

FTA基礎と演習

テキスト内容

- | | |
|---------------|---------|
| 1. オリエンテーション | P02～P13 |
| 2. 故障解析について学ぶ | P14～P51 |
| 3. なぜなぜ分析 | P52～P54 |
| 4. FTAとFMEA | P55～P56 |
| 5. FTA概要と進め方 | P57～P77 |
| 6. FTA現場での実践例 | P78～P84 |

1

FTA基礎・実践講座

◎FTAは故障解析手法の1つ

1. 故障解析概論・手順
2. 信頼性とは(解析手順を学ぶ)
3. なぜなぜ分析
4. FTA概要
5. FTA進め方
6. 演習
7. 今ある課題に対する実践演習

2

問題とは

(あるべき姿)

理想とする状態と現状との間に差(ギャップ)があること

(あるべき姿)

理想とする状態



差

問題

現状

3

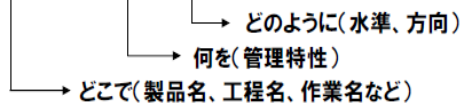
テーマ設定

取組む“問題”(『テーマ』)を決める

【ポイント】

- ・テーマは抽象的に表現しない
- ・テーマを見て、何をねらっているのかわかる

・[参考] 『○○における△△の◇◇』



- ・テーマ設定の背景・理由が明確である
- ・現状の把握ができています

目標設定

取組むテーマの目標を決める

【ポイント】

- ・『何を』…管理特性
- ・『いつまでに』…期限
- ・『どれだけにしたいのか』…目標値
(いくらをいくつに)
- ・『どれくらいの効果があるのか』…期待利益(特に有形効果)

4

管理品質での限界

QCサークルや「なぜなぜ分析」に代表される日本の品質管理手法世界でも有名。
モノづくりの現場での「カイゼン」などの日本語は、いまや世界共通語になっています。
成功した品質管理の手法ですが限界が見えています。
その1つの表れがリコールの多発や、社会的事故です。
限界の本質とは、リコールや事故を引き起こす不具合問題が品質管理の手法では見つけれない点にあります。
万全の検査を行い、100%の合格品を出荷したはずなのに不具合が起きるのですから、管理をいま以上に厳しくしても対策にはならない。
信頼性工学と品質工学の2つは
品質管理では見つからなかった問題点を明らかにし、
リスク分析・再発防止・未然防止を行う進め方になる。

5

社会問題から見る信頼性とは？

日本航空のバッテリー火災事案（1月8日）

国土交通省

洗い出された約80項目の原因

- 日本航空008便が、ポスト・ローガン空港に到着し全員降機した後、整備士が補助動力装置用バッテリーから出発していることを確認
- 米国の国家運輸安全委員会(NTSB)が原因調査中。我が国の運輸安全委員会も航空事故調査官を派遣するなど調査に協力。



写真: 米国家運輸安全委員会(NTSB)

短絡（ショート）や電圧変化によるセルへの過負荷（セルの劣化）

（例）バッテリーケース内部の結露によって生じた水分がセルへセル間、あるいはセルへバッテリーケース間のすき間に入り、そこに電流が流れると、セル内部で電解液が分解し、リチウムイオンの結晶化やセル内部の水分の生ずるにつながる。それらが原因するとセル内部での発熱を生じる。



過度な放電

（例）過度に放電すると、電極に使用されている金属が電解液に溶け出し、次に充電した時に、再びその金属が+極と-極の間で結晶化して短絡し、一気に大電流が流れ、セル内部での発熱を生じる。

製造時における不具合（セル内部への異物混入など）

（例）製造時に、金属片がセル内部に入り込むと、セル内部で+極と-極が短絡し、一気に大電流が流れ、セル内部での発熱を生じる。

ボーイング社のプロジェクトチームで、今回のバッテリー不具合に至る仕組みを解析したところ、バッテリーケース内に収められている「セル」と呼ばれる8個の電池のなかの1個が何らかの理由で過熱したことから始まったことが解明されました。
プロジェクトチームでは、この最初に1個の「セル」の過熱に至る想定される原因を約100項目洗い出しました。これらはあくまでも理論解析や再現実験から、可能性としてはありうるとして書き出されたものであり、今回の当社ならびに国内他社の事例調査では見つかっていないものも多く含まれています。
そして次に、洗い出した約100項目の原因を、1つ1つ詳細に分析、評価したところ、約20項目については、「理論上は起こりうるが、現実的には起きないもの」もしくは過大な充電など「真に対策が講じられているもの」であることを確認しました。残る約80項目の原因は、大きく次の4つに分類できました。

