもよい。再発防止の目的で分析を実施するので、推定される要因も含めて対策を講じればよいからである。

抽出した要因に対して、以下の点も考慮すると、より本質的な対策を考えることができる。

- ① 複数の事例や複数のエラーに関して共通する要因がないかどうか
- ② 要因どうしのつながり方を調べて、共通する特徴がないかどうか

以下、各手法について説明する。

### 6.3.1 なぜなぜ分析

#### (1) なぜなぜ分析とは

なぜなぜ分析は QC 活動の中から考案された手法であり、事故・不具合の要因を規則的に、順序よく、漏れなく抽出するための手法である。事象の経緯整理によって明らかになった問題点、エラーに対し、「なぜ」発生したのか要因を考える。さらに「なぜ」「なぜ」を繰り返して要因の追及を進め、再発防止対策に結びつくまで行うものであり、特別な知識や訓練を必要としない点に特長がある<sup>[12]</sup>。

なぜなぜ分析は様々な分野で広く活用されており、根本的な要因の追求にある程度の効果が上がっているように見える。しかし、なぜなぜを繰り返していくと枝分かれが多く、複雑な分析結果となり、最終的に再発防止対策が的確性を欠いてしまうことがある。

これは、最初の「なぜ」が抽象的過ぎて、次の「なぜ」を考えるとき、必ず複数個の「なぜ」が出てくるような追求をするからである。このような形になるものは、なぜなぜ分析を実施しても、最も大切な再発防止策が行動や動作(仕事をするときの基本動作)に結びつくものにならず、机上の空論になることが多い。

なぜなぜ分析が再発を防ぐために背後に潜む根本原因を追究するのに対して、FTA (Fault Tree Analysis) の場合は、不具合事象から故障原因の因果関係を定性/定量的に明確にして、故障要因を洗い出して、真の原因を追究する。

そこで、なぜなぜ分析の目的をもう一度確認する。

目的: ヒューマンエラーを引き起こした根本的な要因を究明し、問題を解決する。すなわち、問題を再発させないための具体策を確立する<sup>[12]</sup>。

従って分析では単に根本的な要因を究明するだけではなく、個々の「なぜ」に対する再発防止策を考えながら進めていくこと、すなわち、対策志向でなぜなぜ分析を行うことが必要である。

以下、なぜなぜ分析の手順について示す。

#### (2) なぜなぜ分析の手順

##### a. 問題点の把握

はじめに、問題点を的確に把握する。そのためには、仕事の基本中の基本である「3現主義」に徹し、現物をよく観察し、現場の状況を細かくつかみ、事実を明らかにすることが不可欠である。すなわち、全てのことが誰にでも判るような段階まで具体化し、整理する必要がある。

特に、問題が製品にある場合は、その製品の機能(働き、役割)と構造について、図面や取扱説明書などの資料により、しっかり理解することが肝心である。また、製品が作られる過程(設計～製造～試験～出荷など)を詳細につかむことが必要である。

問題が業務にある場合は、業務の流れに従い、工程ごとにその手順や内容を業務フローにより正確につかむことが大切である。

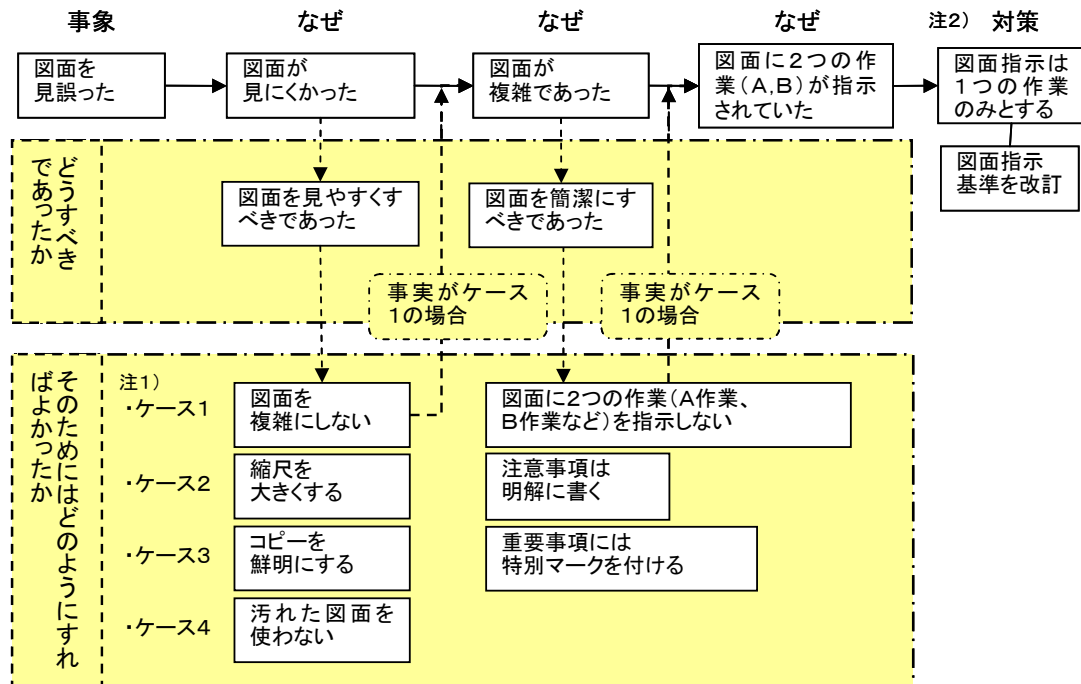
これらの問題点の把握は、先述の「不具合に至った経緯の整理」で紹介した手法(バリエーションツリー、いきさつダイアグラム)や FTA 等を用いるとよい。

##### b. なぜなぜの追求

先述の「不具合に至った経緯の整理」手法等により、事実が明確にされれば、その問題点(現象)に対する直接原因が、まず第1番目の「なぜ」になる。そして、次々と「なぜ」が繋がっていく。

このとき重要なことは、「次の要因が発生していなければ、前の事象が必ず発生しないか」をチェックすることである<sup>[12]</sup>。このチェックにより、要因と事象が密接に結びついており、対策が基本動作ベースの有効なものになるかを確認できる。

このチェックの最も有効なやり方の1つとして、「なぜ」に対して、その「なぜ」を起こさないようにするためには「どうすべきであったか」を考えることである。図 6-8 にその具体的な実施方法として、『図面が見にくかった』が第1番目の「なぜ」に抽出された場合に、どのように展開するかについて示す。点線で囲まれた「どうすべきであったか」「そのためにはどのようにすればよかったか」は、次の「なぜ」につなげるための考え方を示したものである。



注1) ケース1,2,3,4は調査した事実により決まる。  
 注2) 対策として、作業者の教育・訓練が考えられるが、これは不適切である。  
 なぜなら、設計の図面にエラーの要因が残ったまま、作業者の力量でカバーしようというのは、直接原因に対する処置のみであり、本質を追求しておらず、再発防止策ではないからである。

図 6-8 なぜなぜ分析の実施方法および例

c. なぜなぜ分析を実施する際の考慮事項

なぜなぜ分析結果は、一見もっともらしく見えるために、不足や間違いがあっても気付きにくい。なぜなぜ分析を進めていく上での考慮事項や注意点等を表 6-10 に示す。

表 6-10 なぜなぜ分析実施の考慮事項

考慮事項	解説
「追及」ではなく「追求」を行う	「なぜそんなことをしたのか(追及)」ではなく、「なぜそうなったのか(追求)」の観点で要因を掘り下げる。
関係者(当事者等)は協力者と考える	関係者(当事者等)に話を聞く時は責めるような気持ちは一切排除する。関係者(当事者等)は調査・分析への情報提供者であり、ヒューマンエラーの防止対策を検討する協力者と考える。
関係者(当事者等)自身がやってみる	本人の自己反省も兼ねて、関係者(当事者等)自身でなぜなぜ分析を実施することで、自己を客観的に捉え、自己の周囲の要因に対する気付き力を養うことができる。
最初の「なぜ」の書き出しを工夫する	関係者(当事者等)でなぜなぜ分析をすると、自己反省が中心になり、最初の「なぜ」の書き出しに難を感じる場合がある。このとき、要因分類(システム要因、組織要因、個人要因)や、m-SHEL、4M などの視点で、最初の「なぜ」を書き出すようにすると、本人の周囲に視点が向き、書き出しやすくなる。
「言い訳」を歓迎する	関係者(当事者)の言い訳(本人の周囲にある問題点)こそが、要因抽出のもととなる重要な情報となる。言い訳が多ければ「どうすべきであったか」の選択肢が広がる。推定される要因(「カモしれない」)も含めて抽出するとよい。
「なぜなぜ」の回数にこだわらない	「なぜなぜは 5 回程度繰り返す」等、回数や体裁にこだわると、同じことの言い換え、繰り返しになり、本質をついたなぜなぜ分析にならない。
第三者(品証部門等)も加わる	第三者(品証部門等)も加わって実施し、自己反省的ではなく、システム面や管理面でどうすべきかという対策志向の視点で進めることが必要である。

## d. なぜなぜ分析の終了基準

なぜなぜ分析は、再発防止策が出るまで繰り返す。

このとき、最も重要なことは、再発防止策とは、

- 発生しないように改善する
- 発生しても誰もが容易に判る仕組みをつくる<sup>[12]</sup>

ことであり、必ず基本動作ベースにまで具体化した内容でなければならない。

図 6-8 の注記(注 2)にあるように、「図面の見誤り」の再発防止策として「作業者の教育・訓練」のように、作業者の力量によってカバーしようとするものは不適切である。5.2 項でも述べたように、対策は、「人間側から機械や手順書に歩み寄る方法」ではなく、「機械や手順書側から人間に歩み寄る方法」によって講じられるべきである。

問題点、ヒューマンエラーにおいて、個人そのものが悪い場合はほとんどなく、多くはシステム要因、組織要因(管理要因)が必ず絡んでいるものと考えて再発防止策を検討することが大切である。

掘り下げた要因に個人要因があったとしても、その多くは、システム、管理的な対策で改善すべきである。このように、なぜなぜ分析を行う時はシステム要因、組織要因(管理要因)の視点の要因まで掘り下げられているか確認することが必要である。

## (3) なぜなぜ分析のポイント

なぜなぜ分析を実施する上でのポイントを図 6-9 に示す。

図 6-9 は、分析のやり方を理解してもらうための例である。図に示すように、「どのようにすべきか」で抽出された内容を直接「なぜ」にした方が、より簡潔で判りやすく、かつ有効なものとなる。このように、1つひとつの「なぜ」を抽出したときに、必ず、それを起こさないために「どうすべきであったか」「どのようにすればよかったか」を考えることにより、質のよい分析が可能となり、本質を追求できるようになる。

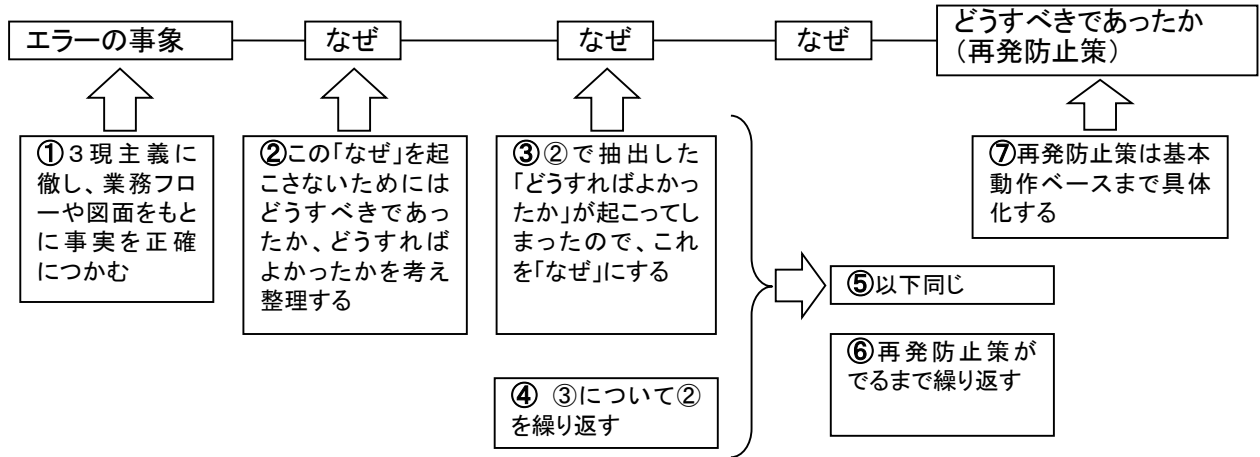


図 6-9 なぜなぜ分析のポイント(①～⑦を実行する)

以下に、図 6-9 に示す「なぜなぜ分析のポイント」に従って実施したなぜなぜ分析の例を示す。不具合(差圧センターの信号ライン誤配線)において、それらを引き起こした事象のうち、「図面の見誤り(図 6-10)」、「センサー配線の色の組み合わせの見誤り(図 6-11)」に対し、それぞれなぜなぜ分析を行った例である。

図 6-11 は「良くないなぜなぜ分析の例」として示す。2 つ目までの「なぜ」は、事象を直接誘発した要因であるのに対し、3 つ目の「なぜ」は、2 つ目の「なぜ(指示が不明確)」の背後の状況的な要因が導き出されており、その後の対策に結びついていない。

従ってこの場合は、3 つ目の「なぜ」は別に取り上げて、3 つ目の「なぜ」に対して新たに「どうすべきであったか、どうすればよかったか」を掘り下げていくとよい。

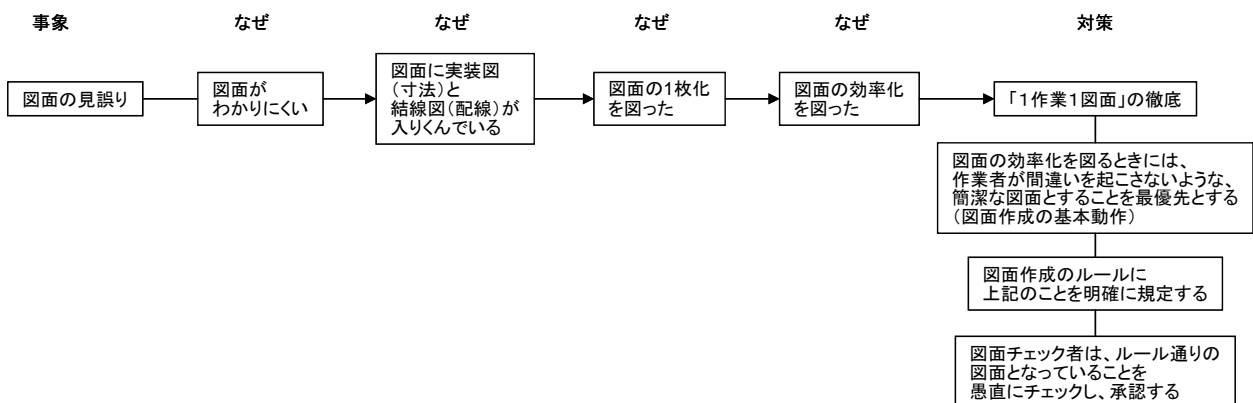


図 6-10 なぜなぜ分析の例  
(「図面の見誤り」に対するなぜなぜ分析)



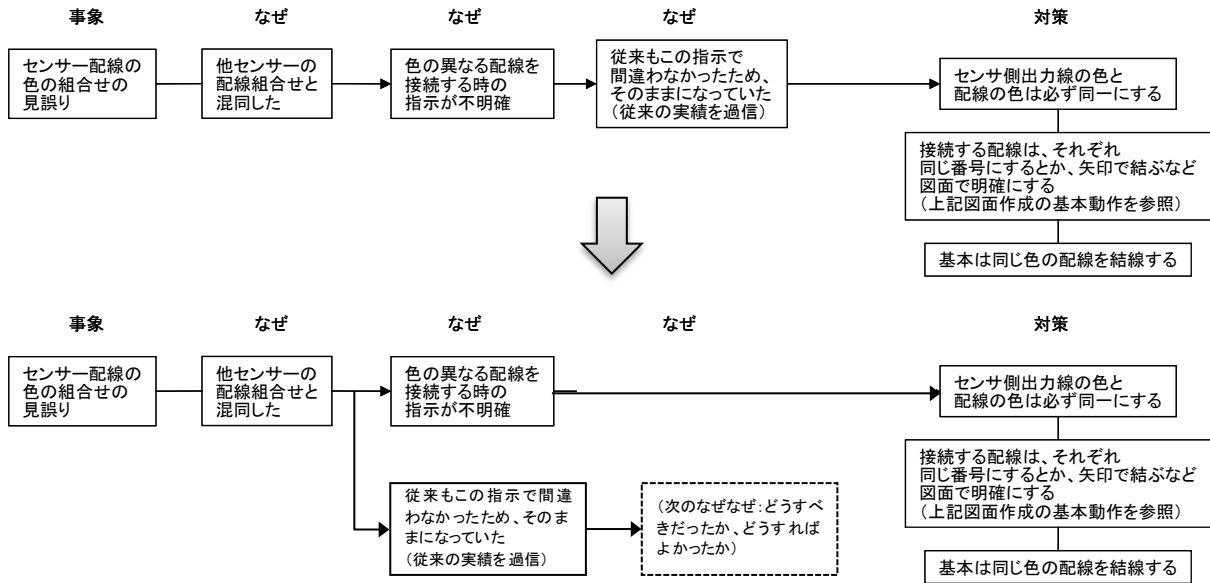


図 6-11 なぜなぜ分析の例(良くない例)  
 (「センサー配線の色の組み合わせの見誤り」に対するなぜなぜ分析)  
 (上図は良くない例、下図はその修正案を示す)

### 6.3.2 PSF 法

#### (1) PSF 法とは

PSF 法 (Performance Shaping Factors) は、ヒューマンエラーの要因になりそうな項目を予めリスト化したもの (以下「PSF リファレンス・リスト」と呼ぶ) を用いた要因抽出手法である<sup>[11][13]</sup>。PSF リファレンス・リストを用いることによって網羅的に要因を抽出することができる。

付録 I に PSF リファレンス・リストを示す。付録 I は、宇宙開発関連業務向けに作成したもので、「設計」/「製造」/「検査・試験」/「運用・保守」の作業フェーズ別にリストを整備している。付録 I の PSF リファレンス・リストを、予め目的にあったものに整理し直しておくこと、より効率的に活用できる。

PSF リファレンス・リストの概要を図 6-12 に示す。

カテゴリ	PSF項目 (例)	チェック	チェック	チェック	チェック
基準・規定	基準書や規定等がない				
	解釈・判断が複雑な基準や規定である			チェック	
主体業務	遵守すべき基準書や規定等が多くてわづらわしい 等				チェック
	指示文書の記述内容が不備・配慮不足				
	作業の事前確認が不十分				
	作業の手順・方法が不適切 慣れた作業の軽視 作業者への心身の負担 等				
分析・評価	作業による影響評価が不十分				
	評価が不十分な設計または必要 インタフェースの整合性確認が不十分 等				
コミュニケーション	作業中のコミュニケーションや他部門との連携がよくない				
	申し送り不十分 情報共有不足 必要な情報に差れがある 等				
管理・計画	文書管理や記録の管理が不適切				
	作業が複雑する				
	計画・工程に余裕がない 作業者に負担を強いやすい作業計画である 長時間勤務等				
ツール・部品等	ツールを過信している				
	作業ツールの機能 性能が悪い 操作性が悪い 必要なツールがない 等				
	経験・技術不足				
教育・知識・技術	ツールや設備への理解不足				
	教育・訓練不十分 不具合未然防止活動が欠如 技術的に未知である 等				
	設備、支給品・購入品等に問題がある				
作業特性	職種の了解や当たり前のことが支障をまねきやすい 等				
	過去の経験や、熟練者・担当者への過信がある				
	職業上の行動規範が弛緩している				
職場・組織特性	チーム構成不備 作業分担不明確 慣習不足 等				
	身体的制約				
	悪環境 時間的制約 孤立作業 劣作業性 等				

- カテゴリ (10区分)**
- a : 基準・規定
  - b : 主体業務
  - c : 分析・評価
  - d : コミュニケーション
  - e : 管理・計画
  - f : ツール・図面・部品等
  - g : 教育・知識・技術
  - h : 作業特性
  - i : 職場・組織特性
  - j : 環境特性

**A.設計フェーズ (113項目)**

**B.製造フェーズ (115項目)**

**C.検査・試験フェーズ (131項目)**

**D.運用・保守フェーズ (102項目)**

図 6-12 PSFリファレンス・リストの概要

(2) PSF 法の手順

a. PSFリファレンス・リストの作業フェーズの決定

事象の経緯整理の結果、見出された問題点(ヒューマンエラー等、例えば、バリエーションツリーの「排除ノード」、いささつダイアグラムの「エラー/困った現象」)に着目し、それらの問題点が作り込まれた作業フェーズにより、「設計」、「製造」、「検査・試験」、「運用・保守」のどの作業フェーズから PSF 項目を抽出するかを決める。

なお、輸送や保管時の不具合に対する PSF 項目は、技術者の指示が配慮不足であるかまたは、環境が悪いことによるものが大部分であると思われるため、設計フェーズの「主体業務」、あるいは各作業フェーズの「環境特性」から抽出可能である。

b. PSF 項目の選択

作業フェーズが決まったらリストから要因として適切と思われる項目を選択する。該当する PSF 項目は一つとは限らず、複数該当することもあるため、要因の不足はないか、十分確認する。個々の PSF 項目の内容は、ただ不適切なことがらを並べるというのではなく、「職場の欠点・弱点を改善していく」という視点から考えるとよい。該当する PSF 項目は、エラーや困った事象(問題点)に影響を及ぼしている程度、すなわち当てはまり具合に応じて○や△で重み付けをしてもよい。

なお、PSFリファレンス・リストに示された PSF 項目の多くは、これまでの当該作業におけるエラー事象を基に構成されているが、その作業に関わる全ての PSF 項目を網羅しているわけではない。すなわち要因の字引きではなく、要因分析を実施する際の視点、考え方を誘導するために示したリストである。PSFリファレンス・リストに依存しすぎると、リストにない要因を見落とす可能性が高まるので注意されたい。もし、リストにない要因があれば、新たに PSF 項目を作ってよい。ときには m-SHEL モデルや 4M 等の視点に立ち戻って考えて見るのもよいし、自分なりに仕分け方を工夫してみるのもよい。

なお、6.3.1項「なぜなぜ分析」において、要因の掘り下げをする際の参考(ヒント集)として、PSFリファレンス・リストを用いてもよい。

#### c. PSF 項目の具体的読み替え

PSFリファレンス・リストにおける PSF 項目は要因分析用に一般的な表現になっているため、そのままでは具体的な対策に結びつけることができない。そこで、抽出した PSF 項目を不具合事例に合わせて具体的な表現に改める(読み替え PSF)。

読み替えた PSF は、以下の点で見直し・整理しておくといよい。

- 同じような具体的表現が何度も出てくる場合は、どれか一つの PSF 項目に代表させ、他の項目は省く。
- 具体的な表現に書き直した時、二つの PSF 項目となるべきものが一つの表現に含まれている場合がある。その場合は PSF 項目を二つに分ける。

#### d. 要因の整理

抽出した要因を、表 6-11 に示す(誘発要因、状況要因)×(直接要因、背後要因)の2×2のマトリクス(以下「要因マトリクス<sup>[11][14][15]</sup>」と呼ぶ)に仕分け、要因の整理を行う。要因マトリクスの分類内容を表 6-11 に示す。

表 6-11 要因マトリクスと分類内容

	直接要因	背後要因
誘発要因	直接的で、引き金になったと考えられる要因	直接・誘発要因ほど当該エラーに密接していないが、間接的に影響したと考えられる要因
状況要因	当該エラーに密接している状況的な要因で、直接・誘発要因よりも静的な要因	当該エラーに緩やかに関与していると考えられる比較的定常的、静的な要因

表 6-11 において直接要因とは、「〇〇のためにそのエラーが生じた」という文を想定したときに、ほかの要因よりもあてはまる要因を指す。もし、そういう要因が見当たらないならば、何か見落としてはいないか、確認するとよい。

背後要因とは、それ(それら)がエラーを促してしまう効果があった、あるいは直接要因をもたらした、というような要因である。

誘発要因とは、エラーを引き起こすもとなった引き金的な要因であり、しばしば直接要因と同じことからもなる場合もあるが、その直接要因の背後要因も、誘発要因の仲間と見なす。つまり誘発要因は、直接・誘発要因と背後・誘発要因からなるものとする。

状況要因とは、悪い習慣とか、普段好ましくないと気づいてはいても放置されていたというような、定常的に存在する要因である。たとえば、慢性的な忙しさや、調子が悪いにもかかわらず、修理を後回しにしてだましだまし使っている設備などが当てはまる。これも直接・状況要因と背後・状況要因の2種類がある。

要因マトリクスの 4 つのセルそれぞれの中に、必ず要因が納まるというものではないが、抽出した要因を仕分けた時に、どこかに空欄があれば、要因の見落としがないか疑うといよい。

このように要因マトリクスを用いて要因の整理をすることによって、要因漏れ防止に役立つ。

### (3) PSF 法のポイント

PSF 法で要因の抽出および要因の整理をすることによって、図 6-13 に示すように、対策を考えるとき、生じたエラーの要因と対策がしっかり噛み合っているかどうかのわかりやすくなり、要因の排除・緩和対策を考える上での見通しを立てることができる(図 6-13)。

以下具体的に説明する。

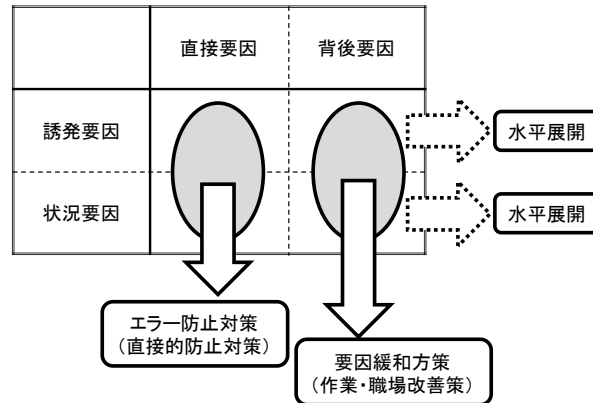


図 6-13 要因マトリクスと対策の方向性

要因マトリクスへの仕分けができたなら、まず縦方向に目を向けて再発防止対策を考える。第1列に並ぶ直接要因に対しては直接的な防止対策を、第2列の背後要因に対しては要因の緩和方策を検討するとよい。背後要因は組織・体制的な問題が多く、そのため即応的、即効的な方法が難しいため、要因の改善をじっくりと進めるような対策が必要になる。

次に横方向に目を向けて、水平展開を検討する。

水平展開はヒューマンエラーの未然防止としての第一歩である。従って、生じたヒューマンエラーに対する要因抽出と再発防止にとどまらず、水平展開を積極的に行うように努めていけば、未然防止に繋がっていくこともできる。

水平展開にあたっては、マトリクスの第2行の状況要因から始めるとよい。

第1行、誘発要因への水平展開は、当該要因が偶発的なものかどうかを考えて、なるべく偶発性の少ない要因から手がけるとよい。

### 6.3.3 その他の手法

問題点に対する要因の抽出に係るその他の手法として、以下を紹介する。

- ノタメニ分析
- m-SHEL 分析
- 4M-4E 分析

## (1) ノタメニ分析

なぜなぜ分析や、PSF 法によって抽出した要因に対し、それらが本当に要因であるかどうか確かめたいとき、または新たに作った PSF 項目が要因として使えるか確かめたいときに簡便に調べられる方法が「ノタメニ分析<sup>[16][17]</sup>」である。

ヒューマンエラーを表現するには図 6-14 のような簡単な構文がある。ヒューマンエラーは何らかの要因によって引き起こされるため、この構文に当てはめることによって、あることがら(図 6-14 の A)が、ヒューマンエラーの要因か否かを検討することができる。

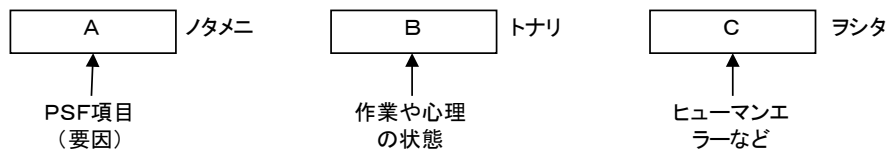


図 6-14 ノタメニ構文

図 6-14 のAに「エラーの要因」と思われる言葉(表現)を入れ、Bには「Aによって引き起こされる作業や心理の状態」を、Cには、Aによって引き起こされたと考えるヒューマンエラーや問題事象を入れてみる。全体で文脈が繋がれば、Aに入れた言葉(表現)は、エラー要因(PSF 項目)だと言える。このとき、同じ意味の言葉を言い換えて入れないように注意する(「勘違い」と「早合点」など)。

また、Bを埋めるのが難しい場合があるが、Bが埋められないからといって、安易に「Aは要因ではない」と判断しないように注意する。なお、エラー要因(PSF 項目)と誤解されるものの多くに「思い込み」、「早合点(勘違い)」、「気づかない(考え付かない)」などがあるが、これはむしろBに相当すると言える。

一般的に、一つのヒューマンエラーに対して、要因が一つだけということはずまない。一つ構文が完成したからといってそこでノタメニ分析を終らせないように注意する。

また、ノタメニ分析をした時に、(図 6-15 の C')のように、対象としているエラー(図 6-15 の C)の前段階的事象に対する要因が導かれることがあるが、それも分析対象としているエラーの要因として取り上げる。

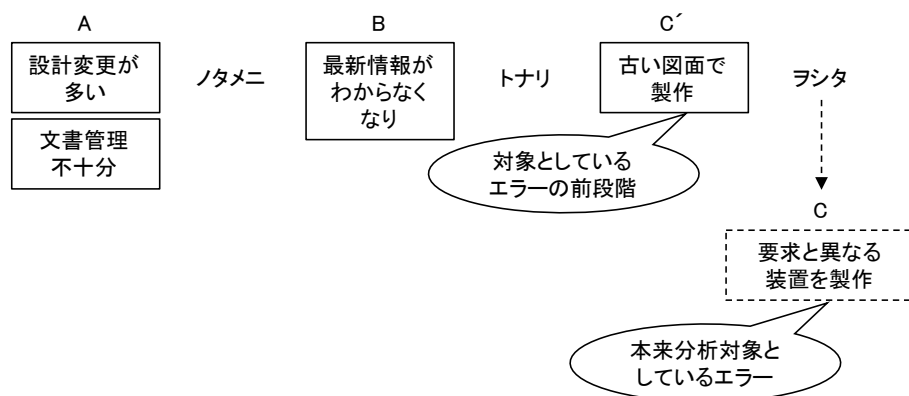


図 6-15 ノタメニ分析の注意点

(2) m-SHEL 分析

m-SHEL 分析とは、ヒューマンエラーや問題点に対し、抽出された要因を m-SHEL 別に識別・整理し、m-SHEL の要素毎に対策を検討するという方法である<sup>[2][18]</sup>。検討様式例(2 種類)を図 6-16 に示す。

検討様式例(1)は、事象の経緯整理手法(VTA など)によって明らかになったヒューマンエラー/問題点等に対し、なぜなぜ分析等で抽出された要因を m-SHEL の各要素別に仕分けし、それぞれに対して対策を検討するというものである。

検討様式(2)は、生じたヒューマンエラー/問題点等について、「場面」「関係者(当事者)」「行動」にわけて記述しておく。ヒューマンエラー/問題点等について、なぜなぜ分析の要領で要因を抽出し、要因は必ず m-SHEL のいずれかで識別しておく。その後、S、H、E、L、LL の要素別に要因を整理する。さらに、それぞれの要因の根本には M(Management; 管理)があると考え、S、H、E、L、LL の要因それぞれに対し、管理の視点で要因を整理し直した上で、対策を検討するというものである。

検討様式(1)

発生事象	(標題を記述)					
ヒューマンエラー/問題点等						
m-SHEL	m	L-S	L-H	L-E	L-L	L
要因						
対策						

検討様式(2)

ヒューマンエラー/問題点等	場面	
	関係者	
	行動	

m-SHEL	各要素(S,H,E,L,LL)の要因	管理(m)の要因	対策案
S (Software)			
H (Hardware)			
E (Environment)			
L (Liveware)			
LL (周囲の L)			

図 6-16 m-SHEL 分析の様式例

## (3) 4M-4E 分析

4M-4E 分析とは、4M の視点で要因を抽出・整理し、4E の視点で対策を検討するというものである<sup>2)19)</sup>。図 6-17 にその概要を示す。

初めに、ヒューマンエラーや問題点に対し、4M (Man (人間要素), Machine (ハードの要素、もの), Media (環境要素), Management (管理的要素)) の視点で要因を抽出・整理する。

次に対策について、4E (Engineering (工学的対策)、Education (教育的対策)、Enforcement (強制、賞罰的対策)、Example (率先垂範、事例提示等の対策) または Environment (環境的対策)) の視点で、「だからどうする」と問いながら検討する。

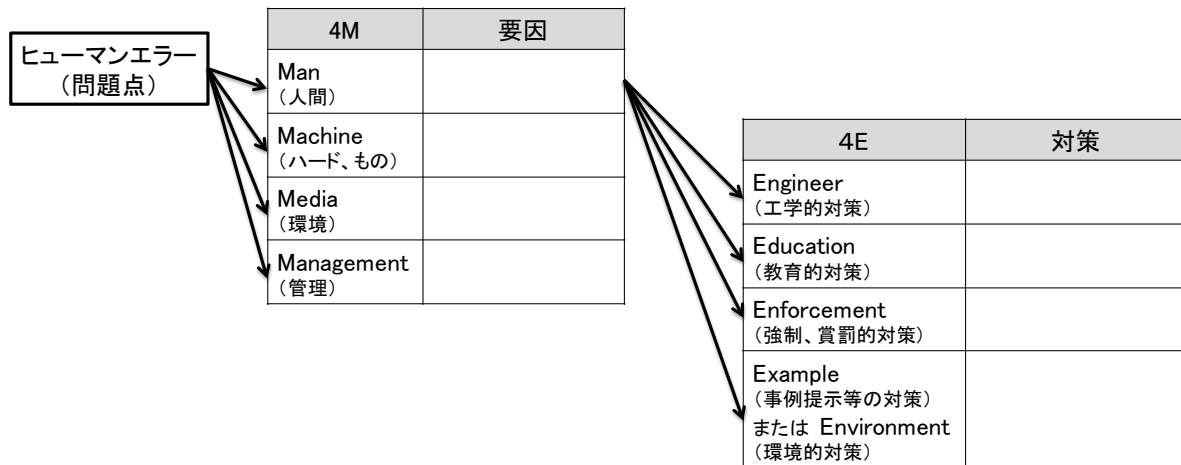


図 6-17 4M-4E 分析

7. 対策編

本章は、対策立案に関する基本的考え方について紹介する。対策立案の視点や防止対策のカテゴリー、有効な対策を行うための基本的事項、防止対策の妥当性チェックリスト、対策実施に向けての注意事項について述べる。次に、ヒューマンエラーの対策例について紹介する。

なお、「未然防止」は事後分析(再発防止)のように「不具合ありき」ではないため、対策を導くための起点が異なる。そこで、上記とは別に、「未然防止対策例」についても示す。

7.1 対策立案の基本的考え方

ヒューマンエラー起因不具合の再発防止対策を検討するにあたり、対策立案に関する基本的考え方について示す。以下に紹介する考え方を参考に、現実の制約条件を考慮し、優先順位を付けて対策を決定する。さらに、対策実施に向けての注意事項を示す。

7.1.1 対策立案の段階的視点

ヒューマンエラー防止対策を立案するにあたっては、段階的に考えることが必要である。すなわち、「ヒューマンエラーの発生防止」と、「ヒューマンエラーの拡大防止」である。それらの概念図として、「戦略的エラー対策 4STEP/M<sup>[3]</sup>」を紹介する(図 7-1)。

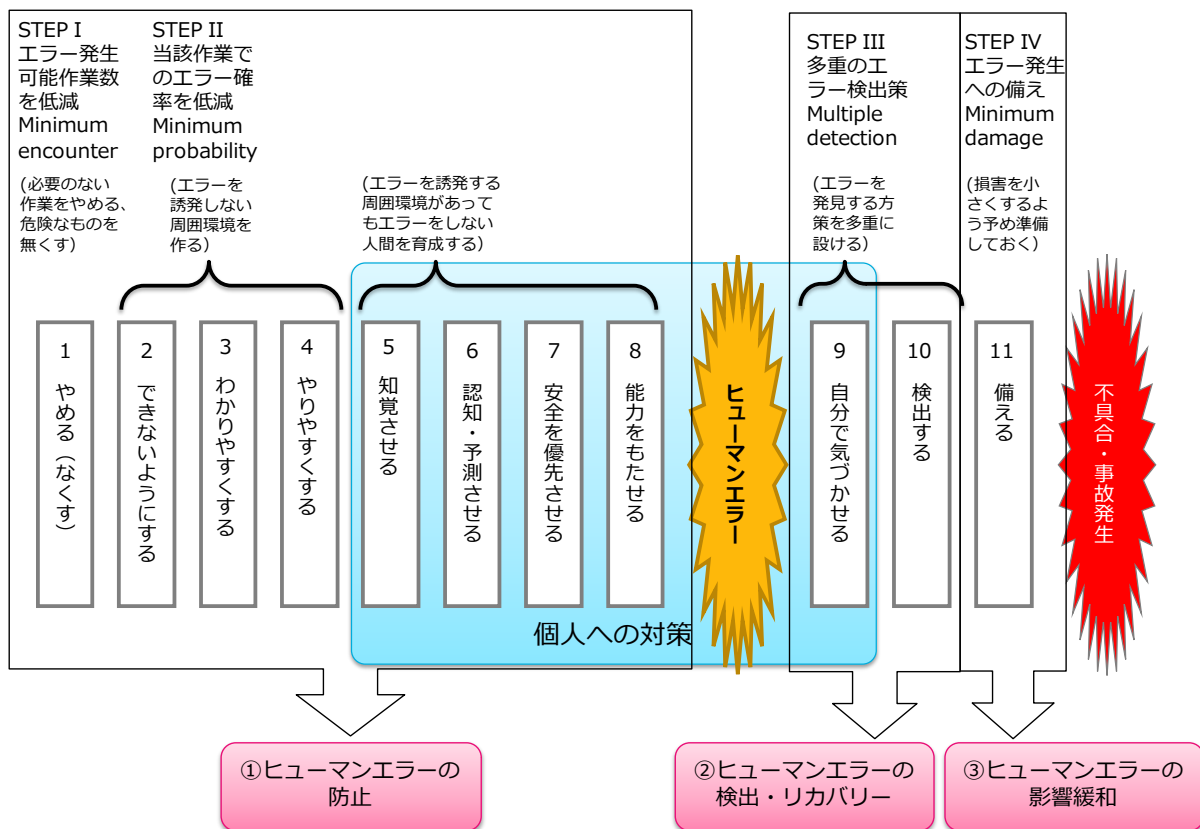


図 7-1 戦略的エラー対策:4STEP/Mと3つのステップとの関係  
(引用文献<sup>[3]</sup>[20]を元に一部加筆・修正)

「戦略的エラー対策 4STEP/M」は、上記「ヒューマンエラーの発生防止」と、「ヒューマンエラーの拡大防止」を「M」から始まる以下の4ステップの段階にわけて説明している。



「ヒューマンエラーの発生防止」段階では、できるだけエラー数を少なくすることとして、第1ステップ「作業の数を減らすこと」(Minimum encounter)、第2ステップ「各作業でのエラー発生確率を低減すること」(Minimum probability)を実現できるような対策を検討する。

次に、どんなにエラーの発生防止策をとっても、対策には限界があり、エラーは避けられないという前提で「ヒューマンエラーの拡大防止」を考える。この段階では、第3ステップ「エラーを発見して修正作業をおこなうこと」(Multiple detection)、第4ステップ「被害を最小とするために備えること」(Minimum damage)が実現できるような対策を検討する。

上記の4ステップに従い、具体的に11段階によるエラー対策発想手順を示している。思い付きではなく、手順に従って考えることによって、対策が考えやすくなることが期待できる。

また、図7-1は、5.5.1項で述べた3つのステップ(①ヒューマンエラーの防止、②ヒューマンエラーの早期検出とリカバリー、③ヒューマンエラーの影響緩和)との対応関係を示しているので参考にされたい。

### 7.1.2 対策立案の際の考慮事項

対策立案の際は、下記の事項を考慮して検討するとよい。

- 現場を無視した観念的対策を排除する
- 同一作業での他組織の調査
- 以前発生した同種不具合対策の無効性の反省
- 対策策定のブレイン・ストーミング(目的は何、作業の切り捨ての可能性)
- 現場作業員および設計者のグッド・アイデアの吸い上げ
- ハードウェア対策の工夫

対策の具体的内容は、次項で示す「防止対策のカテゴリー(表7-1)」を参考に検討するとよい。

対策内容がある程度固まったところで、対策の必要条件(確実性、永続性、具体性、整合性、経済性、転用可能性、即効性)を満たしているか確認する(7.1.4項参照)。

### 7.1.3 防止対策のカテゴリー

対策立案のヒントとして、防止対策のカテゴリー<sup>[13]</sup>を示す(表7-1)。

カテゴリーの右側に、要因の3分類(システム要因、組織要因、個人要因)の識別を示す。要因の排除・緩和策を考えるにあたっての参考にされたい。表内の◎、○は、永田、行待(2005)<sup>[13]</sup>の知見に基づき、要因の排除・緩和の有効性の度合いを参考として示したものである。対策立案の目安となればよい。

対策立案の際は、「外的要因に対する対策(人間の周囲の要素に対する対策)」だけでなく、同時に「内的要因に対する対策(ヒューマンエラーの自己抑止力の醸成)」を取るようにすると、よりヒューマンエラー防止の効果が期待できる。

また、「対策種類」欄には、対策立案の段階(3ステップ:ヒューマンエラーに対する①防止対策、②早期検出とリカバリー、③影響緩和)の識別結果を示す。

「エラー防止」とあるものは、「防止対策」に該当することを示す。「検出・リカバリー」とあるものは、「早期検出とリカバリー」、すなわちリカバリーファクター(エラーを一步手前で食い止めたり、エラーの直後に検出・リカバリーを図り、実害に至らなくさせる働き)を増強しようとする対策カテゴリーを示す。「エラー影響緩和」とあるものは、ヒューマンエラーは起きるものと想定して、ヒューマンエラーが発生しても被害が拡大しないシステム(セーフティネット;安全網)を構築するような対策カテゴリーを示す。また、「未然防止」とあるものは、未然防止策を示す。詳細は別途後述する(7.3項)。

