

# 機械の安全・信頼性に関するかんどころ

---

## 機械製品に対する安全要求と設計方法

## 目 次

機械製品の故障や事故で、使用者が危険な状態におかれるケースが目立っています。このような状況を改善するために、機械製品の安全設計が必須であり、安全な機械製品を造る要求条件とその設計方法の確立が望まれます。ここでは、機械製品に対する安全要求とその設計方法の一例を17回に分けて紹介していきます。

- |        |                |                                      |
|--------|----------------|--------------------------------------|
| (第1回)  | 安全要求           | — 重大/致命的な危険に対する安全要求 —                |
| (第2回)  | 安全設計           | — 故障許容設計 —                           |
| (第3回)  | 安全設計           | — リスク最小化設計 —                         |
| (第4回)  | 安全設計           | — 故障の伝播防止設計 —                        |
| (第5回)  | 安全設計           | — 冗長系分離設計 —                          |
| (第6回)  | 個別安全要求と設計      | — 構造 —                               |
| (第7回)  | 個別安全要求と設計      | — 応力腐食割れ —                           |
| (第8回)  | 個別安全要求と設計      | — 圧力システム —                           |
| (第9回)  | 個別安全要求と設計      | — シャープエッジ —                          |
| (第10回) | 個別安全要求と設計      | — 材料要求と選別方法 —                        |
| (第11回) | 個別安全要求と設計      | — 電気システム —                           |
| (第12回) | 個別安全要求と設計      | — バッテリー —                            |
| (第13回) | 個別安全要求と設計      | — 感電 —                               |
| (第14回) | 個別安全要求と設計      | — 接触温度 —                             |
| (第15回) | 危険解析とリスクアセスメント | — 実施手順・危険識別表の作成・危険解析表の作成・リスクアセスメント — |
| (第16回) | 安全性試験          |                                      |
| (第17回) | 検証             |                                      |

☆実施手順

- (1) 危険識別表により製品に内在する危険を抽出し、その危険のレベルを評価するとともに、対象となる危険を除去する一般的な設計方法を特定する。
- (2) 危険識別表で明らかになった危険に対して危険解析表を作成し、危険要因の制御と除去方法を特定し、リスクアセスメントとしてリスクの見積もりと評価を行う。
- (3) 危険が許容リスク以内ならば検討を終了する。
- (4) 危険が許容リスクを超えているならば設計の見直しを行い、危険の制御が妥当と判断されるまで危険解析表を修正・完成させる。

