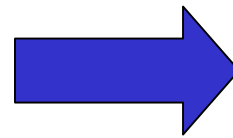


# 設備故障ゼロ対策

設問編

(社)日本能率協会 専任講師 中村 茂弘  
詳細は URL:<http://home.catv.ne.jp/dd/aqcdltdr>をご参照下さい。

- 1 , TPMの生い立ちと稼働率向上対策ステップ
- 2 , スキル管理と設備故障ゼロ対策効果
- 3 , TPMステップのスピード化
- 4 , 物理現象解析による故障解析の進め方
- 5 , 故障診断技術「見える化」対策



科学的分析



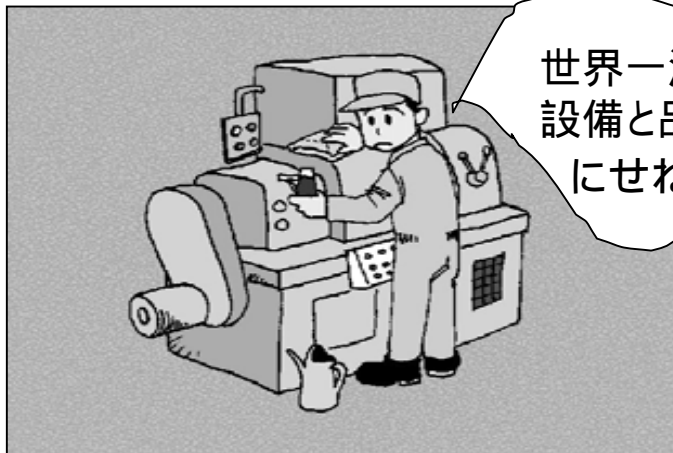
# 1, TPMの生い立ちと稼働率向上対策ステップ

清掃点検の目的は？

徹底改善  
再発ゼロに  
しようよ！



故障ゼロ生産



突発故障 = 事後対策  
整備・点検の不備が  
招く強制劣化対策  
外見の5S 弱点の除去

予知・予防のための清掃  
と点検(しかし、手間が掛かる)

確実・楽で早い点検の追及  
設備KYT(危険予知)の適用

故障ゼロ、スピード最高化  
のための設備改善  
「設備に強い人づくり」  
+ 「最高設備で高品質」

## 設問1 設備生産性 日/米・独比較

下の表はTPM (Total Product Maintenance) が日本で盛んになる10年も以前(1978年)に、当時のJMA十時会長が日本の生産性について問題を提起した内容であり、この解析がTPM活動の推進に大きく影響を与えた内容である。では、当時、何が、問題を大きく指摘した内容か？について解析して下さい。

業種	国	A,労働生産性 (千円/人)	B,資本装備率 (千円/人)	A/B:設備装備率 (%)
普通鋼	日	9,048	25,545	35.42
	米	8,998	9,230	97.49
	独	5,474	8,768	62.44
四輪車	日	8,131	6,250	130.09
	米	8,281	2,272	373.22
	独	6,183	1,421	453.26
総合化学	日	9,501	20,384	46.61
	米	10,151	7,861	129.12
	西独	6,891	4,498	153.19
製紙	日	9,724	17,681	55.00
	米	7,969	8,610	92.55
食品	日	8,752	6,352	137.77
	米	6,897	3,987	172.99

記載欄

## 設問2

# 設備稼働率の定義

下に代表的な設備稼働率の定義を例示します。個々の定義の利用目的を解説して下さい。

稼働率定義の例	解説	利用目的の記入欄
1, OEE: 総合設備効率 (Overall equipment Effectiveness)	総合設備効率 = 稼働率 × 性能 × 品質 ・稼働率 = 実稼働時間 / スケジュール上の稼働予定時間 ・性能 = 現状速度 / 性能上の速度 ・品質 = 良品率 / 全生産量	
2, TEEP: 設備機器総合有効生産力 (Total effective equipment performance)	設備機器総合有効生産力 = ローディング待つ × 総合設備効率 ・ローディング = 実働時間 / 実時間 実時間は24時間、365日。実働時間は企業が暦上でスケジュールした稼働時間	
3, 稼働率	稼働率 = 実働時間 / スケジュール上の時間	