カテゴリー別の対策例については、後述する(7.2項)。

表 7-1 防止対策のカテゴリー<sup>[13]</sup>  
 (引用文献<sup>[13]</sup>を基に一部加筆・修正)

カテゴリー	対策例	外的要因		内的要因	対策種類
		システム	組織	個人	
①意識の一般的強化・啓蒙	研修、表彰、掲示などによる啓蒙・激励的な営みをすることによって、ヒューマンエラー防止の意識を維持・高度化させ、問題に目をむけさせる。		○	◎	エラー防止
②意識の個別強化	作業前 meeting の強化、工程・作業 FMEA によるヒューマンエラーの予測や未然防止等を行う。		◎	○	エラー防止
③教育・訓練	作業方法、考え方、あるいはヒューマンファクターズや機器の危険性の教育・訓練を通じてエラーが無いように誘導する。運動訓練、技能訓練では、次の④規律化・習慣づけを織り込んでいる場合が多い。		◎	○	エラー防止
④規律化・習慣づけ	現場での規則や、エラーが生じにくい行動パターンを作業現場に定着させる。その一方、作業場の行動の流れを正しい姿に標準化する。例えば指さし呼称、間合いどりなどの習慣化づけや、規則の強化・精緻化あるいは見直しなどをする。		◎	○	検出・リカバリー
⑤模擬体験的訓練	シミュレータ訓練、類似仕様の機器でのリハーサルやイメージワークなどを行い、正しい対応のスキル化を図る。防災訓練などもこれに準じる。		○	◎	エラー防止
⑥隔離化	エラープルーフ(フールプルーフ)、施錠、安全柵、カバリングなど、エラーや不適切な行動を防止したり、そのような行動が生じても実害を生まないようにする。	◎			エラー防止
⑦冗長化	ダブル操作、立会、クロスチェックなどを取り入れ、安易な操作を排除したり、他者による確認あるいはリカバリーの機会を増やす。	○	◎	○	検出・リカバリー
⑧人間工学的配慮	人間工学的工夫(視認性、識別性、操作性の向上)や計算機支援などにより作業を容易化・確実化する。	◎		○	エラー防止
⑨作業改善	より便利な機器の導入や作業方法の改善などによって、たとえば熟練や手間、注意力を要する作業を容易化・確実化する。	◎		○	エラー防止
⑩マニュアル類の改良・補完	手順書、作業要領書などの完備化や書式を読み易くする。チェックリストの作成・補強などマニュアル的情報を通じて、人間の感覚や記憶の弱点を補強する。		◎		エラー防止
⑪エラーの影響緩和	機器や手順の改善、作業工程の変更などにより、エラーが生じてもそれがもたらす実害を排除または緩和する。⑥の隔離化よりも管理的・技術的な工夫が多い。	◎		○	エラー影響緩和
⑫機械化・自動化	作業を大幅に変えて問題となるエラーの機会自体をなくす。但し、別の性格のエラーが生まれる場合がある。	◎		○	エラー防止

※表内の◎、○は、永田、行待(2005)<sup>[13]</sup>を参考に要因の排除・緩和の有効性の目安を示す。

#### 7.1.4 対策の妥当性検証

具体的な対策案を考えたら、採用した対策案が再発防止に機能するかどうかの妥当性を検証する。表 7-2 に、「対策の妥当性チェックリスト」を示す。

表 7-2 対策の妥当性チェックリスト

	カテゴリー	チェック項目	チェック
1	確実性	要因をきちんと潰せているか	
2	永続性	一過性の対策になっていないか	
3	具体性	具体的内容をもっているか、精神的対策になっていないか (例 ×:徹底する、注意喚起する ○:作業前ミーティングで担当する作業の注意事項を自己宣言させる等)	
4	整合性	従来の操作と競合しないか、 従来からある職場の良い習慣に逆らっていないか	
5	経済性	費用、マンパワー、時間などの制約を満たしているか、 これらと折り合っているか	
6	転用可能性	他の類似不具合も同様に防止できるか 水平展開が可能か	
7	即効性	再発防止対策としての即効性があるか	

#### 7.1.5 対策実施に向けての注意事項

対策実施に向けての注意事項を示す。

##### (1) 一つの対策でよしとせず、多重にとる

対策実施の際、1 つの対策でよしとせず、多重に絡めるように考えるのがよい。また、できるだけ人の注意力に頼るのではなく、可能な限り環境への対策を優先することや、多面的多重的に対策を取ることが重要である。

対策内容によっては、要因の緩和策など、即効性に欠けるものもある。しかしこのような対策は、漢方薬的な持続性、体質改善を期待できる。ヒューマンエラーへの対策は多重に、との意味はこういうところにもある。

##### (2) 対策実施に向けての具体化

ある対策の実施を決定した後、実際に取り組もうとすると、実施方法の具体性が不十分なことがある。対策実施にあたっては、「誰が、いつまでに、どのように、誰に対して」等、対策の実施に関して具体性の不十分な項目を洗い出し、「どうやって?」「だからどうする?」という視点で切り口やアイデアを出し、具体的に整理していくとよい。特に重要な事は「誰が」やるのかということ、また責任者を明確にしておくことである<sup>[11]</sup>。

##### (3) 対策の実施状況のフォロー

定期的な安全に関する会議によって、対策の実施状況をフォローすることが必要である。

その後、対策が的確に実施されたかどうかを確認し、効果について評価する。

特に重要なことは、「(対策を実施したことにより)別の問題が発生していないか」ということである<sup>[11]</sup>。あるエラー防止対策を実施すると、その対策が別のヒューマンエラーやエラーを引き起こす可能性がある(例えば、作業のしやすさ改善のために照明を付けたが、そのコードでつまづく、等)。そのような問題は発生していないか確認する必要がある。

## 7.2 防止対策のカテゴリーに基づく対策例

先述した防止対策のカテゴリー<sup>[13]</sup>ごとに、具体的な対策例について示す。

### 7.2.1 意識の一般的強化・啓蒙

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
①意識の一般的強化・啓蒙	研修、表彰、掲示などによる啓蒙・激励的な営みをする事によって、ヒューマンエラー防止の意識を維持・高度化させ、問題に目をむけさせる。		○	◎	エラー防止

このような対策は、一人ひとりのヒューマンエラー防止の意識の維持、高度化という意味では組織要因の対策(組織、マネジメントとして取り組む対策)であるが、個人要因の対策として、すなわち、個々人のエラー耐性行動(自分がヒューマンエラーをしないように、自分で習慣付けている行動様式)を強化するように働きかけるとよい。

ヒューマンエラーを防止するには、一人ひとりについて下記に示す事項を高め、安全の効果(ヒューマンエラー防止の効果)を高めていくことが大切である<sup>[1]</sup>。

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 心と身体の健康<br/>(仕事をするときのベースとなる)</li> <li>b. その仕事をするための知識や技量、テクニカルスキル</li> <li>c. ヒューマンエラーを抑止していくための知識やスキル、ノンテクニカルスキル</li> <li>d. 態度や姿勢、マインド<br/>(規則遵守の態度や、顧客や安全、環境を大切にす意識、プロとしての誇りなど。これらは職場風土や職場満足などの影響を受ける)</li> </ul> |
|--|

このうち、(a)については、心と体の健康を保てるよう組織的、各人の取り組みが必要であるが、同時に、研修や啓蒙活動を通して、ヒューマンエラーに関係する人間の身体的、心理的特性や、作業者の熟練度の違いによるヒューマンエラーの特徴といった知識を有することによって、一人ひとりのヒューマンエラー防止に対する意識の向上に役立つ。詳細は後述する。

上記(b)については、後述する対策カテゴリーの③(教育・訓練)で説明するためここでは割愛する。

上記(c)については、各人のヒューマンエラーに対する抑止力として、「自己モニタリング(セルフモニタリング)」について紹介する。

上記(d)については、規則順守を促すモデル(KSAB モデル)および、ヒューマンエラーを起こさないための仕事に対する心構えについて示す。

## (1) ヒューマンエラーに関係する人間の身体的、心理的特性

上記(a)で述べた、ヒューマンエラーに関係する人間の身体的、心理的特性に関するキーワードと解説を表 7-3、表 7-4、表 7-5 に示す。

表 7-3 ヒューマンエラーに関係する人間特性(認知的特性)<sup>[3]</sup>

キーワード	解説
注意の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>注意には選択性がある (選択的注意) : 目や耳に入る情報のうち、必要なものや関心のあるものだけを選択して処理する。</li> <li>注意には容量がある (分割的注意) : 非常に注意が必要なことを複数並行して行うことは、注意の容量の限界を超え、困難となる。</li> <li>注意は続かない (持続的注意) : 何かを監視しているときの警戒的な注意力は 30 分程しか持続せず、次第に漫然とする。</li> </ul>
ゲシュタルト特性	人間の知覚には、多くの対象が同時に存在する場合、「まとまり」で知覚する特性がある。この特性によって、見誤りなどのヒューマンエラーを引き起こすことがある。
視覚による認知の特性	人間は、不明確な情報やあいまいな情報があると、前後の刺激や周りの環境から、それらの情報を自分なりに勝手に解釈してしまう(文脈効果)。これにより、表示の見間違えなどのヒューマンエラーを引き起こすことがある。
聴覚による認知の特性	人間は物理的な音声をそのまま聞いているわけではなく、自分が期待しているように聞いてしまう。これを「期待聴取(wishful hearing)」という。周りの騒音が大きかったり、自分が慌てていたりすると、特に聞き間違いが引き起こされやすくなる。
正常性バイアス(偏見)	人間はある範囲までの異常は異常だと感じずに、正常の範囲内(大したことない)のものとして本能的に判断する傾向がある。
認知的不協和・こじつけ解釈	人間は相互に矛盾した情報があると不安になる(認知的不協和)。その不安を解消するために、矛盾を自分なりに納得できるように解釈して安心する傾向がある(こじつけ解釈)。そのため、思い込みや誤解を引き起こすもととなる。
記憶の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>人間の記憶は忘却しやすい (忘却曲線) : 人間の記憶は非常に脆弱である。情報は 15~30 秒程度しかストックできない (短期記憶)。</li> <li>記憶は変容するものである : 人間は実際に見聞きした事実と、後から入ってきた情報とを区別することが難しく、そのために記憶は簡単にゆがんでしまう (記憶の変容)。</li> <li>積極的忘却が困難である : 以前覚えた手順、知識が忘れられず、逆に作業や行為の妨げになることがある。</li> </ul>
情報処理能力 <sup>[21]</sup>	視覚や聴覚等のいわゆる感覚器から入力される情報はおよそ 109bits/sec であるが、人間が中枢で処理できる能力は僅か 102bits/sec 程度にすぎないと言われている <sup>[21]</sup> 。デュアル・タスク(2 つの作業を一時に行うこと)やいわゆる「ながら作業」は、人間の情報処理能力に反する行為となる。
行為の時間的変容 <sup>[22][23][24]</sup>	人間は時間的圧迫を受けたり、ゆとりを持ったりすると、行動が変容する傾向がある <sup>[22][23][24]</sup> 。行為の状態は以下の 4 段階に分かれる。 <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Strategic</b> : 十分に時間的な余裕があり、行為の信頼性は高い。</li> <li>(2) <b>Tactical</b> : 人間が最も頻繁に置かれている状況。行為の信頼性は高い。</li> <li>(3) <b>Opportunistic</b> : 時間的余裕が減少したり、作業がうまく行かないような状態。行為の信頼性は上記に比べて低い。</li> <li>(4) <b>Scrambled</b> : さらに時間的余裕が減少する、緊急事態等の状態。行為の信頼性は極めて低い。</li> </ol>

表 7-4 ヒューマンエラーに関係する人間特性(生理的身体的特性)<sup>[3]</sup>

キーワード	解説
疲労	人間は一定時間以上働くことによる機能低下現象を疲労と呼ぶ。 疲労により、作業効率や集中力の低下、注意力の衰え、意欲減退等が生じる。
睡眠	眠気を感じているときに、対処行動が必要な場面におかれると、通常であれば取れたはずの回避措置がとれない、あるいは本来であれば対処可能な状態なのに、対処不能に陥るというエラーが引き起こされやすくなる。
加齢	時間経過に伴う衰退の過程を加齢という。一方、加齢に伴う機能低下の現状が自覚されにくいことが問題となる。若い頃のようにできるとしても、現実の身体機能が追いついていないという状況が、エラー現象に結びついてしまうことがあり注意が必要である。
体躯	身体サイズにあわない機器や道具を無理に使ったり、狭い作業環境で作業をすることによって、使いにくい、あるいはうまく使えない事による作業効率の低下や誤操作、さらには健康障害(手指のしびれ等)の発生が懸念される。

表 7-5 エラーに関係する集団の心理的特性<sup>[3]</sup>

キーワード	解説
権威勾配	人間は権威を持った人間に弱いものである(上司には逆らえない等)。
同調行動	人間は、周りに合わせることで安心する(多数意見の方が正しいと思う、集団を乱したくないから合わせる、等)
社会的手抜き	自分が手を抜いても、他の誰かがやってくれるだろう、とってしまう。結果的に誰もやらない(手を抜く)辞退となる。
社会的促進 (社会的抑制)	共行動者や傍観者が個人のパフォーマンスを向上させること(社会的促進)、または逆にパフォーマンスを低下させること(社会的抑制)。社会的促進となるか、抑制となるかは、得意か不得意かの違いや、経験の有無によって変わる。
集団浅慮	集団内の多数意見あるいはリーダーの意見に同調せよという圧力がかかり、客観的な正しい状況判断や意思決定ができなくなる。(集団思考:グループシンクともいう)
集団凝集性	集団としてのまとまり、強い結びつきのこと。あまり凝集性が高いと、それがメンバーの圧力になることもある。
リスクシフト	集団の決定は個人の決定よりも、より危険な選択をする傾向。

このような特性を予め知っておけば、作業において、自分がエラーをしやすい状況にあるか意識することができ、エラーに対する気づき力を高めることができる。また、自身でエラーをしないようコントロールすることが期待できる。同様に他者に対しても、エラーをしそうな状況であることが分かれば、検出・リカバリーに役立てることができる。

#### (2) 作業者の熟練度の違いによるヒューマンエラーの特徴

人間行動は、慣れや熟練の観点から、大きく 3 つの階層に分類する事ができる。これは J.Rasmussen の SRK モデルと呼ばれ、知識ベース(Knowledge based)の行動、規則ベース(Rule based)の行動、技能ベース(Skill based)の階層に分かれる<sup>[25]</sup>。

このうち、新人や異動したての初心者は知識ベースの行動、ベテランなどの熟練者は技能ベースの行動に相当する。初心者と熟練者それぞれに見られるヒューマンエラーの特徴例<sup>[24]</sup>について表 7-6 に示す。ヒューマンエラーに関係する特性と同様、予め下記について知っておくことによって、自身、または他者のヒューマンエラーに対する気づき力が高まる。

表 7-6 初心者と熟練者の違い(ヒューマンエラーの特徴例)  
(引用文献<sup>[24]</sup>を基に一部加筆・修正)

初心者	熟練者
<ul style="list-style-type: none"> <li>何が重要なかわからない(情報の取捨選択ができない、混乱する)。</li> <li>見通しが少ない。予測の幅が狭い。</li> <li>作業が遅れがちで、円滑性に欠ける。そのため、余裕が無く、緊張状態に陥りやすい。</li> <li>外部からの割り込みで全体の作業手順が乱れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仕事に慣れており、意識せずに作業が遂行できる(行為の自動化)のために、「うっかり」「ぼんやり」「不注意」などを起こしやすい。</li> <li>仕事に慣れているために、行っている作業内容が正しいと信じ、手順書の方が間違っていると思いつつも傾向がある。</li> <li>はやく作業ができるために、手順どおりでなく作業の抜けや飛びが生じやすい。 (その作業をやったかどうか不明確になる)</li> <li>仕事に余裕があるために、不必要なことをしてしまう。</li> </ul>

(3) ヒューマンエラーに対する抑止力の涵養<sup>[26][27][28]</sup>

人はエラーをするが、その発生の可能性を減らすことはできる。一つは、自己努力によって、もう一つは、状況を変えることによってである。ここでは、前者の自己努力による方法について示す。

自己努力を支えるのは、人に備わっているメタ認知力である。自分自身の心や行動について絶えずモニタリング(監視)をして、状況にふさわしいように自らの行動をコントロール(制御)することである。これを「自己モニタリング(セルフモニタリング)」という。これは、図 7-2 に示すように、頭の中にもうひとりの自分(ホムンクルス)がいるようなイメージで考えるとわかりやすい。

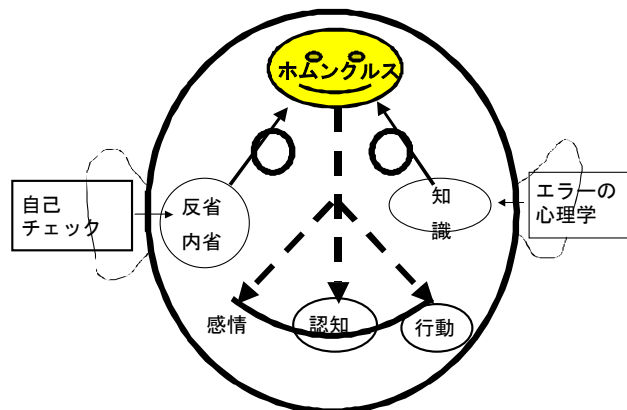


図 7-2 もうひとりの自分がいる

メタ認知力をつけるには、どんなエラーがどんな時に起こるか、どうすればエラーを防げるかなどについての知識を豊かにし、その知識を活用して、内省/反省する習慣をつけて、自らの心と行動のモニタリングとコントロールができるようにすることである。

なお、コミュニケーションの基本である「ほうれんそう(報告・連絡・相談)」における、自己モニタリングのあり方として「ほうれんそうのセルフモニタリング」を紹介する。次の4つを心がけて仕事に臨むことが、コミュニケーションの改善、ひいてはヒューマンエラーの防止に繋がる。

### ほうれんそうのセルフモニタリング

- ① ほうれんそうの内容に誤認や誤解のおそれはないか？
- ② 作業が並行しているとき、話を取り違えられる可能性を考えているか？
- ③ 受け取った情報に曖昧さがあるとき、勝手に解釈しないで確認しているか？
- ④ 連絡したことの实效状態を確認できる体制になっているか？

(4) 規則順守を促すモデル (KSAB モデル)、および仕事に対する心構えについて  
規則遵守は、作業の基本動作の一つであり、違反を防止するためにも必要である。規則順守を促すモデル (KSAB モデル) および、KSAB モデルに沿って規則遵守を促すポイントについて表 7-7、表 7-8 に示す<sup>[1][29]</sup>。

表 7-7 KSAB モデル<sup>[1][29]</sup>  
(引用文献<sup>[1][29]</sup>を基に一部加筆・修正)

段階 (KSAB)	解説
K (Knowledge) 規則を知る	規則について、その理由や根拠とともに知ってもらう (Know-WHY)。
S (Skill) スキルをもつ	規則を実行するための技術、技量を身につけてもらう。
A (Attitude/Aspiration) 前向きな態度 (やる気) をもつ	規則を守ろうという態度、気持ち (やる気) を持ってもらおう。
B (Behavior) 行動できる	KSA の結果として、規則を遵守する行動ができるようになる。

表 7-8 規則遵守を促すポイント<sup>[1]</sup>

KSAB	ポイント	解説
K	守れない規則、守る意味のない規則・手順はないか見直す	<ul style="list-style-type: none"> <li>・規則、手順の棚卸しを行う。</li> <li>・守るべき規則、手順は Know-WHY 教育を行う。</li> </ul>
S	守れる規則・手順かを見直す	<ul style="list-style-type: none"> <li>・要すれば手順を見直し、作業者の負担低減を図る。</li> </ul>
S	守るときの判断基準が明確か見直す	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場任せ的な規則・基準は混乱のもととなる。</li> </ul>
A	自分自身に説明させる、守ることを宣言させる (決意表明)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・みんなの前で宣言 (決意表明) すると、それを破ることに心理抵抗感が働き、違反が抑制される。</li> </ul>
A	組織における安全文化の醸成 (集団雰囲気)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自分だけ違反すると居心地がわるいような状況を作る。</li> </ul>
A	違反者に対する管理者の姿勢 (組織風土)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小さな違反も見逃さない</li> <li>・常習的なものに対しては毅然とした態度を取る。</li> <li>・守っている人を褒める (それが違反の抑制感情として機能し、結果的によい組織風土となる)。</li> </ul>

また、仕事に対する姿勢やヒューマンエラーを起こさないための仕事に対する心構えを表 7-9 に示す。これらを、普段から意識することによって、ヒューマンエラー防止の意識向上に役立つ。



表 7-9 ヒューマンエラーを起こさないための仕事に対する心構え

キーワード	解説
Know-Why の実践 <sup>[30]</sup>	Know-How (技術的知識、要領等) は知識であり、これも必要であるが、知恵 (自身で考え、工夫することによって得られるもの) がないと仕事において適切な動作はできない。 知恵は Know-Why を実践することによって身につく。仕事をする時、常に「なぜやっているの?」「何のために?」「どうしてこのやり方なのか?」を考えることにより、仕事に対し「どんなエラーが起きるか」「本当にこれで良いのか」という発想につながり、ヒューマンエラーを防止する意識が働く。
確認せよ! 確認したか!	仕事をして判らなくなったときや不安に感じた時は、必ず確認するという習慣を持つこと。他人に聞くのは一時的な恥とはなるが、判らないまま進めることの方が、はるかに程度は低く、危険性が高いものである。先進事例や他人の知恵を学び、自信のある状態で仕事をするのが大事である。
エラーを起こした時の対応	エラーを起こした時の対応 (対策) として、上長は厳しく暖かく、かつ思いやりを持って「肝に銘ずるように」「身につまされるように」説得し、指導する。これにより失敗から教訓が生まれ、苦い体験により信念が形成され、本音で (Know-How による「建前」ではなく、Know-Why を伴って) 仕事ができるように改善される。
文句や苦情から逃げない (良薬口に苦し)	自分にとって厳しい文句や苦情を受け入れることは、自分自身が進歩できる第一歩となる。「こんなことまで言われてたまるか」というような前向きな姿勢を保つことが大切で、レベルアップのための工夫を謙虚に積み重ねていくことが継続的な改善になる。

### 7.2.2 意識の個別強化

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
② 意識の個別強化	作業前 meeting の強化※、工程・作業 FMEA によるヒューマンエラーの予測や未然防止などを行う。		◎	○	エラー防止

※ 作業前 meeting の強化:これは、朝礼の強化・精緻化という意味ではない。大勢の作業者を対象に、当日行うこと、気を付けるべきことなどを詳しく長々と述べれば、しっかりと聞いておいてほしい人ほど聞いていない状態になる。ここで、「作業直前」とは、作業を行うにあたっての文字通りの「直前」を指す。また、meeting に参加する人々は、当該作業に携わる人々だけに絞り、その他大勢であってはならない<sup>[31]</sup>。

未然防止については、以下の対策例を取り上げ、7.3 項で後述する。

- 未然防止の視点(3H)
- ヒヤリハット活動
- 作業工程管理チャート
- 職場改善による未然防止活動

## 7.2.3 教育・訓練

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
③教育・訓練	作業方法、考え方、あるいはヒューマンファクターズや機器の危険性の教育・訓練を通じてエラーが無いように誘導する。運動訓練、技能訓練では、次の④規律化・習慣づけを織り込んでいる場合が多い。		◎	○	エラー防止

上記対策例は、その仕事をするための知識や技量といったテクニカルスキルに対して、教育・訓練を行うことである。射場整備作業における過去の経験や知見を「射場心得集」としてまとめ、教育・訓練を実施した事例がある。

「射場心得集」は、N-1 ロケット初号機打ち上げ以来、発生したヒューマンエラー起因不具合を含む事例を収集し、その発生要因を分析し、予防のために関係者が留意すべき事項を一般化してリスト化している。

付録 II に、「射場心得集」の中から、ヒューマンエラー起因不具合に対する一般的注意事項を抽出したリストを示す。

## 7.2.4 規律化・習慣づけ

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
④規律化・習慣づけ	現場での規則や、エラーが生じにくい行動パターンを作業現場に定着させる。その一方、作業場の行動の流れを正しい姿に標準化する。たとえば指さし呼称※、間合いどり※などの習慣化づけや、規則の強化・精緻化あるいは見直しなどをする。		◎	○	検出・リカバリー

※ 指さし呼称<sup>[32]</sup>: 鉄道関係等に見る「○○ヨシ!」という類ではなく、個人の意識強化と他者からのリカバリーを期待するための、具体的な主語・述語・目的語から構成され他者が聞いても判るような発声を指す。

※ 間合いどり: 例えば、操作することを周囲に告げてから故意に一呼吸「間」を置くこと。そうするとその行為が誤っているときに、他者が「待った」というブレーキをかけやすくなるなど、リカバリーファクターが強化される。

上記対策例のうち、「指さし呼称」や「間合いどり」、「再チェック(例えば、作業を行う前、行う時、行った後の3回チェックする)」「全身鏡でチェックする」などは、エラーをした本人が自分で気付くようにする対策例である。しかし、一般に自分のエラーに自分で気付くことは難しいということも念頭に置いておく必要がある<sup>[3]</sup>。

その他、規律化・習慣付けの対策例として、航空分野での CRM(Crew Resource Management)における、チームスキルの行動指標について以下に紹介する<sup>[33][34]</sup>。

航空業界では、機長と副操縦士などのクルー、管制官と機上などの意思疎通は、致命的な航空事故の誘因となることから、コミュニケーションやチームマネジメントが極めて重視されており、CRMと言われる訓練が行われている。

CRMは、かつてCockpit Resource Managementといわれ、コミュニケーションや人間関係が重視されていたが、その後、機長と副操縦士などのチームとしての適切な意思決定に観点がうつり(Crew Resource Management)、さらに最近ではヒューマンエラーやその誘因のマネジメント(TEM:Treat and Error Management)の手段としてのCRMへと視点が移ってきている。

CRMを実践する能力を「CRMスキル」という。CRM訓練では、以下のCRMスキルを身につけることを重視している。CRMスキルは、まず大きく5つのクラスタに分類され、各クラスタが3～4のスキル要素から構成される。さらに、各スキル要素が行動指標を持っている。CRMスキルの概念図を図7-3<sup>[33][34]</sup>に示す。

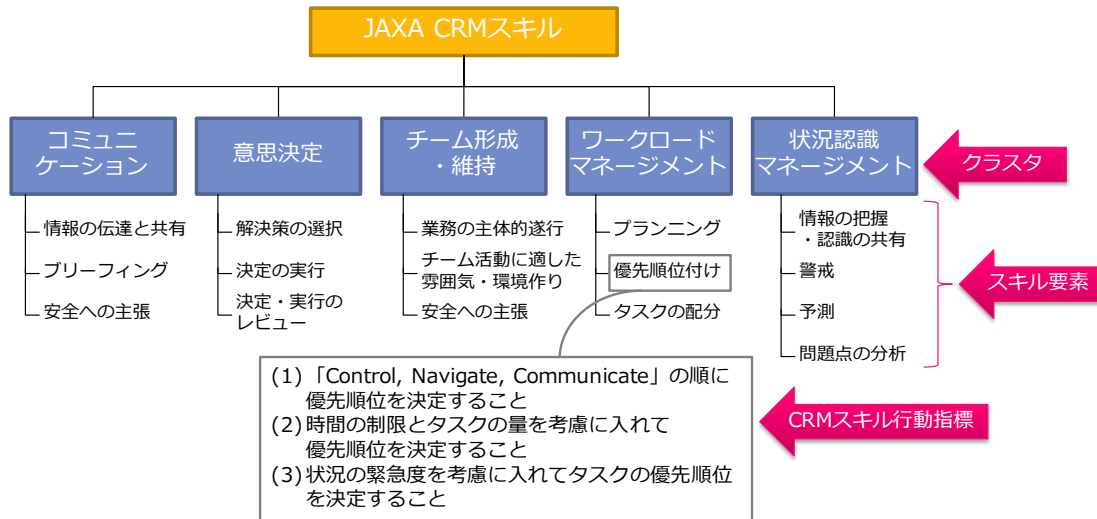


図 7-3 JAXA が提案する CRM スキル<sup>[33][34]</sup>

表 7-10 に、JAXA CRM スキルの概要および行動指標例を示す。作業における基本動作としての規律化、習慣付けの参考にされたい。

表 7-10 JAXA CRM スキルの概要と行動指標例<sup>[1][33]</sup>  
(引用文献<sup>[1][33][34]</sup>を基に一部加筆・修正)

スキル	スキル要素	行動指標の例
コミュニケーション	情報の伝達と確認 (2Way Communication)	<ul style="list-style-type: none"> <li>情報は省略せずに正確に伝える。(曖昧な言い方は避ける。)</li> <li>情報が相手に正しく伝わっているか確認する。</li> <li>標準的な用語を用いる。</li> <li>相手の話を積極的に聞く。</li> <li>相手からの発言には必ず反応する。 (反応しないと伝わったか、伝わっていないか、相手に判らない)</li> <li>情報の確認を行う。</li> <li>操作前に気づいたことは必ず発言し、情報と状況を共有する。</li> </ul>
	ブリーフィング (Briefing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブリーフィングでは、質問や情報提供の重要性を強調しておく。</li> <li>メンバーの知識を考慮して、作業上特に注意することを説明する。</li> <li>ブリーフィングに積極的に参加する。</li> </ul>
	安全への主張 (Assertion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>疑問に思ったことは躊躇せず口に出す(Inquiry)。</li> <li>自分の考え、意見を率直に伝える(Advocacy)。</li> <li>危険である/異常と感じた時は自己主張の程度を強める(Assertion)。</li> </ul>
意思	解決策の選	<ul style="list-style-type: none"> <li>メンバーの意見やその時得られる多くの情報を活用して、判断する。</li> </ul>

スキル	スキル要素	行動指標の例
決定	択(Decision)	<ul style="list-style-type: none"> <li>有益な情報と不適切な情報とを見きわめる。</li> </ul>
	決定の実行(Action)	<ul style="list-style-type: none"> <li>判断、決定したことは他のメンバーにも伝達する。</li> <li>各自が役割を理解し、実行する。</li> </ul>
	決定・行動のレビュー(Critique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>判断、決定した直後に、その決定が正しいかどうかを見直す。</li> <li>行動した結果は、常に振り返る。</li> </ul>
チーム形成・維持	業務の主体的遂行(Leadership)	<ul style="list-style-type: none"> <li>指揮権をもつものは、他の者との間に適度な権威勾配を保つ。</li> <li>リーダーシップのみならず、フォロアーシップの重要性を認識する。</li> <li>常に先を考えて業務をサポートすること。</li> </ul>
	チーム活動に適した雰囲気・環境作り(Climate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>発言しやすい雰囲気をつくる。</li> <li>ささいな疑問の声も大切に扱う（口に出すよう勧める）。</li> <li>相互の信頼関係を築くようにする（他のメンバーを信頼していることを示し、信頼を得るようにする）。</li> </ul>
	意見の相違の解決(Conflict Resolution)	<ul style="list-style-type: none"> <li>意見の相違を感情の対立に発展させない。（反対意見は自分への敵対ではなく、チームの利益と建設的に受け止める。）</li> <li>「誰が正しいか」ではなく「何が正しいか」を念頭に、集めた情報を分析する。</li> <li>自分の主張を変えるときは客観的に分析した上で行う。</li> </ul>
ワークロードマネジメント	プランニング(Planning)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワークロードが高くなる場合に備えて予め計画し確認しておく。</li> <li>状況の変化に対応して計画する。</li> <li>タスクを行うために十分時間を取る。</li> </ul>
	優先順位付け(Prioritizing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>時間の制限とタスクの量を考慮に入れて優先順位を決定する。</li> <li>状況の緊急度を考慮に入れてタスクの優先順位を決定する。</li> </ul>
	タスクの配分(Distribution)	<ul style="list-style-type: none"> <li>全員が自分の仕事を確実にこなせるようにタスクを配分する。（一時的、ある人に、すべき事が集中しないように作業配分を常に考える。）</li> <li>自分自身や他のメンバーのパフォーマンスをモニターする。（一人で抱え込まずに限界を感じたら他の人にそれを伝える。）</li> </ul>
状況認識マネジメント	状況の把握・認識の共有(Monitor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>状況をモニターし、情報を共有化する。</li> </ul>
	警戒(Vigilance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>一点集中に陥らないように注意する。</li> <li>問題意識を持って、十分に確認する。</li> <li>常に警戒心と全体を見回す態度を持ち続ける。</li> <li>何かに気づいたら、互いに伝え合う。</li> </ul>
	予測(Anticipation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在の状況から今後状況がどう変化するか予測する。</li> <li>何か起きたら、潜在的な危険性があるか予測する。（先を予測し、状況の悪化に備えて対応策を予め考えておく。）</li> </ul>
	問題点の分析(Analysis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>あらゆるリソースを活用して情報を集める。</li> <li>得られた情報を基に、客観的に分析する。</li> </ul>

また、コミュニケーションの基本は会話である。普段の会話の規律化・習慣付けの参考として哲学者グライス(H.P.Grice)による「会話の原則<sup>[1]</sup>」について表 7-11 に示す。グライスは、「よい会話というものは、二人が会話の目的を共有して、同じ文脈の中で協力してやり取りをすることだ」と指摘し、これを「協調の原理」といつている。そして、協調するための会話のルールを「会話の原則」として示している。実際の日常生活では、言外に含みを持たせたりして、この原則に反する会話をしていることが多い。しかし仕事の上での確実なやり取りをするためには、上記の四つの原則に忠実に従うことが大切である。

表 7-11 会話の原則(H.P.Grice)<sup>[1]</sup>

原則	原則の詳細(解説)
量の原則 (Quantity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>そのときに求められている量の情報をいえ</li> <li>求められている以上のことをいうな (情報は過不足なく適量にする、必要以上に出さない)</li> </ul>
質の原則 (Quality)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウソと信じていることをいうな</li> <li>十分な根拠のないことをいうな (不確実な情報は伝えない)</li> </ul>
関係の原則 (Relation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>関係のあることをいえ (テーマ、話題に関連のないことは言わない)</li> </ul>
様態の原則 (Manner)	<ul style="list-style-type: none"> <li>不明確な表現を避けよ</li> <li>曖昧さを避けよ</li> <li>簡潔に述べよ</li> <li>順序だてて述べよ (日本語は英語等に比べ、主語や目的語が不明確でも会話として成り立つ場合があり、特に注意が必要)</li> </ul>

### 7.2.5 模擬体験的訓練

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑤ 模擬体験的訓練	シミュレータ訓練、類似仕様の機器でのリハーサルやイメージワークなどを行い、正しい対応のスキル化を図る。防災訓練などもこれに準じる。		○	◎	エラー防止

模擬体験的訓練を行う主な目的を以下に示す。

- 1) 作業を正しく遂行するための、知識や技能(スキル)を身につける
- 2) トラブルに遭遇したときの正しい対処法を身につける(異常対応訓練、防災訓練等)
- 3) ヒューマンエラーや事故の一手手前の状況を疑似体験させる(安全教育センター等)

また、上記1)に関して、模擬体験的訓練の対策例の一つに「類似機器によるイメージワーク(トレーニング)」がある。例えば、外科の教授が執刀する際に、多数の学生が見学する場合があるが、ただ見てだけでなく教授と同じように自分の手を動かしながら見ている学生は先々腕の良い外科医になるといわれるが、このようにイメージワークをすることで、仕事のスキル化を図ることができる<sup>[31]</sup>。

7.2.6 隔離化

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑥ 隔離化	エラープルーフ(フールプルーフ)、施錠、安全柵、カバリングなど、エラーや不適切な行動を防止したり、そのような行動が生じても実害を生まないようにする。	◎			エラー防止

上記対策例のうち、エラープルーフ(フールプルーフ)について説明する。

エラープルーフ<sup>[11]</sup>は、ポカヨケ、バカヨケ、フールプルーフなど呼び名は様々であるが、その基本的なねらいは、「人」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」を工夫することで、人の特性に合った作業を作り上げようとするものである。

エラープルーフ化の原理<sup>[11]</sup>を図 7-4 に示す。エラーを発生させない最も効果的な方法は「作業を行わない」ことで「排除」という。これが不可能な場合には、「作業を人間に任せない」あるいは「作業を人間にとって容易にする」、すなわち「代替化」、「容易化」を検討する。また、エラーによる影響が拡大するのを防ぐ方法として、「エラーによる異常を検出し処置する」、「エラーの影響を緩和するための作業や緩衝物を組み込む」の二つがあり、それぞれ「異常検出」「影響緩和」と呼ばれる。

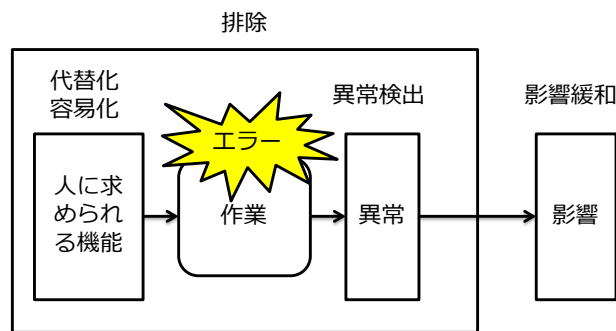


図 7-4 エラープルーフ化の原理<sup>[11]</sup>  
(引用文献<sup>[11]</sup> を基に一部改変)

エラープルーフ化の対策例を表 7-12 に示す。エラープルーフ化は、「排除」/「代理化」/「容易化」/「異常検出」/「影響緩和」の5つの原理に基づく。

このうち「容易化」は、どのような難しさを取り除くかによって、さらに「共通化・集中化」、「個別化・特別化」および「適合化」の三つに分けられる。

表 7-12 エラープルーフ化の原理とその対策例 [4][11][35][36]

原理	原理の解説および対策例
排除 (Elimination)	作業の目的やそれに付随する危険に関わる条件を変えることで、エラーを起こし やすい作業や注意を不要にする <sup>[35]</sup> 。 対策例) 製品をワイヤーで吊る時に当て木(製品に傷を付けないため)をし忘れる ミスに対して、ワイヤーの代わりにナイロン製で帯状の吊具を用いる <sup>[11]</sup> 。
代理化 (Replacement)	人が果たさなければならない記憶・知覚・判断・動作の機能のうち、エラーしやす いものを機械等のより信頼できるもので置き換える <sup>[35]</sup> 。 対策例) 作業指示票の見間違いによる誤品取付に対して、送られてきた部品組 立品の形状を治具やセンサーで検知し対応する仕様の部品箱にランプをつける。 手順の抜けや回数不足等のミスを防止するために、作業の内容と順序の一覧 表を作成する <sup>[11]</sup> 。
容易化 (Facilitation)	人が果たしている記憶・知覚・判断・動作の機能を確実にこなせるよう、作業を人こ とって容易なものにする <sup>[35]</sup> 。
共通化・集中化	作業上の変化や相違を少なくするために、作業の内容や対象がなるべく共通なも のになるようにする、あるいは関連する作業や対象は続けて作業する一箇所に集 める、等。 対策例) 投入原料の種類を間違えないよう指示表と原料棚の記号を一致させる <sup>[11]</sup> 。
個別化・ 特別化	異なるものの差を鮮明にすることによってエラーを減らす。 対策例) 組付ける部品を間違えないように色分けする <sup>[11]</sup> 。
適合化	見やすくするために小さな文字を大きくする、運びやすくするために重い物を分 割して軽くする等、作業の対象を人間の能力に合ったものにする。 対策例) 搬送用のパレットに取っ手を付けて持ちやすくする <sup>[11]</sup> 。
異常検出 (Detection)	エラーに起因する異常が引き続くプロセス中で発見され、是正処置がとられるよう にする <sup>[35]</sup> 。 対策例) あるボルトの締付けを一箇所抜かすミスに対して、トルクレンチ(工具)の 作動をリミットスイッチで検知するようにして、ワークが流れてきた後、一定時間 の間に規定回数だけ使われたかどうかを判定し、使われていないと警報ブザーが鳴 るようにする <sup>[11]</sup> 。
影響緩和 (Mitigation)	冗長化したり、制限や保護を設けることで、エラーの影響を緩和・吸収する <sup>[35]</sup> 。 対策例) 装置の電源を切り忘れてモーターが焼き付かないように、作業者に装置 の手元電源を切らせ、班超に職場の主電源を切らせる <sup>[11]</sup> 。

エラープルーフ(フールプルーフ)を考慮した設計方法については、2.2 項(2)フールプルーフ設計ガ  
イドライン(JERG-0-021)も併せて参考にされたい。

## 7.2.7 冗長化

カテゴリー	対策例 <sup>[3]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑦ 冗長化	ダブル操作、立会、クロスチェック※などを取り入れ、安易な操作を排除したり、他者による確認あるいはリカバリーの機会を増やす。	○	◎	○	検出・リカバリー

※ クロスチェック:一度確認したことを別の方法で確認すること。例えば、チェックを反対側からやる、時間を置いてやる、など。第三者等、作業をする人以外の人チェックすることも一例である。(二人の目で同じものを確認するのはクロスチェックではなく、ダブルチェックである。)

上記例のうち、ヒューマンエラーの検出・リカバリーに関する対策例<sup>[3]</sup>を以下に示す。

- 工具一つ一つについて置き場所を決め、どの工具がないかすぐ検出できるようにする。
- 道具の置き忘れをすぐに検出できるようにする(道具の端に長い紐を取り付けるなど、置き忘れを視覚的に検出できるようにする)。
- 加工作業忘れを次工程の前で検出できるようにする(次工程における治具の工夫)。
- 組み立てる順番間違えを検出できるようにする(正しい組み立てができていない場合は模様等が不自然になる表示を入れ、視覚的に照合させる)
- 自分の存在を周囲からわかりやすくする(他者による検出が可能)
- 注意すべき時に注意事項がわかりやすいようにする。

## 7.2.8 人間工学的配慮

カテゴリー	対策例 <sup>[3]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑧ 人間工学的配慮	人間工学的工夫(視認性、識別性、操作性の向上)や計算機支援などにより作業を容易化・確実化する。	◎		○	エラー防止

人間と機械によって構成されるシステムのヒューマンエラーを防止するには、そのシステムの設計や改善に人間工学的配慮が必要である。機器や機械、環境のシステムとそれに人間が加わったシステムを人間・機械系と呼ぶ。