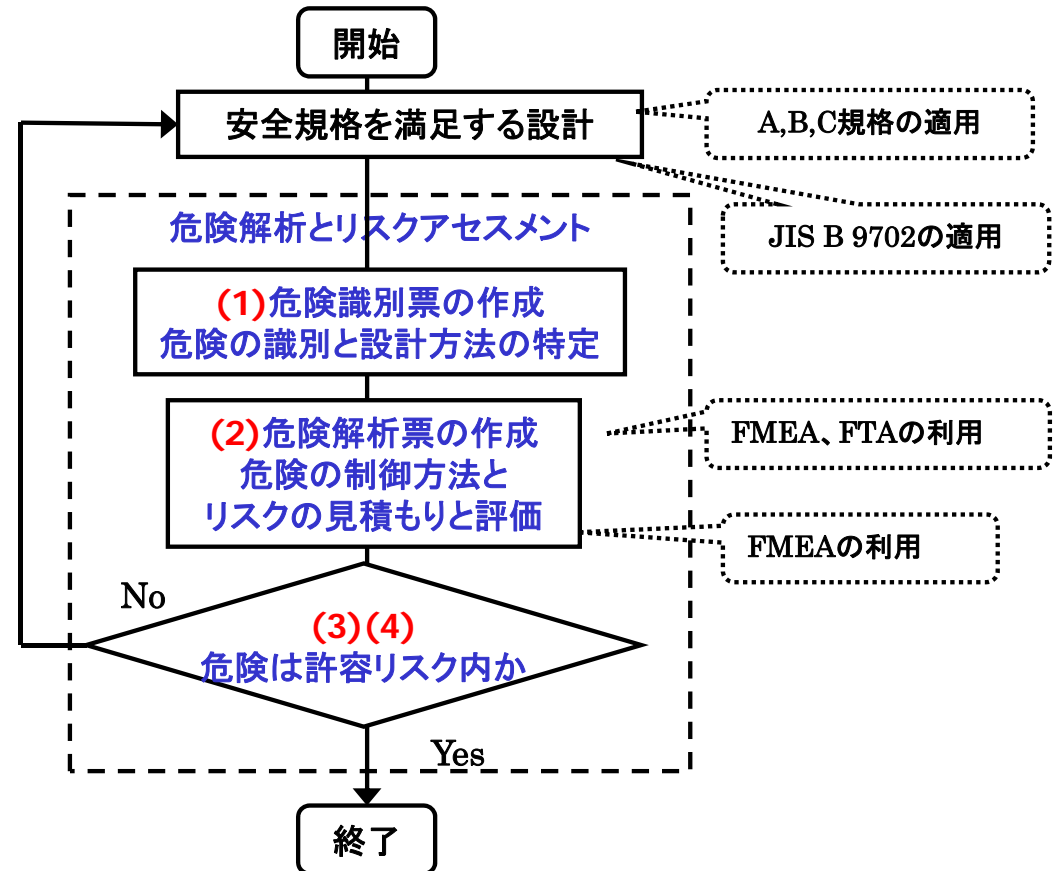


図1 実施手順

☆実施手順の具体例

図2に示す圧力容器に液体(水)を充填している給水システムを例に実施手順を説明します。

危険解析においては、設計の初期段階で表1に示す危険識別表を作成します。

次に、危険識別表で明らかになった危険に対して表2に示す危険解析表を作成し、危険要因の制御と除去方法を特定し、リスクアセスメントとして表3,4を参考にしてリスクレベルを決めます。

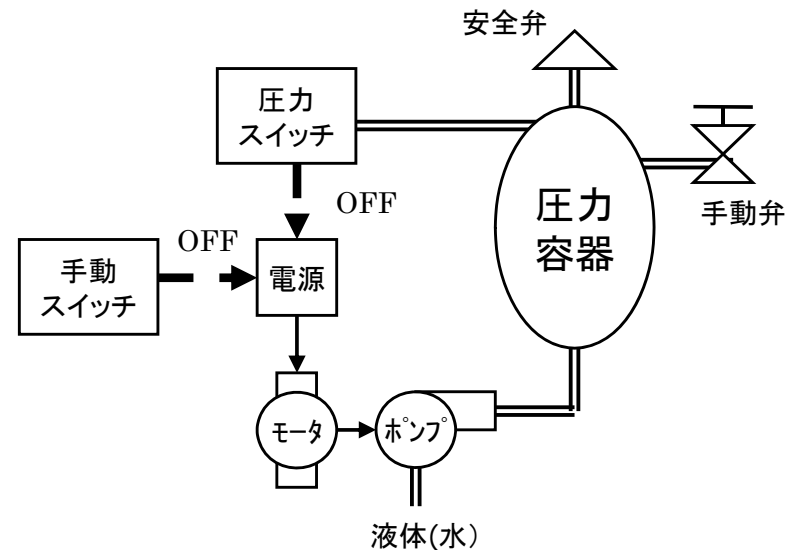


図2 圧力容器に液体(水)を充填している給水システム

☆危険識別表の作成

表1に危険解析表を示します。給水システムの構成要素である「コントローラ」、「圧力容器」、「ポンプ」の危険を、使用上の危険として「圧力容器の爆発」を識別します。検討の結果抽出された危険に対しては被害の度合いを表の注)に示す基準で分類し表の該当箇所に記入し安全設計基準に照らし合わせ、被害レベルS3、S4に分類されたものに対しては必ず対策を検討します。S1、S2に分類されたものに対しては、その状況に応じて対策を検討します。

表1 危険識別表

危険の識別		装置の危険																		使用上の危険																					
		天災		火災	爆発		衝撃・振動			電撃			放射	構造		汚染・腐食			温度・湿度			その他		人災																	
解析対象物	装置	地震・津波・雷	台風・強風・大雨	点火源・可燃物	火薬類	爆発性雰囲気	圧力容器	衝撃・振動	回転・加速体	可動機構	感電	短絡	漏電	静電気	発光・レーザ等	破壊・磨耗	騒音	突起物・鋭利な端部	応力腐食	有害・有毒物	強酸・強アルカリ	流体適合性	細菌・微生物	高温	低温	高湿度	制御装置	電力装置	ソフトウェア	操作ミスによる障害											
																														クリティカル部位(かお)			他の部位(体)								
																														目	口	耳	鼻	腕	胴体	足					
安全設計基準						5					6	6	←	←		5	5	5	6	←	←		6	←	←																
危険項目	装置	コントローラ									S2	S2	S2	S2													S3		s3												
		圧力容器					S2									S3																									
		ポンプ							S2	S2																															
	使用上	圧力容器の爆発																												S2	←	←	←	←	←	←					

注)S1:すり傷(微傷、軽微な災害)、S2:軽傷(不休業災害)、S3:重症(休業災害、被害等級8-14)、S4:死亡・廃疾(障害等級1-7級)

# (第15回) 危険解析とリスクアセスメント ー危険解析表の作成とリスクアセスメントー

## ☆危険解析表の作成とリスクアセスメント

危険解析表での解析には、FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)、FHA(Fault Hazard Analysis)などの手法がありますが、ここでは下表に示すFMEAについて解説していきます。

FMEAの手順は、

- (1) まず、製品に生じる危険の程度を想定して危険の原因を分析し、その影響を評価する。
- (2) 次に、危険の影響をなくすための調べ方と、防ぐ方法を導き出す。