### 設問3

## TPMが示す6つのムダ

TPMでは付加価値を生む設備生産性対策の立場から下記、6つのムダに分けた対策を進めることを推奨しています。では、下表の6つのムダと、対策の方向を簡単に解説して下さい。

ムダの種類	解説
故障のムダ	
段取り調整のムダ	
チョコ停・ 空転のムダ	
速度が最高でない ムダ	
不良、手直しの ムダ	
立ち上がりのムダ	

## 2, スキル管理と設備故障ゼロ対策効果

### 設問4 スキル管理に見る設備5Sの要点

完全生産というと、スキル管理の創始者中井川正勝先生の名を思い出す方々が多いのではないだろうか。中井川先生は信頼性工学の権威者であり、設備の不具合対策を進めた結果、速度生産性、すなわち、「不良が出たら故障と思え！」という歴史的な教えと共に、多くの偉業を成し遂げている方である。また、『完全生産 = 故障ゼロ対策 + 不良ゼロ対策』を一体化させて進めてきた方でもある。では、次ページに故障ゼロ生産の要点を示すので、参考とすべき点を3点ほどにまとめをお願いします。

記載欄

### スキル管理の取り組み(解説)

中井川正勝先生が企業に顧問として招待されたのは昭和38年頃だった。また、その企業が先生に求めた内容は「作業者の教育訓練体系の構築」という内容だった。すなわち、「不良や故障で企業の収益が悪化している根源は、作業者の未熟による」と管理者達が考えていたからだった。その事例として、例えば、「半年前に購入した新鋭機が現在1/2のスピードでしか生産できない上に不良を多発している」という内容、「現場で機械設備を使って作業する方々に標準書がない」「機械を診て触ると、あってはいけない振動や音を発する状況なのに管理者が放置して、的確な手を打っていない」という内容があった。

## スキル管理の取り組み(つづき)

先生は即座に『ルッサーの法則』を関係者に説明し、「作業員訓練の前に、その前提となるゴミやホコリによる強制劣化の原因を除去しなければならない」と説得したが、正に“のれんに腕押し”、「そんなつまらないことをするより、早く作業員の再訓練をお願いします」という話ばかりが帰ってきた。しかし、中井川先生はこのような四面楚歌ともいう中でも、「不良が出るということは、既に設備が故障していることを意味する。もし、不良をゼロに接近させれば、設備は今の2倍のスピードが可能である」という考えをつくった。また、「この理論をいつか必ず証明しよう」と考えた。

そのようなとき、エナメル線を線引きする企業から立て直しの依頼が先生のところへ飛び込んできた。この工場の要求は「とりあえず、現場を改善し、不良率を1/3程度にして赤字を脱出したい。近く設備は更新するので、それまで持たせて欲しい」というものだった。早速、先生は現場へ出て設備を診断した。ところが、この現場を持つ管理者達がいる、「設備の老朽化で困っている」とか「作業員の未熟で・・・」という内容と問題とは関係ないことを見てとった。

先生は、ここでも「設備の微欠陥を直せば（正規の状態に正せば）不良はゼロになり、設備生産性も回復し、新しい設備への更新など全く必要ない」ということを説明した。だが、反発だけが返ってきた、そこで「これ以上議論しても駄目だ」と考え、「班長1名と保全作業員1名と私にしばらく改善を任せて欲しい」と進言した。赤字に困るこの工場の関係者は、他に案がないので、この採用を採用し、いよいよ、中井川先生の理論の実践が開始された。