人間・機械系の設計・改善にあたっては図 7-5 に示す諸要素<sup>[37]</sup>を考える必要がある。

ここでは、それぞれの要素における人間工学的配慮の例<sup>[11]</sup>を示す。

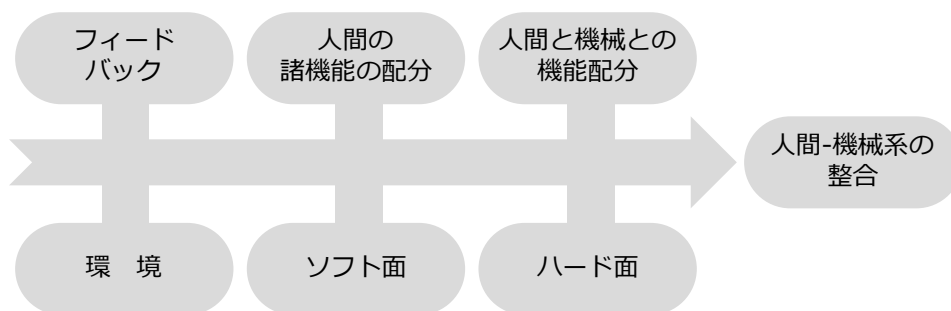


図 7-5 人間・機械系の要素



### (1) ハード面(ハードウェア)

表示形態や操作部分がどのような形を取ると扱いやすいかという問題である。大別すれば個別の機器(計器、操作器具など)のデザイン上の特性の問題と、それらのレイアウトや組み合わせの問題がある。以下に対策例としてのキーワードを示す。

- 視覚表示:誤読率を低くする計器の形状、目盛りの振り方、異常値を示す計器を発見することが容易な配置方法
- 聴覚表示:工場内の騒音に打ち消されない警報音、用途別に用いた警告音の識別の明確さ等
- 表示と識別:配管やバルブ、計器などによるパラメータ、スイッチ類などの操作対象、同工具類の識別性を高めること(明確なラベリング、カラーコード、グルーピング、ミミック化、強調化、カバリング、キッティング、マーキング等)
- 生体計測値への適合:操作卓などの作業減が人体サイズに適合したもの。身長や座高の外形寸法、上肢のリーチ寸法などの静的寸法、姿勢の変更、動作時の形態変化や筋力などの機能値、視界の角度など。

### (2) ソフト面(ソフトウェア)

ソフトウェアに関しては、機械や設備、すなわちハードウェアが整っていてもそれをいかに運用するかという問題である。要員計画、訓練、作業手順やマニュアル、作業分担、点検・保守計画、諸法規や作業基準などがこの種の問題である。また、コンピュータとの関連で、情報処理や情報伝達に関するヒューマンファクターズも重要である。以下対策例のキーワードを示す。

- リンク解析による作業改善
- 音声による情報伝達(フォネチック・コードの活用)
- 機械の応答時間の設計
- 自動化

### (3) 環境

作業中の人間に対して、種々の環境要因が同時に作用している。人間・機械系の性能、特に人間側の性能は作業環境(温度、照明、騒音など)によって左右される。以下に対策例のキーワードを示す。

- 疲労の種類に応じた休息パターンの配慮
- VDT(Visual Display Terminal)作業環境の改善

### (4) 人間と機械との機能配分

人間と機械との機能配分とは、人間によっても機械によっても実行可能な機能を、どちら側に割り振るのかという問題である。人間と機械はそれぞれ長所・短所(限界)があり、それらを考慮することが必要である。以下に対策例のキーワードを示す。

- ノイズに妨げられた情報の判断やパターンの認識、帰納的推理の要求される問題の解決等においては、人間が担当する方が有利である。
- 決まりきった反復作業や計算、スピードが要求される調整や操作、大量の情報資料やデータの蓄積、整理等は、機械に委ねた方が有利である。
- 環境上の制約で人間の安全が確保できないとき、あるいは誤りを犯しやすい状況下の場合には機械に委ねた方がよい。

#### (5) 人間の諸機能の配分

人間の諸機能の配分とは、機械側からの情報をどのような信号にして人間側のどの感覚器官に割りふるか、そして機械に対して必要な操作を人間側のどの運動器官に割り当てるのかということである。人間・機械系が複雑で多くの情報を監視したり、いろいろな操作を的確に行う必要がある場合に重要な問題となる。以下に対策例のキーワードを示す。

- 例として、人間の手足にどのような操作器具を割り当てるかについて、一般的にはすばやく正確に行う作業は手に、かなりの力を必要とする作業には足を割り当てるとよい。
- 以下の場合には足による操作器具が適している：
  - 椅座位で連続的な操作器具の作業が要求されるとき
  - 100N以上の力を必要とするとき
  - 操作が手に余るほど多い時
- 以下の場合には手による操作器具が適している：
  - 操作位置の正確さを要求するとき
  - 操作を迅速に位置させることが重要なとき
  - 100N以上の力を即時的に加える必要がないとき

#### (6) フィードバック

多くの人間・機械系がフィードバック制御系を構成しており、この経路には制御量のフィードバックと操作量のフィードバックの2種類がある。フィードバックの効果は表示のよしあしに左右され、悪い表示はフィードバック経路の性能を落したり、人間の情報処理を狂わせることがある。以下に操作量のフィードバックに関して、対策例のキーワードを示す。

- ペダルやスイッチなどの操作部分に抵抗を持たせること：操作部分がどのように操作されているのかを作業者に知らせる有効な手段となる。
- スイッチ・オンを示すランプや音なども操作量のフィードバックを強める。
- 操作量のフィードバックが適切に行われると、以下のような効果が期待できる。
  - 一連の操作にアクセントが入り、そうでない場合よりも作業の実行が確実になる。
  - 実際に行った操作を、目や耳を使わずに認識できる。
  - 操作量と制御量の関係が直観的に把握しやすくなる。
  - 視覚や聴覚をタイムリーに他の目的に割り振ることができる。

## 7.2.9 作業改善

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑨ 作業改善	より便利な機器の導入や作業方法の改善などによって、たとえば熟練や手間、注意力を要する作業を容易化・確実化する。	◎		○	エラー防止

作業改善によって、危険を伴う作業、ヒューマンエラーが引き起こされやすい作業、手順等、必要のない作業や手順を識別し、それらをできるだけなくすというものである。

作業そのものはなくせなくても、人間が行っていた作業を機械にやらせたり、材料を変更して作業手順や工程の一部を省略するといった工夫によって同じ効果を得ることができる<sup>[3]</sup>。

また、作業現場の床のコードに引っかかって転倒、機器を損傷させないためにコードの上にカバーをするといった対策例もある。

作業改善の対策の一つに、機械の配置の仕方や作業者の作業位置を検討することによって、より高い作業効率の作業システムに改善することができる。そのための技法のひとつに「リンク解析」がある。

リンクとは、人間や機械がある機能を果たすために互いに働きあうような組み合わせをいう。リンクはその結合型によって「コミュニケーションリンク(各要素間の情報伝達リンク。視覚リンク、聴覚リンクなど)」と「コントロールリンク(人間が機械設備の操作具を操作したり、制御するリンク)」とに分けられる。

これらのリンクの関係を調査・分析することによって、リンクの性質や頻度に合わせて危機を配列すると、操作しやすいレイアウトが可能となる。

また、作業改善の対策例の一つに「作業の標準化(職場に合った作業研究)」がある。特に人によって考え方、やり方が異なる不定形な作業はなるべく標準化するほうが、引き継ぎや他者による検出・リカバリを容易化し、作業の質的・時間的ムラを減らすことによって事前の見通しをよくするといった効果が期待できる<sup>[31]</sup>。

## 7.2.10 マニュアル類の改良・補完

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑩ マニュアル類の改良・補完	手順書、作業要領書などの完備化や書式を読み易くする。チェックリストの作成・補強などマニュアル的情報を通じて、人間の感覚や記憶の弱点を補強する。		◎		エラー防止

手順書、マニュアル、その他書類は、「正しく伝えること」、「確実に伝えること」が重要である。従って書類を作成する際は、常に「誤解のない、確実に伝わる記述となっているか」、念頭に置いて臨むことで、ヒューマンエラーの防止に役立つ。手順書、マニュアル等の書き方について、記述上の注意点および対策例を表 7-13 に示す。

表 7-13 手順書、マニュアル等の書き方に関する注意点と対策例<sup>[38]</sup>

注意点	対策例
専門用語を無造作に使っていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>略語、業界用語、新しい用語、職場文化特有の言葉、表現をできるだけ使わない。</li> <li>用いる場合は定義や説明を添えて、齟齬の無いようにする。</li> </ul>
言葉だけに頼り過ぎていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>イラストや写真によるビジュアル表現を効果的に使う。</li> </ul>
場所の示し方が適切か	<ul style="list-style-type: none"> <li>図や絵に対する文法（ビジュアル・リテラシー）を踏まえた表現にする。（例：全体と部分の関係を同時に示すような図とする）</li> </ul>
一つの文で多くの事を言いつぎていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>一文一義（一つの文には一つの意味だけを込める）を心がける。</li> <li>一文はできるだけ短くする。</li> </ul>
一つの言葉で多くの事を言いつぎていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>記述に「包括的な指示」含まれていないか見直す。（例：「〇〇をセットせよ」「△△の準備をせよ」）</li> <li>相手の知識に配慮する（熟練者であれば「包括的な指示」でも問題ないが、新人、初心者にとっては理解が困難となる）。</li> </ul>
注意喚起になっていない注意書きになっていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザからの訴えに対処する注意書きが増えて本当に大事な注意書きが見えなくなってしまうことがある。注意内容の優先度、重要度がわかるように書き方、識別方法を工夫する。</li> </ul>
めくらし表現を使っていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>説明表現（マニュアル的な記述）と説得表現（公告的表現）を混在させない（説得表現の例：「コンパクトなプロフェッショナルソリューション」等）</li> </ul>
あいまいさのある文を使っていないか	<ul style="list-style-type: none"> <li>わかりにくい表現になっていないか見直す。</li> <li>文章表現技法に従う（例：「修飾語を重ねるときは長い修飾語を前にする」、「一文内で接続詞を二回使わない」、「否定はできるだけ使わない」等）</li> </ul>

## 7.2.11 エラーの影響緩和

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑪エラーの影響緩和	<p>機器や手順の改善、作業工程の変更などにより、エラーが生じてもそれがもたらす実害を排除または緩和する。</p> <p>⑥の隔離化よりも管理的・技術的な工夫が多い。</p>	◎		○	エラー影響緩和

ヒューマンエラーは起きるものと想定して、ヒューマンエラーが発生しても被害が拡大しないシステムを構築する(セーフティネット:安全網)ことが必要である。

物が壊れたり燃えたりといった物理的な損害に対しては、防護壁を設けたり、不燃シートで覆う、高所から物を落としてしまっても下にいる人や物に当たらないようにする安全ネット、金網を張る、等の対策例がある。怪我や命に関わるような人的損害に対しては、命綱、体にかかる衝撃を緩和するプロテクター、クッションといった物理的な対策の他、災害発生時の救助体制を整えておくなどの組織管理的な対策も考えられる。その他、作業に失敗した場合の代替手段を用意する、緊急時の訓練を行う、金銭的な損害に対して保険に加入するといった対策もここに含まれる<sup>[3]</sup>。

なお、「エラーの影響緩和」の対策の一つに「フェイルセーフ」がある。フェイルセーフとは、システムの一部に故障（ここでは、ヒューマンエラーによって引き起こされた故障を考える）が発生した場合に、システム全体に与える影響を少なくして、ある期間システムの機能を継続できるように保ち、故障を災害や事故まで発展させないように工夫された設計のことである。

フェイルセーフの構造には数種類のモデルがあるが、その代表例が重複構造あるいは並列構造などと呼ばれるものである。航空機のエンジンや制御システムが1系統の場合、致命的な故障が発生すると墜落するが、これらを複数化しておけば1系統が故障しても、飛行を継続することが可能であり、これがフェイルセーフの重複構造システムである。

ただし、一見複数化されて設計すれば大丈夫のように見えても、単一故障点があれば、いくら複数化しても元が同じであれば、重大な不具合につながる（例：電源が1つから並列に配線し、一見冗長化できているので大丈夫に見えるが、電源側が故障すれば全てがダメになる）。

そのため、単一故障点を作らないことが重要である。

### 7.2.12 機械化・自動化

カテゴリー	対策例 <sup>[13]</sup>	外的要因		内的要因	備考
		システム	組織	個人	
⑫機械化・自動化	作業を大幅に変えて問題となるエラーの機会自体をなくす。但し、別の性格のエラーが生まれる場合がある。	◎		○	エラー防止

自動化の形態について、表 7-14 に示す。

表 7-14 自動化の形態<sup>[39]</sup>

自動化の形態種別	解説
自動化形態Ⅰ	高次の精神作業まで含め、機械がすべての処理を行う。いわゆる完全自動化で、すべてを機械が分担するが、現実的には至難である。
自動化形態Ⅱ	非定型処理の内容、具体的には多岐にわたる情報の分析や対策案の候補、その評価などを機械が提案し、その根拠を示す。人間は機械の提案内容とその根拠を見て確認する。人間の裁量範囲は、主として対策案の決定に限られる。非定型制御※部分を人間と機械が分担する。
自動化形態Ⅲ	判断基準も含めて手順書に具体的に記述できるような内容は機械が分担し、それ以外の複雑な部分を人間が分担する。具体的には、人間が非定型制御全体を行い、機械が定型制御※と定常制御※を行う。

- ※ 定常制御：アナログの物理信号をベースとして、入力信号（観測量）から出力信号（物理的制御量）の変換として表現できる場合であり、単一モードで行う制御に相当する。
- ※ 定型制御：入力から出力への変換関数に何らかの変更が加えられるもので、条件判定による制御モードの変更に相当し、不等式や単純な記号変換で表現する。フローチャートなどで記述できるようなロジカルな操作などが相当する。
- ※ 非定型制御：関数ではなく、意味をもった情報ネットワーク（対応関係）による変換を行う。処理の対象として知識（情報体系）を扱う。現在の状態だけではなく過去の履歴も反映し、システムの内的プロセスと機能的構造の理解に基づき、行動を選択したり計画するもの。

自動化を進めるにあたって、「技術的に可能で、かつコストが見合うから自動化する」という考え方は基本的には適切ではない。なぜなら、新たなヒューマンエラーの可能性を呼び込むからである。自動化するか、それとも計算機支援にとどめるかについては、表 7-15 を参考にするとよい。

表 7-15 推奨される自動化の条件<sup>[5]</sup>

カテゴリ	できれば自動化がよい	計算機支援にとどめる
典型例	定型操作	トラブル対応
作業への姿勢	ムラなく不変	挑戦的
作業形態	ルーチンワーク	問題解決的作業
記述可能性	作業内容が記述可能	代表例のみ可能
教育方法	網羅的に教育可能 再生的な教育訓練ができる	基本のみ教育可能 例題的な教育訓練しかできない
求められる判断	照合的判断 違いの検出が大事	診断的な判断 違いの識別が大事
全体的な性格	仕事としての範囲が閉じている	仕事の範囲が開いている

### 7.3 未然防止に向けた対策例

#### 7.3.1 未然防止の視点(3H)

未然防止(ヒューマンエラーのリスク低減)を進める上で有効な視点に「3H」がある(表 7-16)。

3H とは、以下に示す 3 つの頭文字(H)を取ったものである。これら 3 つの観点に該当する場合は、「特にヒューマンエラーのリスクが発生しやすい」ものと意識して、再点検、チェックなどを行うと、未然防止に有効である。また、毎日の朝礼や KYT、タスクブリーフィング等において、3H の視点で注意喚起を行うことも有効である。

表 7-16 3H

3H	
H	「初めて」
H	「久しぶり」
H	「変更」

#### 7.3.2 ヒヤリハット活動

ヒューマンエラーの未然防止のポイントは、「兆候を着実につかみ、小さいうちに適切な処置を徹底して実行することにある」と言える。すなわち、ヒヤリハットに対して、徹底してメスを入れることである。ヒヤリハットは、文字通り「ヒヤリ」「ハット」したような事象をいうが、ハインリッヒの法則(図 7-6)では、「1 件の重大な不具合/事故の背後には、29 件の軽微な不具合/事故があり、さらにその背後に 300 件のヒヤリハットが存在する」といわれている。

ヒヤリハット活動とは、ヒューマンエラーが起きる前、ヒューマンエラーの一步手前で済んだ事象、すなわち「ヒヤリハット」を収集・分析し、対策を検討・実行していくことにより、ヒューマンエラー起因の不具合を未然防止していこうというものである。

ヒヤリハットは、一般に事故や作業者の命に関わる事象を対象としているが、宇宙開発においては、重大な不具合を引き起こすかもしれない事象を「品質ヒヤリハット」と定義している。その防止方法や事例については、JERG-0-020(品質ヒヤリ・ハットの活用ハンドブック)を参照されたい。

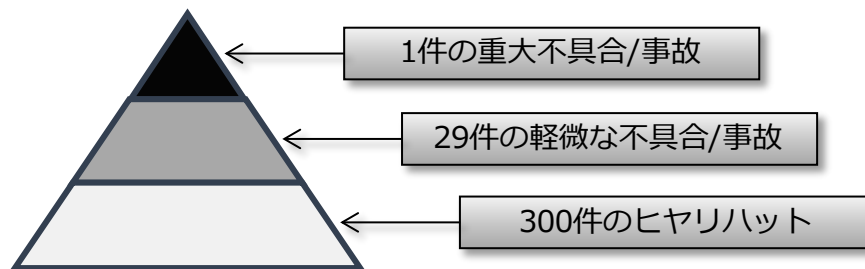


図 7-6 ハインリッヒの法則

### 7.3.3 作業工程管理チャート

#### (1) 作業工程管理チャートとは

全ての業務において、仕事をするときは、その工程の一つひとつにおいて、仕事をする人間一人ひとりが、仕事の誤りの原因(要因)を取り除き、自分の仕事を最初から正しく行うことが必要である。この時のポイントは、以下の3点である。

- できるだけ工程の上流で始末する(源流管理、自工程完結)
- 次の工程にエラーの要因を送らない(次工程はお客様)
- 必ず事前に検証する(事前検証)

これはすなわち

- 欠陥品は「入れない」、「つぐらない」、「出さない」
- 現物(品)、現場、現実の3現主義

ということでもある。

これを励行することにより、最大の目的であるエラーの予防と、そのための改善の継続が達成でき、仕事を最初から正しく行うことができるようになる。

このような仕事の流れの中で、どの時点でどんなことが起こり易いかを正確につかみ、エラーを防止する具体策を反映させ、着実に実行できるようにしたのが、作業工程管理チャートといわれるものである。

#### (2) 作業工程管理チャートの作成ポイント: エラーの分析

作業工程管理チャートの作成にあたっては、まずエラー(または要因)の抽出を行う。

エラー(または要因)の抽出では、既発(既に起こったこと)/既知事項は当たり前であるが、これに予測を加えた“カモ”をつかまえることが大切である。すなわち、

- やりそうなこと
- やるかもしれないこと
- やろうと思えばできること
- 少なくとも可能性があること

これらの全てを抽出する必要がある。

(3) マトリクス展開による要因の評価

マトリクス展開(図 7-7)により、抽出したエラー(あるいは要因)が仕事の流れの中のどこで発生し、どんな事態になるかを明確にする。

マトリクスでは、縦軸に仕事の流れについて、仕事をするときの実際の行動・動作のレベルにまで細分化した工程に展開し、横軸に列挙した抽出されたエラーとの相関関係が一目で判るようにまとめる。これにより、どの工程でどんなエラーが発生するか(発生しやすいか)を容易に把握することができる。さらに、それぞれの交叉点(図○印)のところで、実際の行動・動作に結びつく具体策を明確にし、実行していけば、エラーは防止できるわけである。

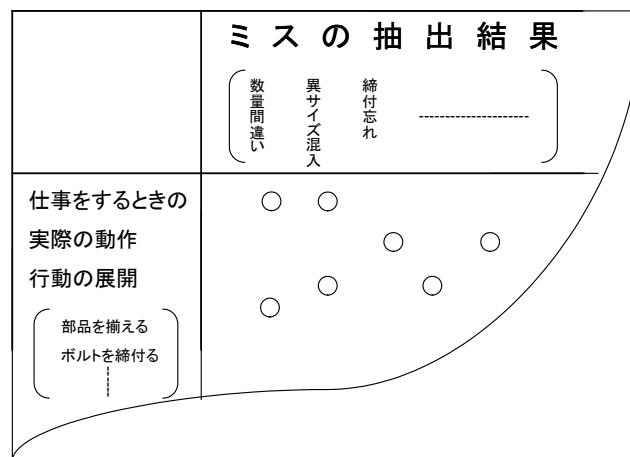


図 7-7 マトリクス展開

(4) 作業工程管理チャートの事例

一般に、この種のチャートで誰もが理解しやすいのは、製造現場における「プロセス・コントロール・シート(PCシート)」や「品質管理工程表(QC工程表)」などである。

宇宙開発業務と同じような状況(開発、単品、手づくり状況)にある電力機器のうちの変電所における現地据付組立工事の事例を図 7-8 および図 7-9 に示す[40]。

この管理チャートの重要ポイントは次の通りである。

- 作業が進行する順序に、かつ行動まで考えた手順
- エラーを予防するための手段
- 設計の意図を反映
- 重要度に応じたチェック項目とチェックすべき職位
- 異常検出の迅速化
- 記録が証明書と同等



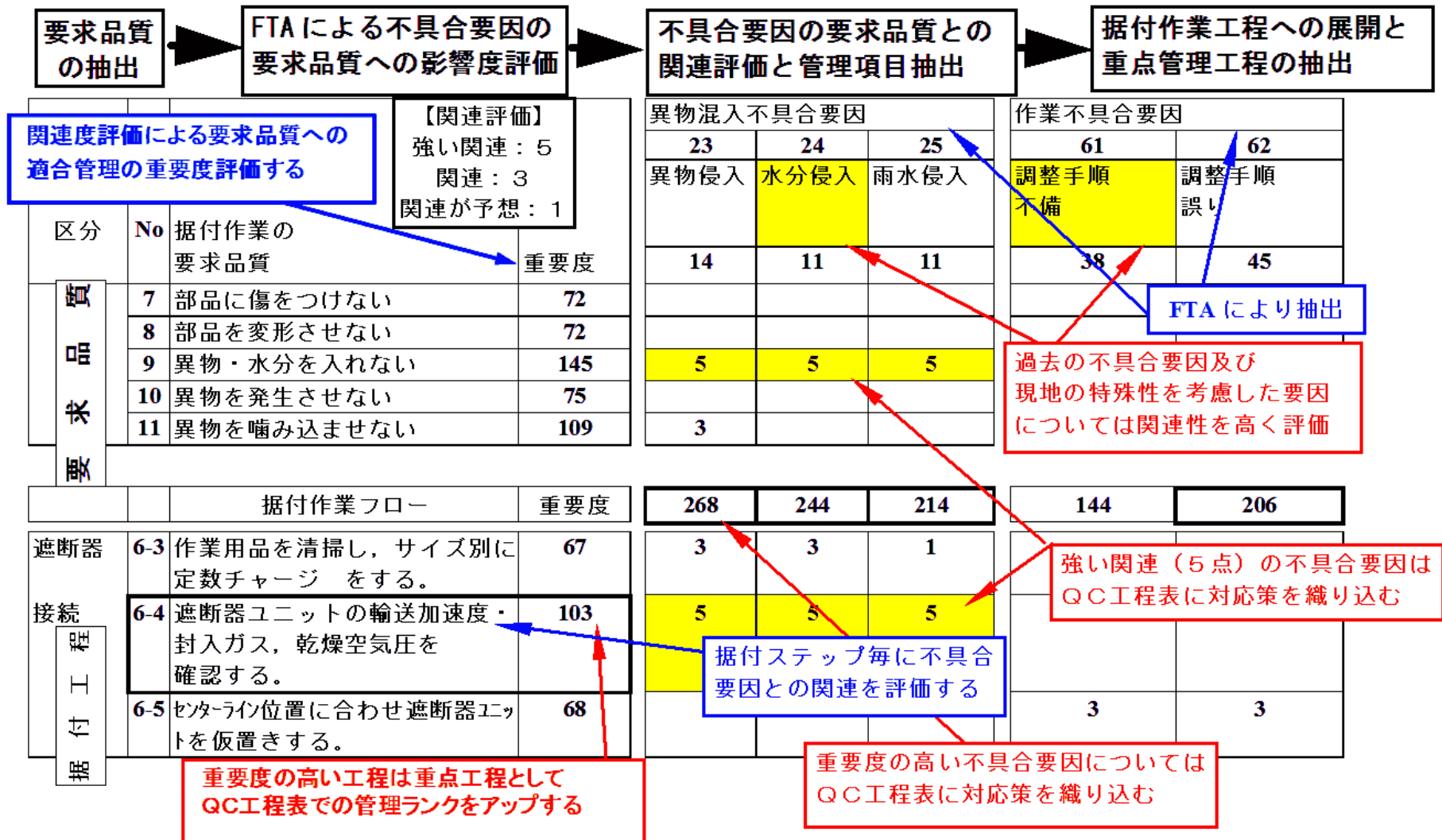


図 7-8 QFD 手法による要求品質と据付工事での影響要因評価<sup>[40]</sup>

品質管理項目のQC工程表への折り込み

作業ステップ毎に管理項目設定し手順を明確化

FTA及びQFDにより抽出された品質管理項目の折り込み

重要度レベルに対応した管理責任者の指名

工場での現地情報の即時把握と現地品質管理のバックアップ

作業ステップ毎の確認と確認日時記録による手順変更・予定外作業等の工程異常の顕在化(標準時間は試作品組立後見直し)

工程・手順		管理項目		管理点		管理法		標準		確認					
No.	項目	作業手順	管理項目	管理基準	発生点	方法	担当	時期	工程長	注意事項・作業内容	工場データ				
⑥	送断器接続	8-1 作業環境の確認をする。(高湿度の場合は、乾燥空気プロシ湿度を下げる)	環境 気温 湿度 シース温度	据付の室内環境管理 浮遊塵埃: 20カウント 以下 相対湿度: 80% 以下 シースに結露しない温度	塵埃	自動記録監視装置での確認	QC責任者	作業前		[保守事項] 1. 本シートは一通りの作業とし、完了するまで中断せぬこと。 2. 欠陥等の予定外作業が発生する場合は、一旦作業を止め工場の専任主任技師連絡し、指示を受け作業を再開すること。 3. 現場での手直し等本工程表にない作業を実施した場合、本シートに記録を残すこと。 4. 本シートの作業終了時工場へ報告し、QC専任主任技師からの次工程へ進む承認を得ること。	工場データ 露埃: 20以下 気温: 20℃ 湿度: 80% シース温度: ℃	確認 (日時)			
		8-2 作業用工具の定数チャージ点検・清掃をする。	異数・汚損・精度 H/A校正	工具リストと一致すること 基準値 $\pm 10\%$ 以内			工具リスト H/A校正による	QCマン	準備時			工場データ 輸送加速度: G以下 封入ガス圧: kg/cm <sup>2</sup> 封入空気圧: kg/cm <sup>2</sup>			
		8-3 作業用部品を清掃・点検し、サイズ別に定数チャージをする。	異数 汚損・損傷 寸法	図面・納入品明細書と一致すること。 異物・汚損付着無きこと			図面・部品 リストとの照合	QCマン	準備時						
		8-4 甲母線ユニットの輸送加速度、封入ガス乾燥空気圧を確認する。	輸送加速度 封入ガス圧 封入乾燥空気圧	輸送加速度: 3G以下 封入ガス圧: 0.2~0.5kg/cm <sup>2</sup> 封入乾燥空気圧: 正圧			Gメーター 圧力計 指圧	QC責任者	準備時						
		8-5 ボルトの位置に合わせ送断器ユニットを仮置きする。					ガンドリレン	指導員	作業時						
		8-6 接続部の保護カバーを取り外す。	異物付着 気密確保	異物の付着・漏れ無きこと			目視	QCマン	作業時		15min				
		8-12 Oリングを装着する。	異物 損傷	異物付着・損傷無きこと			目視	QCマン	作業時		6min				
		8-13 送断器を母線に接続する(クレーンで吊り上げ下母線フランジを接続後上母線側ベローズ接続)	Oリング漏れ込み 異物侵入	ガンドリレン使用して組立			ガンドリレン ガンドリ	QA	作業時		2h				
		8-14 フランジボルトを締付る。	H/A管理	トルクレンチにて締付			H/Aレンチ	QCマン	作業時		15min				
		8-15 脚部ジャッキボルトとライナーを調整した後、各部寸法を確認する。	上母線位置 確認	送断器センター A ワタシ $\pm 2mm$ 以内 ベローズ長 B 420 $\pm 8mm$ 以内 ベローズ芯ズレ C 4mm以内			レーザーフラット ストリフ スケール	主任技術者	作業後		1h				
		8-16 主回路接続部の寸法測定とH/Aでの確認・記録	挿入寸法 挿入状態	挿入寸法 mm 再現型			H/Aでの確認	QA	作業後		15min				

過去の事故原因に関する注意の喚起

現地QCマン、QC責任者によるチェックの強化

QFDによる重要度評価を明記し、作業および管理のレベル強化

重要管理値は測定位置を図示し、明確化

工場での測定値を併記し異常値の検出を強化

設計意図に従った管理基準の明確化

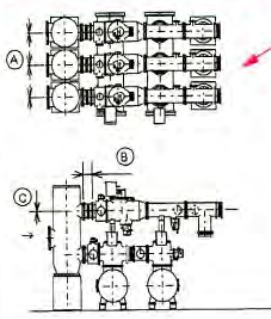


図 7-9 変電所における据付組立工事の事例④

### 7.3.4 職場改善による未然防止活動

ヒヤリハットが起きる前の「潜在的なヒヤリハット(カモしれない)」に着目し、そのような状態が引き起こされそうな要因、すなわち一人一人が「やりにくい作業、環境等」を洗い出し、その芽を摘み取る(=要因の排除・緩和策を実行する)という、職場改善による未然防止活動がある。以下に他産業(石油プラントメーカ)における活動<sup>[41][42]</sup>の概要を示す(詳細は 2.2 項(5)および引用文献<sup>[41][42]</sup>を参照されたい)。

ヒューマンエラーを防止するためには、対象作業、設備、環境などに関わる要因を解消することが方策の一つである。以下に示す活動事例では、仕事の嫌らしさ(おいね一度)評価を用いた現場作業の改善を行った。

「おいねー」とは「嫌な」を意味する方言であり「おいね一度」とは作業に対する「嫌らしさ」の度合いを総合的に表す独自の指標である。作業を「辛さ」「やりにくさ」「こわさ」「気になる」という項目ごとに評価し、総合判定でおいね一度を評価する。

これをマップに表し、作業の嫌らしさの度合いを職場全員で共有化し、目標、成果も定量的に把握できるようにした。

作業の内容や発生した不具合を現場、現物で確認し、分析することで真の問題を追及し、「業務改善のNHK(なくせないか、へらせないか、かえられないか)」の視点で検討した。

次のステップとして、「安全で安定している働きやすい職場」を目指した活動を行った。具体的には、現状の問題点、改善したい項目を洗い出し、これらの項目を「快適プラント指数」「安定プラント指数」にまとめ、「快適・安定プラント」という独自の新たな指標を作成した。

この指標に従い、取り組みテーマの優先順位付けを行い、改善活動を行った。

これらの活動により、人身災害件数は低下の傾向にあることが見出された。また、ヒヤリハットにおいては、重要な顕在ヒヤリは減少し、一方で感度の鋭敏化を示す潜在ヒヤリの発掘件数は増加しており、安全面での成果は確実に向上していることが見出された。

## 8. 引用文献リスト

- [1] 小松原 明哲:ヒューマンエラー 第2版、丸善、2008(5.1、5.2、7.2.1、7.2.4)
- [2] 宮地由芽子、重森雅嘉:鉄道総研式 ヒューマンファクタ分析法ハンドブック、(財)鉄道総合技術研究所、p19、p46～47、2007(5.1、6.3.3(2)(3)、7.2.1)
- [3] 河野龍太郎(編):東京電力(株)技術開発研究所 ヒューマンファクターグループ:実務入門 ヒューマンエラーを防ぐ技術、日本能率協会マネジメントセンター、2006(5.2、5.4、7.1.1、7.2.1、7.2.7、7.2.9、7.2.11)
- [4] 河野 龍太郎:「ヒューマンエラー低減技法の発想手順:エラープルーフの考え方」、日本プラント・ヒューマンファクタ学会誌、Vol.4、No.2、1999、p121～130(5.2.1、7.2.6)
- [5] ICAO 事故防止マニュアル(5.3)
- [6] 全日本航空株式会社 総合安全推進委員会/事務局:「ヒューマンファクターズの実践的アプローチ」、全日本航空株式会社、1993(5.3)
- [7] Reason, J.: Managing the risk of organizational accidents, Ashgate Publishing Limited、1997(塩見弘(監訳)、高野研一・佐相邦英(訳) 1999 組織事故一起こるべくして起こる事故からの脱出 日科技連)(5.3)
- [8] 黒田勲:「安全性とヒューマンファクター」、日本信頼性学会編・信頼性ハンドブック、日科技連、pp.345-352、1997(6.2.1)
- [9] Leplat, J. and Rasmussen, J.: Analysis of Human Errors in Industrial Incidents and Accidents for Improvement of Work Safety, In Rasmussen, J. et al. (Eds.): New Technology and Human Error, John Wiley & Sons、1987(6.2.1)
- [10] 黒田勲:「ヒューマンファクターを探る」、中央労働災害防止協会、1988(6.2.1)
- [11] 行待武生監修:ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ、テクノシステム、2004(6.2.2、6.3.2、7.1.5、7.2.6、7.2.8)
- [12] 小倉仁志:「なぜなぜ分析徹底活用術『なぜ?』から始まる職場の改善」、日本プラントメンテナンス協会、1997(6.3.1)
- [13] 永田学、行待武生:再発防止対策における PSF 緩和の評価とヒューマンエラー未然防止への提言、ヒューマンファクターズ、Vol.9、No.2、2005(6.3.2、7.1.3、7.2)
- [14] 行待武生監修「ヒューマンエラー防止のための要因分析コース」ヒューマンエラー防止教育シリーズ、日本能率協会マネジメントセンター、2001(6.3.2)
- [15] 行待武生「ヒューマンエラー防止活動標準テキスト I - PSF 管理(再発防止編) - Ver.1」PSF マネジメント研究会、日本能率協会、2004(6.3.2、7.2.12)
- [16] 弘津祐子、大西知機、吉野賢治「ヒューマンエラーの構文化表現とエラー事例への適用」日本プラント・ヒューマンファクター学会誌、Vol.4、No.1、1999(6.3.3(1))
- [17] 行待武生監修「ヒューマンエラー防止のための要因分析コース(CAI 用ソフトウェア)」日本能率協会マネジメントセンター、2001(6.3.3(1))
- [18] 日本ヒューマンファクタ研究所(編):品質とヒューマンファクター -安全と安心の考え方-、日科技連、2012(6.3.3(2))
- [19] 鈴木史比古、青沼新一、楠神健:JR 東日本版 4M4E 分析手法の開発と導入・展開、JR East Technical review, (21), 31-34, 2007(6.3.3(3))
- [20] 河野龍太郎:ヒューマンファクター工学に基づくヒューマンエラー低減対策と活動、平成 20 年度茨城県医療安全研修資料、p9、2009 (7.1.1)
- [https://www.pref.ibaraki.jp/hokenfukushi/koso/iji/koso/medsafecent/documents/02\\_1.pdf](https://www.pref.ibaraki.jp/hokenfukushi/koso/iji/koso/medsafecent/documents/02_1.pdf)

- [21] Card, et. Al.: [ef.ibaraki.jp/hokenfukushi/koso/iji/koso/medsafecent/documents/02\\_1.pdf](http://ef.ibaraki.jp/hokenfukushi/koso/iji/koso/medsafecent/documents/02_1.pdf)idents for (7.2.1)
- [22] Hollnagel, E., Human Reliability Analysis, Academic Press, 1993 (7.2.1)
- [23] Hollnagel, E., Cognitive Reliability and Error Analysis Method, Elsevier, 1998 (7.2.1)
- [24] 黒田勲:「ヒューマンファクタを探る」、中央労働災害防止協会、1988 (7.2.1)
- [25] Rasmussen, J. , Information procession and human-machine interaction -An approach to cognitive engineering, Elsevier, 1986(7.2.1)
- [26] 海保博之, 田辺 文也「ワードマップ ヒューマン・エラー—誤りからみる人と社会の深層」新曜社, 1996 (7.2.1)
- [27] 海保博之「人はなぜ誤るのか—ヒューマン・エラーの光と影」福村出版, 1999 (7.2.1)
- [28] 海保博之「オペレータの自己モニタリング力を高める」日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol.3, No.2, 1998 (7.2.1)
- [29] Joellen Killion: Apply knowledge of learning, National Staff Development Council, OCTOBER 2008 (7.2.1)  
[http://learningforward.org/docs/leading-teacher/oct08\\_killion.pdf?sfvrsn=2](http://learningforward.org/docs/leading-teacher/oct08_killion.pdf?sfvrsn=2)
- [30] 田中 功「ヒューマンエラー防止教育 I ～Know-Why 教育の徹底～」日本プラント・ヒューマンファクター学会, 2001 (7.2.1)
- [31] 行待武生、永田学:ヒューマンエラーの防止対策誘導リストの研究、ヒューマンファクターズ、Vol.13, No.1, 2008 (7.2.2)
- [32] 芳賀繁、赤塚肇、白戸宏明:「指差呼称」のエラー防止効果」、産業組織心理学会第 11 回大会発表論文集、p20-22、1995(7.2.4)
- [33] 飯島朋子、野田文夫、須藤桂司、村岡浩治、船引浩平:CRM スキル行動指標の開発、航空宇宙技術研究報告、TR-1465 号、航空宇宙技術研究所、2003 (7.2.4)
- [34] 津田宏果、飯島朋子、野田文夫:行動指標を用いた CRM スキル計測手法の開発、宇宙航空研究開発機構 研究開発報告、JAXA-RR-09-001、宇宙航空研究開発機構、2009(7.2.4)
- [35] 中條武志:人間信頼性工学:エラー防止への工学的アプローチ、品質環境経営研究室(中條先生の研究室 HP) (7.2.6)  
研究成果の公開ページ: <http://www.indsys.chuo-u.ac.jp/~nakajo/open-data.htm>
- [36] 中條武志、久米均:作業のフルプルーフ化に関する研究—フルプルーフ化の原理—、品質、14、(2)、pp.128-135,1994. (7.2.6)
- [37] 林喜男ほか「人間工学」日本規格協会, p.12, 1993(7.2.8)
- [38] 海保博之: くたばれ、マニュアル! -書き手の錯覚、読み手の痼癪-、新曜社、pp.2~19, 2002(7.2.10)
- [39] 原子力発電技術機構:実用原子力発電所ヒューマンファクター関連技術開発(9)自動化における人間と機械の役割分担, p.68, 1996(7.2.12)
- [40] 高本 学「変電機器への QFD 手法の適用」2000 年度朝日大学 QFD フォーラム(7.3.3)
- [41] 花岡進、重安儀正、浦川昇、島岡晴之:作業改善によるヒューマンエラーの防止、日本プラントヒューマンファクター学会誌、Vol.4, No.2, 1999(7.3.4)
- [42] 栢原正純:出光興産(株)における PSF 改善の活動、日本プラントヒューマンファクター学会誌、Vol.5, No.2, 2000(7.3.4)

## 付録I PSF リファレンス・リスト

PSFリファレンス・リストは、6.3.2項で説明した「PSF法」で用いるツールである。ヒューマンエラーを引き起こす要因の候補を予めリスト化したものである。

このリストは、宇宙開発関連業務向けに作成したもので、「設計」、「製造」、「検査・試験」、「運用・保守」の作業フェーズ別にリストを整備している。PSF項目は、「基準・規定」「主体業務」等の10区分別に整理されている。はじめに、エラーの作り込まれたフェーズのリストを使って要因を抽出するとよい。該当する要因がなければ、他フェーズのリストを参考してもよい。リストにない要因があれば新たに項目を追加してよい。