隣り合うセルの端部接続金具固定用ねじ（ナット）の緩み

（例）ねじ（ナット）が緩むと、その部分の電気抵抗が増大し、電流が流れた際に発熱し、その熱が電極を通じてセル内部に伝わり、セル内部での発熱を生じる。

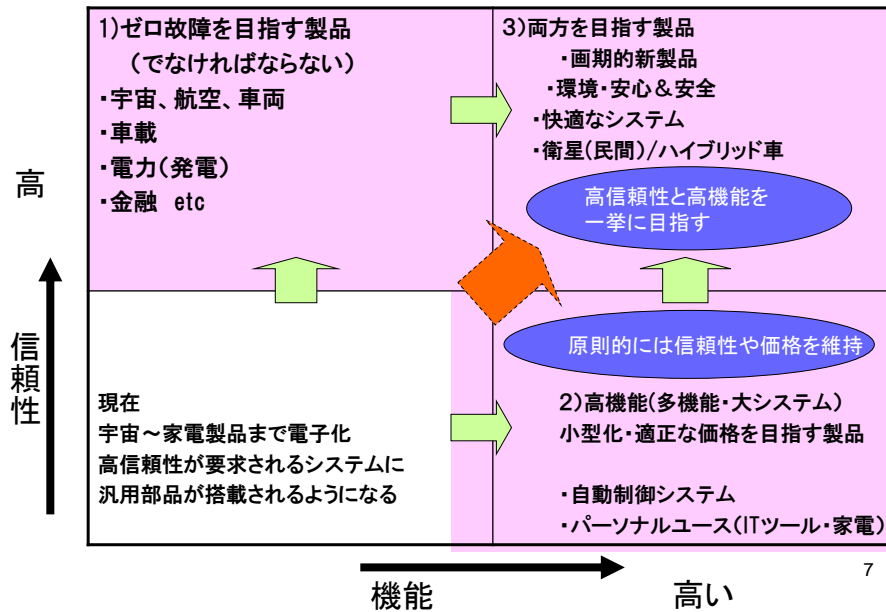


国土交通省HPより抜粋

6

最新の品質についての考え方

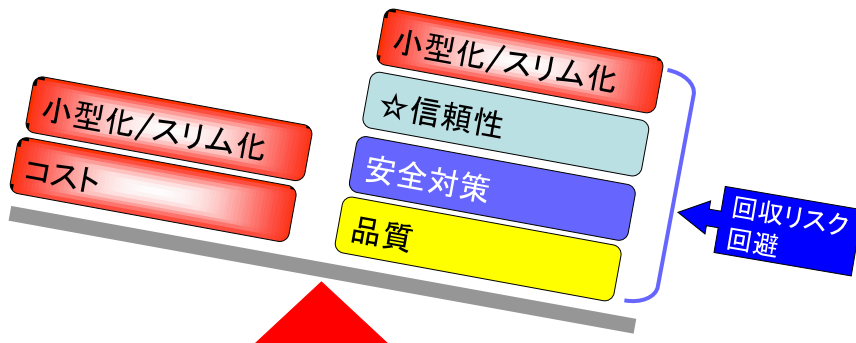
高信頼性への要求



日本品と海外品の製品の価値違い

海外品

日本品



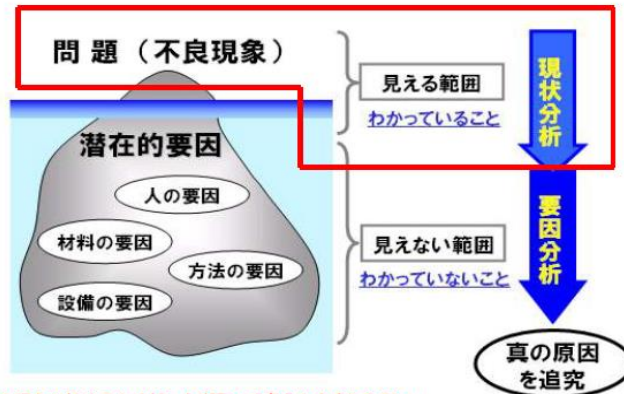
現状分析(現状調査・把握)