具体的には、汚れがたまったデッピング槽の汚れを取る。平坦度が出ていないスクレイズ盤の平坦度を出す。巻き取りリールの芯ブレを取る、・・・など、製造技術上の問題を是正し、強制劣化のもとになる要因をひとつづつ除去していったが、このようにして、全ての問題要因が除去された途端、巻き取り不良の手直しをしていた作業員はゼロ、製品のコブ、外形不良などもゼロにすることができた。その結果、生産性は3倍、設備の更新は全くない状態で、この工場は黒字に変換させることができた。この取り組みの結果、中井川先生の理論は実証され、多くの賛同者を得た。また、その後、各社を指導する中から『スキル管理』という名のもとで強制劣化対策による不良・故障ゼロ生産が実現していった。

## 設問5 - 1

### 歴史に学ぶ、故障ゼロ対策とステップ

設備故障ゼロ化対策は、過去、GE社などが、苦勞しながら突発故障 予防保全 改良保全 保全予防という形で進めてきた経緯があるが、各項目の狙いを簡単に説明してください。

記載欄

## 設問5 - 2

### 強制劣化

TPMでは設備故障ゼロ対策の初段に設備5Sを実施するが、この対策は『強制劣化』対策を促す対策だが、では、自然劣化と強制劣化の差と共に、故障の主要因となる内容を示して下さい。

記載欄



## 設問6

# 段取り替え「シングル化」対策

設備稼働率向上対策のひとつに、製品種の変更に伴う段取り替えがある。過去、例えば、プレスなどでは、4時間を要していたが、シングル段取り手法の開発～適用とともに、一桁の時間、例えば10分以内に切り替えを完了させる方式が編み出され『シングル段取り』の名で産業界に広まった。この方式は多種少量生産に向く対策に大きく貢献したわけだが、では、その具体的な改善手順と、対策技術の要点を整理して示して下さい。

記入欄

段取時間	ロット数	生産時間 分/個	1個当たり 作業時間	比率
8 H	100個	1分	$1分 + \frac{8 \times 60}{100} = 5.8分$	62.5% と膨大
8 H	10,000 個	1分	$1分 + \frac{8 \times 60}{10,000} = 1.048$	たった 0.5% 程度！

### シングル段取りの成果！

8 H 5分にする(10分以内)

100個生産の場合

$$1分 + \frac{5分}{100} = 1.05$$

5%程度は吸収可能！

# 3 , TPMステップのスピード化

## 設問7 故障ゼロ生産ステップ化対策

モデル機を定め、徹底的な改善により故障ゼロ対策を図ることは、まだ、設備故障に悩む企業では未来のモノづくりの理想を現場に実現させる対策という意味で極めて重要な対策となる。そこで、このような場合、故障ゼロ生産へ向けて、下に示した項目をどのように順序づけ(手順化)して、早期に故障ゼロ生産を実現すべきか？手順化と主要対処内容の記載をお願いします。

### 【手順化の対象項目】

MTBF分析を用いた故障を出さない対策

日々対策(日々点検を通した小故障対策)

設備5S対策

信頼性工学の適用による機構解析

設備点検の順守

不良・故障を出さない現場で行う小改善

記入欄



## 設問 8

# 設備故障記録の活用

これはA社におけるS氏とN氏の議論、一種のBath - Tub曲線利用法の議論である。そこで、「スピード故障ゼロ生産実現！」という見地から判定をお願いしたい。なお、S氏は先ごろA社に定年と共に転任した方であり、大手企業で長年に渡り設備故障の記録を付け、その分析から、保全期間を決め、現場に指示してきた。また、Nさんは、若くして管理者になった方であり、設備には詳しくないが製造現場では、多くの改善を精力的に進めてきた方である。では、両者の議論を紹介することにする。