注意点としては、本リストは要因の字引ではなく、ヒント集として捉えておくことである。

以下に示すリストをコピーするなどして活用されたい。

## A.設計

a. 基準・規定			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	設計作業の基準書や規定等がない	基準・規定等なし	
2	遵守すべき設計基準書や規定等が多くてわずらわしい	基準・規定等はんざつ	
3	設計基準書／規定等の記述内容があいまいである	基準・規定等不明確	
4	解釈・判断が困難な基準や規定である	認知的負担大	
5	要求事項、仕様の解釈の自由度が大きい、あいまいである	解釈の自由度	
6	要求事項、仕様が変更される	要求、仕様の変更	
7	要求事項、仕様が決まらない	要求、仕様未決	
8	要求事項、仕様の内容が複雑である	複雑な要求、仕様	
9	要求事項、仕様に漏れがある	要求、仕様漏れ	
10	要求事項、仕様に誤りがある	要求、仕様誤り	

b. 主体業務			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	技術指示文書の記述内容が不備、配慮不足である	技術指示文書不備等	
2	製造指示文書の記述内容が不備、配慮不足である	製造指示文書不備等	
3	判断／確認基準が具体性に欠ける又はない	判断／確認基準具体性等	
4	精度が非常に厳しい設計仕様である	精度厳しい設計	
5	単一点故障に対する対策が不十分な設計である	単一点故障対策不十分	
6	作業の結果を確認しにくい設計である	作業結果確認	
7	重要機能(品目)に対し、検討・配慮不足である	重要機能配慮	
8	設計作業の手順・方法が不適切である	作業手順等不適切	
9	設計作業に必要な情報が足りない	情報不足	
10	基礎データまたはその利用上に不備がある	基礎データ不備等	
11	設計確認・照合・検証が欠如、不足である	設計確認・検証等不足	
12	アルゴリズムが複雑である	複雑性	
13	設計変更の細部が不明確である	設計変更不明確	
14	確認がしづらい作業である	劣確認性	
15	変更が多い作業である	変更過多	
16	類似する作業の繰り返し作業である	同種反復	
17	単調な設計作業が続く	単調作業	
18	作業への心身的負担が大きい作業である	心身的負担大	
19	注意の散逸または一点集中作業である	注意散逸等	
20	はかどりにくく面倒な作業である	面倒	
21	慣れた作業や簡単な作業を軽視してしまう	作業の軽視	
22	予測性・見通しが悪い作業である	劣予測性等	
23	的確な経験的判断をできる人が機能していない	的確な経験判断機能不足	
24	生産技術(力)が欠如、不足している	生産技術力欠如等	
25	製造プロセスが不適切、未確立、未検証である	製造プロセス不適切等	
26	経験の無いソフトウェアシステムの特性である	システム特性	
27	他の用件が介入する／予定外作業・割り込み作業である	他の用件介入／予定外作業	
28	要求事項に対して過剰な設計となっている	過剰設計	
29	必要な設計パラメータ等を過小に設計している	過小設計	
30	不具合に対する修理／改修方法の検討が楽観的な設計である	修理／改修検討楽観的	

c. 分析・評価			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	管理、計画変更時の影響評価が不十分である	管理、計画変更評価不足	
2	要求事項の内容や、設計(基本設計、詳細設計等)の結果について、レビューが適切に行われていない	レビュー不足	
3	検討結果の影響評価が不十分である	影響評価不足	
4	評価不十分な設計または変更である	評価反映不足	
5	設計変更後の影響評価が不十分である	設計変更後評価	
6	作業による影響の評価が不十分である	作業の影響評価不足	
7	以前の不具合の原因評価が不十分である	不具合原因評価不十分	
8	以前の不具合の影響評価が不十分である	不具合影響評価不十分	
9	以前の不具合の是正措置検討が不十分である	是正措置検討不十分	
10	不具合に繋がる恐れのある項目の解析やフィードバックが機能していない	不具合予防機能不足	
11	インタフェースの整合性確認が不十分である	整合性確認不足	

d. コミュニケーション			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	作業中のコミュニケーションがよくない	意思疎通不良	
2	関連する他部門の作業との連携がよくない	他部門作業連携不良	
3	部門間の解釈が違う	部門間解釈相違	
4	元請、下請け業者と作業チーム間の連絡がよくない	元請下請間連絡不良	
5	変更点や引継情報などの申し送りが不十分である	申し送り不備	
6	情報の共有が不足している	情報共有不足	
7	知識・ノウハウの共有が行われていない	知識・ノウハウの共有不足	
8	必要な情報提供に洩れがある	必要情報漏れ	
9	最新の調整結果を把握しづらい	調整結果把握困難	
10	意思決定や対応が遅い	遅い対応	
11	支給品等、提供を受けた物品に対する情報の連絡が不適切である	支給品等の情報連絡不適切	
12	必要な情報提供の連絡方法が不十分である	不具合時連絡不十分	

e. 管理・計画			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	設計の管理規則が軽視される	管理規則軽視	
2	文書の管理体制が不適切である	文書管理体制不適切	
3	文書管理が不適切である	文書管理不適切	
4	設計基準書や規定等はあるが、活用していない	基準・規定等活用不十分	
5	改訂以前の設計基準書・規定や、過去の不適切な評価基準等使用している	改訂以前の基準等使用	
6	社内の基準、規定等の適用が受け入れられない	基準・規定等拒否	
7	物品管理指示が不適切である	物品管理指示不適切	
8	記録の管理が不適切である	記録管理不適切	
9	手順・方法の変更管理が不適切である	変更管理不適切	
10	複数の設計作業が並行して行われる(作業が輻輳する)	作業輻輳	
11	便宜的に変更した計画による作業である	変則作業	
12	作業の進行状況を把握しにくい	進行状況把握困難	
13	計画・工程に余裕がない	計画工程余裕無	
14	作業者に負担を強いやすい作業計画である	作業計画不備	
15	長時間勤務・夜間作業など、疲れやすい作業に従事している	疲労・激務	
16	コストを重視しすぎている	コスト重視	



f. ツール・部品等			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	マン・マシン・インタフェースが不備である	MMI不備	
2	設計する上で CAD 部品等の識別性がわるい	CAD 部品識別性	
3	ツールを過信しすぎている	ツールへの過信	
4	誤ったツールを利用している	使用ツール不適切	
5	ソフトウェア設計に使用する作業ツールの機能、性能がわるい	ツール不備	

g. 教育・知識・技術			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	設計の作業意欲が偏っている	設計技術偏向	
2	経験・技量不足または経験が偏っている	経験不足等	
3	教育・訓練が不十分あるいは偏っている	教育不十分等	
4	技術的に未知である	技術的未知	
5	情報システムへの知識・技術が不十分である	IT 知識不足	
6	当該システムについての社内の教訓、ノウハウが活かされていない	教訓、ノウハウ未活用	
7	宇宙機器・製品に対する理解が不十分である	宇宙機器の理解不足	
8	不具合未然防止活動が欠如している	未然防止活動欠如	
9	作業場の整理、整頓、清潔が行き届いていない	3S	
10	対策(実施すべき作業)が風化している	指示徹底不足	

h. 作業特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	設備に問題がある	設備上の問題	
2	支給品/購入品 等に問題がある	支給品/購入品等問題	
3	発生した問題を記録として残さない	記録不備	
4	暗黙の了解や当たり前のことが支障をまねきやすい	暗黙の了解等	

i. 職場・組織特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	組織が持つ過去の経験への過信がある	過去経験への過信	
2	独断的な判断・解釈、あるいは作業内容の認識不足である	単独判断等	
3	熟練者・担当者への過信がある	人への過信	
4	職業上の行動規範が弛緩している	規範の弛緩	
5	チーム構成、職務分担が不備である	チーム構成等不備	
6	作業分担が不明確である	作業分担不明確	
7	トラブルを生む可能性に対する一般的予あるいは慎重さが不足している	慎重さ不足	

j. 環境特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	狭隘部など、身体的制約が厳しい	身体的制約	
2	照明、騒音、高低温などの環境がわるい	悪環境	
3	時間的制約が厳しい	時間的制約	
4	接近性がわるい	劣接近性	
5	作業が孤立状態になりやすい	孤立作業	
6	地震/落雷等に対する対策指示が不十分である	地震/落雷等への対策指示	
7	作業性がわるい	劣作業性	
8	端末等設備の配置がわるい	レイアウト不備	

## B.製造

a. 基準・規定			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	製造作業の基準書や規定等がない	基準・規定等なし	
2	遵守すべき製造基準書や規定等が多くてわずらわしい	基準・規定等はんざつ	
3	製造基準書／規定等の記述内容があいまいである	基準・規定等不明確	
4	解釈・判断が困難な基準や規定である	認知的負担大	

b. 主体業務			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	作業体制が準備不足である	体制準備不足	
2	作業の事前確認が不十分である	事前確認不十分	
3	技術指示文書、製造指示文書を軽視した作業である	指示文書の軽視	
4	対象機器の形状、大きさ、状態などが扱いにくい	形状の扱いにくさ	
5	形状が加工・製作しにくい	形状が加工製作難	
6	行った作業の影響を確認しにくい	影響確認困難	
7	熟練や腕の冴えが必要である	熟練や腕の冴え	
8	異物混入や誤接触に対し不注意である	混入・接触への不注意	
9	傷、ほつれ、錆、汚れなどの予防措置や後始末が不十分である	予防措置等不備	
10	作業中の作業手順・方法が不適切である	作業手順等不適切	
11	基礎データまたはその利用上の不備である	基礎データ不備等	
12	作業中の確認・照合・検証が不十分である	確認等不十分	
13	製造したプログラムの動作確認をしていない	動作未確認	
14	インターフェースの整合性確認が不十分である	インターフェース確認不十分	
15	確認がしづらい作業である	劣確認性	
16	変更が多い作業である	変更過多	
17	類似する作業の繰り返し作業である	同種反復	
18	単調な作業が続く	単調作業	
19	作業員への心身の負担が大きい作業である	心身の負担大	
20	注意の散逸または一点集中作業である	注意散逸等	
21	はかどりにくく面倒な作業である	面倒	
22	慣れた作業や簡単な作業を軽視してしまう	作業の軽視	
23	予測性・見通しが悪い作業である	劣予測性等	
24	的確な経験的判断をできる人が機能していない	的確な経験判断機能不足	
25	他の用件が介入する／予定外作業・割り込み作業である	他の用件介入／予定外作業	
26	アルゴリズムが複雑である	複雑性	
27	経験のないソフトウェアシステムのものである	システム特性	
28	ソフトウェアの製造時に補うべき処理ロジックが不適切である	不適切な処理ロジック	
29	ソフトウェアの製造時のコーディングが不適切である	不適切なコーディング	

c. 分析・評価			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	管理、計画変更時の影響評価が不十分である	管理、計画変更評価不足	
2	変更時の分析評価が不十分である	変更評価不足	
3	作業による影響の評価が不十分である	作業の影響評価不足	
4	製造したプログラムの動作確認時に結果の評価が不適切である	評価誤り	
5	以前の不具合の原因評価が不十分である	不具合原因評価不十分	
6	以前の不具合の影響評価が不十分である	不具合影響評価不十分	
7	以前の不具合の是正措置検討が不十分である	是正措置検討不十分	
8	不具合に繋がる恐れのある項目の解析やフィードバックが機能していない	不具合予防機能不足	

d. コミュニケーション			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	作業中のコミュニケーションがよくない	意思疎通不良	
2	関連する他部門の作業との連携がよくない	他部門作業連携不良	
3	部門間の解釈が違う	部門間解釈相違	
4	元請、下請け業者と作業チームの間の連絡がよくない	元請下請間連絡不良	
5	変更点や引継情報などの申し送りが不十分である	申し送り不備	
6	情報の共有が不足している	情報共有不足	
7	知識・ノウハウの共有が行われていない	知識・ノウハウの共有不足	
8	必要な情報提供に洩れがある	必要情報漏れ	
9	連絡用設備に不備がある	連絡用設備不備	
10	連絡に手間や時間がかかる	連絡の手間	
11	状況に応じた連絡網が明確でない	連絡網不明確	
12	指揮・連絡・現場指導などに不備がある	伝達不適切	
13	意思決定や対応が遅い	遅い対応	
14	支給品等、提供を受けた物品に対する情報の連絡が不適切である	支給品等の情報連絡不適切	
15	必要な情報提供の連絡方法が不十分である	不具合時連絡不十分	

e. 管理・計画			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	製造の管理規則が軽視される	管理規則軽視	
2	文書の管理体制が不適切である	文書管理体制不適切	
3	文書管理が不適切である	文書管理不適切	
4	製造基準書や規定等はあるが、活用していない	基準・規定等活用不十分	
5	改訂以前の製造基準書・規定や、過去の不適切な評価基準等使用している	改訂以前の基準等使用	
6	社内の基準、規定等の適用が受け入れられない	基準・規定等拒否	
7	物品管理が不適切である	物品管理不適切	
8	不合格と判定されたものの管理が不適切である	不合格品管理不適切	
9	材料・部品の破損や劣化等に対する管理方法が不適切である	材料部品管理不適切	
10	記録の管理が不適切である	記録管理不適切	
11	手順・方法の変更管理が不適切である	変更管理不適切	
12	複数の製造作業が並行して行われる(作業が輻輳する)	作業輻輳	
13	便宜的に変更した計画による作業である	変則作業	
14	作業の進行状況を把握しにくい	進行状況把握困難	
15	計画・工程に余裕がない	計画工程余裕無	
16	作業者に負担を強いやすい作業計画である	作業計画不備	
17	長時間勤務・夜間作業など、疲れやすい作業に従事している	疲労・激務	
18	製造作業における安全管理が不十分である	製造作業の安全管理不十分	
19	ソフトウェアプログラムの管理体制が不適切である	PRG 管理体制不備	
20	ソフトウェアプログラムが適切に管理されていない	PRG 管理不備	
21	コストを重視しすぎている	コスト重視	

f. ツール・部品等			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	マン・マシン・インタフェースが不備である	MMI不備	
2	測定機器、工具などに改良の余地がある	ツール等改良余地	
3	ツールを過信しすぎている	ツールへの過信	
4	ツールや古い文書などの誤った利用をしている	使用ツール不適切	
5	作業ツールの機能、性能がわるい	ツール不備	
6	ソフトウェア製造で使用する部品(プログラム)の使用方法が不明確である	部品(プログラム)使用不備	
7	ソフトウェア製造で使用する部品(プログラム)に不具合がある	部品(プログラム)不具合	

g. 教育・知識・技術			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	製作・組立の技術に作業意欲が偏っている	製作・組立の技術偏向	
2	経験・技量不足または経験が偏っている	経験不足等	
3	ツールや設備への理解が不足している	ツール等の理解不足	
4	教育・訓練が不十分あるいは偏っている	教育不十分等	
5	技術的に未知である	技術的未知	
6	情報システムへの知識・技術が不十分である	IT 知識不足	
7	当該システムについての社内の教訓、ノウハウが活かされていない	教訓、ノウハウ未活用	
8	宇宙機器・製品に対する理解が不十分である	宇宙機器の理解不足	
9	不具合未然防止活動が欠如している	未然防止活動欠如	
10	作業場の整理、整頓、清掃が行き届いていない	3S	
11	対策(実施すべき作業)が風化している	指示徹底不足	

h. 作業特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	設備上に問題がある	設備上の問題	
2	支給品/購入品等に問題がある	支給品/購入品等問題	
3	発生した問題を記録として残さない	記録不備	
4	暗黙の了解や当たり前のことが支障をまねきやすい	暗黙の了解等	

i. 職場・組織特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	組織が持つ過去の経験への過信がある	過去経験への過信	
2	独断的な判断・解釈、あるいは作業内容の認識不足である	単独判断等	
3	熟練者・担当者への過信がある	人への過信	
4	職業上の行動規範が弛緩している	規範の弛緩	
5	チーム構成、職務分担が不備である	チーム構成等不備	
6	作業分担が不明確である	作業分担不明確	
7	トラブルを生む可能性に対する一般的予測あるいは慎重さが不足している	慎重さ不足	

j. 環境特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	狭隘部など、身体的制約が厳しい	身体的制約	
2	照明、騒音、高低温などの環境がわるい	悪環境	
3	高所、高電圧など、危険な作業である	危険作業	
4	時間的制約が厳しい	時間的制約	
5	接近性がわるい	劣接近性	
6	作業が孤立状態になりやすい	孤立作業	
7	地震/落雷等に対する対策が不十分である	地震/落雷等への対策	
8	作業性がわるい	劣作業性	
9	端末等設備の配置がわるい	レイアウト不備	

## C.検査・試験

a. 基準・規定			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	検査・試験作業の基準書や規定等がない	基準・規定等なし	
2	遵守すべき検査・試験基準書や規定等が多くてわずらわしい	基準・規定等はんざつ	
3	検査・試験基準書／規定等の記述内容があいまいである	基準・規定等不明確	
4	解釈・判断が困難な基準や規定である	認知的負担大	
5	検査・試験要件の抽出が不適切である	要件抽出不適切	
6	検査・試験の実施手順、データの準備が不十分である	手順・データ準備不十分	

b. 主体業務			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	作業体制が準備不足である	体制準備不足	
2	作業の事前確認が不十分である	事前確認不十分	
3	技術指示文書、製造指示文書を軽視した作業である	指示文書の軽視	
4	試験計画、手順の妥当性についてのレビューが適切に行われていない	計画、手順のレビュー不適切	
5	検査・試験方法が不確実または便宜的である	検査・試験方法不確実	
6	検査・試験の合否識別が困難である	合否識別困難	
7	行った作業の影響を確認しにくい	影響確認困難	
8	材料・部品に潜む不具合を発見する方法の実施が不完全である	材料・部品検査不備	
9	検査・試験のセットアップ及び事前の確認が不十分である	セットアップ等確認不十分	
10	検査・試験が個人の裁量に過度に依存している	検査・試験の個人依存	
11	工程内検査が欠如、不足している	工程内検査欠如等	
12	検査・試験後の復旧が不十分である	検査・試験後復旧不十分	
13	検査・試験装置、治工具等との不整合がある	装置、治工具等との不整合	
14	検査の軽視、欠如など	検査軽視等	
15	異物混入や誤接触に対し不注意である	混入・接触への不注意	
16	傷、ほつれ、錆、汚れなどの予防措置や後始末が不十分である	予防措置等不備	
17	検査・試験作業の作業手順・方法が不適切である	作業手順等不適切	
18	基礎データまたはその利用上に不備がある	基礎データ不備等	
19	検査・試験中の確認・照合・検証が不十分である	確認等不十分	
20	インターフェースの整合性確認が不十分である	インターフェース確認不十分	
21	確認がしづらい作業である	劣確認性	
22	変更が多い作業である	変更過多	
23	類似する作業の繰り返し作業である	同種反復	
24	単調な検査・試験作業が続く	単調作業	
25	作業への心身的負担が大きい作業である	心身的負担大	
26	注意の散逸または一点集中作業である	注意散逸等	
27	はかどりにくく面倒な作業である	面倒	
28	慣れた作業や簡単な作業を軽視してしまう	作業の軽視	
29	的確な経験的判断をできる人が機能していない	的確な経験判断機能不足	
30	予測性・見通しがわるい作業である	劣予測性等	
31	他の用件が介入する／予定外作業・割り込み作業である	他の用件介入／予定外作業	
32	アルゴリズムが複雑である	複雑性	
33	経験の無いソフトウェアシステムのものである	システム特性	
34	モデルと実機との差	モデルと実機との差	

c. 分析・評価			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	管理、計画変更時の影響評価が不十分である	管理、計画変更評価不足	
2	変更時の分析評価が不十分である	変更評価不足	
3	作業による影響の評価が不十分である	作業の影響評価不足	
4	以前の不具合の原因評価が不十分である	不具合原因評価不十分	
5	以前の不具合の影響評価が不十分である	不具合影響評価不十分	
6	以前の不具合の是正措置検討が不十分である	是正措置検討不十分	
7	不具合に繋がる恐れのある項目の解析やフィードバックが機能していない	不具合予防機能不足	

d. コミュニケーション			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	検査・試験基準の変更・更新・改定の連絡が不適切である	検査・試験基準の変更連絡不備	
2	検査・試験方法の変更に関する連絡が不適切である	検査・試験方法の変更連絡不備	
3	検査・試験の異常、疑問点について関連担当者間とのコミュニケーションがわるい	検査・試験の異常時コミュニケーション	
4	作業中のコミュニケーションがよくない	意思疎通不良	
5	関連する他部門の作業との連携がよくない	他部門作業連携不良	
6	部門間の解釈が違う	部門間解釈相違	
7	元請、下請け業者と作業チーム間の連絡がよくない	元請下請間連絡不良	
8	変更点や引継情報などの申し送りが不十分である	申し送り不備	
9	情報の共有が不足している	情報共有不足	
10	知識・ノウハウの共有が行われていない	知識・ノウハウの共有不足	
11	必要な情報提供に洩れがある	必要情報漏れ	
12	連絡用設備に不備がある	連絡用設備不備	
13	連絡に手間や時間がかかる	連絡の手間	
14	状況に応じた連絡網が明確でない	連絡網不明確	
15	指揮・連絡・現場指導などに不備がある	伝達不適切	
16	意思決定や対応が遅い	遅い対応	
17	支給品等、提供を受けた物品に対する情報の連絡が不適切である	支給品等の情報連絡不適切	
18	必要な情報提供の連絡方法が不十分である	不具合時連絡不十分	
19	不具合改修の影響が関連担当者に周知されていない	不具合改修影響の未周知	

e. 管理・計画			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	検査・試験の管理規則が軽視される	管理規則軽視	
2	文書の管理体制が不適切である	文書管理体制不適切	
3	文書管理が不適切である	文書管理不適切	
4	検査・試験基準書・規定等はあるが、活用していない	基準・規定等活用不十分	
5	改訂以前の検査・試験基準書・規定や、過去の不適切な評価基準等使用している	改訂以前の基準等使用	
6	社内の基準、規定等の適用が受け入れられない	基準・規定等拒否	
7	物品管理が不適切である	物品管理不適切	
8	不合格と判定されたものの管理が不適切である	不合格品管理不適切	
9	検査・試験記録の管理体制が不適切である	試験記録体制不適切	
10	検査・試験記録が適切に管理されていない	試験記録管理不備	
11	材料・部品の破損や劣化等に対する管理方法が不適切である	材料部品管理不適切	
12	複数の検査・試験作業が並行して行われる(作業が輻輳する)	作業輻輳	
13	便宜的に変更した計画による作業である	変則作業	
14	作業の進行状況を把握しにくい	進行状況把握困難	
15	計画・工程に余裕がない	計画工程余裕無	
16	作業者に負担を強いやすい作業計画である	作業計画不備	
17	長時間勤務・夜間作業など、疲れやすい作業に従事している	疲労・激務	
18	検査・試験における安全管理が不十分である	検査試験の安全管理不十分	
19	ソフトウェアプログラムの管理体制が不適切である	PRG 管理体制不備	
20	ソフトウェアプログラムが適切に管理されていない	PRG 管理不備	
21	外注品の不具合発見の手段・方法が未確立・不十分である	外注品不具合管理	
22	コストを重視しすぎている	コスト重視	

f. ツール・部品等			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	マン・マシン・インタフェースが不備である	MMI不備	
2	関連設備の整備または検査が不十分である	関連設備の整備等不十分	
3	検査・試験に用いる治工具や計測器の精度管理が不十分である	精度管理不十分	
4	工具、試験・測定器具等の使用方法や保管方法が不適切である	工具等の使用・保管不適切	
5	他者と共有するため事前の調整・確認が必要である	共有の事前確認	
6	ツールを過信しすぎている	ツールへの過信	
7	ツールや古い文書などの誤った利用をしている	使用ツール不適切	
8	作業ツールの機能、性能がわるい	ツール不備	
9	ツール使用方法が難しい、操作性がわるい	ツール使用方法	
10	ソフトウェアツールの精度がわるい	ソフトウェアツールの精度	
11	ソフトウェアツールの数(ライセンス数を含む)が不足している	ソフトウェアツールの数	
12	必要なツールがない	ツールなし	

g. 教育・知識・技術			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	経験・技量不足または経験が偏っている	経験不足等	
2	ツールや設備への理解が不足している	ツール等の理解不足	
3	教育・訓練が不十分あるいは偏っている	教育不十分等	
4	技術的に未知である	技術的未知	
5	情報システムへの知識・技術が不十分である	IT 知識不足	
6	当該システムについての社内の教訓、ノウハウが活かされていない	教訓、ノウハウ未活用	
7	宇宙機器・製品に対する理解が不十分である	宇宙機器の理解不足	
8	不具合未然防止活動が欠如している	未然防止活動欠如	
9	作業場の整理、整頓、清潔が行き届いていない	3S	
10	対策(実施すべき作業)が風化している	指示徹底不足	

h. 作業特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	設備に問題がある	設備上の問題	
2	支給品/購入品等に問題がある	支給品/購入品等問題	
3	発生した問題を記録として残さない	記録不備	
4	暗黙の了解や当たり前のことが支障をまねきやすい	暗黙の了解等	

i. 職場・組織特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	組織が持つ過去の経験への過信がある	過去経験への過信	
2	独断的な判断・解釈、あるいは作業内容の認識不足である	単独判断等	
3	熟練者・担当者への過信がある	人への過信	
4	職業上の行動規範が弛緩している	規範の弛緩	
5	チーム構成、職務分担が不備である	チーム構成等不備	
6	作業分担が不明確である	作業分担不明確	
7	トラブルを生む可能性に対する一般的予測あるいは慎重さが不足している	慎重さ不足	
8	設計者と検査者が同一である	作業者同一	

j. 環境特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	狭隘部など、身体的制約が厳しい	身体的制約	
2	照明、騒音、高低温などの環境がわるい	悪環境	
3	高所、高電圧など、危険な作業である	危険作業	
4	時間的制約が厳しい	時間的制約	
5	接近性がわるい	劣接近性	
6	作業が孤立状態になりやすい	孤立作業	
7	地震/落雷等に対する対策が不十分である	地震/落雷等への対策	
8	作業性がわるい	劣作業性	
9	端末等設備の配置がわるい	レイアウト不備	



## D.運用・保守

a. 基準・規定			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	許容範囲、定格値・規格など具体的な基準の明示がない	具体的基準なし	
2	解釈・判断が困難な基準等である	認知的負担大	
3	文書のフォーマット、図表の様式が統一でない	文書様式不統一	
4	運用に複数の手順書を必要とする	複数手順書要	
5	運用の実施手順、データの準備が不十分である	手順・データ準備不十分	

b. 主体業務			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	作業体制が準備不足である	体制準備不足	
2	作業前のコンフィギュレーション確認が不十分、未確認である	事前確認不備	
3	作業後のコンフィギュレーション復旧が不十分、未実施である	事後復旧不備	
4	情報のアクセスに多くの画面切り替えがある	画面切替多大	
5	作業中の確認・照合・検証が不十分である	確認等不十分	
6	状態を見極めるまでの流れが複雑である	流れが複雑	
7	自動化によってカバーされている範囲がわかりにくい	自動化の範囲	
8	操作手順に慣れが必要である	操作の慣れ要	
9	頻繁または微妙な調節が要る	頻繁な調整要	
10	(自分にとって)無関係なアナウンスなどにより注意がそがれる	注意のそがれ	
11	他の用件が介入する／予定外作業・割り込み作業である	他の用件介入／予定外作業	
12	変更が多い作業である	変更過多	
13	作業への心身の負担が大きい作業である	心身の負担大	
14	予測性・見通しが悪い作業である	劣予測性等	
15	類似する作業の繰り返し作業である	同種反復	
16	確認がしづらい作業である	劣確認性	
17	注意の散逸または一点集中作業である	注意散逸等	
18	はかどりにくく面倒な作業である	面倒	
19	慣れた作業や簡単な作業を軽視してしまう	作業の軽視	
20	的確な経験的判断をできる人が機能していない	的確な経験判断機能不足	
21	基礎データまたはその利用上に不備がある	基礎データ不備等	
22	経験による判断が必要である	手順の経験判断	

c. 分析・評価			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	管理、計画変更時の影響評価が不十分である	管理、計画変更評価不足	
2	監視・操作に際して機器の遅れを考えなくてはならない	機器の遅れ考慮	
3	個々の状態や数値をいろいろ記憶しておく必要がある	状態・数値記憶	
4	対応の優先順位をすばやく決めなくてはならない	優先順位判断	
5	変更時の分析評価が不十分である	変更評価不足	
6	作業による影響の評価が不十分である	作業の影響評価不足	
7	以前の不具合の原因評価が不十分である	不具合原因評価不十分	
8	以前の不具合の影響評価が不十分である	不具合影響評価不十分	
9	以前の不具合の是正措置検討が不十分である	是正措置検討不十分	

d. コミュニケーション			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	トレンドなど過去の情報を簡単に取り出せない	トレンド情報不備	
2	作業中のコミュニケーションがよくない	意思疎通不良	
3	関連する他部門の作業との連携がよくない	他部門作業連携不良	
4	部門間の解釈が違う	部門間解釈相違	
5	元請、下請け業者と作業チームの間の連絡がよくない	元請下請間連絡不良	
6	変更点や引継情報などの申し送りが不十分である	申し送り不備	
7	情報の共有が不足している	情報共有不足	
8	知識・ノウハウの共有が行われていない	知識・ノウハウの共有不足	
9	必要な情報提供に洩れがある	必要情報漏れ	
10	連絡用設備に不備がある	連絡用設備不備	
11	連絡に手間や時間がかかる	連絡の手間	
12	状況に応じた連絡網が明確でない	連絡網不明確	
13	指揮・連絡・現場指導などに不備がある	伝達不適切	
14	必要な情報提供の連絡方法が不十分である	不具合時連絡不十分	
15	意思決定や対応が遅い	遅い対応	
16	不具合改修の影響が関連担当者に周知されていない	不具合改修影響の未周知	

e. 管理・計画			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	文書の管理体制が不適切である	文書管理体制不適切	
2	予備品の管理・保管が不適切である	予備品管理保管不適切	
3	計測機器の管理がわるい	計測機器管理不備	
4	運用、保守の管理規則が軽視される	管理規則軽視	
5	手順・方法の変更管理が不適切である	変更管理不適切	
6	文書管理が不適切である	文書管理不適切	
7	物品管理が不適切である	物品管理不適切	
8	記録の管理が不適切である	記録管理不適切	
9	便宜的に変更した計画による作業である	変則作業	
10	長時間勤務・夜間作業など、疲れやすい作業に従事している	疲労・激務	
11	作業者に負担を強いやすい作業計画である	作業計画不備	
12	ソフトウェアプログラムの管理体制が不適切である	PRG 管理体制不備	
13	ソフトウェアプログラムが適切に管理されていない	PRG 管理不備	
14	コストを重視しすぎている	コスト重視	

f. ツール・部品等			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	マン・マシン・インタフェースが不備である	MMI不備	
2	表示が紛らわしい	表示紛らわしさ	
3	パラメータの詳細が読み取りにくい	パラメータ詳細判読困難	
4	機器の操作が複雑である	機器操作複雑	
5	状態や機器の識別性がわるい	状態、機器識別性不良	
6	器具が扱いにくい／計測機器が扱いにくい	治工具の扱い／計測機器扱い	
7	計測機器が不足している	計測機器不足	
8	ツールを過信しすぎている	ツールへの過信	
9	操作スイッチ類の ON/OFF 方向が設備によって異なる	操作スイッチ類の方向相違	

g. 教育・知識・技術			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	経験・技量不足または経験が偏っている	経験不足等	
2	ツールや設備への理解が不足している	ツール等の理解不足	
3	教育・訓練が不十分あるいは偏っている	教育不十分等	
4	教育・訓練体制に不備がある	教育体制不備等	
5	不具合未然防止活動が欠如している	未然防止活動欠如	
6	作業場の整理、整頓、清潔が行き届いていない	3S	
7	技術的に未知である	技術的未知	
8	対策(実施すべき作業)が風化している	指示徹底不足	

h. 作業特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	発生した問題を記録として残さない	記録不備	
2	暗黙の了解や当たり前のことが支障をまねきやすい	暗黙の了解等	

i. 職場・組織特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	組織が持つ過去の経験への過信がある	過去経験への過信	
2	独断的な判断・解釈, あるいは作業内容の認識不足である	単独判断等	
3	熟練者・担当者への過信がある	人への過信	
4	異常時(緊急時)の対策が整備されていない	異常時対応なし	
5	職業上の行動規範が弛緩している	規範の弛緩	
6	チーム構成, 職務分担が不備である	チーム構成等不備	
7	作業分担が不明確である	作業分担不明確	
8	トラブルを生む可能性に対する一般的予測あるいは慎重さが不足している	慎重さ不足	

j. 環境特性			
No.	PSF項目	略 称	チェック
1	狭隘部など, 身体的制約が厳しい	身体的制約	
2	照明, 騒音, 高低温などの環境がわるい	悪環境	
3	高所, 高電圧など, 危険な作業である	危険作業	
4	時間的制約が厳しい	時間的制約	
5	接近性がわるい	劣接近性	
6	作業が孤立状態になりやすい	孤立作業	
7	地震/落雷 等に対する対策が不十分である	地震/落雷等への対策	
8	作業性がわるい	劣作業性	
9	端末等設備の配置がわるい	レイアウト不備	

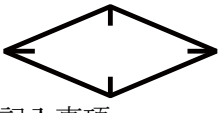
## 付録II 射場心得集

射場整備作業における過去の経験や知見を「射場心得集」としてまとめ、教育・訓練を実施した事例がある。「射場心得集」は、N-1 ロケット初号機打ち上げ以来、発生したヒューマンエラー起因不具合を含む事例を収集し、その発生要因を分析し、予防のために関係者が留意すべき事項を一般化してリスト化している。

射場心得集は、射場における R&QA ハンドブック(JAXA 技術文書 CR-38701F)において示されている。付録 II は射場心得集の中から抽出したヒューマンエラー起因不具合に対する一般的注意事項と、本書 7 章に示す防止対策のカテゴリ(本文 表 7-1)を関連付けたものである。

作業区分	No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ	
1.共通	(a) 管理・計画	1	要員の体調、精神状態、疲労度等を考慮せずに作業計画をたててはならない。		① 意識の一般的強化・啓蒙
		2	命令のみで人を動かそうとしてはならない。	作業のし易い環境作りをする。	⑩ マニュアル類の改良・補完
		3	作業関連者間の連絡徹底を忘れてはならない。	特に危険作業。	② 意識の個別強化
		4	一時中断の作業再開には、完了工程をよく確認し、工程抜けを防止しなくてはならない。		⑪ エラーの影響緩和
	(b) 設計・技術指示	1	設計変更をオペレーションに反映することを忘れてはならない。		④ 規律化・習慣づけ
		2	一方的な技術要求をしてはならない。	実効部門の理解と実行可能なことの確認が必要。	④ 規律化・習慣づけ
		3	技術変更を定められた手順によらず実施してはならない。	EO ECP の起草。	④ 規律化・習慣づけ
	(c) 組立・ハンドリング	1	指定の容器、運搬具以外の道具により、ハードウェアを取扱ってはならない。		⑧ 人間工学的配慮
		2	重量物を人力で運搬してはならない。	落とすおそれがある。	⑧ 人間工学的配慮
		3	図面や手順書に指定されている部品番号等と現品とが合致しているか否かの確認を忘れてはならない。	P/N,S/N,ロットナンバーの改訂符号。	⑦ 冗長化
	(d) オペレーション	1	推定や先入観で作業してはならない。	技術基準と客観的に照合して仕事をする。	④ 規律化・習慣づけ

作業区分		No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ
(1.共通)	((d)オペレーション)	2	決められた工具、AGE を他のものと簡単にとりかえて作業してはならない。		④規律化・習慣づけ
		3	部品／資材は不用意に代用品を使ってはならない。		③教育・訓練
		4	決められた順序や方法をみだりに変更したり、スキップしたりして作業してはならない。	手順の変更は決められた手続による。DCI の作成。	⑫機械化・自動化
		5	器材の取扱いに習熟しない者が、オペレーションしてはならない。	十分訓練を行った後オペレーションに参加する。	⑤模擬体験的訓練
		6	有効期限の切れた計器や、道具を使用してはならない。	有効期限がラベルに表示してある。	④規律化・習慣づけ
		7	作業の前後に部品、工具類の員数を確認しなければならない。		④規律化・習慣づけ
		8	コネクタ、配管の左右、上下、極性、方向をまちがえてはならない。	対称で同じものが多い。	④規律化・習慣づけ
		9	小さいと思われる異常現象も、そのままにしてはならない。	トラブル DCI で異常現象、原因追求手段および結果を明確にする。	④規律化・習慣づけ
		10	クレーン操作時は、結合が全て外れていることを確認せずに吊り上げてはならない。	特に下方に注意する。	④規律化・習慣づけ
		11	安全保護具を着用せずに危険な作業してはならない。	高所作業:命づな 火工品 推進薬作業:保護眼鏡	⑥隔離化
		12	加圧時は、放出口側に人や物を配置してはならない。		⑥隔離化
		13	密閉室内で不活性ガス(GN <sub>2</sub> ,GHe 等)を放出してはならない。		④規律化・習慣づけ
		14	合図なしで加圧、放出操作してはならない。		④規律化・習慣づけ
		15	湿度40%以下になったら、作業を行ってはならない(加工品を取り扱う等、特殊な場合)。	帯電防止	⑩マニュアル類の改良・補完

作業区分		No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ
(1.共通)	((d)オペレーション)	16	保留票(白色)の添付してあるものは、使用してはならない。 情報票(ピンク)の添付してあるものは、使用条件を確認しないで使ってはならない。		⑩マニュアル類の改良・補完
		17	タンパブルーフシールが貼付してある物品は、調整済み、あるいは操作禁止を意味するため、これらの状態をみだりに変更してはならない。	形状は下図の通り。  記入事項 所属、検査員、日付	⑥隔離化
		18	非打上げ品目(赤色の細長い布が貼付)を不用意に取外してはならない。		⑥隔離化
2.機械系		1	ロックワイヤはねじを締める方向に締め、逆がけをしてはならない。		⑥隔離化
		2	ボルト締めの前にトルクレンチの設定値を再確認して、トルク掛けをしなければならない。		⑪エラーの影響緩和
		3	ボルト締め付けは、バランスよくトルク掛けを行い、片端から締め付けを進めてはならない。	通常対角線トルク掛けをする。	⑪エラーの影響緩和
		4	ボルト頭によく合ったレンチを使用し、ゆるい工具を用いてはならない。		⑪エラーの影響緩和
		5	結合面はよく清掃し、金属粉、ゴミ等異物のあるまま、結合してはならない。		⑪エラーの影響緩和
		6	潤滑油は規定以外のものは使用してはならない。		⑪エラーの影響緩和
		7	ハンマは使用前に点検し、柄の抜けそうなハンマは使ってはならない。		④規律化・習慣づけ
		8	アダプタを使用し、トルク掛ける時は、トルク値の補正を忘れてはならない。		⑪エラーの影響緩和
		9	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ヒドラジン)、NTO 等の保管または取扱い場所では、打撃により花火の出ない工具以外は、使用してはならない。		⑥隔離化

作業区分	No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ
3.推進系	1	バルブ開閉タグを掛けることを忘れてはならない。	開閉処置の明確化。	⑥隔離化
	2	遠隔操作バルブスイッチは、ラインの理解なしで操作してはならない。		③教育・訓練
	3	配管継手は、アライメントの悪いまま、結合してはならない。		⑪ エラーの影響緩和
	4	アライメントや、シール面の悪い場合、潤滑油で一時的にごまかしてはならない。		④規律化・習慣づけ
	5	装着が確認できない箇所に、コニカルシールを使用してはならない。		④規律化・習慣づけ
	6	振動で接触するような配管をしてはならない。		⑥隔離化
	7	清浄部品の包装は、使用直前まで開封してはならない。		④規律化・習慣づけ
	8	清浄部品は、素手で触ってはならない。		④規律化・習慣づけ
	9	清掃部品は、素手で洗ってはならない。		④規律化・習慣づけ
	10	加圧／減圧時は圧力の相互関係の確認を忘れてはならない。		④規律化・習慣づけ
	11	配管時に付着した漏れ点検液は、脱イオン水等で洗浄し、そのまま放置してはならない。		④規律化・習慣づけ
	12	漏れ箇所は、必ず圧を抜いて修理を行わなければならない。加圧したまま、トルク掛けや取外しをしてはならない。		④規律化・習慣づけ
	13	配管修理の後、隣接する結合部のチェックも忘れてはならない。		④規律化・習慣づけ
	14	シール面は汚したり、傷つけてはならない。		⑪ エラーの影響緩和
	15	高圧ラインのフレキシブルホースには、プラスチック製盲栓を使用してはならない。	規定の金属製盲栓を使用する。	⑥隔離化

作業区分	No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ
(3.推進系)	16	地上設備と機体を継ぐ前にラインパーズを忘れてはならない。		④規律化・習慣づけ
	17	フィルタを使用せず、ガスを機体に直接注入してはならない。	コンタミ防止	⑥隔離化
	18	Bナットのボルト締めにはバックアップレンチを忘れてはならない。		④規律化・習慣づけ
	19	LOX、LH2 の移送は、配管等の急激な温度変化を防ぐため、徐々に開始しなくてはならない。また、与圧、予冷を怠ってはならない。		⑥隔離化
	20	高圧配管のボルト増し締めは、必ず圧力を下げてから行わなくてはならない。		④規律化・習慣づけ
	21	バルブ開は、全開後、少し閉方向へ戻し回転することを忘れてはならない。		⑥隔離化
	22	バルブの開閉は、手順書に従い、勝手に先走ったり、後廻しにしてはならない。		⑩マニュアル類の改良・補完
	23	緊急時でも、バルブや、バルブ操作卓の作業は指示者に従い、勝手に判断して操作してはならない。		②意識の個別強化
	24	バルブ開閉は声をかけて行い、安全確認なしで作業してはならない。	危険防止	①意識の一般的強化・啓蒙
	25	A-50、NTO 充填後、点検作業は1人で実施してはならない。	凍傷防止	⑥隔離化
	26	機体内作業には、酸素濃度チェック監視員の配置を忘れてはならない。		③教育・訓練
	27	作業は必要に応じ、顔面保護または遮へい物を使用しなければならない。		③教育・訓練
	28	極低温ラインの配管内パーズは、十分に行わなければならない。		⑪エラーの影響緩和



作業区分	No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ
4.電気系	1	試験実施時における、ノイズおよび電磁干渉対策を忘れてはならない。		⑪ エラーの影響緩和
	2	電源ケーブルと、信号ケーブルを近づけて作業してはならない。	信号ラインにノイズ乗る。	⑪ エラーの影響緩和
	3	電源切替時（商用⇔自家発）、試験を続けてはならない。		④ 規律化・習慣づけ
	4	雷の襲来時は、試験装置や衛星のアース電源の切り離しを忘れてはならない。		⑥ 隔離化
	5	測定器のモニター端子に接続されたケーブルは、先端でショートさせないよう取扱わなければならない。		⑪ エラーの影響緩和
	6	静電破壊され易い IC 等が使用されているモジュール、カード等の保管、運搬に際しては、帯電防止袋等の使用を忘れてはならない。		⑥ 隔離化
	7	静電破壊され易い IC 等が使用されている機器は、静電保護対策のとられていない場所で、組立試験を行ってはならない。		⑥ 隔離化
	8	定期的なハンダゴテのリーク電圧のチェックを怠ってはならない。微弱なリークが半導体を破壊することがある。	微弱なリークが半導体を破壊することがある。	⑪ エラーの影響緩和
	9	コネクタ挿入時、コネクタピンに注意して挿入しなければならない。	異物付着、曲がり等に注意。	⑧ 人間工学的配慮
	10	コネクタ(Dサブコネクタ、アンピリカルコネクタ)等の脱着に際しては、傾いた状態で脱着してはならない。		③ 教育・訓練
	11	スイッチの ON/OFF は必ず合図し、状況確認後実施しなければならない。		④ 規律化・習慣づけ
	12	結線は、スイッチの OFF を確認して行わなければならない。		④ 規律化・習慣づけ

作業区分	No.	射場注意事項	補足情報	カテゴリ
(4.電気系)	13	電波試験実施の時は、アンテナ周辺に立入ってはならない。	測定精度 人的影響	④規律化・ 習慣づけ
5.火工品系	1	イグナイタの導線は、必要な作業時以外、短絡しなければならない。		⑥隔離化
	2	信号伝達用導爆線は著しく曲げてはならない。	例えば2.5 グレイン/フィート MDF は半径 3/4"以上 で使用する。	④規律化・ 習慣づけ
	3	火工品の検査は、指定された治工具、検査装置以外は使用してはならない。		⑥隔離化
	4	火工品の運搬にクレーンを使用する場合、ストレー電圧の確認を行わなければならない。	使用可:50 ミリボルト以下 絶縁フックの使用:50 ~500 ミリボルト	④規律化・ 習慣づけ
	5	火工品の取扱いには、帯電防止作業衣、静電靴、リストスタット、レッグスタット等の着用を忘れてはならない。	静電気事故防止	④規律化・ 習慣づけ
	6	推進薬梱包を解く前に、湿度および加速度記録の点検を行わなければならない。	輸送記録の確認	④規律化・ 習慣づけ
	7	推進薬の内部構造検査時、内視鏡等により、表面に傷を付けないように注意しなければならない。		③教育・訓練