現状分析 (現状調査・把握)

現状、『わかっていること』を調査し把握する

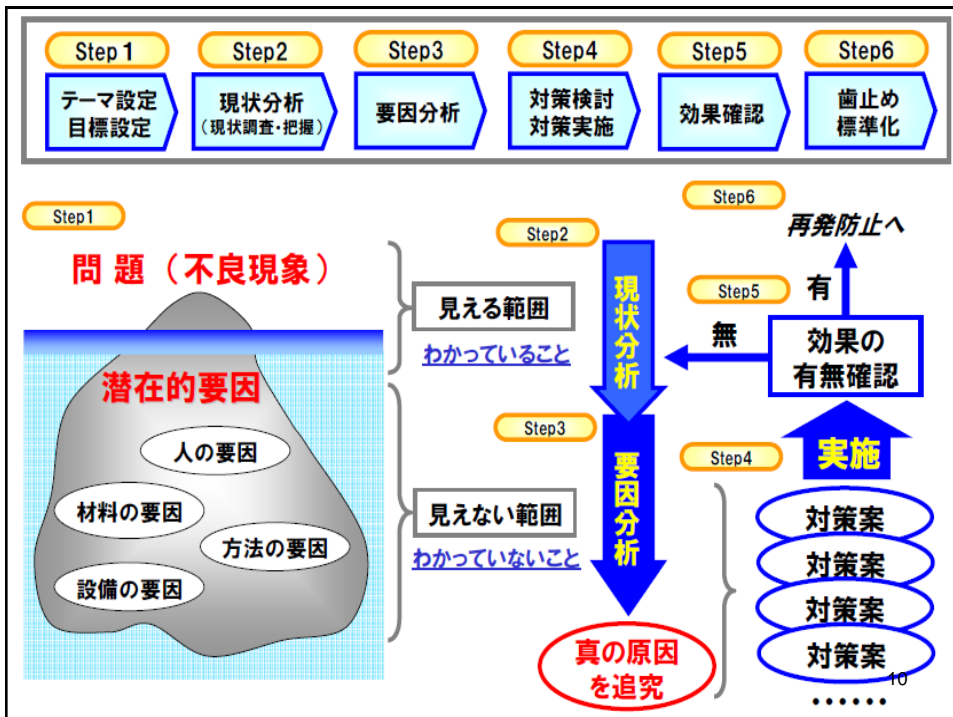
【ポイント】

- ・『わかっていること』(事実)を調査し、書き出す(まとめる)
- ・情報は言葉ではなく、できるだけ“見える化”(図解など)する
※色々な情報を頭の中だけで整理するのではなく、客観的に整理する
- ・わかったことに対し、必ず考察をおこなうこと



『考察とは？物事を明らかにするために、よく調べて考えをめぐらすこと』

9



製造現場のモノづくり思想

優れた製品設計

製品設計品質

要求品質の具現化
作りやすい製品設計

良い部材

部材品質

サプライヤー体質強化
部品品質評価/解析技術の向上

製造現場
モノづくり

不良を「入れない」「作らない」「出さない」

優れた工程设计

工程设计品質

工程編成(作業配分・人員配置)
ブロック保証(検査工程・検査内容)
QC工程図(点検項目・管理項目)

正しい作業

製造品質

標準化・作業指導・標準作業
ブロック保証推進(異常検出と対応)
工程管理推進(維持・継続的改善)

市場品質

市場品質情報の把握・分析とフィードバック

バスタブカーブとは？



初期故障

故障率は使いはじめに大きく(フライパンの上端部分)、
時間がたつと急激に減少していく(フライパンの側壁部分)
この期間の故障は初期故障と言い、故障原因は設計不良
製造不良、材料欠陥または環境との不適合など。この期間は初期故障期間と呼ばれる