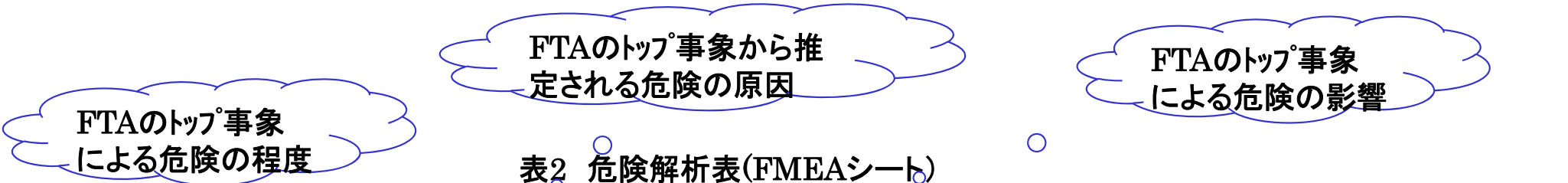
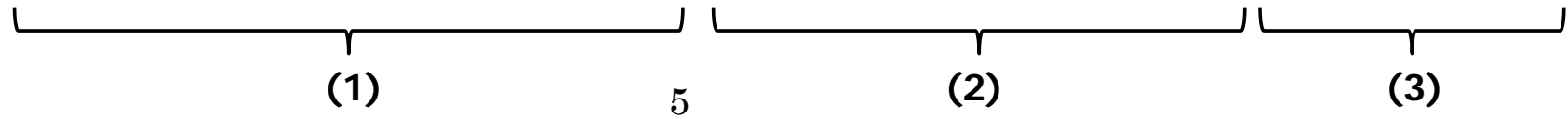


表2 危険解析表(FMEAシート)

項番	品目 (製品)	機能	危険の程度	危険の原因	危険の影響	調べ方	防ぐ方法	リスクレベル 「被害の度合い」と 「発生の可能性」
	検討を行う製品、部品名を記入する	検討を行う製品、部品の機能を記入する	検討を行う製品、部品の機能、性能等が失われた場合を想定して記入する	検討を行う製品、部品の機能、性能等が失われた場合を想定して記入する	危険が与える影響を記入する	危険状態の検出方法として設計で対応可能な方法を記入する	危険の発生を防止、抑制するために必要な設計、製造、検査、運用、管理等の対策を記入する	危険が発生した場合の「被害の度合い」と「発生の可能性」の致命度区分を記入する



# (第15回) 危険解析とリスクアセスメント ー危険解析表の作成とリスクアセスメントー

(3) 最後に、危険が発生した場合のリスクレベルを評価する。

FMEAシートにおいて、下に示す「被害の度合い(表3)」と「発生の可能性(表4)」から表5に示す「リスクレベル」を客観的に判断することが重要です。そのために以下のようなクライテリアが提案されています。リスクレベルIII、IV、Vに関しては、危険をなくす対応が必ず求められます。その他のレベルに関してもコストの制約との兼ね合いで極力、危険をなくす対応が必要と考えられます。

表3 被害の度合い

被害の度合い	程度	被害の目安
S1	すり傷	微傷、軽微な災害
S2	軽傷	不休業災害
S3	重傷	休業災害、被害等級8~14
S4	死亡、廃疾	障害等級1~7級

表4 発生の可能性

発生の可能性	程度	可能性の目安
K1	まれに	年に1回程度
K2	たまに	月に1回程度
K3	時々	週に1回程度
K4	頻繁に	日に何回も

「被害の度合い」と「発生の可能性」からリスクレベルを判断

表5 リスクレベル

可能性 度合い	K1 まれに	K2 たまに	K3 時々	K4 頻繁
S1 すり傷	I	II	II	III
S2 軽傷	II	III	III	IV
S3 重傷	III	IV	IV	V
S4 死亡、廃疾	IV	V	V	V

圧力容器に液体(水)を充填している給水システムのFMEAシートを表6に示します。

表6 給水システムのFMEAシート

項番	品目 (製品)	機能	危険の 程度	危険の原因	危険の影響	調べ方	防ぐ方法	被害の 度合	発生の 可能性	リスクレ ベル
	圧力容 器	圧力の 保持と給 水	けが (圧力容 器の破 壊によ る使用 者のけ が)	1.過圧による破壊 1.1 安全弁の動作不良 1.1.1 保全不良 1.1.2 弁のつまり 1.1.3 弁内部の故障 1.2 ポンプが停止しない/圧 カスイッチの動作不良 1.2.1 スイッチの閉故障 1.2.2 圧力検知管のつまり 2.許容圧力以下で破壊 2.1 容器の不具合 2.2 保全不良	圧力容器の 破壊片によ る怪我	・動作チェック  ・液体の汚れの チェック ・動作チェック  ・動作チェック  ・液体の汚れの チェック  ・目視検査  ・目視検査	・定期的動作チェックと チェック記録 ・定期的メンテナンスと 検査記録 ・安全弁の定期交換と交 換記録  ・開閉モニターの設置  ・定期的メンテナンスと 検査記録  ・定期的メンテナンスと 検査記録 ・定期的メンテナンスと 検査記録	S2  S2 S2  S2  S2  S2 S2	K1  K1 K1  K1  K1 K1	II  II II  II  II II