## 付録III. ヒューマンファクタ分析事例集

本事例集は、6章の分析手法編に記載される分析手法(バリエーションツリー、いきさつダイヤグラム、なぜなぜ分析、PSF法)を用いた不具合分析事例をまとめたものである。

掲載した事例は、本書や2.2参考文書(3)～(4)の掲載事例、および宇宙開発関連メーカーによるヒューマンエラー防止取組事例から選定した6件から構成される。表 III-1 に事例一覧を示す。

表 III-1 の横軸は、表の左端から順に「事例番号」、「事例タイトル」、「ページ番号」、「キーワード」、「用いた手法」について示しており、該当するものに○が記載されている。

各事例で用いた分析手法を以下に示す。

- バリエーションツリー分析 :6.2.1 項参照
- いきさつダイヤグラム :6.2.2 項参照
- なぜなぜ分析 :6.3.1 項参照
- PSF法 :6.3.2 項参照
- その他の手法(ノタメニ分析等) :6.3.3 項参照

本事例集は、ヒューマンエラーに起因する不具合分析やヒューマンエラー防止活動の一助とすることを目的としている。

表 III-1 ヒューマンファクタ分析事例一覧

事例番号	事例タイトル	ページ番号	キーワード	用いた手法				
				バリエーションツリー分析	いきさつダイヤグラム	なぜなぜ分析	PSF法	その他手法(ノタメニ分析等)
1	サブシステムとの組み合わせ試験の際にスペックアウトした不具合(社内不具合)	III-1	試験	○		○		
2	軌道上にて行われた動作確認試験で、緊急停止異常が発生した不具合(会社間不具合)	III-6	設計	○		○		
3	衛星推進系 AKE 燃焼圧低下不具合	III-12	設計	○				
4	サブシステム用差圧センサーの信号ライン誤配線	III-15	製造		○	○	○	○
5	ボカミスによる不具合へのPSF適用事例	III-23	製造				○	
6	衛星推進系不具合いきさつ分析	III-25	製造		○		○	

本文書に掲載する事例資料内容について、次ページ以降に示す。

## 事例1 サブシステムとの組み合わせ試験の際にスペックアウトした不具合(社内不具合)

### 不具合の概要

サブシステムとの組み合わせ試験の際にスペックアウトとなった。

トラブルシューティングの結果、推定原因としてサブシステムからの設計変更要求がコンポーネントの作業手順書に反映されていなかったことが明らかになった。

次号機以降、サブシステムからの設計変更要求に対するコンポーネント部門での実施管理を改善し、コンポーネントの変更管理の徹底を図ることを是正策とした。

この情報からも、この事例では、コンポーネント設計部門で設計変更が確実に行われなかったことがわかる。しかし、なぜ技術指示文書への設計変更が行われなかったのか、また、設計変更が行われていないことがその後の検査、試験でなぜ発見できなかったのかわからないため、バリエーションツリー分析およびなぜなぜ分析を行った。

### 分析結果

#### (1) 不具合に至った経緯の整理、問題点の識別

この事例では、以下のポイントに関して 5W1H の視点から調査を行った。

- 1) サブシステムでの設計変更に関して
- 2) コンポーネントへの設計変更要求に関して
- 3) コンポーネント部門での設計変更の取り扱い方に関して
- 4) 検査、試験の実施方法に関して

これらの点について調査を行った結果、下記に示すいくつかの変動要因が明らかになった。

#### 1) サブシステムでの設計変更に関して

サブシステムからの設計変更要求は CDR 以降に行われていた。本機器が新規開発物であったため調整に時間がかかり CDR が遅れていたため、該当箇所に関しては TBD のままで審査を通過していた。

#### 2) コンポーネントへの設計変更要求に関して

サブシステムの設計変更要求は CCB を通して承認された。サブシステムが設計変更の要求を出してから承認されるまでに 2 ヶ月の期間を要した。なお、この際同時にコスト削減のための他の設計変更要求も行われ承認された。

#### 3) コンポーネント部門での設計変更の取り扱い方に関して

コンポーネント設計担当者はこれら 2 つの設計変更を行い、図面を改訂した。この際に時間的余裕がないため、図面のレビューを省略していた。また、図面改訂後に設計者の変更が行われた。新しい設計者はこれまで別のプロジェクトに関わっていた設計者であった。

なお、この際に引継ぎが十分に行われず、新しい担当者ははじめの設計変更に関しては作業手順書の改訂を行ったが、コスト削減の設計変更に伴い必要とされた作業手順書の改訂は行っていなかった。この当時、新しい設計者は他の重要課題の検討に追われており、このことも作業手順書の改訂漏れに影響を及ぼしていた可能性があった。

また、設計図面および作業手順書にしたがって組み立てを行っていた製造部門の担当者は、図面と作業手順書に矛盾があることに気づいていた。しかし、設計部門には連絡を入れず、作業手順書にしたがって組み立てを行っていた。連絡を入れなかった理由は明らかにならなかった。

4) 検査、試験の実施方法に関して

検査手順書は CDR 前にコンポーネント設計者が作成しており、この検査手順書にしたがって検査は行われた。しかし、この検査手順書では設計変更箇所の確認が行えるような形にはなっていない。また、その後の試験では設計変更箇所に関しての検査、試験を実施することにはなっておらず、この試験では不具合は発生していなかった。

調査で得られた情報を整理して、バリエーションツリーを作成したものが図 III-1 である。

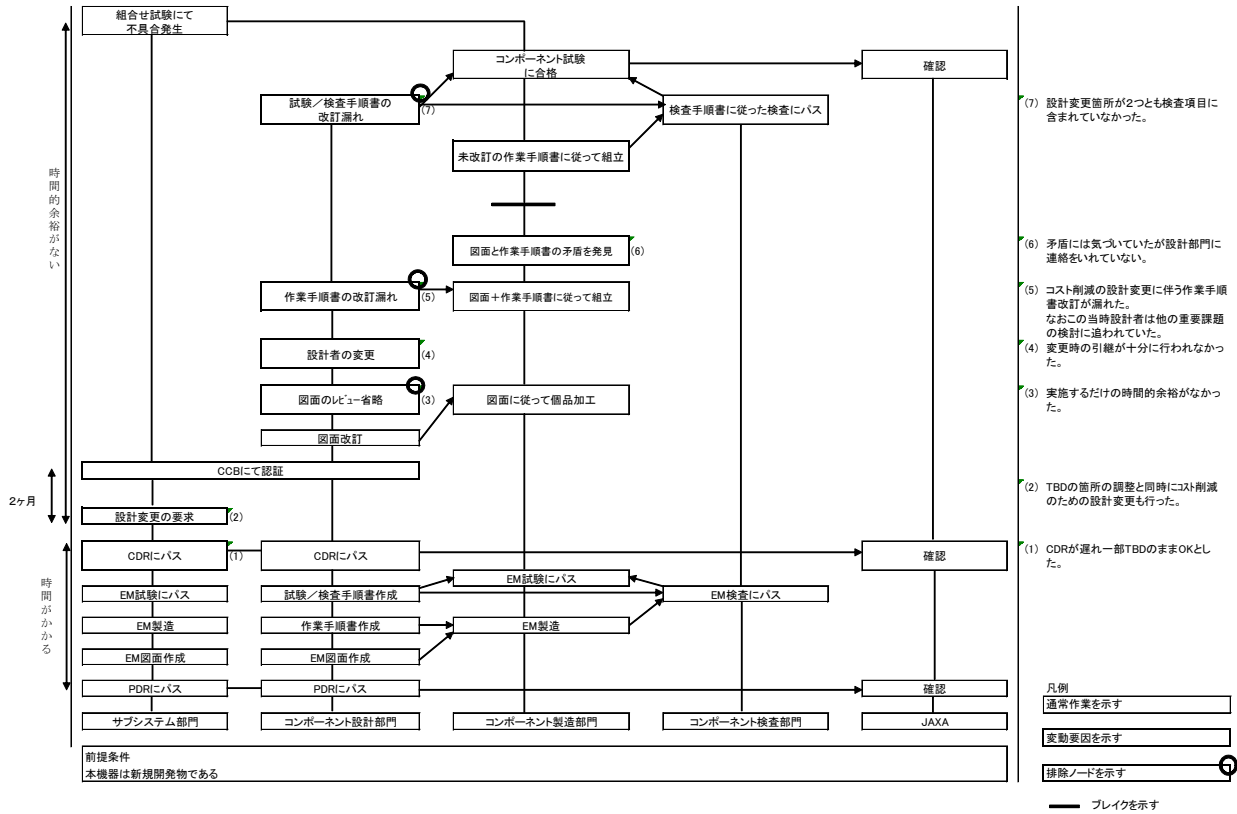


図 III-1 バリエーションツリー

このバリエーションツリーからは、「CDRにパス(TBD箇所を残したままCDRをパスした)」、「設計変更の要求(CDR 以降に設計変更を行った)」、作業手順書の改訂漏れ等、いくつかの変動要因があることがわかる。

これらの変動要因のうちで、不具合の芽はできる限りはやく摘んだ方が良いという考え方から、本来、排除すべき変動要因のポイントは、「設計変更の要求(CDR 以降に設計変更を実施したこと)」である。しかし、ここでの対策(例;「CDR 以降は設計変更をしない」)が現実的には困難であるので、CDR 以降に設計変更をしたとしても不具合を発生しないように、設計変更の情報を確実に伝達すべきだったはずである。よって、「設計変更の要求」は、排除ノード、ブレイクとは考えない。

CDR 以降の変動要因のうち、設計変更やコンフィギュレーション管理に関するポイントとしては以下の 4 点が考えられる。よって、これらの変動要因を、排除ノード、ブレイクに分類する。

a) 排除ノード

- 図面レビューの省略(サブシステム部門)

この変動要因では、図面レビューの際、設計担当者の思い違いやバラツキがないかをいかに確認するかがポイントであった。

このため、この変動要因に関しては、「なぜ図面レビューを行わない状態で、図面を発行できたのか」、「この手続きは社内ルールに合致しているのか」等について要因を掘り下げる必要がある。

- 作業手順書の改訂漏れ(コンポーネント設計部門)
- 試験／検査手順書の改訂漏れ(コンポーネント設計部門)

これらの変動要因では、改訂時に、いかに改訂漏れを防ぐかがポイントであった。

これらの変動要因に関しては、「なぜ、改訂漏れが生じたか」、「点検・レビューはどのように行われているか」について、さらに要因を掘り下げる必要がある(改訂の手順といった問題や、手順の省略・手抜きといった人間行動側の要因など)。

#### b) ブレイク

- 図面と作業手順書の矛盾を発見(コンポーネント製造部門)

この変動要因では、製造部門で発見した図面と作業手順書の矛盾をどのようにして設計者に知らせるかがポイントであった。

今回の事例では、設計部門に確実に連絡していれば、設計者は設計変更の反映漏れに気がついたはずである。しかし「図面と作業手順書の矛盾を発見」は、排除できないノードであるため、変動要因の連鎖を断ち切る箇所ということで、ブレイクとする。

「なぜ設計者へ連絡をいれなかったのか」、「連絡をいれる際の手間はどれくらいなのか」、「異常を発見した場合に報告するシステムはなかったか」、「連絡をいれることで告げ口をしたと思われるような雰囲気はないか」等について、さらに要因を掘り下げる必要がある。

## (2) 問題点に対する要因の抽出

バリエーションツリー分析によって対策上のポイントとなった各変動要因について、その背後要因をなぜなぜ分析により探索した結果を示す。

### 1) 図面レビュー省略(サブシステム部門)

技術指示文書の制・改訂時における「審査(または内容の確認)」の実施は、JMR-005(品質保証プログラム標準)や ISO9001 の要求事項であるので、発行部門自らによる「点検(照査)」は当然実施されたが、関連する他部門の担当者等を含めた「実効のあるレビューが実施されなかった(省略された)」と解釈すると、レビューを省略した背後要因としては、下記が考えられる。

#### a) スケジュールの問題

- スケジュール上、レビューをしている余裕がなかった。(工期がタイト、要員不足、不具合多発等、「スケジュールに余裕がない」ことに対する背後要因は多々考えられる)
- レビューの手続きはとった(図面会議は開催した)が、出席者／参加者が確保できず「お流れ」になってしまった。

#### b) 担当者の誤判断

- 図面の改定内容が小規模であったため、設計者が独自にレビュー不要と判断した。
- 設計担当者がレビューの有効性を十分に評価していなかったため、意図的にレビューを省略した。(関連部門による評価をやっても有効な指摘やサジェスションが得られない。すなわち、やっても無駄「時間の浪費になるだけ」と考えていた。)
- レビューの実施に関する社内手順が確立されていなかった。
- レビューにおける専門的判断体制がなかったため、担当者が独断で判断してしまった

### 2) 作業手順書の改訂漏れ、検査／試験手順書の改訂漏れ

#### a) 改訂の必要性を認識していなかった。

- 前任者から、後任の設計者に改訂の必要性が的確に伝達されていなかった。
- 引継を的確に行うための時間的余裕がなかった。
- 前任者が他の重要案件に追われており引継を行う精神的なゆとりに欠けた。
- 前任者と後任者間の人間関係が良好でなかった。
- 引継のルール(手順)に不備があった。

b)過去の経験から問題ないと判断した。

- 図面改定内容からみて、手順書には影響が及ばないと設計者が独自に判断した。
- 改訂しなくても問題は生じないと考えた。
- 図面さえ改訂されていれば大丈夫と思った。

c)改訂の必要性は認識していたが、改訂しなかった。

- 他の担当者が改訂を行うものと誤解していた。
- 作業手順書の改訂についての責任権限、役割分担が不明確であった。
- 忙しすぎて、改訂作業を行うのを忘れた。
- 他に重要案件があり、そちらに気を取られていた。
- 適切なフォローアップがなされていなかった。
- 時間的に業務を振り返る余裕がなかった。

3)設計部門に連絡を入れない

- 矛盾を発見したときの手順(ルール)が決められていなかった。
- 良くあることで慣例化していた。
- 距離的に遠く、問い合わせをためらった。
- 担当者間の関係がうまく行っていなかった。
- 回答があるまで作業を留めることができなかった。
- 問い合わせるための時間的余裕がなかった。

予防対策の視点で探索したなぜなぜ分析結果を図 III-2 に示す。

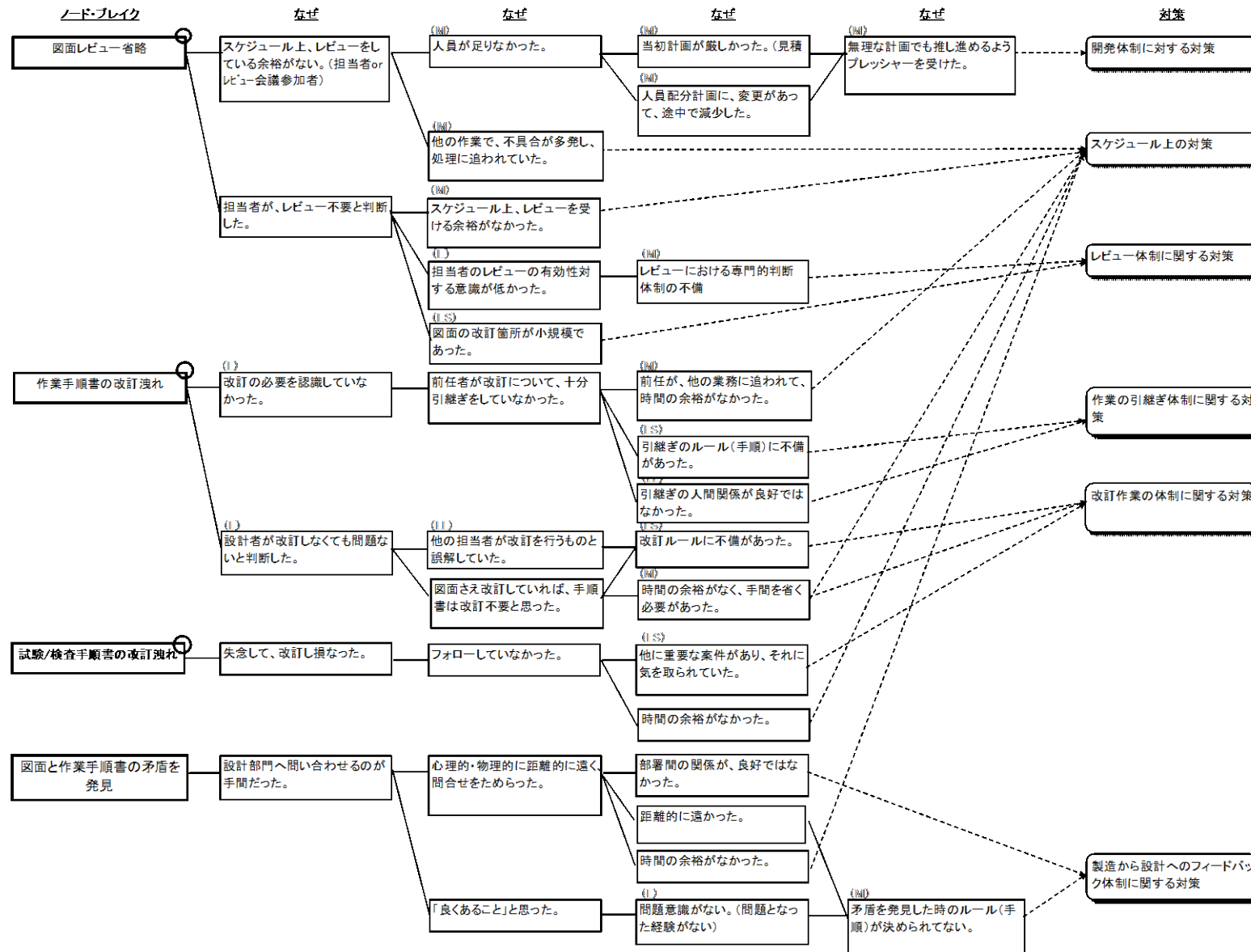


図 III-2 なぜなぜ分析とその対策



## 事例2 軌道上にて行われた動作確認試験で、緊急停止異常が発生した不具合(会社間不具合)

**不具合の概要**

軌道上にて行われた動作確認試験で、緊急停止異常が発生した。

調査の結果、推定原因として、H/W の物理的干渉があることが明らかになった。システムからの設計変更要求がサブシステムの設計へ正しく反映されていなかったことによる。

ミッション遂行上は問題ないため、特に是正策は取らない。

この記述からは、サブシステムにて、システムから要求のあった設計変更が行われていなかったことがわかる。しかし、なぜ設計変更が行われなかったのか、また、設計変更が行われていないことがその後の検査、試験でなぜ発見できなかったのかがわからないため、バリエーションツリー分析およびなぜなぜ分析を行った。

**分析結果****(1) 不具合に至った経緯の整理、問題点の識別**

この事例では、以下のポイントに関して 5W1H の視点から調査を行った。

- 1) システムでの設計変更に関して
- 2) サブシステムへの設計変更要求に関して
- 3) サブシステムでの設計変更の取り扱い方に関して
- 4) 検査、試験の実施方法に関して

これらの点について調査を行った結果、いくつかの変動要因が明らかになった。

## 1) システムでの設計変更に関して

システム担当の B 社はシステム CDR 時に、サブシステム(A 社担当)の設計変更の必要性が発生したため、設計変更を盛り込んだ形で PFM 版の ICD を制定した。A 社担当のサブシステムの設計変更は電気系(ピンアサインメント)と構造物系の 2 つの設計変更であった。なお、システム CDR はサブシステム CDR よりも約 4 ヶ月遅れていた。また、サブシステム担当の A 社はシステム CDR にはよばれていなかった。

## 2) サブシステムへの設計変更要求に関して

PFM 版 ICD は A 社へ送付されたが、この際に変更ポイントが明確になっておらず、単に ICD を丸ごと送付したのみであった。なお、A 社にて設計を担当していたのは電気系の人であり、ピンアサインの設計変更の必要性には気づいたが、構造の変更の必要性には気づかなかった。

なお、A 社ではシステム CDR の終了を待たずに、自社思想に基づき設計を開始していた。

## 3) サブシステムでの設計変更の取り扱い方について

変更箇所に関して、A 社では技連を用いて B 社にピンアサインメントの変更以外に変更が無いか確認をしていたが、技連の主目的は他の調整事項に関するものであり、B 社では該当する箇所のみをレビューして回答した。その結果、形式的にはその他の変更はないと承認されたことになり、A 社では構造の変更を行わないまま製造し、B 社へ搬入された。

## 4) 検査、試験の実施方法に関して

構造系の変更箇所はサブシステム単体では問題とならないため、サブシステムでの検査では発見できなかった。また、B 社に搬入された際の検査報告書のレビューも、A 社からの説明を受けて確認する程度のものであり、変更が行われたかは確認されなかった。

構造系の変更は実際に動作確認を行わなければ発見できないものであり、システムインテグレーション検査でも発見できなかった。なお、当初計画されていたシステム PFT は CDR までに時間がかかり、また、B 社にて行われた CAD/CAM による干渉確認にて問題無しと判断されていたため、JAXA に確認の上、実施しなかった。

調査で得られた情報を整理して、バリエーションツリーを作成したものが図 III-3 である。

このバリエーションツリーからは、「PFM ICD の制定遅れ(ICD に設計変更内容が明示されなかった)」、「変更内容が承認されたと判断」等、いくつかの変動要因があることがわかる。

これらの変動要因のうちで、排除することで不具合に至る流れを止めることのできる箇所(排除ノード)として以下の6箇所が考えられる。

#### a) 排除ノード

- PFM ICD の制定遅れ(B 社)

この変動要因では、設計変更箇所をいかに知らせるかがポイントであった。

なぜ、「ICD に設計変更内容が明示されなかったのか」、「設計変更時の ICD の点検」、「レビューは実施されているのか」等をさらに掘り下げる必要がある(ICD の様式や改訂の手順の問題か、手順の省略が問題か)。

- 変更内容のチェック漏れ(A 社)

この変動要因では、変更箇所をいかに把握するかがポイントであった。

「ICD の変更内容のチェックは行われたのか」、「なぜ、構造系の変更に気づかなかったのか」等を掘り下げる必要がある(手順の問題か、担当者のアサイン(担当者が電気系であった)の問題か)。

- 変更内容が承認されたと判断(A 社)

この変動要因では、変更内容をいかに確実に知らせるかがポイントであった。

これに関しては、「なぜ技連で確認をしたのか」、「なぜ他の調整事項とあわせて補足的に確認したのか」等々を掘り下げる必要がある(メーカー間の関係やメンツ等)。

- CAD/CAM による干渉確認にて問題なし(B 社)
- システム PFT 省略の調整(B 社)

この変動要因では、設計変更の検証漏れがポイントであった。

「なぜ、CAD/CAM データの確認を A 社に依頼しなかったか」、「システム PFT を省略する場合の影響度の評価は十分であったか」についてもさらに深く掘り下げる必要がある(調整の問題など)。

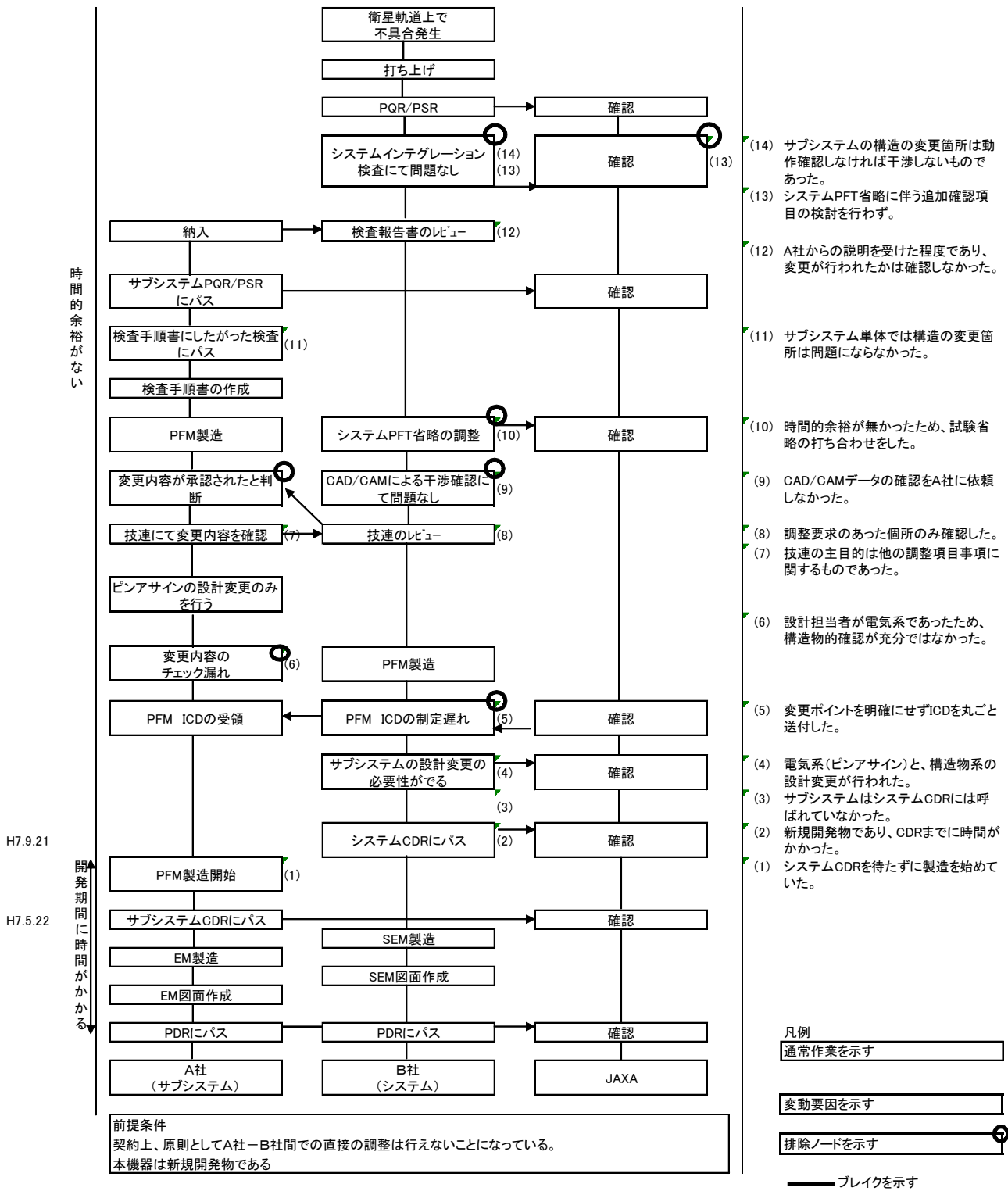


図 III-3 バリエーションツリー

- システムインテグレーション検査にパス(B社)

この変動要因では、検査で設計変更の漏れをいかに発見するかがポイントであった。

「なぜ検査手順書に従った検査にパスをしたのか」、「手順書には何が書かれていたのか」等をさらに深く掘り下げる必要がある(手順書の内容が問題か、等)。

#### b) ブレイク

この事例では、ブレイクはない。

### (2) 問題点に対する要因の抽出

バリエーションツリー分析によって対策上のポイントとなった各変動要因について、その背後要因をなぜなぜ分析により探索した結果を示す。

#### 1) PFM ICD の制定遅れ (B社)

##### a) 制定が遅れた

- 新規開発であった。
- 設計変更を盛り込むのに時間がかかった。
- CDR までに時間がかかった。

##### b) ICD に設計変更内容が明示されなかった

- ICD の作成要領に従っていなかった。
- ICD の点検のルールを省略した。

#### 2) 変更内容のチェック漏れ(A社)

##### a) ICD レビューの省略(サブシステム部門)

技術指示文書の制・改訂時における「審査(または内容の確認)」の実施は、JMR-005(品質保証プログラム標準やISO9001の要求事項であるので、発行部門自らによる「点検(照査)」は当然実施されたが、関連する他部門の担当者等を含めた「実効のあるレビューが実施されなかった(省略された)」と解釈すると、レビューを省略した背後要因としては、下記が考えられる。

##### ① スケジュールの問題

- スケジュール上、レビューをしている余裕がなかった。(工期がタイト、要員不足、不具合多発等、「スケジュールに余裕がない」ことに対する背後要因は多々考えられる)
- レビューの手続きはとった(図面会議は開催した)が、出席者／参加者が確保できず「お流れ」になってしまった。

##### ② 担当者の誤判断

- 図面の改定内容が小規模であったため、設計者が独自にレビュー不要と判断した。
- 設計担当者がレビューの有効性を十分に評価していなかったため、意図的にレビューを省略した。(関連部門による評価をやっても有効な指摘や意見が得られない。すなわち、やっても無駄「時間の浪費になるだけ」と考えていた。)
- レビューの実施に関する社内手順が確立されていなかった。
- レビューにおける専門的判断体制がなかったため、担当者が独断で判断してしまった。

##### b) 構造系の変更に気づかなかった。

- 設計担当者が電気系と構造系とで別であり、電気系担当者がチェックした。
- 図面が電気系と構造系とで別であり、構造系の図面との整合を確認しなかった。
- 変更内容が不明確であった。

## 3) 変更内容が承認されたと判断(A 社)

- a) 技連の主目的は他の調整事項であった。
- 複数の技連でのやりとりの手間を省いた。
  - 変更内容は重要ではないと判断した。
  - 変更内容が注目されるのを避けた。
- b) 技連のルールに従わなかった。
- 内容の点検を省略した。
- c) メーカー間で調整する場がなかった。
- 契約上、直接やりとりする場が設けにくかった。

## 4) CAD/CAM による干渉確認にて問題なし(B 社)

- a) CAD/CAM による干渉確認にて問題がなかった。
- 詳細形状までインプットするのは手間がかかるため、簡略したノミナル形状で行っていた。
  - 検証ツールの精度の確認が不十分であった。
  - 検証ツールへ、変更内容を反映していなかった。
  - 検証ツールへ、変更内容を反映する必要はないと判断した。
  - CAD/CAM データの確認をA社に依頼しなかった。

## 5) システム PFT 省略の調整(B 社)

- a) システム PFT を省略した。
- スケジュールに余裕がない。
  - 打上げまでのスケジュールから、CAD/CAM による干渉確認で問題ないと判断した。
  - SEM で確認されていたため、問題ないと判断した。
  - 他の重要な設計変更の試験を優先した。

## 6) システムインテグレーション検査にて問題なし(B 社)

「なぜ検査に合格したのか」の背後要因の事例をあげる。

- a) 構造系の変更箇所はサブシステム単体では検査しなかった。
- 検査では動作確認は実施しなかった。
  - 検査では、確認できない設計変更であった。
  - 検査要求があいまいであった。
  - 検査手順書が改訂されていなかった。
- b) 検査時に図面を使用していなかった。
- 検査方法(使用ツール)が明確でなかった。
  - 今までの経験から問題ないと判断した。
  - 検査基準があいまいであった。
- c) 検査報告書のレビューが不十分であった。
- 変更箇所は確認しなかった。
  - 報告書を信用した。
  - スケジュールを優先した。

予防対策の視点で探索したなぜなぜ分析結果を図 III-4 に示す。

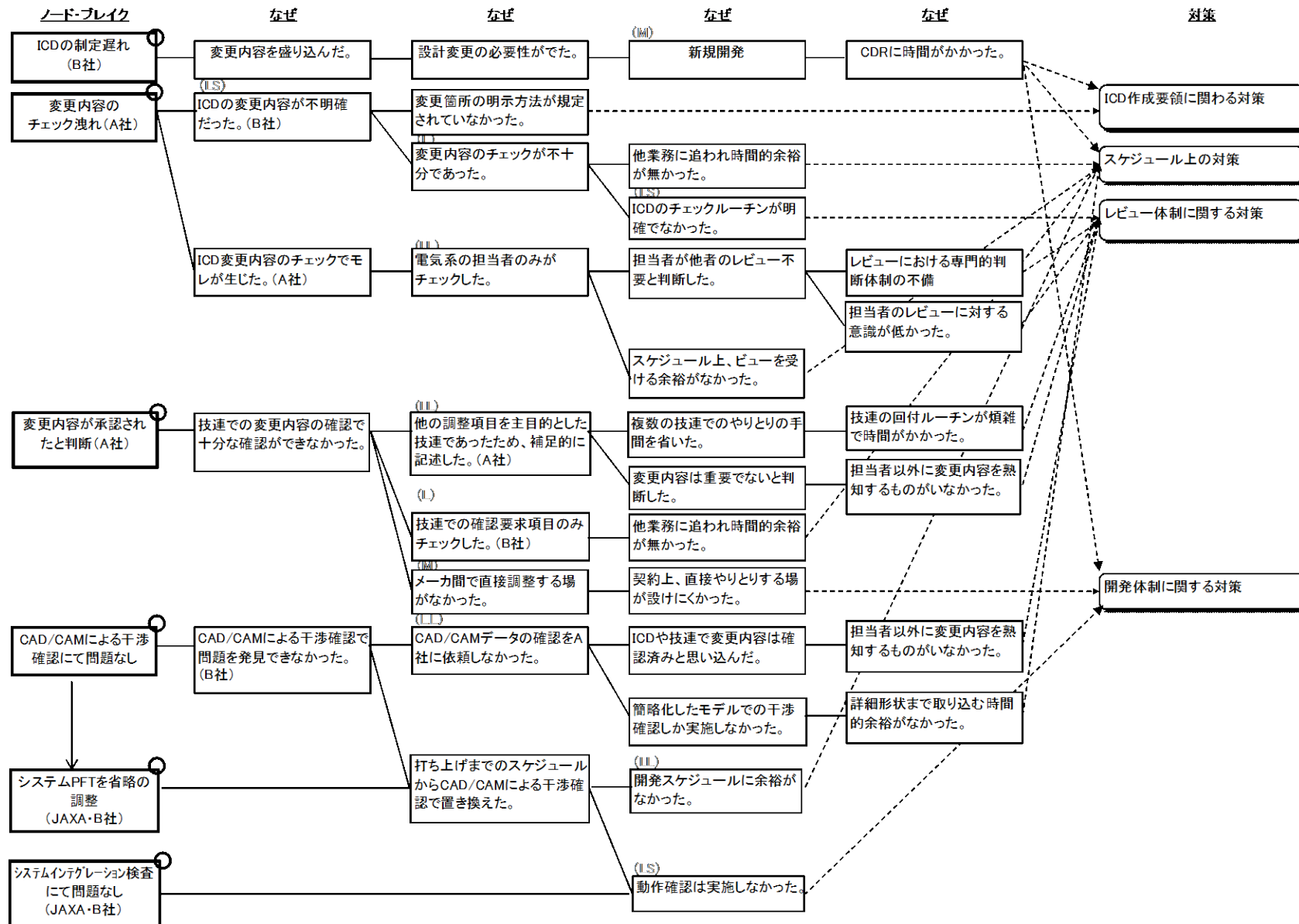


図 III-4 なぜなぜ分析とその対策

### 事例3 衛星推進系 AKE 燃焼圧低下不具合

#### 不具合の概要

軌道変換のためのアポジエンジン(AKE)噴射において、AKE 燃焼圧(テレメトリー)が、フライト前予測値より約3%低下した。その結果、#3AKE 軌道変換において酸化剤が枯渇、燃焼が自動停止した。

その後、20N スラスタを使用した#4AKE を追加し、計画通りのドリフト軌道に投入することができた。

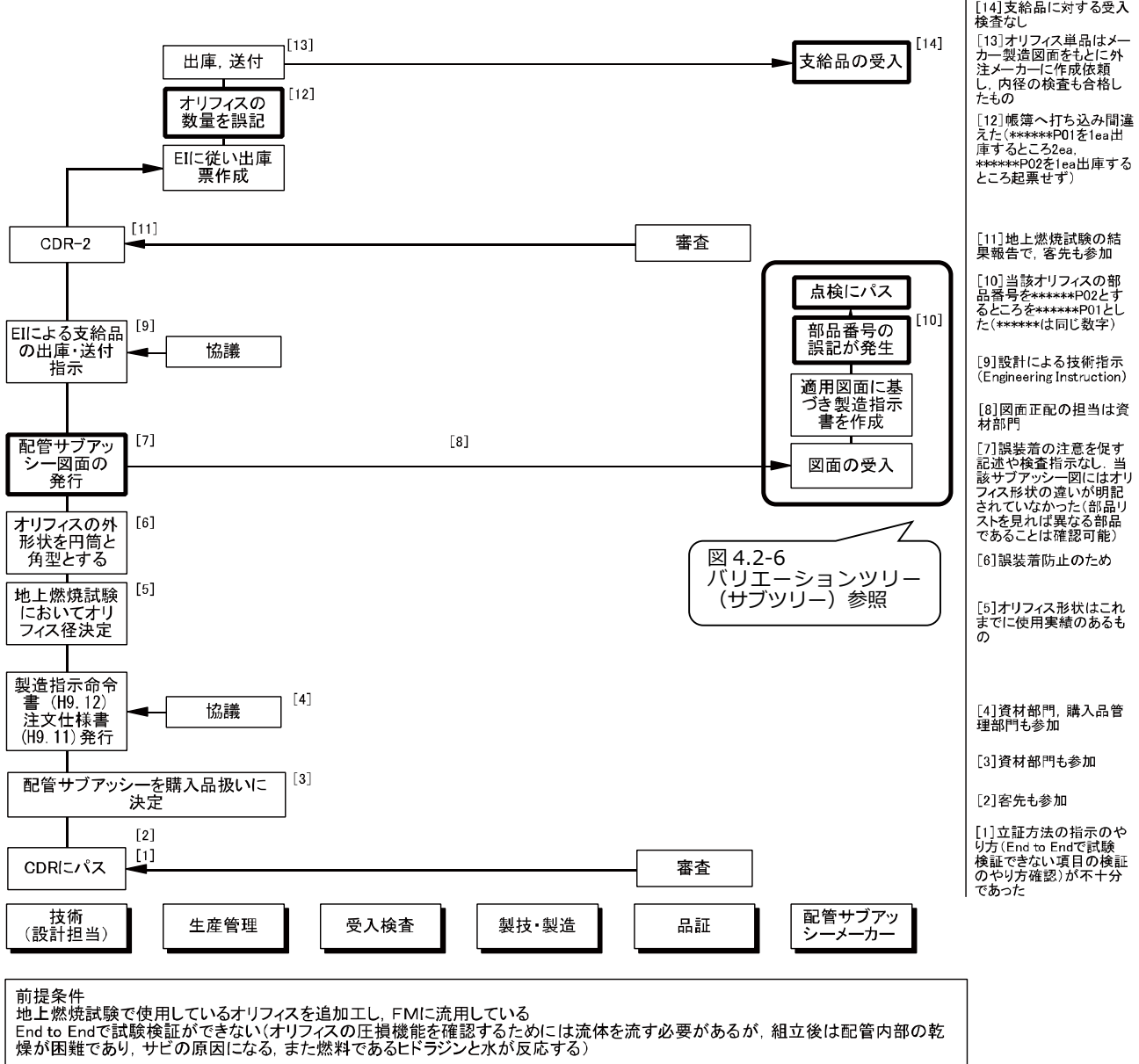
その後の AKE 燃焼圧低下要因の詳細調査により、燃料側に設置した流量調整用の型のオリフィスが図面指示と異なったものが取り付けられていることが、配管組立の製造指示文書(配管サブアッシーメーカ)と当該オリフィス在庫品数量から明らかになった。

誤って取り付けられたオリフィスは、図面指示値よりも内径の小さいものであり、AKE 燃焼圧低下と同時に混合比(酸化剤と燃料の消費の割合)増加の原因となり、#3AKE 軌道変換の酸化剤枯渇を発生させた。

#### 分析結果

上記事例についてバリエーションツリー分析を行った。全体の分析結果を図 III-5 以下に示す。

配管サブアッシーメーカが図面を受け入れてから製造指示書を作成したが、そこで部品番号の誤記が発生した。図内の、四角く囲った場所が当該箇所である。この部分、すなわち部品番号の誤記が発生したプロセスをサブツリーとしてさらに詳細に分析したものを図 III-6 に示す。サブツリーを書くことで、より問題点が明確に把握でき、エラー防止対策に結びつけることができる。



- [14] 支給品に対する受入検査なし
- [13] オリフィス単品はメーカー製造図面をもとに外注メーカーに作成依頼し、内径の検査も合格したもの
- [12] 帳簿へ打ち込み間違えた(\*\*\*\*P01を1ea出庫するところ2ea、\*\*\*\*P02を1ea出庫するところ起票せず)
- [11] 地上燃焼試験の結果報告で、客先も参加
- [10] 当該オリフィスの部品番号を\*\*\*\*P02とするところを\*\*\*\*P01とした(\*\*\*\*は同じ数字)
- [9] 設計による技術指示(Engineering Instruction)
- [8] 図面正配の担当は資材部門
- [7] 誤装着の注意を促す記述や検査指示なし、当該サブアッシー図にはオリフィス形状の違いが明記されていなかった(部品リストを見れば異なる部品であることは確認可能)
- [6] 誤装着防止のため
- [5] オリフィス形状はこれまでで使用実績のあるもの
- [4] 資材部門、購入品管理部門も参加
- [3] 資材部門も参加
- [2] 客先も参加
- [1] 立証方法の指示のやり方(End to Endで試験検証できない項目の検証のやり方確認)が不十分であった

図 III-5 バリエーションツリー(全体)