偶発故障

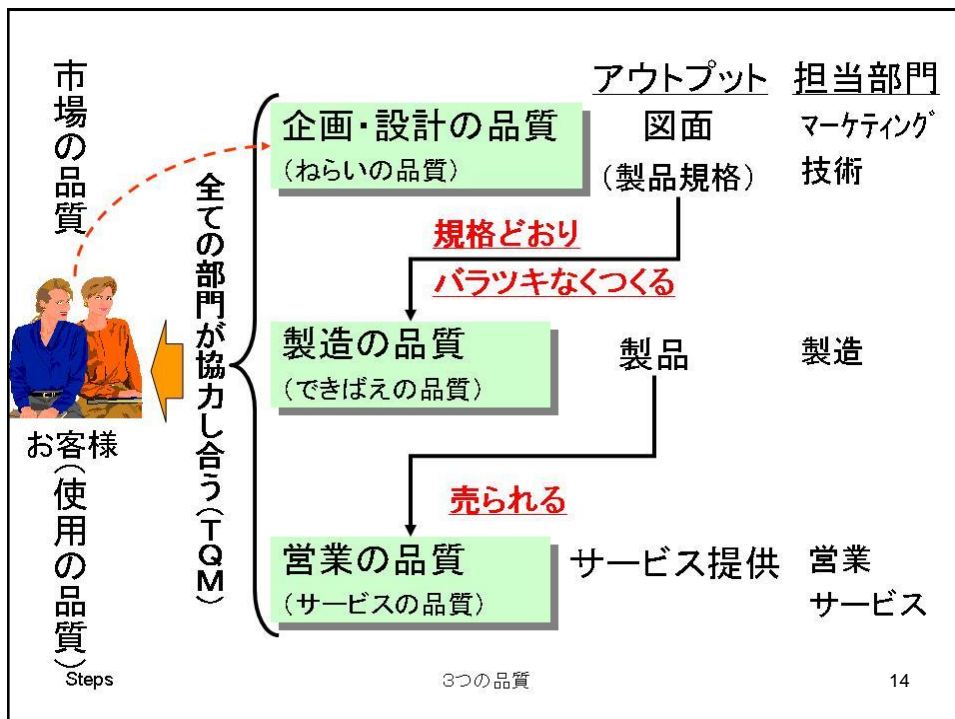
初期故障期間を過ぎると、故障率はほぼ一定の小さい値となり、
長時間続く(フライパンの底の部分)。この期間の故障は偶発故障と言う
そして、この期間は偶発故障期間と呼ばれる。

磨耗故障

寿命に近づくと、磨耗、疲労、劣化などによって故障率は急激に大きくなっていく
(フライパンの他端の側壁部分)
寿命までのこの期間の故障は磨耗故障と言う。この期間は磨耗故障期間と言う

信頼性工学 (故障解析)

13



信頼性概論

①信頼とは？

- 相手側を信用して、疑う気持無く、任せること
- どんな点から見ても、
過ちの無いものとして信用すること

②信頼性とは？

- 故障がないこと



顧客にとって
「この製品は信頼性が高い」ということは
「故障が無く必要な時に使用できる」ということになる

信頼性概論

■信頼性の追求とは？

**使われ方・壊れ方を知っていてできることであり、
また、それではじめて(故障を)予防が出来るのである**

日本では昔から名工ほど、
「壊れ方を知っている」「使われ方を知っている」



「使われ方から起こる故障を見つけ出し、
それについて開発段階で対応できること」
《信頼性の本質》

市場がモニタをやってくれる時代は過ぎ、
新商品を市場に出した際の出来が優越を決める

「故障解析力を磨き、故障物理に結付けて、
開発段階で仕上げるが重要」

故障解析の重要性と課題

1. 故障や事故の原因究明
2. 非破壊解析技術・物理解析技術向上
3. 試験による壊れ方の把握と寿命予測
4. 長期使用品に対する劣化状況の把握
5. 劣化反応の活用

17

信頼性保証とは？

信頼性保証の考え方

製品の経時変化対応の重要性を頭に入れる

- ①品質/安全確保における社会的規制
- ②技術基準に対しての考え方
 - ・安全基準
 - ・製造設備
 - ・検査設備
 - ・検定方法
- ③長期使用製品における経年変化の対応