「Nさん、設備の故障対策がうまくいっているか否かは、長年の記録を利用することが基本です。そのためには、まず、故障記録を克明に取って行く必要があります」「Sさん、それは一理ですが、では、故障対策はいつからスタートさせるのですか？」「3年は、まず、この設備の状態を記録して、どこが、どの程度故障するかを、この詳細な記録用紙に記録した後で決めます。」「記録が先で、明らかに故障してきた過去の問題も改善しないのですか？」「そうです。私が赴任してきたからには、自分の記録しか信じません。医者も同じです。人の記録、否、今までのような簡単な記録では何も出来ません。そこで、この様式で、記録を取ってから対策となります。」「Sさん、この方式ではお金と年月が掛かりすぎます。年間に、現在、3億円もの修理費用を使っています。記録より、手のつく点に手を打って行くべきです。」「Nさん。そのような想定に基づく対策では、間違った手を下す危険があります。」「だが、Sさん、故障の事実は、たとえ過去の記録内容が貧弱でも、事実なのですから、また、設備ご専門家であり、あなたが、機構やメカニズムを解析すれば、可能なはずで、要は、信頼性工学を利用すれば、今でも問題個所の撲滅はできるはずで、当然、このためには、類似の設備や、このメーカーからの情報収集を行います。3億円を3年使って当工場の設備の故障発生を待つより、この対策の方が得策です！」「Nさん、それは、頭の理論です。私は大手T社でやってきたやり方を通します。…」と、いう状況だが、さてこの判別と、その理由は？

記載欄

# 保全記録の例

空欄を埋めて下さい。

No.	運用の目的	記録の名称	活用目的の例	解説	責務担当部署
1		日常点検表 チェックシート			
2		給油・増し締め など記録			
3		定期点検記 録表			
4		MTBFの記録 の解析			
5		修理報告書			
6		改良保全記 録			
7		設備有無と耐 用年数確認			
8		保全目標の 達成管理			

## 設問9

# 設備改善戦略ガイド

設備の保全、点検～改造には、取り組むべき多くの要件がある。では、この種の実践を例に、突発故障対策、PMと日常管理、故障履歴と利用、定期点検・修理、設備小改善、シャットダウン時の大修理、新規投資による設備革新や変更を戦略的に展開する方式を図化して下さい。

【生まれ変わったPM体験】ある装置メーカーの取り組み

A社では「運転マンの手で24時間故障なし生産を達成しよう」という職場方針を5年前に策定し、効果的な活動成果をあげた。内容は自主保全だが、当時の設備は古く、点検個所は多く、とても少人数の保全の手に終えない対象だった。保全マンが修理するが、再発する。そこで、運転マンが保全技術を身につける対策で故障ゼロ生産を図り、更なる展開へ向けることが、当時の取り組みだった。まず、1人ひとりを保全組に派遣して、溶接、切断、部品の製作……故障診断などの知識と技能を学んでいった。その結果、かつては、電気工事や配管工事などを自分の手でこなすようになっていったが、この対応で、設備は大きく改善され、故障低減だけでなく、点検サイクルの延長、点検整備の容易性など多くの改善と共に、設備の性能発揮が進んだ。だが、こうして進化を遂げた設備も、やがては、現在の技術革新にはかなわない状況になり、1年前に新設備への更新となった。過去、この種の対応は受身的、設備導入後に苦労しながらの対応だったが、今回は、設計仕様検討段階から我々の参加となった。久々の大投資だったが、今までの経験や知見が全て反映された設備は、過去の問題が全く無く、しかも、現在は順調に稼動中である。

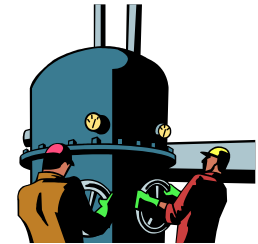
記載欄

## 設問10

# 設備に強い人づくり

TPM(全員参画による生産保全)活動においては、『設備に強い人づくり』という対策が極めて重要とされ、設備を直接扱う方々の強化が図られてきた。では、この具体策に必要とされる要件は何か？と言った点について、項目をあげ、整理して示して下さい。