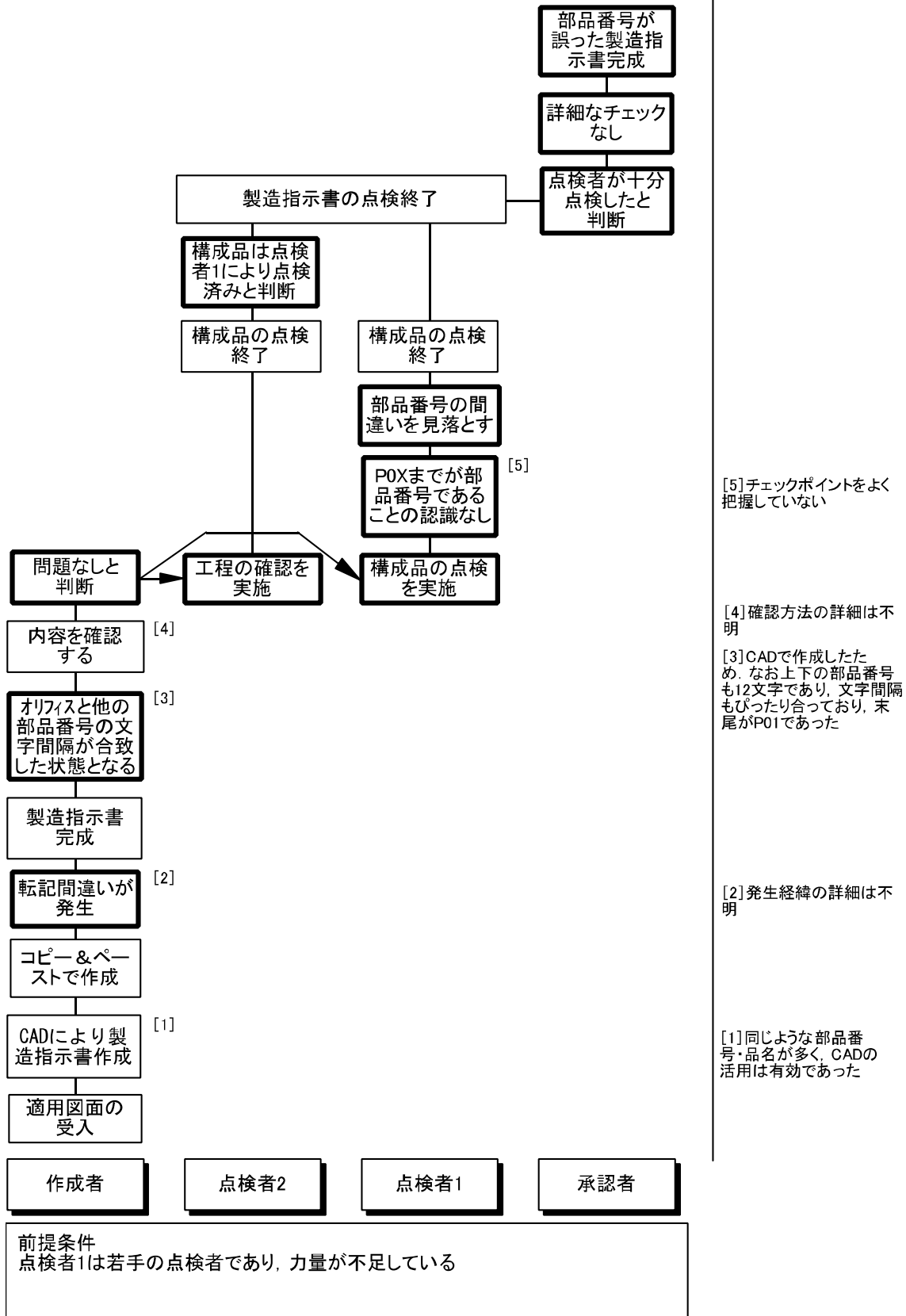


図 III-6 サブツリー  
(バリエーションツリー(全体)の右側囲み部分に対するサブツリー)

## 事例4 サブシステム用差圧センサーの信号ライン誤配線

### 不具合の概要

射場でのロケットサブシステム点検作業中において、3個ある差圧センサーのうち、1個の差圧センサーの出力が正負反転しているという不具合が発見された。不具合調査の結果、原因はセンサーリード線とワイヤ間の誤結線と判明し、現品の処置としてワイヤのスプライスによる結線変更を実施した。

### 分析結果

上記不具合の「差圧センサーの信号ライン誤配線」に対し、次の3つの手法を用いて分析を行った。

- ・いきさつダイアグラム
- ・なぜなぜ分析
- ・PSF 法
- ・ノタメニ分析

以下、順に分析結果について示す。

#### (1) 不具合に至った経緯の整理、問題点の識別

本不具合は、サブシステム工場内でのセンサーおよびワイヤの取り付け時の誤配線に起因している。取り付け、結線後の外観検査や工場内で実施したセンサーの機能試験で発見できず、射場搬入後の機能試験で発見された。

この間の経緯をいきさつダイアグラムを使って整理し、ヒューマンエラーの明確化を図った。結果を図 III-7 の「いきさつダイアグラム(差圧センサーの信号ライン誤配線)」に示す。図の左欄には、正常な作業ステップを、右欄には、正常な作業ステップからの逸脱としてのヒューマンエラーを示している。

図 III-7 のいきさつダイアグラムを作成するにあたっては以下の配慮を行っているので参考に記す。

- 不具合調査の結果、作業者が結線図を読み違えて誤結線したのか、結線図を正しく認識していたが、その後の混乱や錯覚等何らかの要因で誤結線したのかを特定することができなかった。このため、ヒューマンエラーとして(a)の「センサー／ワイヤ間の信号ライン結線図を誤認した」ため誤結線をした場合と、何らかの要因で(b)の「センサー信号ラインとワイヤ間の結線を正負反転して接続した」場合の2つのケースを考慮している。
- 検査に際しての誤結線の見逃しについても同様に、結線図の誤認が可能性のあるヒューマンエラーとして考えられるが、上記作業におけるヒューマンエラー要因と共通すると考え、省略している。

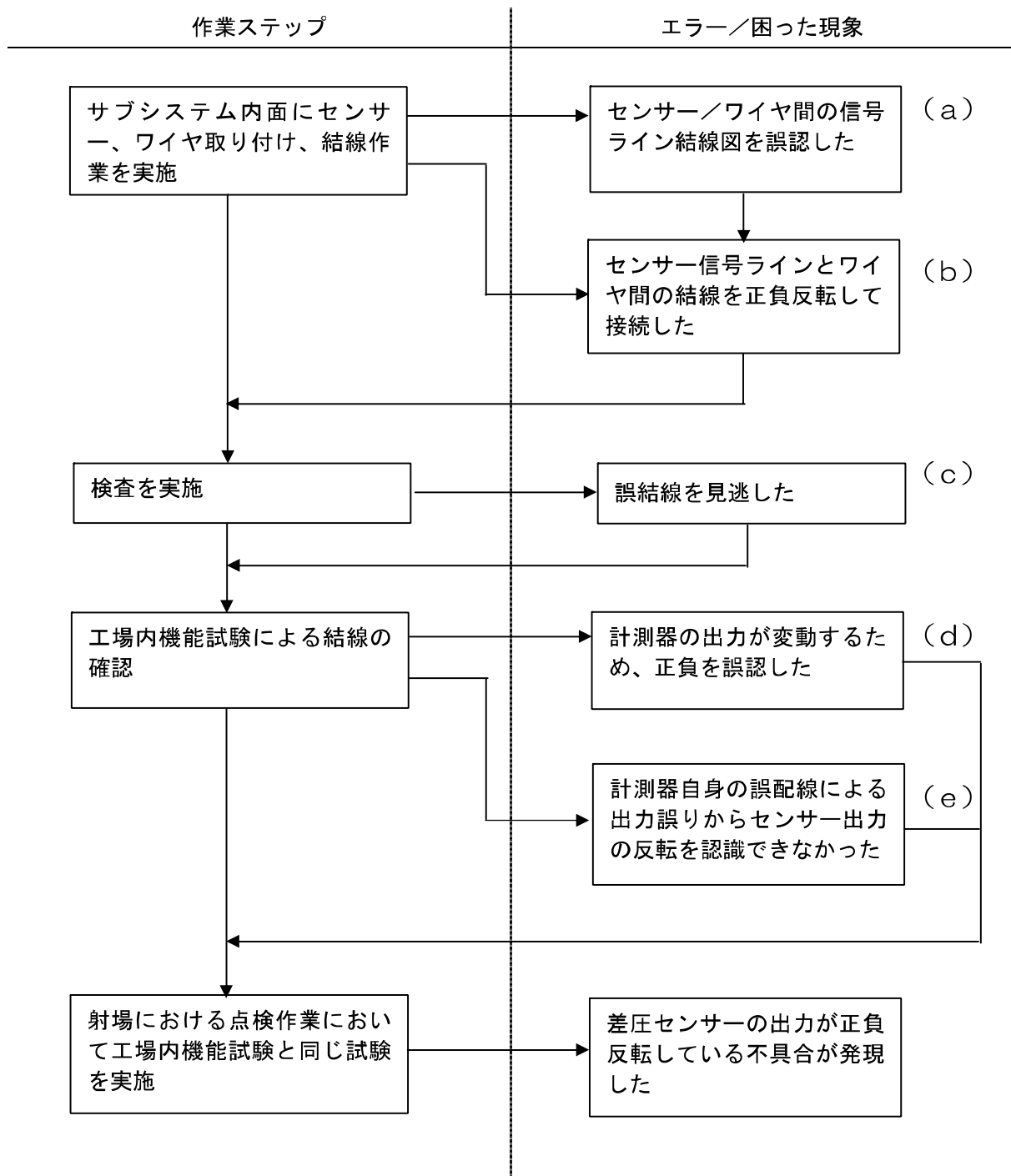


図 III-7 いきさつダイヤグラム(差圧センサーの信号ライン誤配線)

## (2) 問題点に対する要因の抽出

明確にしたヒューマンエラーに対し、PSF リファレンス・リスト(付録編を参照)を参照し、エラーの要因を抽出した。

リファレンス・リストはヒューマンエラーの要因を想起するためのツールであり、ある項目が該当すると思ったときは、それにただ○を付けるだけでなく、思い当たることがらを具体的に、かつ簡潔に書き出すことが必要である。

図のいきさつダイヤグラムに示したヒューマンエラー(a)～(e)に対し、抽出した要因を以下に示す。(左端から、要因、事例不具合での具体的要因を示した。)

- (a) センサー／ワイヤ間の信号ライン結線図を誤認した  
 解釈・判断が困難: 事前に図面の十分な確認ができなかった  
 確認・照合・検証が不十分: 図面と実物との事前照合が困難  
 時間的制約が厳しい: 仕様決定が遅く、図面の発行が遅れた  
 照明、騒音、高低温などの環境が悪い: 投光器が暑く、遠ざけていた  
 資料・図面が判りにくい: 実装図に寸法と配線が入り組んで読みとりにくい  
 計画・工程に余裕がない: 事前に図面を十分に確認する余裕がなかった
- (b) センサー信号ラインとワイヤ間の結線を正負反転して接続した  
 作業性が悪い: 作業姿勢、踏み台、半田ごてのコードなどの条件が悪い  
 確認・照合・検証が不十分: 薄暗いためリード線を見分けにくい  
 照明、騒音、高低温などの環境が悪い: 投光器が暑く、遠ざけていた  
 資料・図面が判りにくい: 実装図に寸法と配線が入り組んで読みとりにくい  
 対象機器の形状、大きさ、状態などが扱いにくい: 容易にする工夫がない  
 部品、測定機器、工具(専用工具を含む)などに改良の余地がある:  
 半田ごて、踏み台、作業台、照明器具などが不備  
 状態や機器の識別性が悪い: リード線の色、番号など、強調がない
- (c) 検査に際して誤結線を見逃した  
 熟練者・担当者への過信: 間違いはないだろうという過信があった  
 検査不十分、検査の軽視、ダブルチェック機能の欠如など:  
 検査経験の無い社員一人に検査を担当させた  
 確認・照合・検証が不十分: 確認すべきことから、確認方法の理解不足  
 照明、騒音、高低温などの環境が悪い: 投光器を近づけずに目視検査した  
 仕様書・手順書・指示書・図面などの不備: 確認項目が不明確だった  
 的確な経験的判断をできる人が機能していない: 検査が初心者任せであった
- (d) 計測器の出力が変動するため、正負を誤認した  
 解釈・判断が困難: 揺らぎの中から信号を抽出しなくてはならない試験方法  
 作業手順・方法が不適切: 試験環境が安定しない試験方法  
 部品、測定機器、工具(専用工具を含む)などに改良の余地がある: 同上  
 試験方法が不確実または便宜的: 同上  
 検査・試験の合否識別が困難: 解釈・判断が困難と同じ  
 表示が紛らわしい: 同上
- (e) 計測器自身の誤配線による出力誤りからセンサー出力の反転を認識できなかった  
 確認・照合・検証が不十分: 計測器の接続に対する注意の喚起不足  
 誤った取り付けに対する配慮が足りない設計や製作過程: 誤配線ができる構造  
 部品、測定機器、工具(専用工具を含む)などに改良の余地がある:  
 コードの色分けなど、識別性を良くする余地がある  
 なお、要因抽出のための手法として「ノタメニ分析」および「なぜなぜ分析」があるが、参考までにこれらの分析結果についても後述する。

### (3) 要因の整理および対策の立案

抽出したヒューマンエラーの要因を「要因マトリクス」を用いて整理した結果を示す。これは、(誘発要因、状況要因)×(直接要因、背後要因)のマトリクス状に仕分け・整理し、要因の見落としがないかを確認するとともに、直接要因からエラー防止対策を、背後要因からは PSF 緩和対策を導くというものである。

(図 III-8 の「要因マトリクスと対策(説明図)」参照。)

事例として、ヒューマンエラー「センサー信号ラインとワイヤ間の結線を正負反転して接続した」の要因について、要因マトリクスによる要因の仕分け・整理の結果と対策立案の結果を図 III-9 に示す。

同様にして、(d)ヒューマンエラー「計測器の出力が変動するため、正負を誤認した」については図 III-10 のような要因マトリクスと対策例を導くことができる。このケースでは要因を次の2つにグルーピングしまとめている。

「試験における表示が紛らわしい」

「試験方法が不安定である」

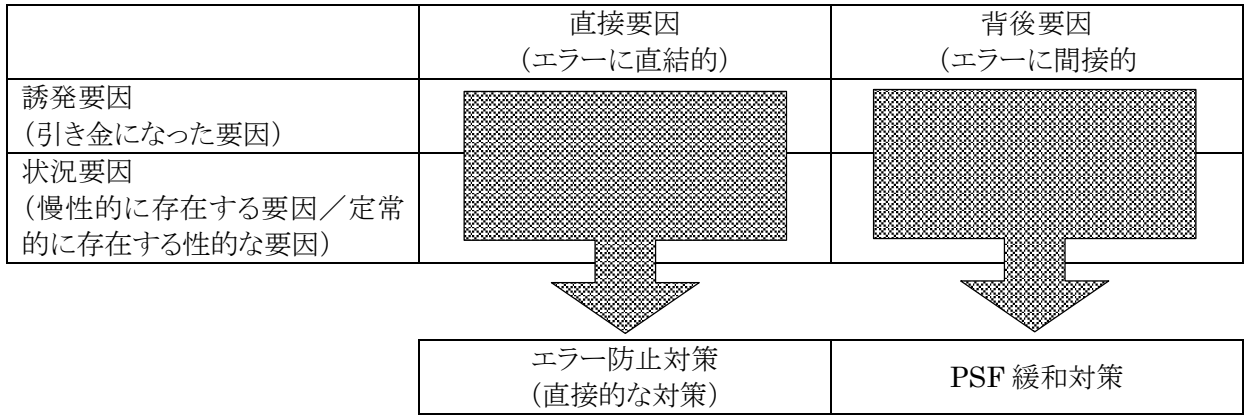


図 III-8 要因マトリクスと対策(説明図)

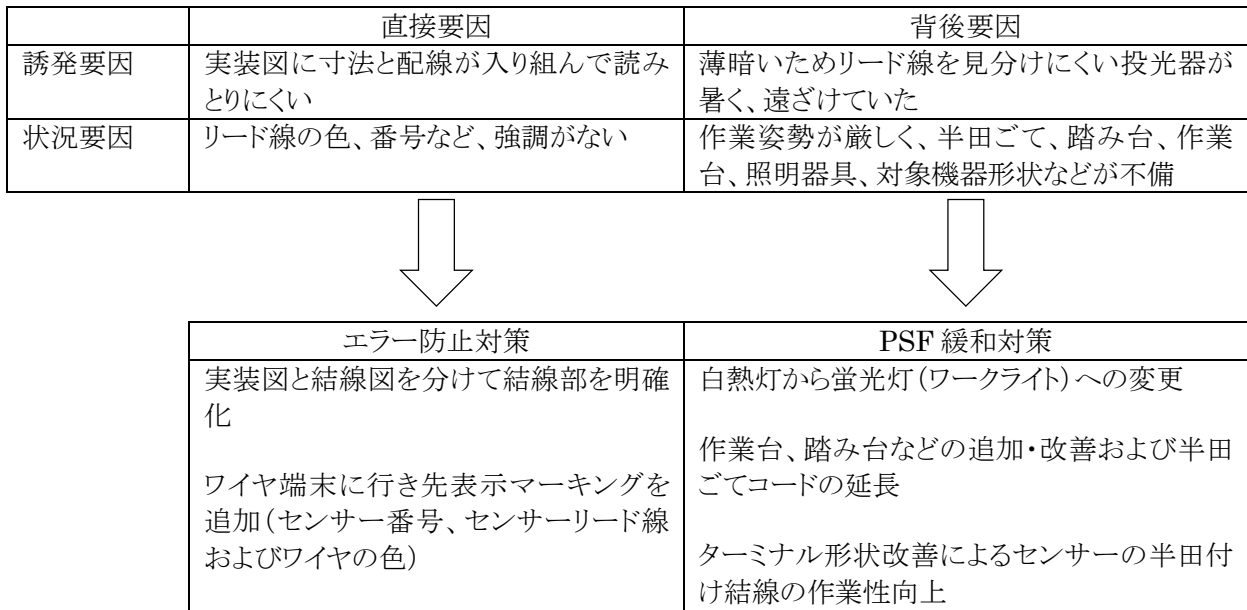


図 III-9 要因マトリクスおよび対策

(ヒューマンエラー:「センサー信号ラインとワイヤ間の結線を正負反転して接続した」に対するマトリクスおよび対策)

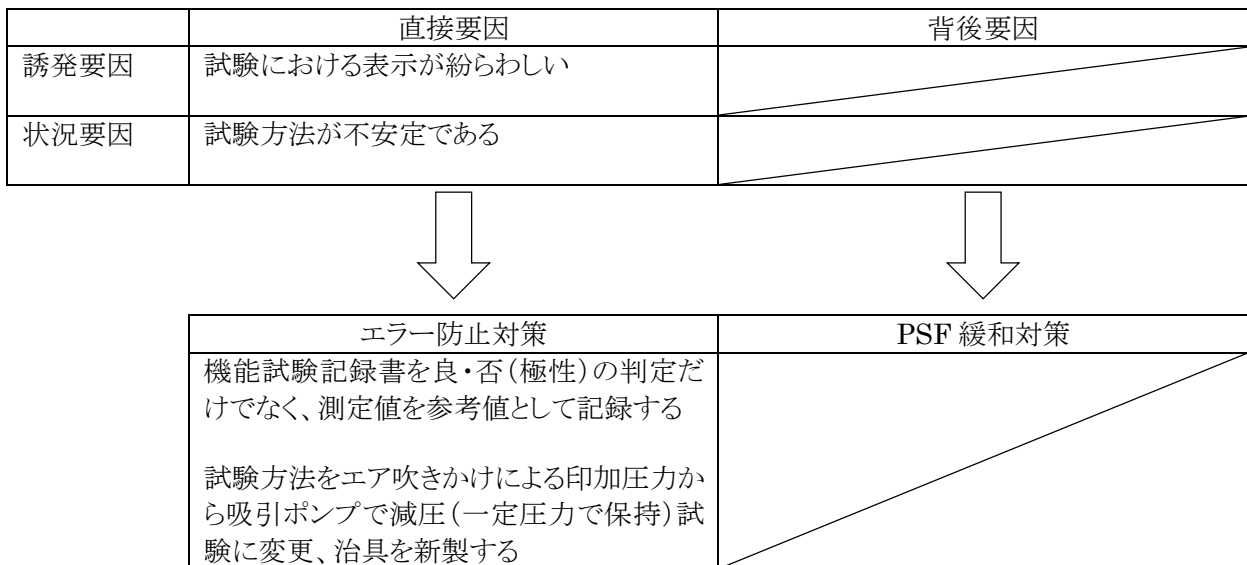


図 III-10 要因マトリクスおよび対策

(ヒューマンエラー:「計測器の出力が変動するために、正負を誤認した」に対するマトリクスおよび対策)

**(4) 参考① ノタメニ分析による要因抽出の例**

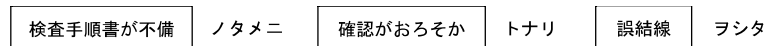
参考までに、ノタメニ分析による要因抽出の例について示す。

ヒューマンエラーの要因を考え、その経緯を文章で表すと次のような簡単な構文となる。

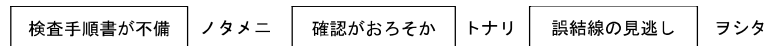


この構文にあてはめることにより、ある事柄がヒューマンエラーの要因か否かを検討する簡便法である。ヒューマンエラーや要因等の分析手法に慣れていれば、あえて用いる必要はなく、補助的な手法である。

少し極端であるが「検査が不十分なため、誤結線不具合が発生した」を例にとりノタメニ構文にあてはめると、



となるが、検査の出来不出来によって、誤結線の不具合が発生するわけではなく、文脈が通じない。このことから、誤結線のエラー要因としては、他の要因を調査すべきであり、本例では、次の構文に示すよう「検査が不十分なため誤結線の不具合を見逃した」と考えるのが妥当といえる。



以下に(b)のヒューマンエラーの要因についてノタメニ構文に当てはめてみたので参考までに提示する。

ノタメニ分析においてもリファレンス・リスト法による要因の抽出と同様、抽象的な要因ではなく個々のエラーに応じた実際の要因をノタメニの頭に持ってくるようにすればこじつけや屁理屈になりやすい欠点を補える(図 III-11)。

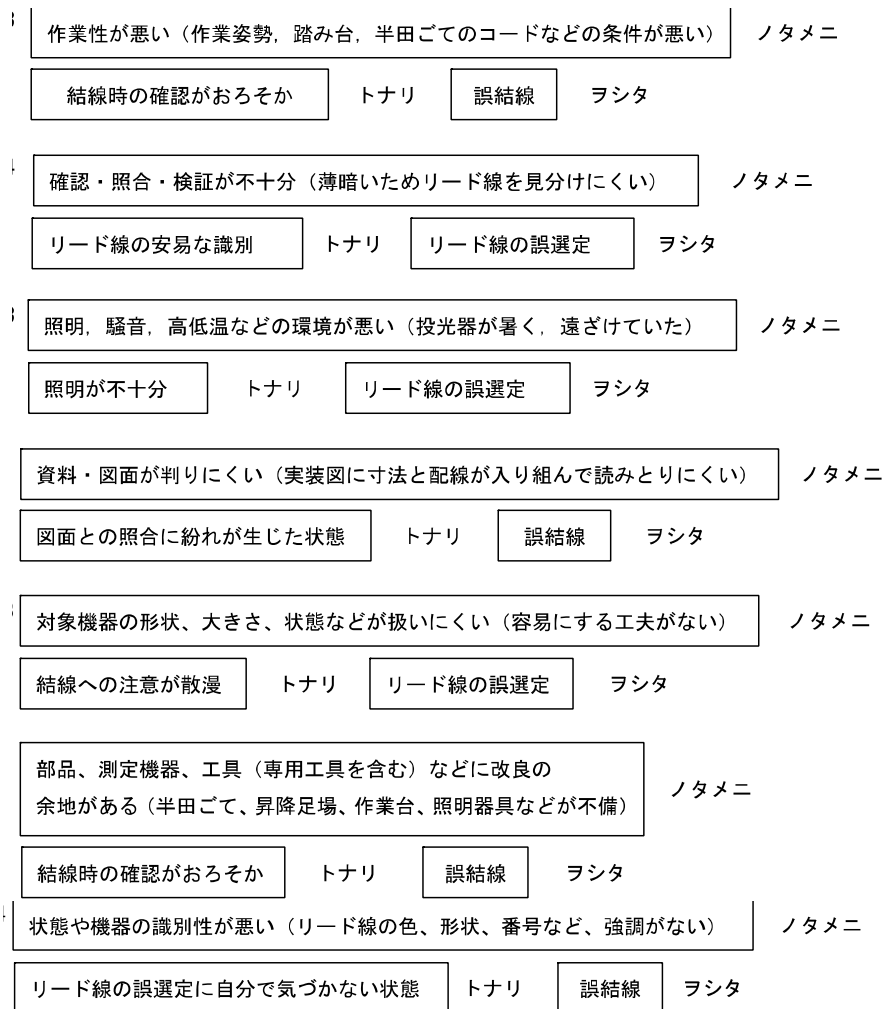


図 III-11 ノタメニ分析による要因抽出例

**(5) 参考② なぜなぜ分析による要因抽出の例**

以下になぜなぜ分析を適用した例を示す。最初の例(図 III-12)は、不具合事象(差圧センサーの信号ライン誤配線)全体に対するなぜなぜ分析である。

次の例(図 III-13)は、上記のうち、「センサー結線間違い」を引き起こした事象(1つ目の「なぜ」)のうち、「図面の見誤り」「センサー配線の色組み合わせの見誤り」について、より詳細に掘り下げた(「対策志向」の観点をもって掘り下げた)なぜなぜ分析である。本書に示された手順に従い、対策志向の観点をもって実施すると、このように簡潔で本質をついた対策を追求することができる。

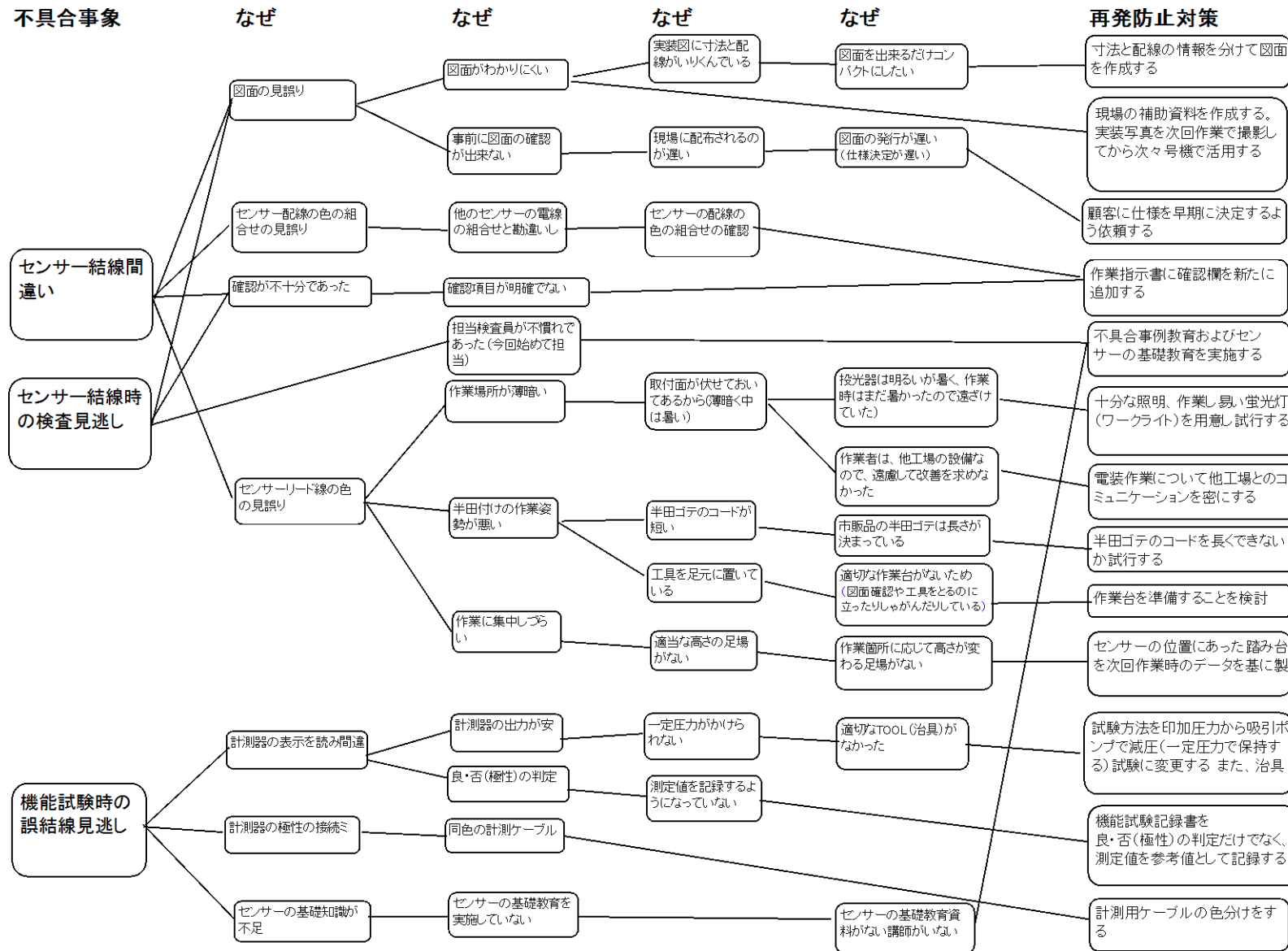


図 III-12 なぜなぜ分析  
(差圧センサーの信号ライン誤配線)



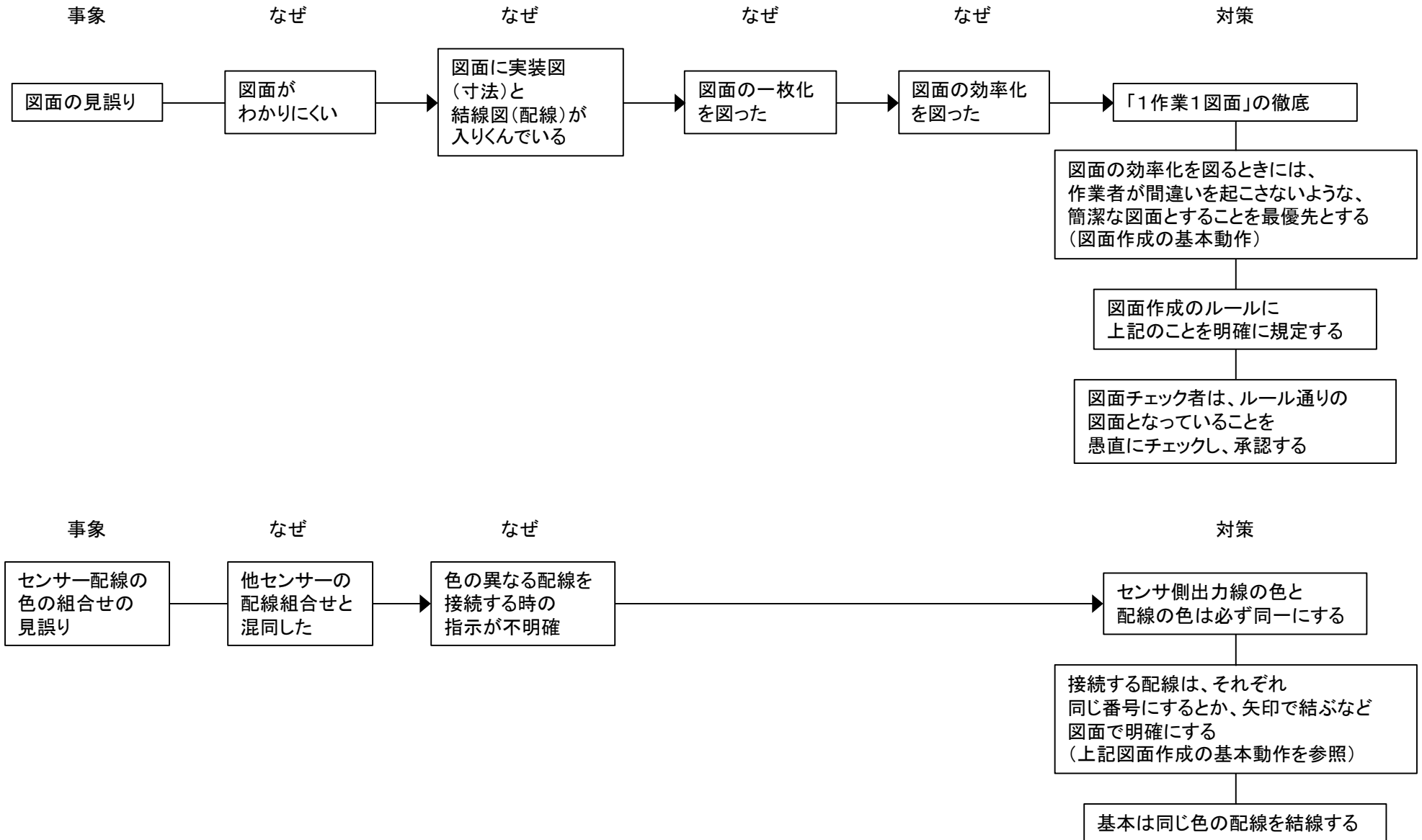


図 III-13 なぜなぜ分析  
 (「センサー結線間違い」における「図面の見誤り」および「センサー配線の色の組み合わせの見誤り」)

事例5 ポカミスによる不具合への PSF 分析

分析の概要

ノギスの落下による損傷不具合などのいわゆるポカミスによる不具合が連続して発生したことからその防止のための対策を施す必要がでた。従来のようなポカミスを起こした作業員への注意喚起だけは連続して発生しているポカミスへの根本的な対策にはならないと考え、PSF を使って不具合を発生させた要因の識別を検討した。

分析結果

PSF を使った要因の傾向分析を行った。

今までに発生したポカミスの背後には共通的な要因が潜んでいるのではないかと考え、まず過去3年間の不具合の中からポカミスに関連する不具合をピックアップした。次にそれぞれの不具合の要因が PSF 項目のどれに該当するか関係ありと思われるものには「○」、やや関係ありと思われるものには「△」を付した。表 III-2 にその例を示す。

表 III-2 ポカミスによる不具合要因分析(例)

要因分析用PSF			ポカミスによる不具合		
要因カテゴリ	No	PSF項目	ツールフィクチャへの工具落し	固定アームのコーティング剥離	...
経験・知恵	1	作業に含まれている危険性や結果的に引き起こされそうなことについて認識が不十分	○	○	
	2	作業の経験・知識が不十分	○		
判断上の負担	3	細部の実施手順や方法について、経験による判断が必要			
	4	遵守すべき規格や基準値が多く煩わしい			
	5	経験からの「読み」などの意思決定が必要			
	6	具体的な判断基準がなく少し迷う			
身体的な負担	7	熟練や腕の冴えが必要		△	
	8	身体の一部(目、手、首、腰、足)に負担がかかる			
心理的な負担	9	時間的な制約があり、心理的な負担がかかる			
	10	関連する他系統の作業との連携がよくない			
	11	一連の作業が長く続き、心理的な負担となる			
・	・	・			

点数付けは○を2点、△を1点とした。

要因カテゴリー(表 III-3)の中から点数の高いものとして以下の要因が識別された。

- 経験・知恵
- 機器・工具
- 作業空間
- 作業環境
- チーム・組織
- 工程管理

これらの要因に対しては、作業前の危険要因の先取りを図ることや重要な工程には単独作業とならないよう人員を配置するなどの対策を講じることとした。

表 III-3 要因カテゴリー

要因カテゴリー
経験・知恵
判断上の負担
身体的な負担
心理的な負担
機器・工具
作業空間
指示・連絡
作業環境
チーム・組織
工程管理
風土・体制

従来のポカミスへの対策は、往々にして作業者を上司が叱責し、注意喚起をはかるということが多かったのではないだろうか。このような対処(叱責)では作業者の作業への使命感、モチベーションが下がり、さらなるポカミスにつながる場合もあろう。

今回この PSF 分析を通して注意喚起だけでない対策をうつことができた。さらに作業者と上司がポカミス不具合のなにが問題であったか、背後になにがあったのかを深く話し合う場が設けられた。このようなコミュニケーションにより作業者と上司の信頼関係が深まることで作業者のモチベーションが向上し、ひいてはミスの軽減、そこから引き起こされる不具合の軽減につながると考えている。

## 事例6 衛星推進系不具合いさつ分析

### 分析の概要

衛星推進系の場合、軌道上での不具合がそのまま衛星ミッションの達成に大きな影響を及ぼす可能性が高く、高い品質が要求されている。

このため衛星推進系の不具合撲滅を目的として、過去の主要不具合を分析し、背後に潜む根本的な要因を洗い出し、抜本的対策を構築することとした。

### 分析結果

以下の分析を実施した。

- 衛星推進系における過去の主要な不具合の洗い出し
- 各不具合のいさつ分析の実施および要因抽出
  - 通常(正規)の作業の流れの中でどこにイレギュラーな事象が発生したのかをいさつダイアグラムによって分析する。
  - いさつ分析の結果として洗い出されたイレギュラーな事象が何故起きたのか、PSF 項目から選定する。
- 要因の整理および対策の立案
  - 選定した PSF 項目を統計し、最も多くの不具合の要因となっている項目を洗い出す。
  - その要因に対して、対策を講じる。

#### (1) 衛星推進系における過去の不要な不具合の洗い出し

過去に発生した衛星推進系の軌道上あるいは射場での不具合のうち、特にミッションあるいはコスト・スケジュールに与えた影響の大きかった8件の不具合について分析を実施した。

#### (2) 各不具合のいさつ分析の実施および要因抽出

それぞれの不具合に対して、不具合いさつダイアグラムを作成し、特に重大なエラー事象にかかわる PSF を選定した。

#### (3) 要因の整理

対策検討にあたり、まず選定した PSF を整理した。

PSF 項目の抽出結果をもとにヒストグラムを作成し、何が要因として多く取り上げられているかを洗い出した。このとき PSF の要因で「○:関係あり」は2ポイント、「△:やや関係あり」は1ポイントとして計算した。

PSF 項目の結果をもとにヒストグラムを作成した結果を図 III-14 に示す。このうち、最もポイントの高い要因を「再弱点」として洗い出した。今回は 10 ポイント以上となった要因を再弱点として識別した。

これらの最弱点に対して、対策を検討した。対策はできる限り階層、部署ごとに設定した。

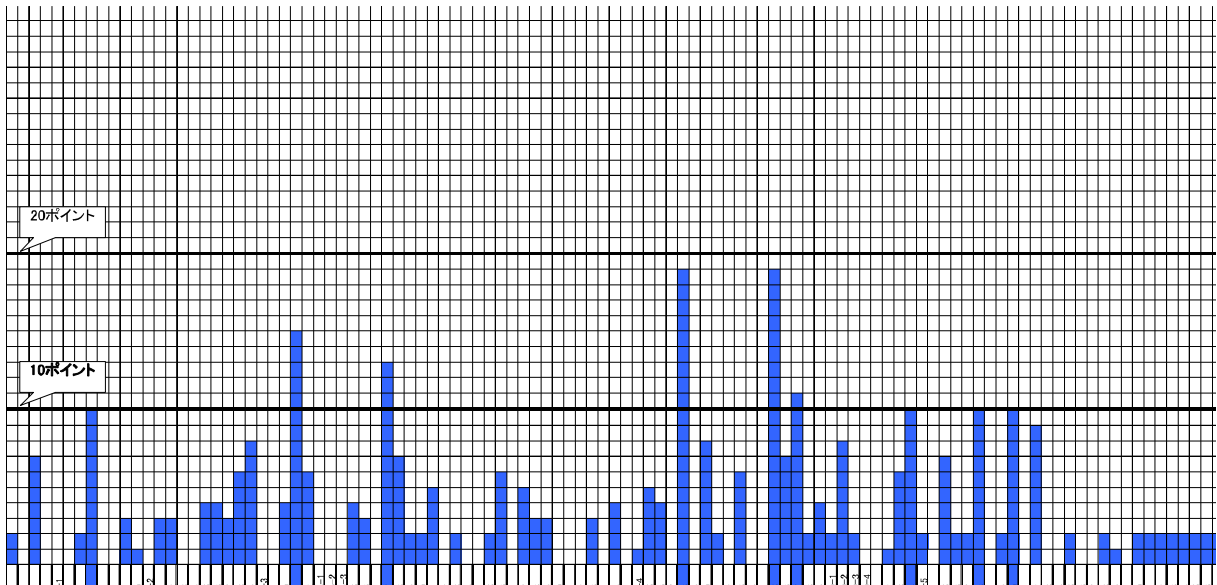


図 III-14 PSF 項目集計結果

(4) 対策の立案

対策の検討は関連部門（設計、生産技術、品証）によるブレインストーミング形式で、まず現行の防止対策をリストアップし、次にそれらが機能しているか、機能していない理由はなにか、どうすれば改善できるか、という点に留意して実施した。対策案の検討結果を表 III-4 に示す。

表 III-4 対策案の立案

カテゴリー	要因	関連部門	現行の防止対策	歯止めがなされなかった理由	今後の防止対策
主体業務	評価項目の内容が不十分な設計又は変更	設計 生産 品証	ラインチェック	①チェックがおざなり ・マンパワー不足で考える余裕がない ・職制クラスの指導不足で担当者が必要以上の作業を行っている ②チェックリストが一般的なものであり、部品ごとに注目すべき項目が明確になっていない ③専門家が明確になっていない	●人員の増強(単純作業をADに任せ、チェッカー、職制クラスに考える時間を確保) ●職制クラスに対して担当者への指導徹底(担当者への指導徹底、妥協しない等) ●認定チェッカー制度の導入(専門家の育成、チェッカーのモチベーション向上、業績評価検討) ●部品毎に適切なチェック項目を設定
			・ ・	・ ・	・ ・

## 付録IV. ヒューマンファクタ対策事例集

本事例集は、7章の対策編の補足情報として、対策事例をまとめたものである。表 IV-1 に事例一覧を示す。

表 IV-1 事例一覧

事例 番号	事例タイトル	ページ番号	キーワード	用いた手法				
				バリエーション ツリー分析	いきさつダイア グラム	なぜなぜ分析	PSF 法	その他手法 (ノタメニ分析 等)
1	現場部門のヒューマンエラー防 止活動における PSF 適用事例	IV-2	製造 実験 検査等		○		○	
2	設計のヒューマンエラー防止(1) 温度センサー誤配線	IV-4	設計					
3	設計のヒューマンエラー防止(2) 機器ケーブル接着剥れ	IV-5	設計					
4	不具合層別分析に基づくヒュー マンエラー対策活動の事例	IV-6	製造					
5	人と人とのコミュニケーション	IV-10	製造 実験 検査等					
6	ヒューマンエラーに「気づく」仕組 み作り	IV-12	製造 実験 検査等					
7	小集団活動によるヒューマンエラ ー対策活動の事例	IV-19	製造 実験 検査等	○		○		○
8	組織の特性に特化した PSF リファ レンス・リストを活用した改善活動	IV-23	製造				○	
9	コミュニケーション活性化によるヒ ューマンエラー防止活動事例	IV-25	製造 実験 検査等					
10	コネクタ誤接続に対するヒューマ ンエラー防止	IV-26	製造	○		○		
11	「久しぶり作業」に対するリスク回 避	IV-27	製造 実験 検査等				○	