18

信頼性の評価とは？

信頼性の評価とは？

- ・信頼性要求事項の分析と数値化
- ・開発計画/組織とDR
- ・信頼性設計とリスクマネジメント
- ・環境評価と信頼性試験
- ・故障・良品解析とフィードバック
- ・工程の安定化と品質管理
- ・市場品質情報とフィードバック

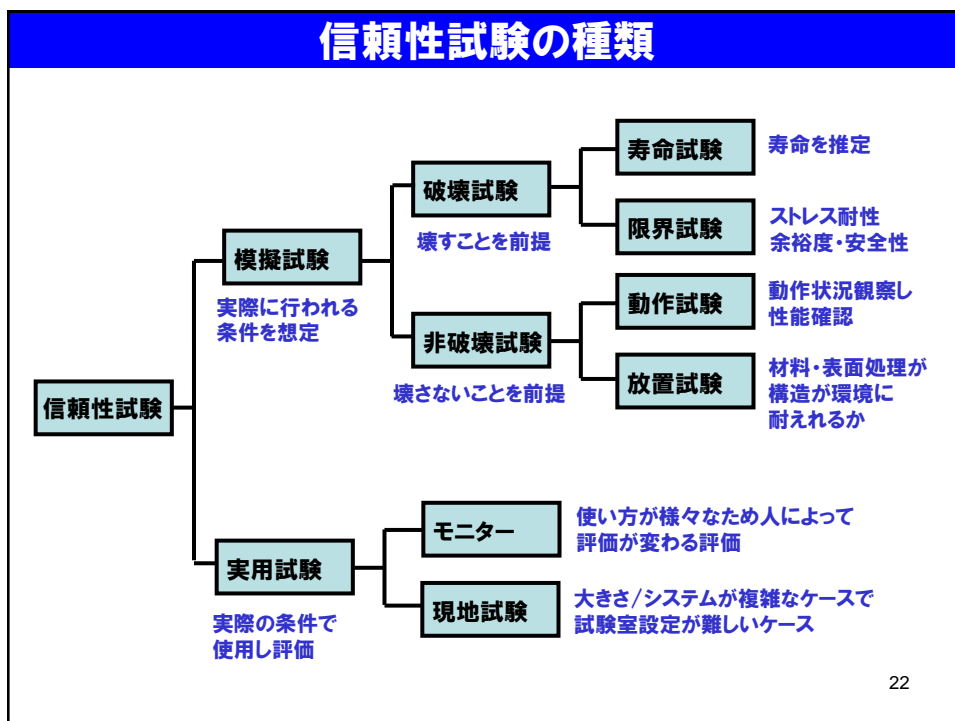
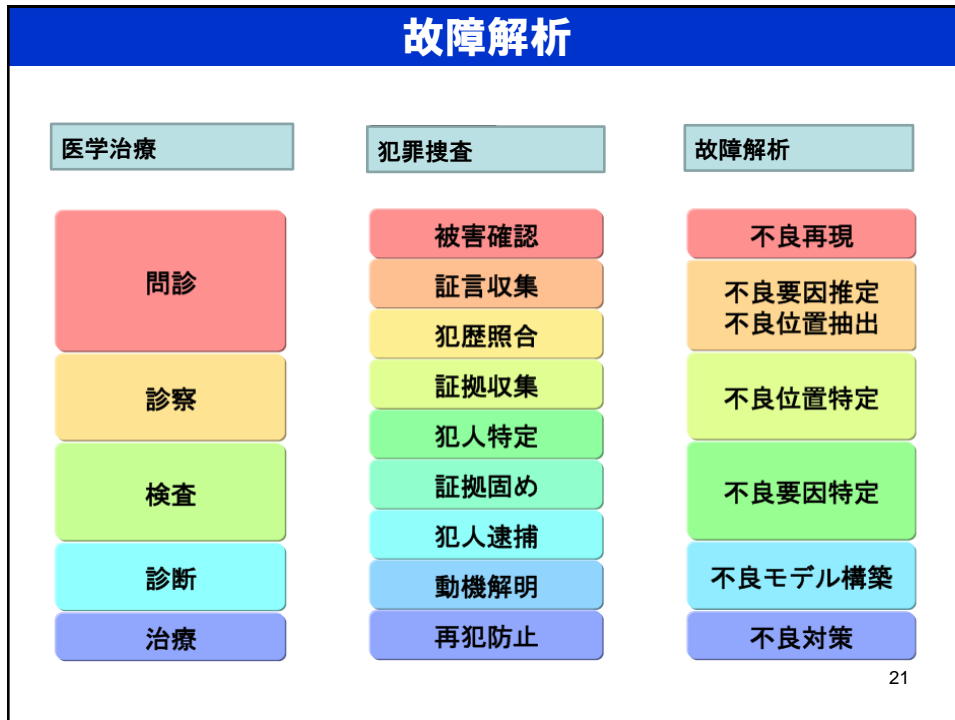
19