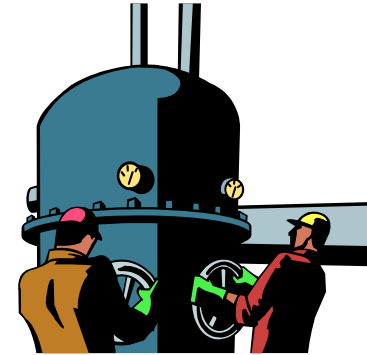
記載欄



## 設問 1 1

# PM留学

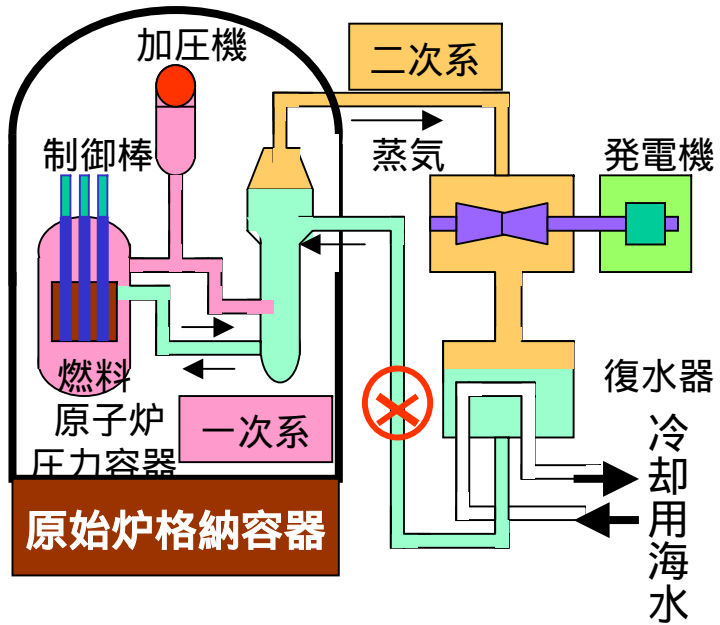
設備に詳しい人づくりは、設備の故障対策だけではなく、人が持つ能力の育成、提案・想像力の増強～設備に詳しいという自信の強化と共に、企業人として働く現場関係者の生き甲斐づくりの面でも大きな経営対策課題のひとつである。そこで、この種の対策としてPM留学という、集中的に行う教育方法について、現在まで運用されてきた各種の研修(人材育成内容)を例示して、解説をして下さい。



記載欄

# 設問12 原子力タービン爆発事故

下に記載した内容は04年に起きた美浜原子力事故の状況だが、重要管理が必要だった配管が破裂、2004年8月11日に死者4名を含む死傷者11名を出した、という残念な事件だった。この例を分析して問題発生メカニズム解析をして下さい。



記載欄

14年で配管は寿命に至る計算だった。

**事故に至る3つの問題**  
 当初のM重工が記載したメンテナンス基準から項目脱落していたメンテナンス請負企業日本A社が27年間チェックせずに点検作業をしていた。日本A社は、03年4月に対象を発掘11月に関電に伝えたがそのまま放置された。

M重工は日本A社に 99年4月と、00年8月の2回、文書で、「美浜原発3号機の配管は点検した方がよい。」と伝えていた。

日本A社は、年数の似た別の配管を点検したが、特に問題が無いので放置した。

「反省、放置すべきでなかった。」10mmの鉄板が報道は1.4mmだが、0.9mmだったことが判った。



# 5, 故障診断技術「見える化」対策

## 設問13 - 1

## FMEAの利用による設備故障減対策

下表はFMEA ( Failure Mode and Effects Analysis ) :故障モード解析として有名なFMEAです。では、この種の解析を設備故障ゼロ対策にいかにかに生かしてゆくか？具体的な利用方法を例示して下さい。

FTAの最下位にまで分解して、最上位に与える影響が最も大きい機器を抽出する

解析対象製品をよく理解する

システム:

機器名	故障モード	影響			致命度	対策
		機器	サブシステム	システム		

信頼性ブロック図で解析レベルを合わせる

ブレンストーミング法などで抽出する

致命度評価をして影響度を把握する

信頼性対策案を提示・評価～抽出へ

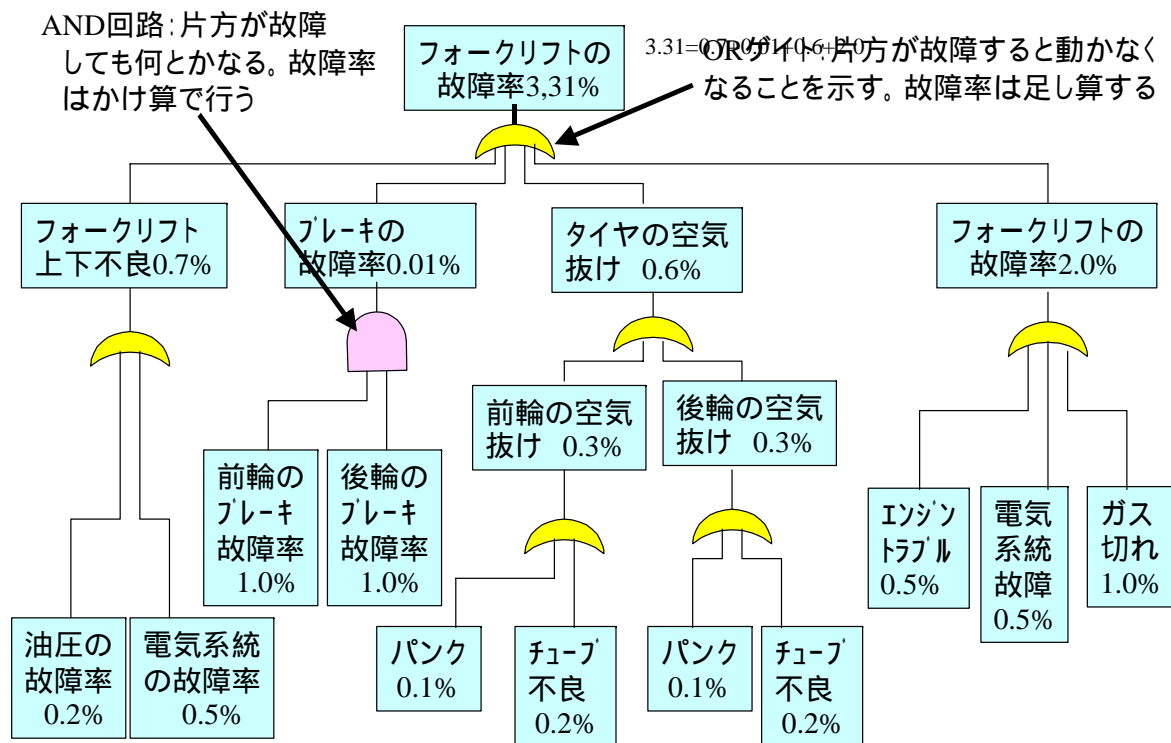
記載欄

# 設問13-2

# FTA利用術

FTA (Fail Tree Analysis)はFMEAと共に設備故障の弱点部を評価～検討する上で有効な手段であるため、多くの企業で活用されてきました。では、図に示したFTAを実務でどのように活用するか？利用法を解説して下さい。

## フォークリフトを用いたFTA解析の例



記載欄



## 設問 15

# 実務的な「設備故障診断法」

ここまでのまとめとして、故障を起こさないためには、「清掃は点検なり」という形で、設備に発生しそうな問題(リスク:潜在問題という未だ問題に至っていない問題予備軍)を早期発見～対策へ向けることが重要になる。この対策は、人の安全対策におけるKYT(危険予知訓練)に似た内容を持つ。では、実際の設備を目前に、この種の予防対策を実務的に進める方法を例示して下さい。

記載鞍