本文書に掲載する事例資料内容について、次ページ以降に示す。

事例1 現場部門のヒューマンエラー防止活動における PSF 適用例

**分析の概要**

2003 年 12 月のヒューマンファクターズに関する外部講師を招いた講演会を契機に現場部門(製造・実験・検査)のヒューマンエラー防止活動を開始した。

**第一段階**

パイロットランとして、現場部門を対象に、発生した不具合のうちヒューマンエラーが原因の不具合を選定、分析を行い、対策を実施する。

**第二段階(今後実施予定)**

第一段階の有効性を確認した上で、本活動を規定化し定着させる。この際、設計部門への展開もはかる。

以下に、第一段階の活動内容の流れを

図 IV-1 に示す。

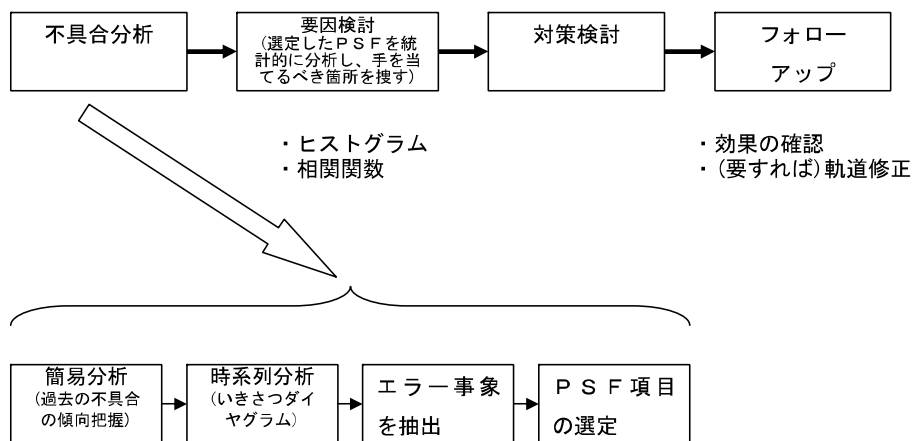


図 IV-1 第一段階の流れ

**分析結果**

第一段階における簡易分析結果について示す。

簡易分析では、作業者が原因として識別された不具合について、簡易リファレンス法により要因分析を行った。これは、予め要因を設定し(ここでは大括りな要因を設定)、不具合の当事者にその中から該当すると考えられる要因を選ばせるものである。この分析のねらいは、作業者が原因として識別された不具合の要因の傾向を把握することにある。

図 IV-2 に、製造部門の簡易分析結果(例)を示す。

以下の簡易トレンド分析の結果より、「作業者」が原因として識別された不具合の背後には、作業遂行能力(不慣れな作業、知識・経験不足)、教育・訓練、MMI(マンマシンインタフェース)の不備が関係している傾向が強いことがわかる。

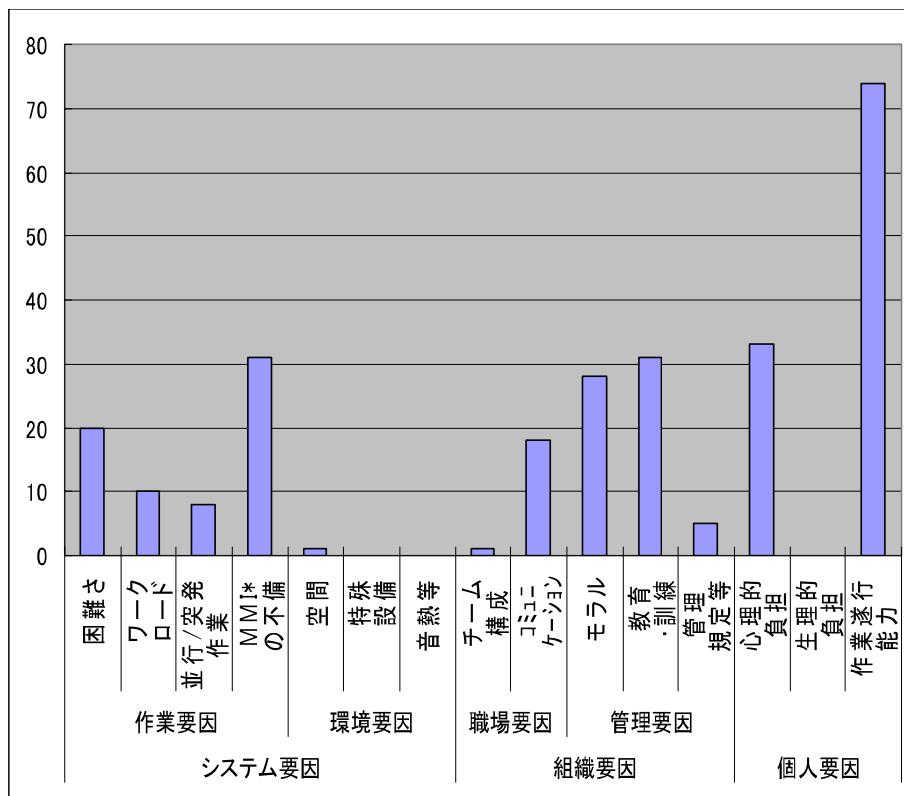


図 IV-2 製造部門の簡易分析結果(例)



## 事例2 設計のヒューマンエラー防止(1) 温度センサー誤配線

設計のヒューマンエラー防止に関する文献として、JERG-1-003「ロケット系設計過誤防止基準」および JERG-1-004「ロケット系設計過誤防止検査／試験基準」他、多くの基準が JAXA から発行されており、ガイドラインとして活用されている。前者は、設計作業において、人間の単純ミス(ヒューマンエラー)により発生する技術文書上の欠陥として、「忘れ・記入漏れ」、「誤記・転記不良」、「勘違い・思い込み」、「不鮮明・間違い易い記入」、「仕様の誤解釈」の発生形態を扱っており、後者は、設計過誤に起因する不具合を試験／検査段階で確実に検出するために実施すべき方策を規定している。

従来、設計のヒューマンエラーはこれらの基準に照らし合わせて区分する傾向が強いが、実際に発生した、作業者のエラーに区分された不具合事例をよく考えてみると、上記基準で設計エラーに該当しないように思われることでも、根本的には設計の問題としてとらえ、対策を実施する必要があるものが見られる。

また、設計要求事項を作業工法に展開する生産設計の面でも同様のことが言える。作業者のエラー要因を極力排除する目的で作業の機械化・治工具化あるいは作業手順書の細分化や必要な注意事項の盛り込み等に一層の配慮が望まれるところである。このように、ヒューマンエラー要因をきちんと分析し、予防対策を実施していくことが重要である。

### 事例概要

二つの機器に装着されている表面温度センサーの出力が入れ替わっていることが、試験で発見されたという不具合事象である。別のショップで製作されたワイヤハーネス(電線の束)の線二本を逆に結線したことがわかった。過去 7 機の製作で初めての不具合で、作業エラーとして要因分析を実施した結果、実機合わせで電線をカットした際に電線に巻かれている識別(サーコ)が、捨てる側についているため、取り外して、残る側の電線に再取り付けしたことから、この時に識別が逆に入れ替わったものであった(図 IV-3 参照)。

### 対策

作業者は、同時に2本の電線をカットせずに一本ずつカットし、識別し、接続していればと反省しているが、実機あわせで、電線の余長分をカットするように設計されているのに、なぜカットしても識別が残る位置に設計しなかったのか、設計エラーの事例と考えるもおかしくないものがある。当然のように、「なぜ作業性が悪いと言わないの」、「なぜ作業手順書に一本ずつと書かないの」、など多くの要因を議論して、余長分をカットしても残る側に識別するように設計の対策が取られることとなった。

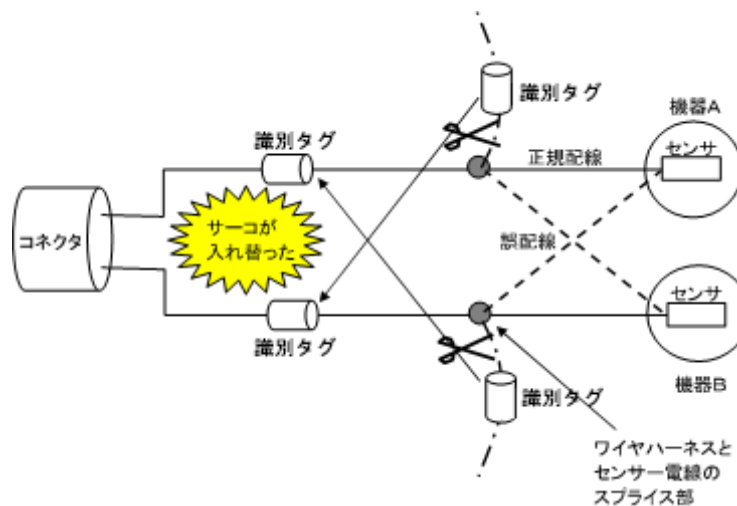


図 IV-3 温度センサー誤配線

## 事例3 設計のヒューマンエラー防止(2) 機器ケーブル接着剥れ

## 事例概要

機能試験を実施する準備として機器のケーブルに、試験用ケーブルを接続、この試験用ケーブルを構造物にテープ止めしていたが、テープがとれて、試験用ケーブルの自重で機器ケーブルの接着部分が剥れた事例である(図 IV-4 参照)。

作業者は機器のケーブルに試験ケーブルの負荷がかかることを事前に予測し、試験用ケーブルを構造物にテープで固定したところまでは良かったが、テープが外れることまでは考えていなかったのである。

機器が他社製品であり、見た目には機器ケーブルがしっかり接着で固定されているように思えたが、テープが外れたことにより、試験用ケーブルの自重で機器ケーブルの接着部分が容易に剥れたことが判明した。ひもで固定しておくべきだったと大いに反省したものである。

## 対策

この不具合を経験後、機器ケーブルと試験用ケーブルの間に試験用中間ケーブルを設け、機器ケーブルのコネクタ部の脱着を最小限にするるとともに、中間ケーブルと試験用ケーブルをひもで固定する箇所を増やすよう対策した。当然のようにテープで固定した作業者のエラーとして扱われたが、当初からこの気がかり事項を生産設計者が考え、試験準備の工法設定に反映していれば防げたものである。また、機器ケーブル接着部耐荷重制限表示がされているか、コネクタを固定する設計であれば防げた可能性も高い。

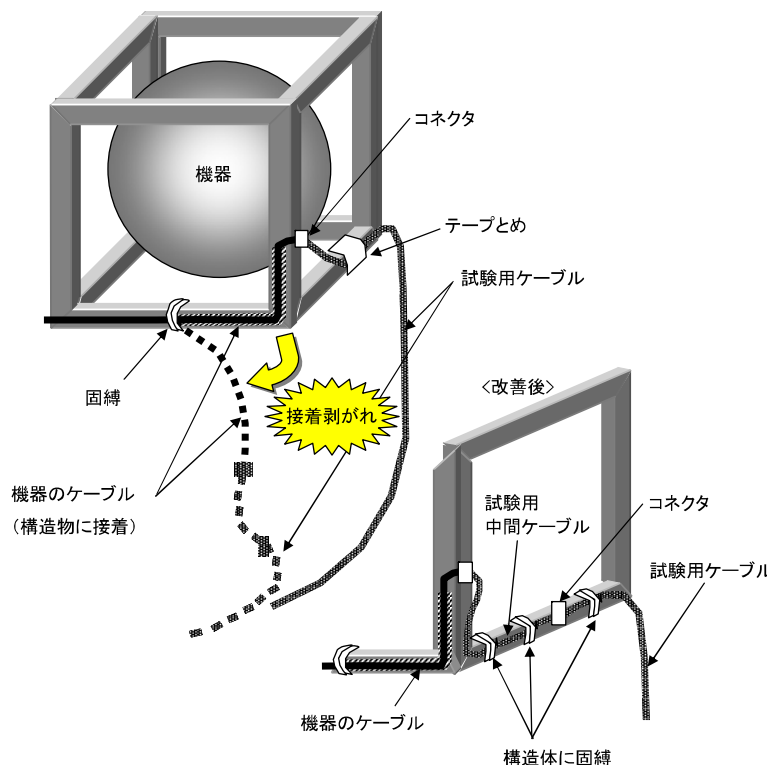


図 IV-4 試験用ケーブルの固定不良

## 事例4 不具合層別分析に基づくヒューマンエラー対策活動の事例

## 事例概要

生産現場におけるヒューマンエラー対策活動事例として、不具合層別分析に基づき、不具合要因の傾向を把握し、対策防止の検討、対策キャンペーン運動、啓蒙・教育活動を展開、効果の確認を行った一連の活動例を紹介する。

## 活動事例(1) : 不具合分析と誤接続・誤実装・誤配線防止キャンペーン活動

製造検査・試験部門における半期毎自責不具合を原因別(直接原因)に分析してみると「誤接続・誤実装・誤配線」によるものが約 50%を占めていた(図 IV-5)。

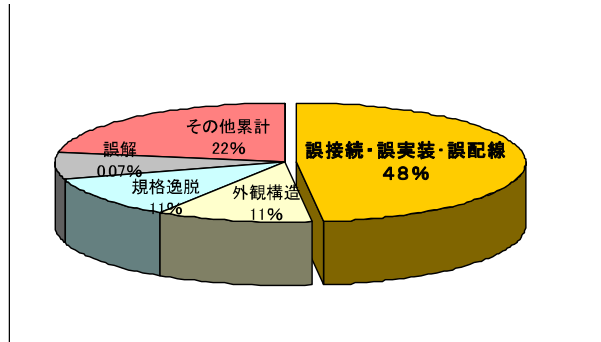


図 IV-5 不具合原因別分析(半期計 27 件)

そこで是正処置を行うために、「誤接続・誤実装・誤配線防止キャンペーン」を展開し、要因の把握、過去の事例収集による事例集作成および分析を実施し、次半期において、製造部門／検査部門の各立場からの誤り防止対策を講じた。当該キャンペーンにおいては次のような活動を実施した。

- 事例集に基づく部門教育・啓蒙運動(ホームページ等も活用)
- 誤接続・誤実装・誤配線防止理解度テストの実施
- 部品ピンの識別・見方に関する一覧作成と教育(誤実装防止)
- はんだ付け確認治具作成(誤接続防止)
- 誤実装・誤配線防止チェックリスト適用
- 接続ルート図・接続図チェック適用による誤接続防止 など

上記の活動を通じて再発防止対策を徹底した結果、次半期における同類不具合は前期の 13 件から 2 件に大幅に低減することができた。また、製造検査・試験部門全体の自責不具合そのものも低減傾向となった。しかし、全体的にみると別分類の「思い込み」による不具合が散発することから(図 IV-6)、要因別分析の観点からは、対処すべき“主たる要因”として認識され、「思い込み撲滅キャンペーン」を緊急に立上げ実施し、さらなる自責不具合の低減の施策を展開した。

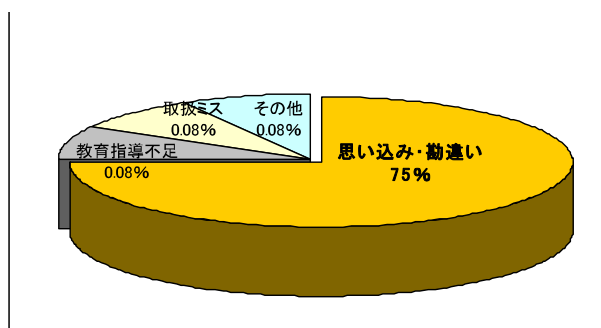


図 IV-6 不具合原因分類(半期累計 12 件)

**活動事例(2) : 思い込み撲滅キャンペーン活動**

(1) 思い込みと勘違い

「思い込み」や「勘違い」といった、人間の特性に起因した根本要因を防止することはかなり厄介である。「思い込み」とは、正しいと思っていたことが実際には正しくなかったというもので、「記憶違い」ということである。これに対して「勘違い」は、「状況解釈の間違い」のことで、どちらかという都合のよい方に解釈する 경우가多く、「早合点」あるいは「早とちり」という場合もある。

思い込みや勘違いによる不具合は、行動の記憶違いが顕在化してしまったものであり、過去 4 半期に発生した思い込み原因の不具合の多くは“過去の経験からの早合点”によるものであるとの分析結果が得られている(図 IV-7)。また、過去 3 年間に発生した思い込みによるヒヤリハットの分析結果でも、ほぼ同様の傾向であった(図 IV-8)。

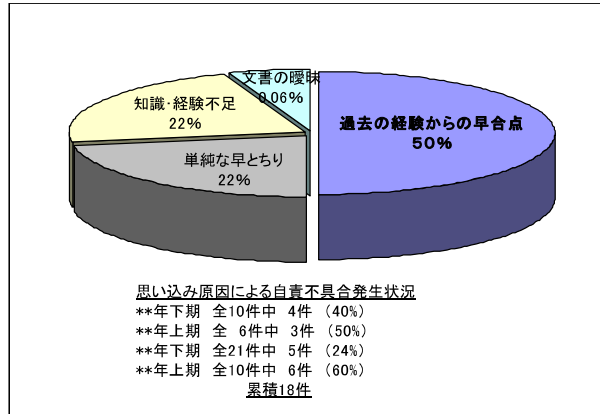


図 IV-7 過去四半期の思い込み原因の不具合分析(累計 18 件)

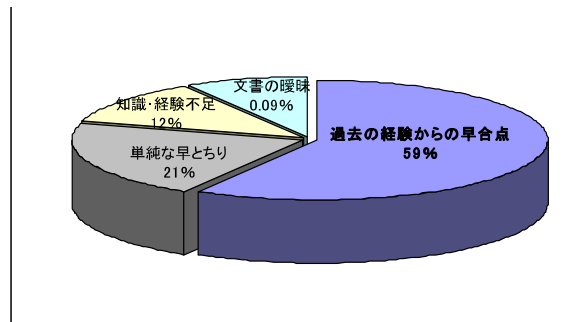


図 IV-8 過去3年間の思い込みによるヒヤリハット分析(累計 92 件)

例えば、図 IV-9 の部品実装取付方向の誤りや図 IV-10 のネジ固着方法の誤りといった指定との相違の事例が挙げられる。

D-sub コネクタの取付け方向が図面指定と相違していた。

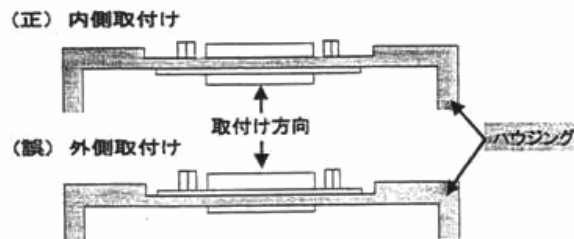


図 IV-9 コネクタ取付方向の相違

図面で指定された仕様書の固着方法と相違していた。

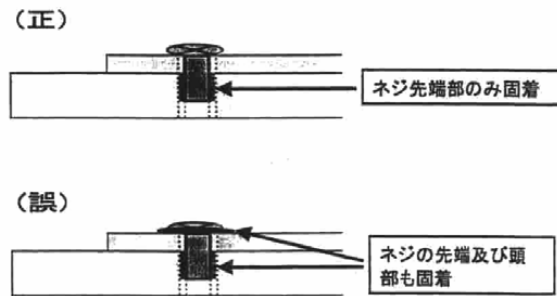


図 IV-10 ネジ固着方法の誤り

## (2) 思い込み撲滅キャンペーン活動

思い込みの大半が「過去の経験からの早合点」に起因したものであり、

- ① 以前の経験から大丈夫だという思いがある
- ② この位なら大丈夫だろうといった気持ちから近道や省略という思いが生まれる

ことがこの種の不具合を発生させる要因となりえると考え、次のような事項を中心とした対策を講じた。

- ① 固定観念を持たず基本に戻って一点一点確実に確認をすること
- ② 近道・省略をさせない、できない方法または表示を行う
- ③ 失敗したときのリスクを考える習慣をつける

以下に主要活動について紹介する。

### (a) ヒューマンエラー教育

グループ集合教育およびホームページ等を通じ、毎月テーマを決めて事例を挙げながら教育・啓蒙を実施した。主要テーマとしては次の事項が含まれる。

- 規律化・習慣付け／模擬体験の付与
- 隔離化／冗長化
- 誘導的手法／作業の容易化
- マニュアルの改良・補完／意識の強化
- エラー影響緩和
- 持続性の確認
- 抽出力／検出力
- 報・連・相／コミュニケーション
- マインドコントロール

なお、教育実施後にはヒューマンエラー低減総理解度テストを行って理解度を確認した。また、社内外の有識者・講師によるヒューマンエラーに関する研修講演を開催することで意識付けならびに手法の導入展開を図った。

### (b) リスク予防のための意識付け・啓蒙と現場改善活動

現場でのヒューマンエラーを防止・撲滅するためには、事後の是正対策として再発防止策を徹底することは勿論であるが、潜在的な危険あるいは不良要因を早期段階で検知して摘み取る、危険または不良要因自身を除去・抑制する予防処置／未然防止が重要である。そのためには、過去の事例や教訓からの「知識」に加えて、エラー予防に対する「知恵」をチームまたは個人個人が身につけることが重要である。そして、日常からエラー防止に対する意識を持ち「気づき」の感度を高めて作業にあたることは、この目的に対して非常に効果的である。（「気づき」に対する活動目的と効果については、事例 6 を参照されたい。）

また、チームや個人個人に「気づき」感度を高めさせ、意識付けするためには、マニュアルに従った「know how」の教育だけでなく「know why」即ち、なぜその様にすべきなのか、近道や省略をすることでどの様な波及影響があるか等を自ら考えさせ、チーム検討させることが、実際面でのケース対応における应用能力を高めるうえで大切であるといえる。

これらの考えに基づき、キャンペーン活動の一環として、次の事項を展開した。

- 品質危険予知トレーニング(QKYT)
  - ・ シチュエーション訓練(疑似体験問題)
  - ・ エラー防止対策理解度テスト
- 作業開始前チェックの徹底対策
  - ・ 事前ドライラン、リハーサル
  - ・ チェックリストの組み込み
- 背後要因分析等の活用による是正・改善プロセスの定着化
- 管理者層による現場 QC パトロール など

これらの一連の活動を通じて、チームおよび一人ひとりのヒューマンエラー防止に対する関心が高まると同時に、未然防止活動に対する機運が醸成できた。また、活動実施後の生産現場の自責不具合状況には、大幅な低減傾向が見られ、効果を確認することができた。

## 事例5 人と人とのコミュニケーション

**事例概要**

各企業ともヒューマンエラー防止対策にさまざまな試みを実践しているが、ほとんどの作業が人と人の連携によって行われていることを考えると、対策の一つとして、お互いの意志伝達のためのコミュニケーションが重要とされているようである。

コミュニケーションを効率的に的確に行うために言葉で伝えるあるいは文書で伝えるといった方法があるが、いずれのやり方でも“言ってみなけりゃはじまらない、聞いてみなけりゃはじまらない”を大切に、忙しくとも、理解のために時間を惜しまず、組織の人の上下も左右も、良く確認しあいながら、情報や目的の共有を図っていくことが必要であり、仕組として定常化されていること、新たに試行されつつあることの中から幾つかの事例を紹介する。

**活動事例(1): 社内組織のコミュニケーション**

一般的に経営者－管理者(部長→課長→係長)－(スタッフ)監督者－作業者の縦型システムの中で各々の前後とのコミュニケーションは比較的日常的に行われている。しかしながら、上下の関係で直接の上司ゆえに言いたいことが言えないということもよく耳にする。

業務改善提案制度はどの企業でも実施していることであるが、決裁者の判断がそのまま提案者の要求する意図どおりになっているかわからないケースがあったり、マンネリ化の傾向が見られるのも事実である。

手をかえ、品をかえ、この制度の意図を生かそうとして多くの取り組みがある。

経営者が、各職場に出向いて行うタウンミーティング、直接の上司を外して、各階層の代表と行う多階層ミーティング、部長が一人一人と対話する目安ボックス等がその事例である。話すことが苦手な人にはコミュニケーションシートを使って、何でもいいから書いてもらい、その場に持参させる方法もある。

ここで提案されたことには早く、かつ確実に答えを出して本人に伝えることを大切にしている。

**活動事例(2): 作業チームのコミュニケーション**

宇宙開発の製造現場ではチームで作業することが多いことから、自らエラーをしない、また他のメンバーにもエラーをさせないという目的で、最もコミュニケーションが必要である。チームで作業するということは、一人一人が役割を持って、全員で一つの作業を成し遂げることであり、事前に作業内容を熟知させた上でさらに作業直前ミーティングで役割確認やエラー要因排除のための確認をするのが効果的であると思っている。

作業の難易度や重要度を考え、必要なら技術者も入り、作業者の理解をサポートすると一層効果的である。

作業チームではないが、一人一人が同じような作業をしている一つの職場でエラー低減活動のあり方に一つの結論を出した事例がある。

これまでに発生した多くの不具合で原因は分析されていたが、ヒューマンエラーの要因までは分析されていなかったため、真の対策につながらず、モグラたたきになっていたことによりやく気づき、品質保証技術者を半年間職場にはりつかせた結果、この技術者と監督者、作業者の一体感で作業前に作業する上での気がかり事項を排除、発生した不具合の是正対策や改善に対する考え方が大きく変わり、殆ど不具合のないモデル職場となったのである。コミュニケーションの一つの良好な姿と思っている。

**活動事例(3): サプライヤとのコミュニケーション**

企業が製品を完成させるのにサプライヤの協力は不可欠であり、サプライヤの製品の品質が最終製品に影響することは言うまでもない。

このサプライヤの製品不具合もまた発注者とサプライヤ間のコミュニケーション不備が背後の要因となっている場合が多いが、発注側企業が始めた事例を紹介する。

一つは SQRAM (Supplier Quality Re-engineering Assessment Managinteam) 活動である。

SQRAM は資材調達、設計、工作、品質保証部門から構成され、サプライヤと幅広いコミュニケーションを図ることで一体となった品質向上活動を行うもので購入品サプライヤを対象にスタート、その後、委託加工会社、設計外注会社に広めている。

相互訪問や一堂に集った全体ミーティングを通じてお互いの良い活動や失敗経験を共有し合うのに有効で、ヒューマンエラー防止の面でも共通の課題に対しても本音の意見交換の場となっている。

もう一つはキューピッド(QA Partnership Direct)ラインの設置である。キューピッドラインは品質保証部門と関係する協力会社および社内の作業現場をつなぎ、作業者が自らあるいは周囲で「何かおかしい」とか「この作業は不安だな」と感じた時に一旦立ち止まって相談してもらうことで不具合の予兆や気がかり事項を早く解決したいとの思いである。具体的には協力会社および社内にポスター(図 IV-11)を掲示、専用窓口で受付し、直接担当部門に連絡してもすぐに対応できていなかった状況を改善している。

なお、気がかり事項の管理に関する提言として JAXA 資料(CGG-104003「気がかり管理のガイドライン」)が発行されているのでこれも参考にするとよい。

**〇〇キューピッドライン**

～あなたのまわりに気がかり事項はありませんか?～

**キューピッドラインとは?**

キューピッドラインはQA Partnership Direct ラインの略称で、作業現場と〇〇品証部をつなぎます。

キューピッドラインは作業現場にある不適合の予兆や気がかり事項をすばやくつかみ改善するために開設しました。

あなたやあなたの周囲が、普段の作業中に気がかりに思っても、QAが近くにおらず相談できない時に〇〇品証部が専用電話回線(外線/内線)とメールアドレスで、あなたのご相談を受付けます。

注: 匿名の相談も受け付けますが、個人を誹謗/中傷する類については対処できません。

**気がかり事項の例**

- ・自分が実施している作業が正しいかどうか不安に感じていること
- ・ルール違反ではないかと感じていること 等

**外線: XXX-XXX-XXXX**  
**内線: XXXX**  
**E-Mail: qpd\_line@XXXX.XX.jp**

図 IV-11 〇〇キューピッドラインのポスター



## 事例6 ヒューマンエラーに「気づく」仕組み作り

## 事例概要

ヒューマンエラーによる不具合が発生したとき、最も多く耳にするのが「なぜ、気づけなかったのだろう。」という言葉である。「気づく」ことは、コロンブスの卵にたとえられるように容易に解決できない課題である。そのため、様々な角度から「気づく」仕組みづくりに取り組んでいる。それらの活動目的は次の二つである。

A ヒューマンエラーを起こす前に「気づく」ことにより、エラーの発生を防止する。

B 潜在しているヒューマンエラーに、それが製品不具合を引起す前に、「気づく」ことにより、製品不具合を防止する。

ヒューマンエラーに「気づく」仕組みとしては、各種審査会、検査、試験などのほか、表 IV-2 に示すようなものがある。ここでは、そのうち、「品質予知訓練」および「見える化」(太字下線部分)について紹介する。

表 IV-2 ヒューマンエラーに気づく仕組み

ヒューマンエラーに気づく仕組み	具体例
(1)「気づく」機会をつくる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タスクブリーフィング(人員配置、役割、手順、注意事項などの確認)</li> <li><input type="checkbox"/> リハーサル、手順書ドライラン</li> <li><input type="checkbox"/> 品質管理者や有識者など複数の視点による現場巡視</li> <li><input type="checkbox"/> 有識者によるミッションサクセスレビュー</li> </ul>
(2)「気づく」ための支援ツールをつくり、活用する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレータ</li> <li><input type="checkbox"/> チェックリスト(PSF リスト、極性確認リストなど)</li> <li><input type="checkbox"/> 不具合事例データベース</li> <li><input type="checkbox"/> 心得集</li> </ul>
(3)「気づく」感度を上げる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・品質ヒヤリハット活動</li> <li><input type="checkbox"/> <b>品質予知訓練</b></li> </ul>
(4)「気づく」ことが容易となる環境をつくる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・情報の共有化</li> <li><input type="checkbox"/> <b>見える化</b></li> </ul>

**活動事例(1):** 品質予知訓練(略称:QYT)

社員一人ひとりの品質的な問題に「気づく」感度を高めることを目的として、安全活動の危険予知訓練(略称:KYT)をモデルに考案した活動である。

基本的な実施方法は、日常的な作業場面を想定した状況を「QYT シート」に示し、その状況下で予想される品質不具合とその対策について、グループで検討し記入するというもので、KYT の品質版と言えるものである。

検討に際しては漫然と考えるのではなく、原則として以下の観点を考慮するようにしている。

## (1) ハードウェア開発の場合:5M

- ・ 方法(Method)
- ・ 材料(Material)
- ・ 設備(Machine)
- ・ 人(Man)
- ・ 管理(Management) (インターフェース含む)

## (2) ソフトウェア開発の場合:プロセス3要素 + 管理

- ・ 人
- ・ 手法
- ・ ツール
- ・ 管理(インターフェース含む)

これは、検討漏れを防止し、実際の作業においても、上記観点から自主的に点検する習慣を身に付けることを狙いとしている。

「QYT シート」は事務局が回収して複数のグループによる検討結果を整理し、「QYT 結果」としてまとめ、社内に広報している。自分のグループでは気づかなかった品質的問題事項も知ってもらい、参考としてもらうためである。

応用として、実作業現場での品質予知訓練も推進している。想定された場面ではなく、実際の現場で作業者自身が、作業の前に実施するオン・ザ・ジョブ・トレーニングである。作業において発生する可能性がある品質問題を前述の観点から列挙し、対策を考え、実行する。そして、その経験を周知した方が良いと判断した場合には、QYT 事務局に「QYT シート」を送付し、社内展開している。

「QYT シート」および「QYT 結果」の事例を図 IV-12～図 IV-15 に示す。

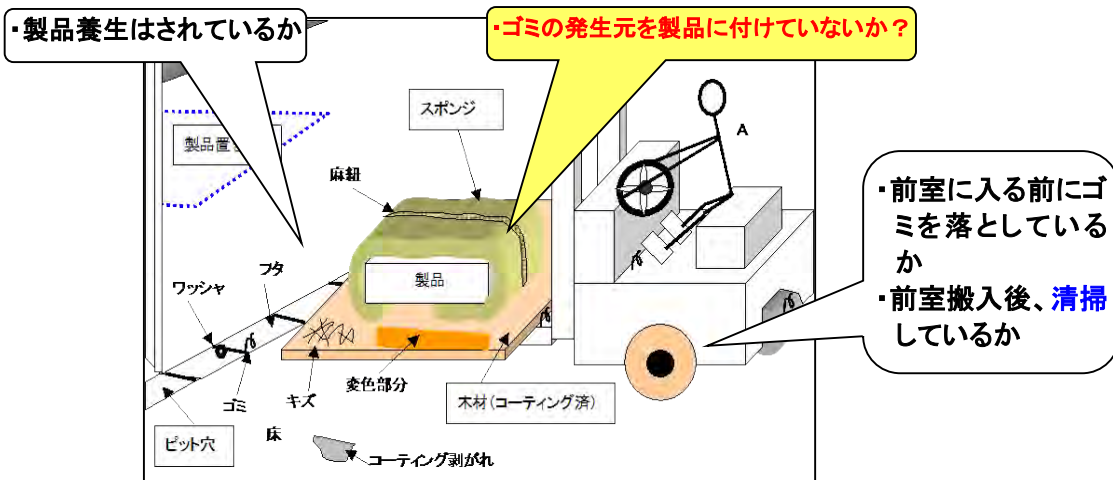
実施部門：

No.1		QYT (品質予知訓練) シート		実施日：
対象部門	製造・試験 部門	実施者(計 名)	検認 (実施部門)	
状 況	Aさんは一人でフォークリフトを運転し、クリーンルーム内 製品置き場に製品を搬入しようとしている。			
<u>予想される品質不具合</u>		<u>対 策</u>		
1. _____		1. _____		
2. _____		2. _____		
3. _____		3. _____		
4. _____		4. _____		
5. _____		5. _____		

図 IV-12 QYT シート(ハードウェア開発)事例

**QYT** <対象：製造・試験> No.1 結果

Aさんは一人でフォークリフトを運転し、クリーンルーム内 製品置き場に製品を搬入しようとしている。



5M	予想品質不具合	対策回答
管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゴミを持ち込む。ゴミを跳ね上げて製品に当たる。</li> <li>・フォークリフト運転者の操作ミスによる製品損傷。</li> <li>・搬入先の見通しが悪く、接触により製品落下。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周辺の危険物、不要物の除去。床面、ビット穴などの整理、清掃。</li> <li>・作業前に指名業務者が確認。</li> <li>・進行方向に人を配置し、落下に注意する。</li> </ul>
方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フォークリフトのほこりがクリーンルームに入る。</li> <li>・フォークリフトのツメが下にさがっており、滑って製品が落下する。フォークリフトの振動、急制動などで製品が落下する。</li> <li>・製品養生(スポンジ)が全周に巻かれていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フォークリフトは前室までとし、その後は、専用のハンドリフト、油圧リフト等で運ぶ。</li> <li>・製品搬入前に周りを清掃する。</li> <li>・フォークのゴミをエアブローなどで落としてから搬入する。(タイヤ、角部 等)</li> <li>・ツメの先端を上げる。製品にストッパを付ける。</li> <li>・全周を保護する。</li> </ul>
材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・麻紐からゴミが発生し、製品に付着する。</li> <li>・木材のコーティングが傷、変色などで剥がれており、ゴミが付着する。</li> <li>・むき出しのスポンジで製品を覆っておりゴミが付着する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゴミの出ないナイロン紐 等を使用する。</li> <li>・木材を使用する場合はコーティングされており、傷のないものを使用する。それ以外はクリーンルームに持込み禁止。</li> <li>・プラスチックパレットを使用する。専用の通い箱を製作する。</li> <li>・導電性ビニールシートで覆ったスポンジを使用する。</li> </ul>
設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・床のコーティングが剥がれており、内部の材料(コンクリート 等)がゴミとなって付着する。</li> <li>・ビット穴の蓋の上にワッシャやゴミがあり、フォークリフトの通過時に蓋があいてビットに落ち、製品落下する。</li> <li>・ビット穴に車輪がとられて製品落下する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・床のコーティング剥がれを補修する。</li> <li>・渡し板を固定する。蓋が外れないか確認してから通る。</li> </ul>
人	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シャッターが途中までしか開けていないため、フォークリフトをシャッターにぶつけた反動で製品を落とす。(設備破損)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フォークリフトが通れる高さまでシャッターを上げる。運転者はくぐる時に注意する。</li> </ul>

図 IV-13 QYT 結果(ハードウェア開発)事例

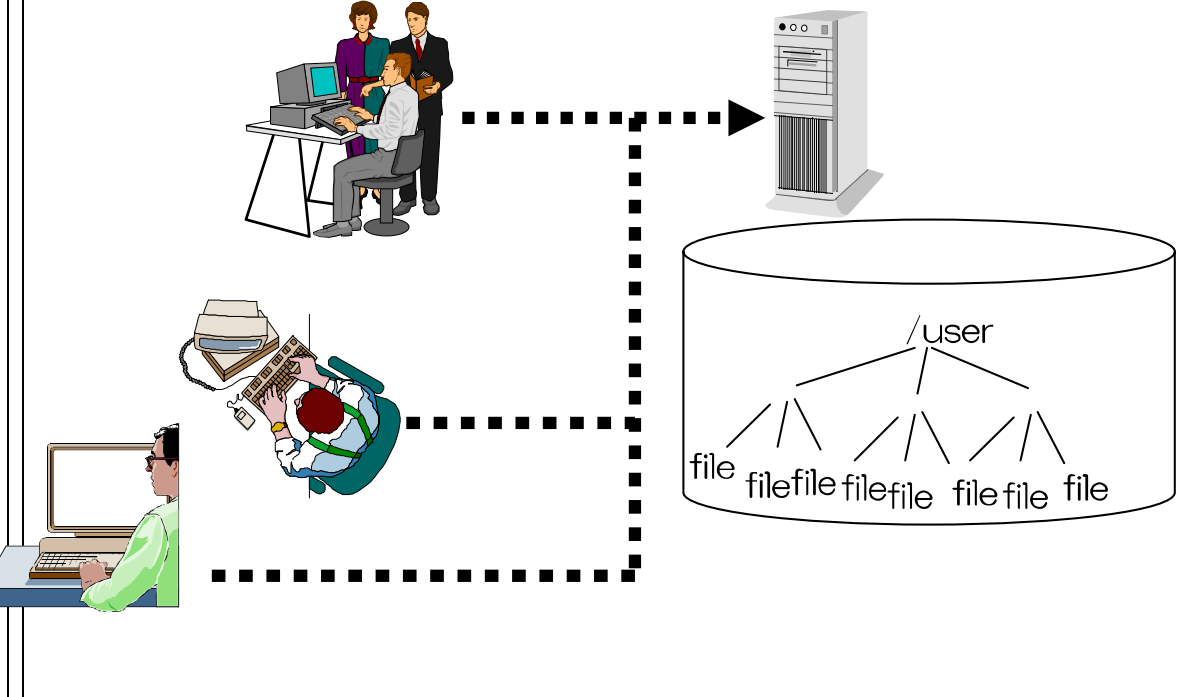
No. 2	Q Y T (品質予知訓練) シート	実施日
対象部門	ソフトウェア技術	実施者 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____
		検認 (実施部門)
状況	ソースコードの管理を、ルールを決めずに共用ディスク上で行っている。	
		
予想される品質不具合		対策
1. _____		1. _____
2. _____		2. _____
3. _____		3. _____
4. _____		4. _____
5. _____		5. _____

図 IV-14 QYTシート(ソフトウェア開発)事例

QYT (品質予知訓練) No.2 結果		平成15年度																			
対象部門	ソフトウェア技術	再発防止のポイント 管理者を設置し、作業手順をルール(規約)化する																			
状況	ソースコードの管理を、ルールを決めずに共有ディスク上で行っている。																				
<p>プロセス3要素(人、手法、ツール)+管理</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>予想される品質不具合</th> <th>対策回答例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">人</td> <td>部外者による改ざん</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ユーザ管理、アクセス制限 → 人</li> <li>・バックアップを定期的にする → 管理</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>作業効率が低下、作業の重複</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業の標準化 → 手法</li> <li>・CVSなどのツールを導入する → ツール</li> <li>・構成をシンプルにし、重複作業が行われる状況を回避する → 管理</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>手法</td> <td>                     ファイルが勝手に書き換えられる、消去される。                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ミスオペレーションによるファイルの削除、破損</li> <li>・編集内容の上書き</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業手順をルール化する → 手法</li> <li>・バージョン管理ツールを使用する → ツール</li> <li>・バックアップを定期的にする → 管理</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ツール</td> <td>誤ったファイルを使用する。デグレード</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・バージョン管理の実施 → 管理</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>ディスクの圧迫・容量不足</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・容量チェックをルール化する → 管理</li> <li>・管理者を置く → 管理</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>管理</td> <td>                     バージョン管理ができない。                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・動作するファイルの組み合わせが不明</li> <li>・最新バージョンが不明</li> <li>・同名のファイルが散乱する</li> <li>・変更履歴が不明</li> <li>・障害時の原因究明が困難</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業手順をルール化する → 手法</li> <li>・バージョン管理ツールを使用する → ツール</li> <li>・作業領域、ディレクトリを分けて管理する → 管理</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>				予想される品質不具合	対策回答例	人	部外者による改ざん	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ユーザ管理、アクセス制限 → 人</li> <li>・バックアップを定期的にする → 管理</li> </ul>	作業効率が低下、作業の重複	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業の標準化 → 手法</li> <li>・CVSなどのツールを導入する → ツール</li> <li>・構成をシンプルにし、重複作業が行われる状況を回避する → 管理</li> </ul>	手法	ファイルが勝手に書き換えられる、消去される。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ミスオペレーションによるファイルの削除、破損</li> <li>・編集内容の上書き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業手順をルール化する → 手法</li> <li>・バージョン管理ツールを使用する → ツール</li> <li>・バックアップを定期的にする → 管理</li> </ul>	ツール	誤ったファイルを使用する。デグレード	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バージョン管理の実施 → 管理</li> </ul>	ディスクの圧迫・容量不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>・容量チェックをルール化する → 管理</li> <li>・管理者を置く → 管理</li> </ul>	管理	バージョン管理ができない。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・動作するファイルの組み合わせが不明</li> <li>・最新バージョンが不明</li> <li>・同名のファイルが散乱する</li> <li>・変更履歴が不明</li> <li>・障害時の原因究明が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業手順をルール化する → 手法</li> <li>・バージョン管理ツールを使用する → ツール</li> <li>・作業領域、ディレクトリを分けて管理する → 管理</li> </ul>
	予想される品質不具合	対策回答例																			
人	部外者による改ざん	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ユーザ管理、アクセス制限 → 人</li> <li>・バックアップを定期的にする → 管理</li> </ul>																			
	作業効率が低下、作業の重複	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業の標準化 → 手法</li> <li>・CVSなどのツールを導入する → ツール</li> <li>・構成をシンプルにし、重複作業が行われる状況を回避する → 管理</li> </ul>																			
手法	ファイルが勝手に書き換えられる、消去される。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ミスオペレーションによるファイルの削除、破損</li> <li>・編集内容の上書き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業手順をルール化する → 手法</li> <li>・バージョン管理ツールを使用する → ツール</li> <li>・バックアップを定期的にする → 管理</li> </ul>																			
ツール	誤ったファイルを使用する。デグレード	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バージョン管理の実施 → 管理</li> </ul>																			
	ディスクの圧迫・容量不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>・容量チェックをルール化する → 管理</li> <li>・管理者を置く → 管理</li> </ul>																			
管理	バージョン管理ができない。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・動作するファイルの組み合わせが不明</li> <li>・最新バージョンが不明</li> <li>・同名のファイルが散乱する</li> <li>・変更履歴が不明</li> <li>・障害時の原因究明が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業手順をルール化する → 手法</li> <li>・バージョン管理ツールを使用する → ツール</li> <li>・作業領域、ディレクトリを分けて管理する → 管理</li> </ul>																			