故障解析とは？

●故障解析とは？

- ・故障が発生したときに故障がどのような形で発生しているのか、その中身を知る手段である
- ・故障発生メカニズムを明らかにし
 - ・故障原因の除去
 - ・評価試験方法の開発
 - ・事前評価を充実させて設計・評価の基軸にすることを目的としている
- ・故障解析こそが、信頼性設計と信頼性保証の基盤技術である

20



信頼性評価方法

開発段階から量産に至る各ステージでの試験

「何が知りたいのかを明確にしておく」

分類	分類例	要点
生産工程	研究開発	材料、工法による信頼性評価
	設計、試作	性能、安全性評価
	製造	スクリーニング
	完成品の各段階、外注先	平均的な信頼性試験
製品過程	材料、部品	厳しいストレステスト
	アッセンブリ、製品、システム	組み合わせ評価
目的	信頼性保証、予測	故障率試験
	部品購入、選別、他社比較	比較試験
	エージング、耐環境性、不良解析	加速寿命試験・環境試験
ストレス	連続、断続、ステップ、複合、バイアス	実使用の環境シミュレート加速寿命
統計的	故障率試験	基準に対する合否判定
固有技術的	環境試験	信頼性評価・寿命予測
実施場所	試験室	精密な故障データ把握
	現地	実使用状態確認
使用方法	使いやすさ	操作速度・疲れ・ミス率
	個人差	ボタン押し力
	ミスユース	間違った使い方
	過酷試験	連続使用・過負荷・環境
	意地悪試験	誤動作

23

故障モードと背景

～ 故障/故障モード/故障メカニズム/故障解析/故障物理 ～

●故障とは？

- ・システム、機器やそれらを構成する電子部品・材料が、与えられた機能を出せなくなった状態

●故障モードとは？

- ・故障を引き起こした原因の状態

●故障メカニズムとは？

- ・「故障モード」に至る物理的、化学的、電気的、熱的などのプロセス

故障	故障モード	故障メカニズム
画面が消えた	・短絡していた	<ul style="list-style-type: none"> ・埃が堆積して吸湿 ・絶縁部のボイドが吸湿 ・イオンマイグレーションが発生
	・.....	
	・.....	
動作が止まった	・軸が折れた	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労寿命が過ぎていた ・止め金具で傷が入り、応力集中 ・腐食したため弱くなった
	・.....	
	・.....	

故障モードと背景

～ 故障/故障モード/故障メカニズム/故障解析/故障物理 ～

●故障物理とは？

- ・故障現象を必要な時は分子、原子のレベルまでも掘り下げる
- ・故障メカニズムを解明し、それを利用し分子・原子のレベルまで掘り下げ故障メカニズムを解明する
- ・故障メカニズム解明後、故障対象の部品、製品を評価、選別し工程の改善、設計、保全に役立てようとする基礎技術である

25

故障メカニズムには共通性がある

劣化現象を基本法則である故障メカニズムで考えると

幅広い商品に活用可能

- ① 硫酸の中に鉄板と亜鉛を入れておくと鉄板の上に亜鉛が析出
- ② 希硫酸の中に銅板と亜鉛版を入れて導線でつなぐと銅から亜鉛に電流が流れる
- ③ 鉄上の亜鉛めっきよりニッケル鍍金のほうがピンホールから下地の鉄さびが発生しやすい
- ④ 銅上金めっきや銀上金めっきはピンホールから下地の銅や銀が発生しやすい
- ⑤ 銅、鉄、アルミニウムで構成されているネジ締め接触部ではアルミニウムが腐食してネジ締めがガタガタになる