図 IV-15 QYT 結果(ソフトウェア開発)事例

**活動事例(2): 見える化**

品質的な問題に「気づく」ことが容易となる環境をつくることを目的とした活動である。

源泉は「トヨタ生産方式」にある。トヨタ自動車株式会社の Web サイトには、企業風土として「トヨタ生産方式」の精神により、問題を「見える化」し、「何故」を 5 回繰り返して改善を重ねる。」と記されている（「トップ(上司)が現場に足を運び、現地現物で現場の生の声を吸い上げる。」「悪いニュースであっても隠さずトップに報告、対応策を提言し、トップはそれに真摯に耳を傾ける。」も併記され、「この三つに集約することができます。」と記されている）。

生産のムダをなくすことを主眼とした活動であるが、ヒューマンエラー防止に応用している。

「見える化」活動の基本は整理整頓である。たとえば、視界を遮る不要な在庫や荷物を撤去して見通しをよくすることや、工程ラインを直線化して進捗・停滞状況が見えるようにすることなど、正常と異常の違いがすぐわかる仕事場、作業する際に迷いや混乱が生じない仕事場をつくるのが「見える化」活動である。これにより、ヒューマンエラーは発生し難くなり、エラーが発生した場合には気づき易くなる。

さらに一歩進めて、いつでも誰でも問題点が見えるようにする活動が「5S3 定」である。

5S とは、整理、整頓、清掃、清潔、躰を推進する活動であり、それぞれは以下の内容を意味している。

- 1S 整理: 要るモノと要らないモノをはっきり分けて、要らないモノを捨てること。  
(「赤札作戦」という要らないモノを見つける方法がある)
- 2S 整頓: 要るモノを使い易いようにきちんと置き、誰にでも分かるように明示をすること。  
(誰でも即使えて即戻せる仕組みが大切)
- 3S 清掃: 常に清掃し、きれいにすること。
- 4S 清潔: 整理、整頓、清掃を維持すること。
- 5S 躰: 決められたことを、いつも正しく守る習慣付け。

3 定とは、定位、定品、定量を意味し、定めた位置に、定めた品物を、定めた数量で、管理する活動である。

また、品質管理板を現場に設置し、各工程で管理すべき特性値の管理図を掲示してトレンドが見えるようにすることも、品質の「見える化」である。

そのほか、誰が見ても、一瞬に、正しく判断できるように「見える化」することも推進している。これは道路の交通信号や標識に代表されるが、以下のような例を挙げることができる。

- カバーをなくしてオープンにする。またはカバーを透明にする。
- 計器の表示板を見易い位置にする。多くの場所に表示板が散設されている場合には、一箇所にまとめ、見易かつ識別し易くする。
- 計器の表示板に、警告・危険領域を段階的に色分けして示す。
- チェンバー内に人が入っている場合にはランプを点滅させる。

「見える化」の事例を図 IV-16～図 IV-18 に示す。

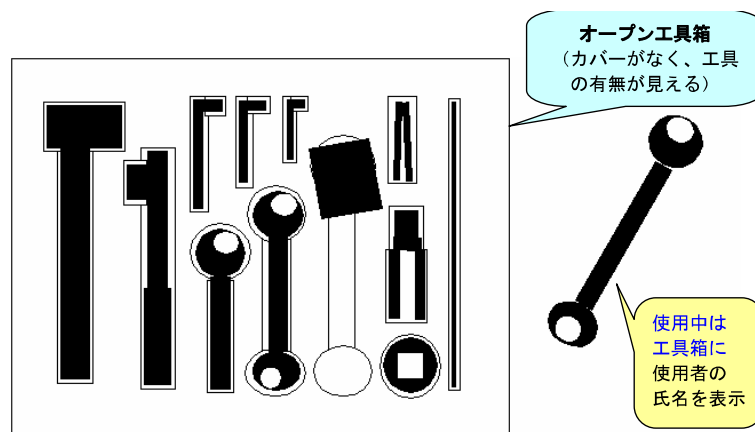


図 IV-16 工具の見える化(定位、定品、定量)

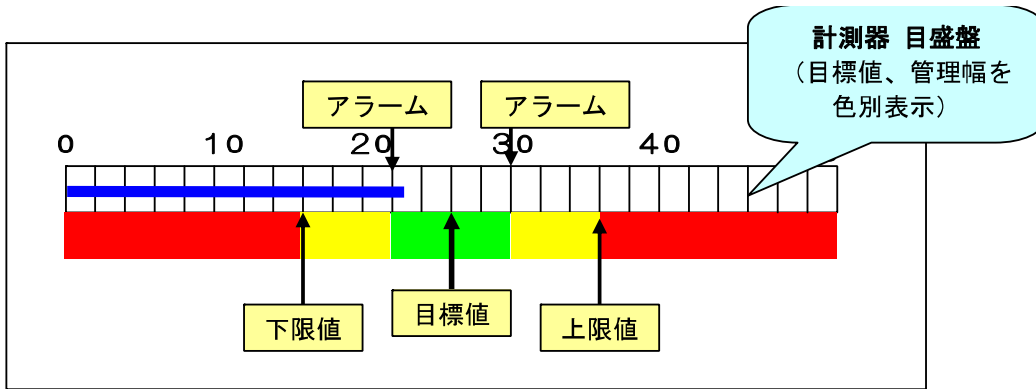
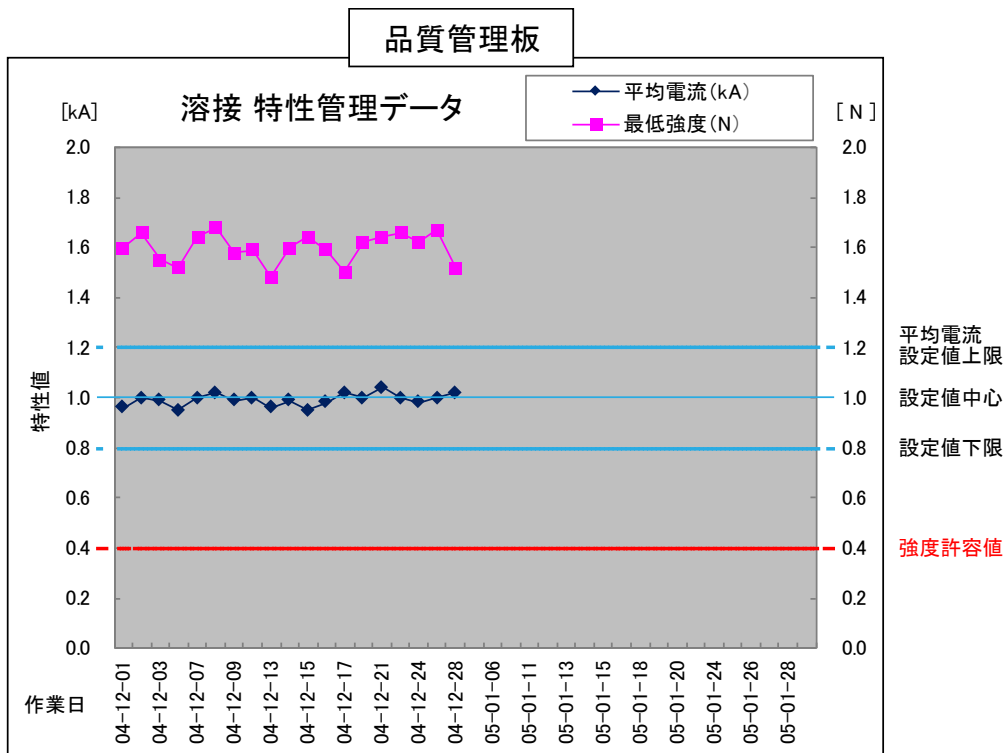


図 IV-17 測定値の見える化



作業前と作業後に各3サンプル  
強度データ取得すること

担当: ○△課 ××(内線 1234)  
責任者: ○△課 □□(内線 4568)

図 IV-18 品質特性の見える化

## 事例7 小集団活動によるヒューマンエラー対策活動の事例

## 事例概要

日本の生産現場では、小集団活動が品質改善活動の実践手法として古くから定着しているが、小集団活動を通じてチームおよび要員個々としてのヒューマンエラーに対する意識・感度を高め、不具合の再発防止から予防、未然防止に結び付けることは重要である。ここでは、小集団活動を通じたヒューマンエラー対策活動の観点から事例を紹介する。

## 活動事例：ヒューマンファクタ分析手法活用による対策活動事例

生産現場での小集団活動における対策活動の主な流れを図 IV-19 に示す。

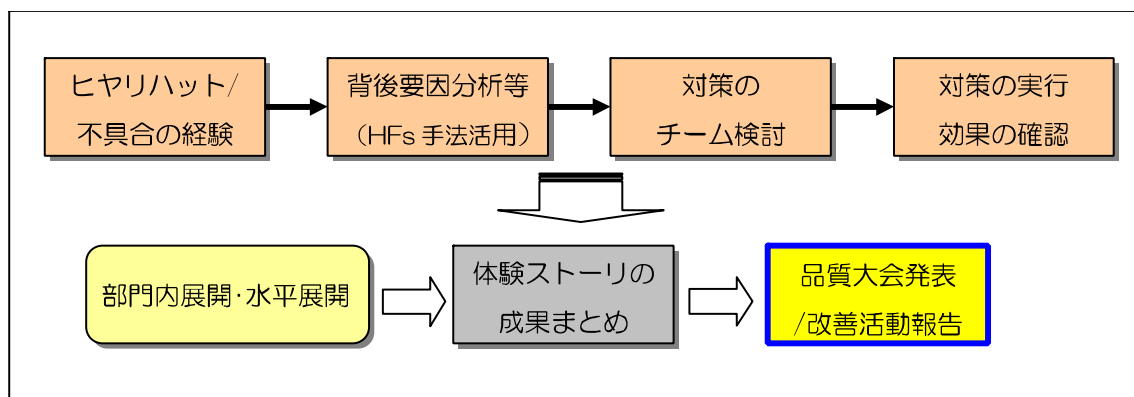


図 IV-19 生産現場での小集団活動における対策活動の主な流れ

生産現場における小集団活動グループの中から、あるチームの活動を例に取上げて紹介する。

## (1) 活動概要

- (a) チーム構成: 8名 (リーダー: 主任、メンバー: 担当者)
- (b) テーマ: 金蒸着カプトンフィルムの表裏貼付間違いから学ぶ
- (c) 内容: 同チームが作業担当した実製品で発生した金蒸着カプトンフィルムの表裏貼付不具合を取上げ、不具合の背後の要因を分析、作業部門としての反省と再発防止策、技術部門に対する指示方法の改善提案、作業標準の見直し改訂等を実施した。
- (d) 活用手法: VTA、ノタメニ分析、なぜなぜ分析、おいね一度評価

## (2) 不具合事象と取組み課題

- (a) 事象: 金蒸着面を機器の外側になるように貼り付ける設計であったが、内側に向けて(従ってカプトンフィルム面が外側の状態)貼り付けてしまった(図 IV-20)。なお、作業は多忙期であったため応援者を含めての共同作業として進めていた(不具合品: 5 台 / 5 台)。
- (b) 図面指示: 金色面を外側に向けて貼り付けること。
- (c) チーム課題: 素材テープは両面共に金色であったのに・・・なぜ、疑問に思わず最後まで作業してしまったのだろうか？



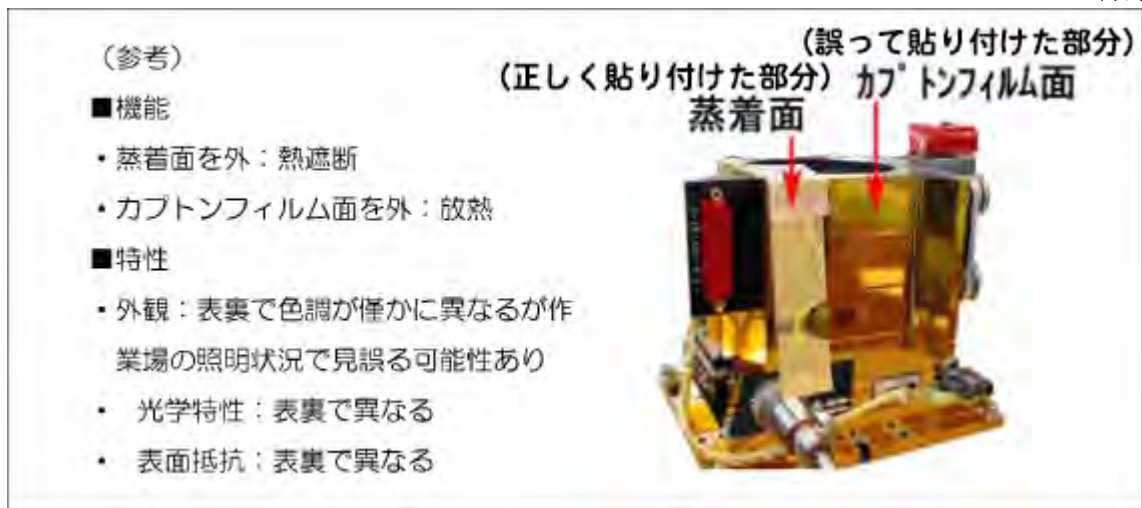


図 IV-20 不具合事象の概要

## (3) 分析手法の活用

- (a) バリエーションツリー分析による事実経過と各関連部門の関連整理不具合発生に至るまでの、作業者（製造リーダーおよび各担当者）、検査要員、設計担当（構造設計者、熱設計者）の役割、判断・行動、指示等の事実関係に関し、VTA を活用し時系列的に整理し、問題点は何だったか、ポカよけ視点での改善策はないかを検討した(図 IV-21)。

VTA を通じたグループ内討議の経過（抜粋）

**ヒューマンファクター要因**

1. **誤解**（教訓：「金色は人を惑わす」）
2. **思いこみ**による不具合伝染病（最重要ポイント）
3. 複数プロジェクト全員対応と各プロジェクトリーダー体制下における各作業者の**他者依存的心理**  
（複数プロジェクト全員対応 \* 各プロジェクト担当リーダー依存）  
その他
4. **熱計装に対する作業者の知識の浅さ**

改善点

1. \* どちらとも取れる表現は要注意！！設計者へ確認する
2. \* 品質記録 への確認項目記載（テスター確認）  
\* 図面マーキング実施
3. \* 自分の仕事である・・・という責任を持って（「**不具合を出さないチーム**」参照）  
\* ・・・だろうと思う事は不具合思考である  
\* 手順書への疑問をそのままにするな  
\* 私のためのKYTの実施 → 司会順番制
4. \* 「グループ内教育」：知識の向上を図る。  
（表と裏で熱制御が異なることを知った）

図 IV-21 VTA を通じたグループ内討議の経過（抜粋）

VTA から得られた最重要ポイントの要約は次の通りであった(図 IV-22)。

## ■図面・手順書

- a. 図面指示が「金色面を表に・・・」という作業者の**主観判断**となる曖昧な記述になっていた。
- b. 作業標準に当該テープの**判断基準**が出ていなかった。

## ■作業者

**思い込み**があった。

「正しいと信じていた」 → どうして「思い込んだのだろう」？

図 IV-22 VTA から得られた最重要ポイント(要約)

## (b) ノタメニ分析による因果関係の明確化

ノタメニ分析手法を活用して、「思い込み」の要因(PSF)を抽出した(図 IV-23)。

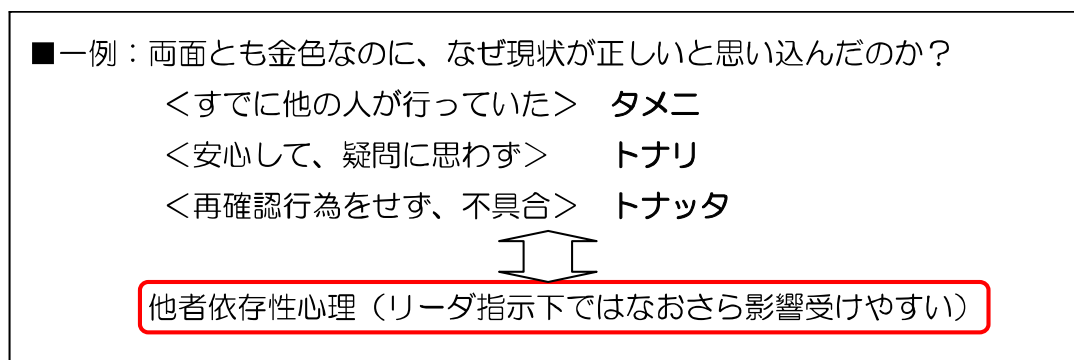


図 IV-23 ノタメニ分析による要因抽出

## (c) (おいね一度評価の活用による改善検討・提案

図面・仕様書/手順書等の指示方法や作業標準については、作業者の立場から見た「おいね一度」(本書 7.3.4 項参照)評価を試み、具体的指示・作業手順、判断基準および確認記録を明確化する等の対策改善提案を行った。

以上のような一連の分析、検討および討議を通じて、得られた結果からヒューマンファクタを意識した改善対策および不具合低減の認識が高められ、「不具合を出さないチーム」作りの基本思想が形成できた(図 IV-24、図 IV-25)。

なお、これらの成果は、全社の品質大会で報告することにより、グループ間および部門間の水平展開、相互コミュニケーション向上にも役立てることができた。

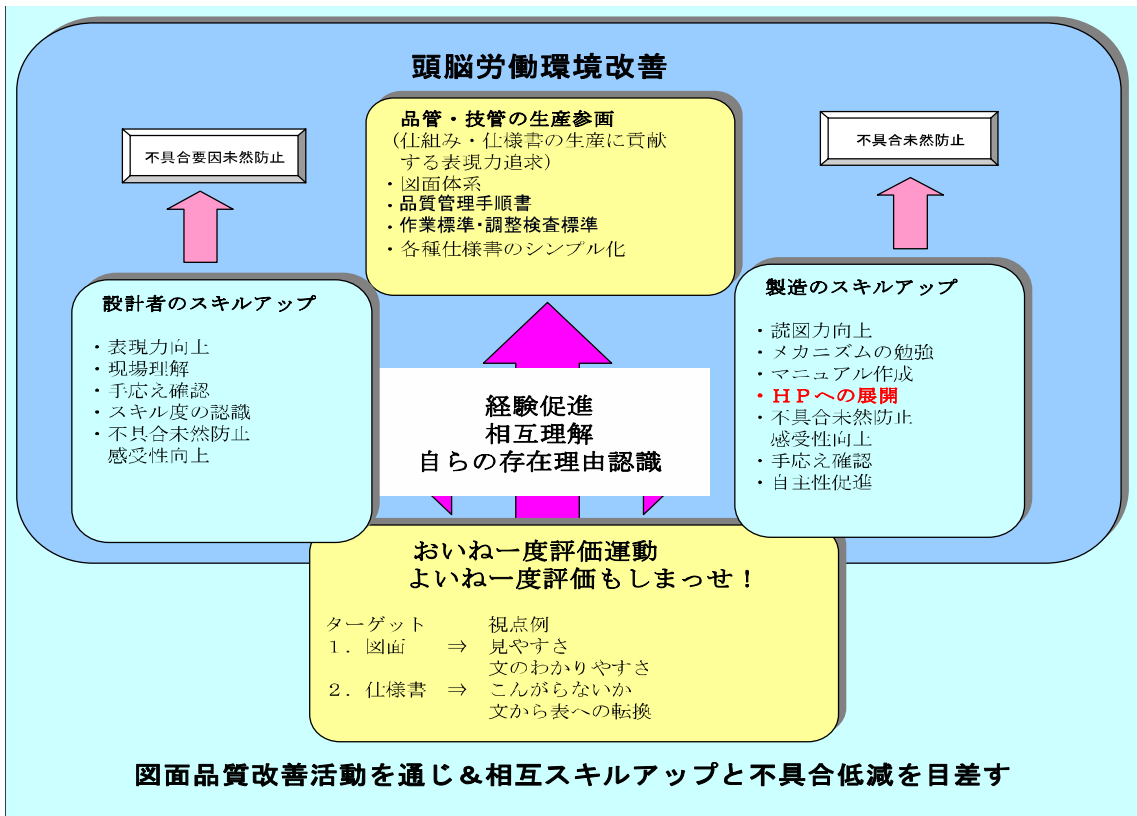


図 IV-24 チーム活動の成果まとめ

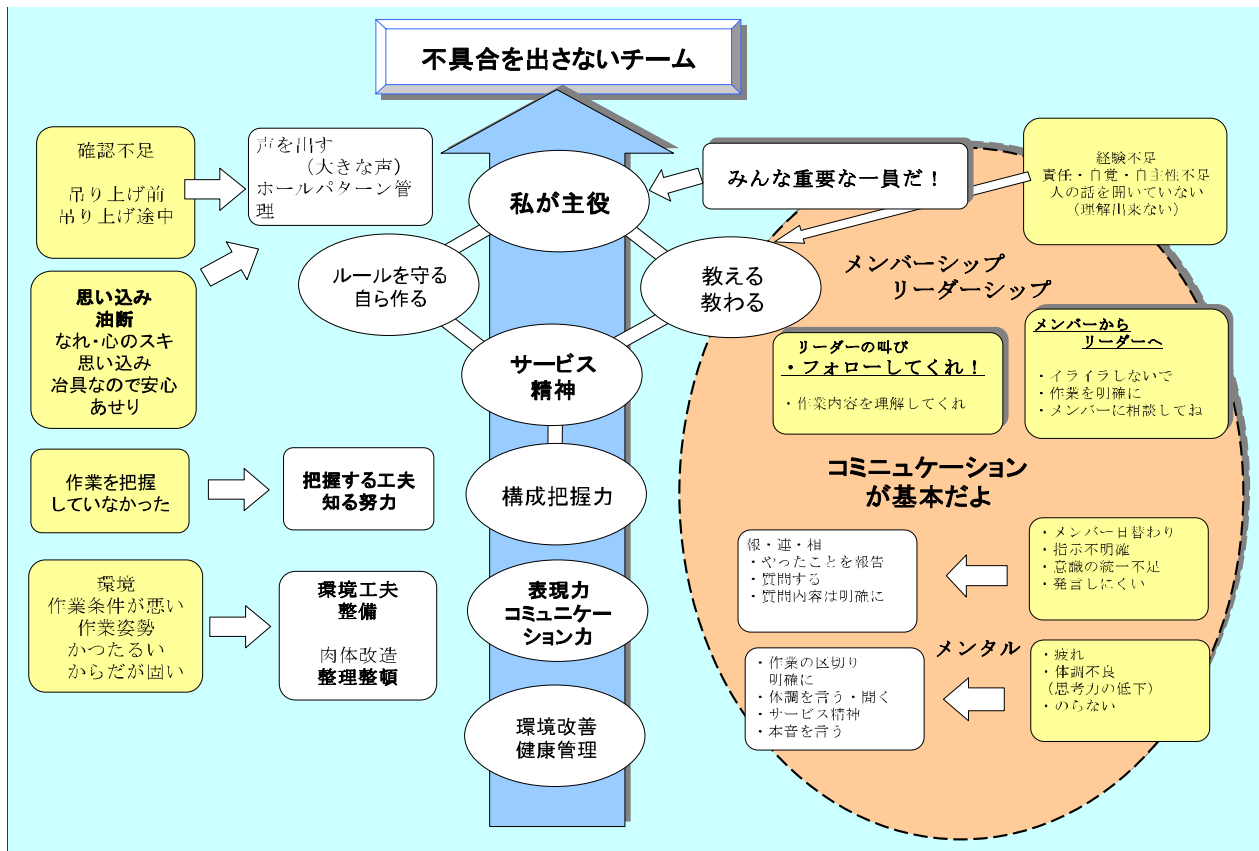


図 IV-25 不具合を出さないチーム作りのコンセプトまとめ

## 事例8 組織の特性に特化した PSF リファレンス・リストを活用した改善活動

### 事例概要

組織の特性に特化した PSF リファレンス・リストを活用した改善活動事例について紹介する。

### 活動事例

図 IV-26 に示す 2 つのヒストグラムは、ある製品群で発生した不具合を組織の特性に特化した PSF を集めたリファレンス・リストにより分析した結果を示すものである。

上下のヒストグラムは、分析した実施時期が異なる(上が早い)。ある時期に分析した結果をもとに組織の弱点(この場合、「海外ベンダー対応の弱さ」「手順書の不備・不足」「過去の経験は活かされない」「コミュニケーション不足」「リスクの取り方が甘い」)を抽出し、これらの弱点に対する対策を設定し、実行した。

1年後にその期間に発生した不具合を分析し、対策の有効性や弱点傾向の変化等を評価した。結果としては、この場合、「海外ベンダー対応の弱さ」「手順書の不備・不足」「過去の経験は活かされない」については改善効果が認められた。一方、「コミュニケーション不足」「リスクの取り方が甘い」は変化なく、改善効果が認められなかった。よって、これについては、再度対策を見直した。

以上のように一定期間毎に同じリファレンス・リストを用いた不具合傾向分析を行うことで、改善活動の PDCA を回すことができる。

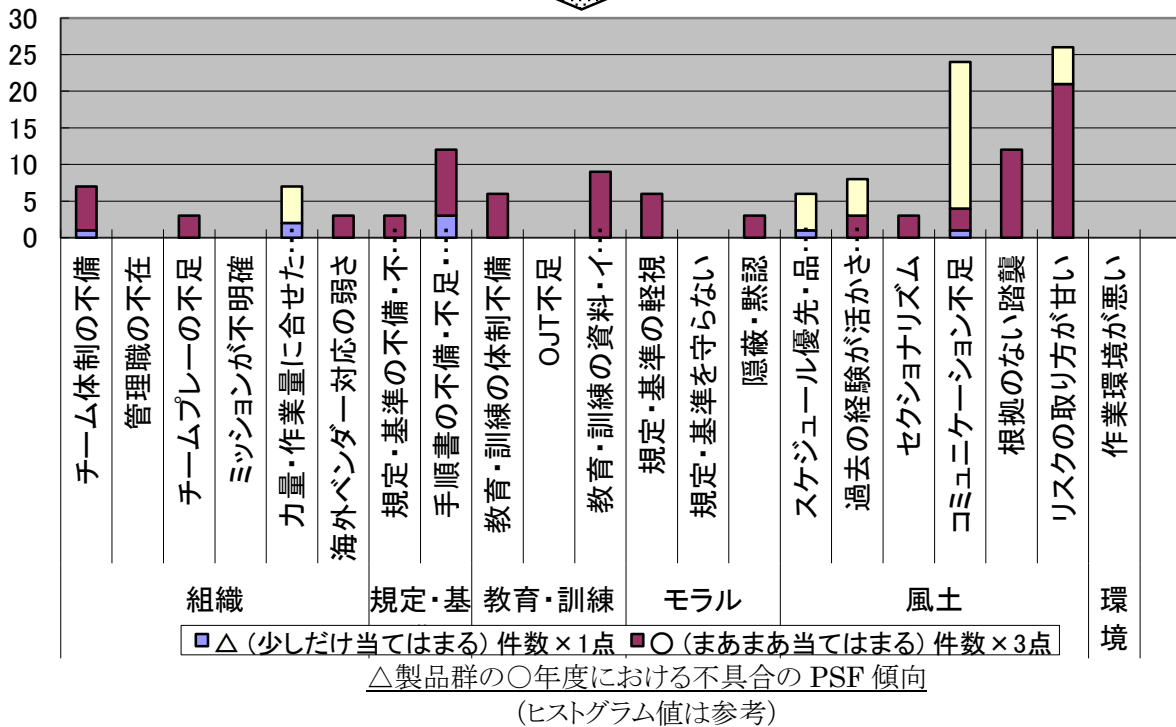
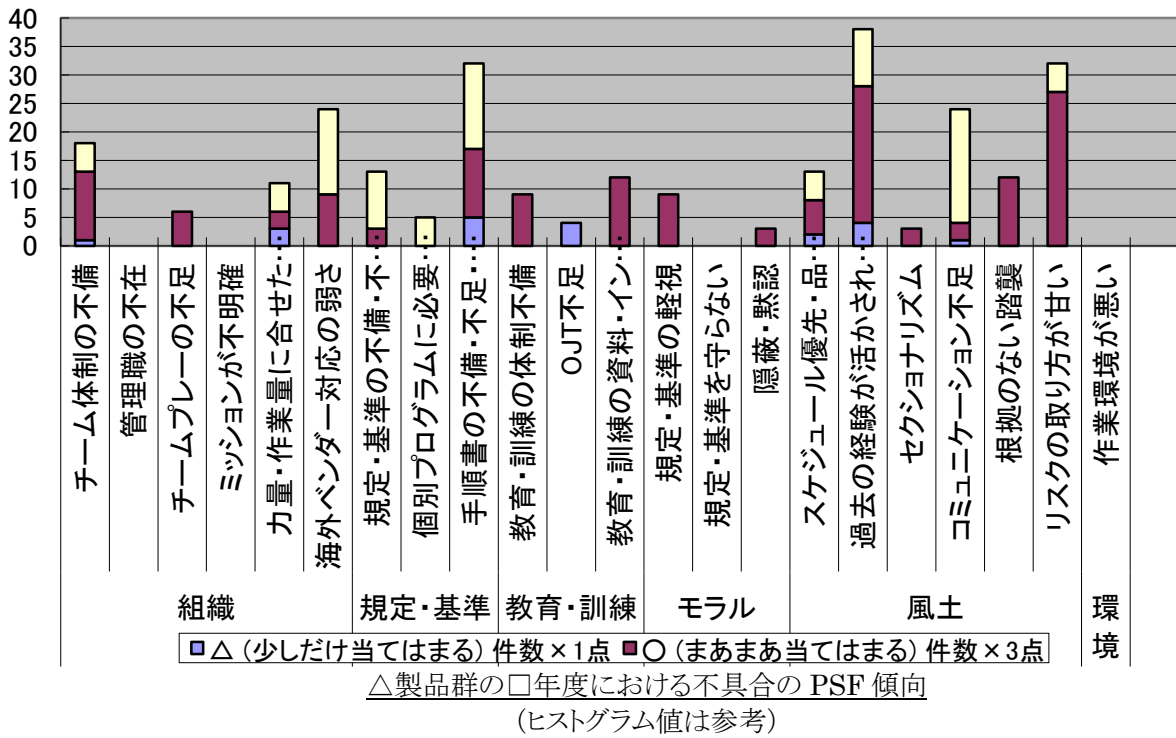


図 IV-26 PSFリファレンス・リストを用いた不具合傾向分析結果  
(ヒストグラム値は参考。上部ヒストグラム:前年度、下部ヒストグラム:1年後のものを示す)

事例9 コミュニケーション活性化によるヒューマンエラー防止活動事例

**事例概要**

現業部門における上長=作業員間のコミュニケーションは、朝会等における上長から作業員への一方向のコミュニケーションが主流であるが、ヒューマンエラーの背後要因分析とその発生傾向から、上長と作業員のコミュニケーション/情報共有の不足が、大きな要因の一つとして分析されている。そこで上長と作業員のコミュニケーション/情報共有不足を補うことを目的とした組立作業部門におけるコミュニケーション活性化事例(図 IV-27 双方向コミュニケーションを示す)を紹介する。

**活動事例:** 組立作業部門におけるコミュニケーション活性化(双方向コミュニケーション)

作業員が上長に指示された当日の作業内容に対し、自らその作業内容の品質/安全リスクを識別し、それぞれのリスクに対する対処方法を「作業前気付きシート」に記述することで作業員の理解度・作業員の抱えている問題点を上長に示し、さらに作業員の理解度や気付きの度合いに応じて上長がより適切に指導できるよう、コミュニケーション改善(双方向コミュニケーション)を図っている。

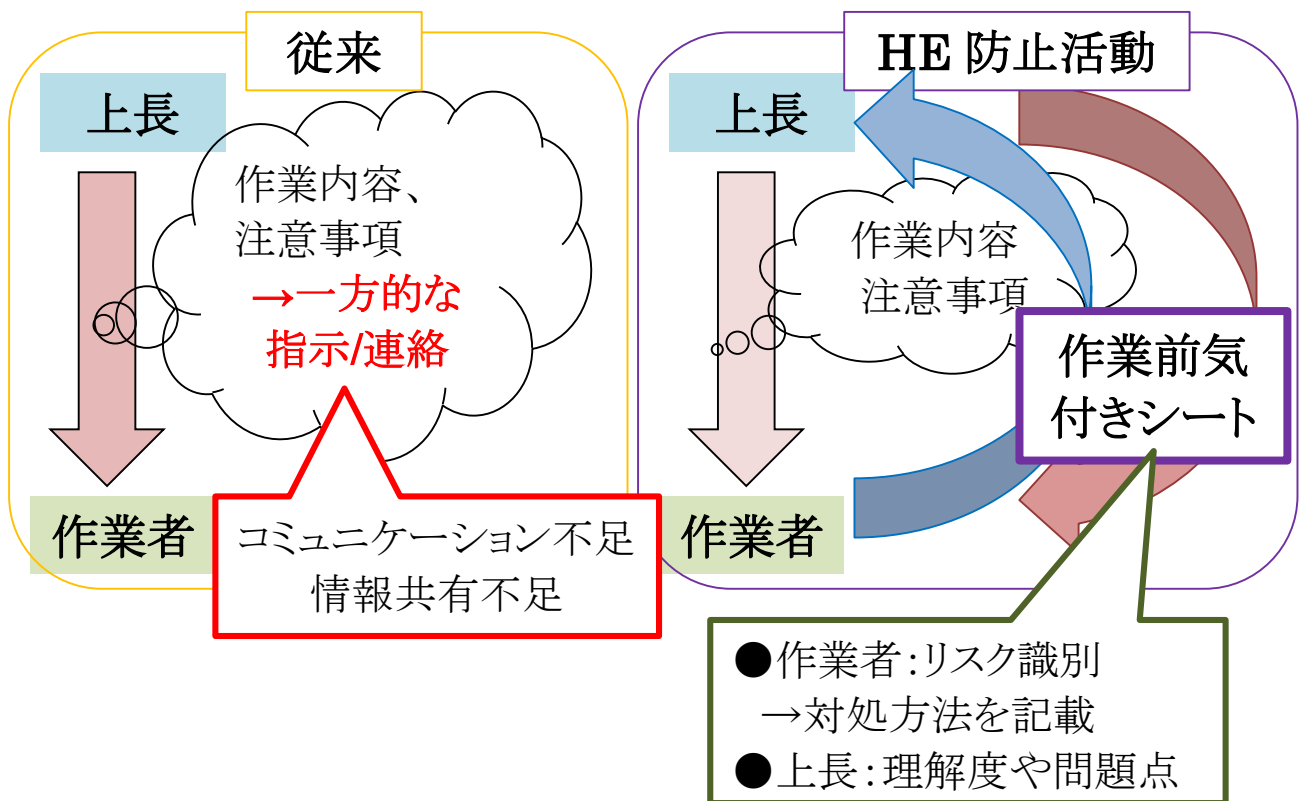


図 IV-27 現業部門でのコミュニケーション活性化(双方向コミュニケーション)

## 事例10 コネクタ誤接続に対するヒューマンエラー防止

## 事例概要

搭載機器の温度試験において、ケーブルを誤接続した(図 IV-28)。  
不具合発生工程の前工程である、常温試験では正しい接続で試験を実施していた。次に温度試験を実施するために接続を解除し、機材を温度槽内に設置する際、検査員が、コネクタを J21-J22、J20-J23 と誤って接続した(正しくは、J20-J21、J22-J23 と接続すべきであった)。

## 対策

バリエーションツリー分析によりプロセス上の問題点を識別し、識別した問題点に対してなぜなぜ分析を実施し、再発防止策を立案した。

(1) バリエーションツリー分析の結果、次の問題点が抽出された。

- ・ 検査員は、作業指示文書に記載された接続指示(コネクタ J20-J21、J22-J23 をそれぞれ接続)を誤認し、コネクタ J21-J22、J20-J23 をそれぞれ接続するものと認識していた。
- ・ 接続後に検査員がダブルチェックを実施したが、狭い場所であったために作業員判断で図面を手元に置かず、頭の中の記憶により確認を行ったことから、誤接続を検出できなかった。

(2) なぜなぜ分析の結果、次の背後要因が導かれた。

- ・ 接続後に正しいダブルチェックの手順を守って実施すれば、誤接続は十分に検出できると判断していた。
- ・ ダブルチェックの応用動作(予定されている作業ができないと判断した場合の別の動作)に関する教育訓練が不足していた。
- ・ 複数本のケーブルを着脱する場合、誤接続防止の「カラーシール」による識別を施すルールについて具体的な指示や方法が示されておらず、守られていなかった。

(3) それぞれの背後要因に対して、再発防止策を立案した。

- ・ 試験等において組み上げた接続をブレイクする際は、カラーシール(または ID マーク)を利用すること(特に、接続と脱着を繰り返す場合は、カラーシールによるチェックの方が有効であり、ダブルチェックを盲信しない)、等を含む、誤接続防止規定の内容を再教育し、また実施状況を第三者が確認した。
- ・ ダブルチェックを行う検査員の資格を明確に定義し、資格者が作業実施できる体制を構築した。

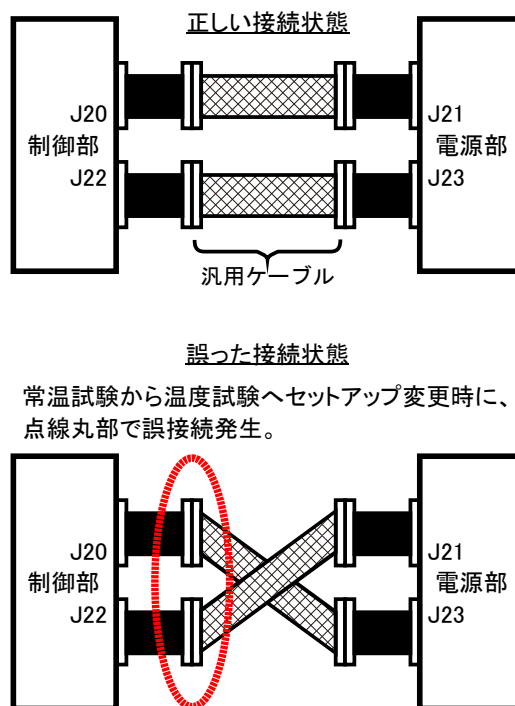


図 IV-28 コネクタ誤接続の状況

## 事例11 「久しぶり作業」に対するリスク回避

## 事例概要

トラブル・不適合の発生しやすい背後要因(リスク)として、3H(初めて、変更、久しぶり)が有名である。3H の内、“初めて”、“変更”に関しては、JMR-005、 JIS Q 9100 等で管理方法が設定されているが、“久しぶり”に関しては標準化されたものはない。そこで、久しぶり作業に対するリスク回避のための活動事例を紹介する。

## 活動事例: 「久しぶり作業」に対するリスク回避

PSFリファレンス・リストのうち、“久しぶり”から連想される PSF を抽出し、それぞれの PSF から自らのプロセス、久しぶりとなった背景等から想定される具体的リスクをリストアップする。

次にリストアップしたリスクを、自らが運用している既存の仕組みの中で、①リスク回避が出来ているもの、②既存の仕組みに視点を追加して回避できるもの、③リスク回避には新たな活動が必要なものに分ける。この際、既存の仕組みを可能な限り活用すると効率的に実施できる。

その上で、具体的な打ち手と実施のタイミングを整理して計画を作成する。

具体的な打ち手の事例は次項で示す。最後に、一連の活動の結果を評価し、仕組みにフィードバックする内容を明確にし、仕組みの強化へつなげていく。

なお、“久しぶり”に関しては、“久しぶり”の定義を一般化することからして難しいこともあり、管理者、担当者等の人に依存した活動になりがちである。“久しぶり”に対するリスク低減活動を仕組みとして運用するためには、以下を予め要領化しておくが良い。

- ・組織が関わる製品における“久しぶり”のガイドライン
- ・PSFリファレンス・リストのうち、“久しぶり”から連想されるPSFのリスト
- ・活動の流れ

以下に具体的な打ち手の事例を示す。

## a. 是正処置に関わる事例

前回製造時の要処置、不具合対策の実施状況と有効性の確認に加え、前回製造以降に作業した全ての類似製品に対し、以下を実施。

- ・ 審査会等の要処置のうち、当該製品に対しても実施すべき処置の実施状況と有効性の確認
- ・ 類似製品に対し設定された不具合対策について、当該製品に対する実施要否の再評価(水平展開漏れの抽出)、および、必要な対策の実施と有効性の確認

## b. 設計起因の変更に関わる事例

類似製品の図面・スペックの変更履歴から当該製品への変更反映漏れの有無を確認。

## c. 製造起因の変更に関わる事例

類似製品の作業ドキュメント・治工具の変更履歴から当該製品への変更反映漏れの有無の確認。

## d. 製造設備、治具の維持に関わる事例

準備状況確認会等による確認を実施の上、T/B(タスクブリーフィング)でも状況と対応方法を確認と周知。

## e. 力量管理、ヒューマンエラー管理に関わる事例

T/B での確認(表 IV-3)に加え、リスクの大きさ、作業者の構成等に応じて、追加でのリスク緩和策(表 IV-4)を設定。



表 IV-3 T/B での確認事項

T/B での確認事項
不具合からの注意ポイント
相違点
当該製品未経験者の作業者と対策
作業で注意すべき事項

表 IV-4 追加リスク緩和策

追加リスク緩和策(事例)
類似製品の不具合の反映状況、注意点の確認、写真の確認
手順書の読み合わせ(マークポイント、勘所、Know-Why の確認)
類似形態との相違点、注意点等の勉強会
注意点、疑問、不安点の協議
ドライランの設定、事前訓練項目の設定
作業体制の確認/整理(当該作業ベテラン作業者の配置状況)
QRKY(*)の実施

(\*)QRKY: Quality Risk Kiken Yochi