～ 故障メカニズムの例 ～

従来の商品での現象	(共通)故障メカニズム	故障モード(原因)
基板・コイルの短絡	腐食	ICパターンの電解腐食
アウトガスによる大容量リレーの黒化	不完全燃焼	小型リレーの接触不良 絶縁不良
はんだ付け部の はんだと銅との脆化	脆い金属間化合物 の成長	ワイヤーボンディングの パープルブレイク現象
はんだフラックス腐食	塩素残渣腐食	微量残渣によるパターン消滅 ²⁶

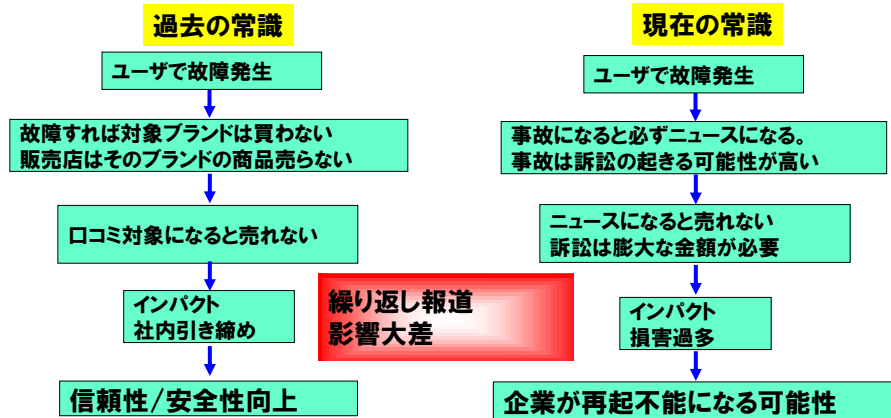
信頼性の必要性

■信頼性を確保するコストとは？

①設計段階から製品出荷に至るまでのコスト

②製品出荷後のコスト

②の製品出荷後に、問題（リコール・PL問題）が起これば
信用経営に計りしれない損失



故障解析の3つの分類

故障解析は、実施段階により下記表3つに分類される

事前解析

主として開発、設計段階で行われる
故障の発生メカニズム、影響を予測する

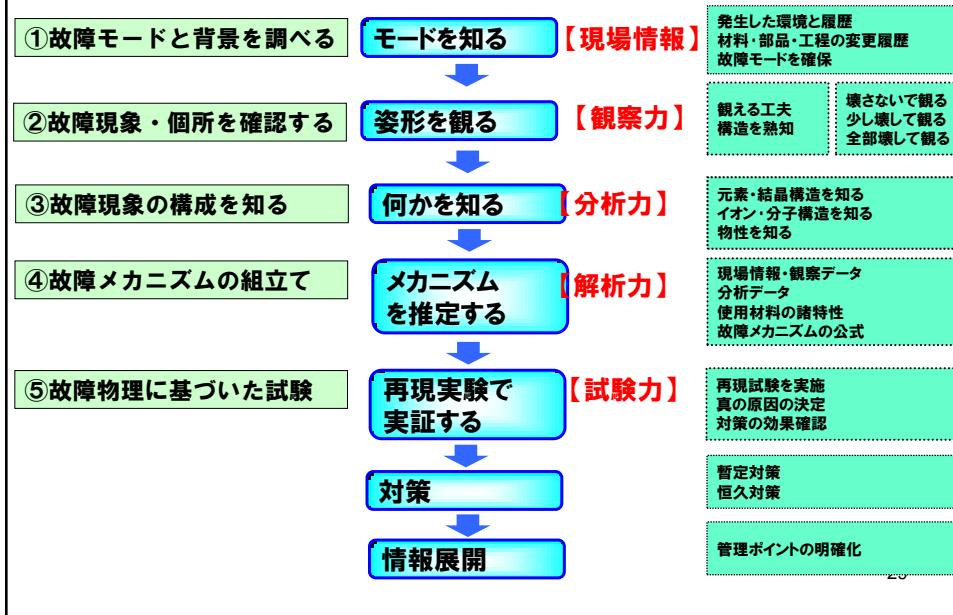
事中解析

製造段階あるいは使用中、故障予知を行う
異常値が見つければ停止、交換などの処置をとる

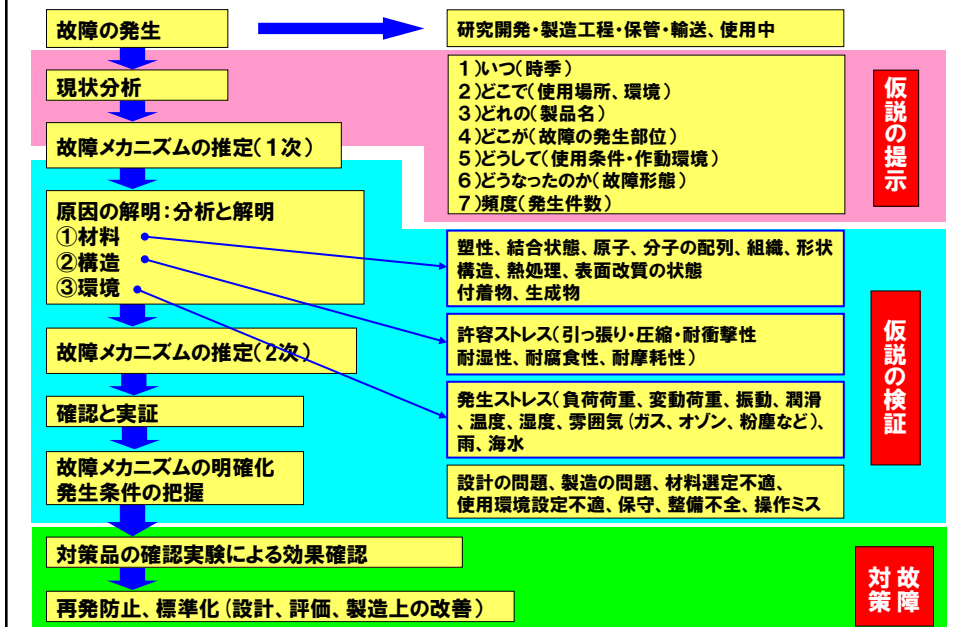
事後解析

主に市場で発生した故障品に対する解析を行う
拡大する危険が見つければ即時回収処置を行う

具体的実施手順のステップ



故障解析の進め方実施例



(例)エアコン温度センサの抵抗値変化

(参照) 1978年青木茂「日本品質管理学会から」より 抜粋

ストレスと不具合現象 1

静的 負荷	組み付け荷重（引っ張り、圧縮）	クリープ破壊 延性破壊 遅れ破壊 応力腐食割 (SCC) 機械応力割 (ESC) 変形 緩み Etc
	組み付け荷重（曲げ）（ねじり）	
	震 力	
	大気圧	
	車両走り付け方向（自重の影響）	
	凍結による体積膨張	
	密閉部の熱膨張・収縮	
	腐食生成物の成長による押し上げ	
	残留応力（かしめ、ねじ締め）	
	残留応力（電解・溶接）	
	残留応力（熱処理、冷間鍛造）	
	残留応力（プレス・曲げ）	
	残留応力（圧入・インサート成型部）	
	セット荷重	
	静 電 荷電量	
	腐 蝕 力	

ストレスと不具合現象 2

動的 負荷	エンジン振動	疲労破壊 熱疲労破壊 変形 干渉 摩耗 接点チャタ リング振作動
	走行振動（路面振動）	
	圧力変動（増圧・減圧・冷凍圧）	
	振動排気振動	
	ばね変動荷重	
	曲げ荷重	
	ねじり荷重	
	引っ張り・圧縮荷重	
	揺動力	
	遠心力	
	ベルトテンション	
	共 振	
	走行風	
	自動振動	
	気流変動・振力変動	
	熱伝導変動	
	電磁振動（線路・トラレーゼ・船）	

ストレスと不具合現象 3

高温	エンジン振動（熱伝導）	クリープ変形 高温酸化 振動不良 地味劣化 熱疲労破壊 変形破壊 熱変形 物性・特性変化 溶損 強度劣化 焼き線被割れ ウイスラ発生 戸H
	エンジン振動（振動・振失熱）	
	ブレーキ振動熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	市街地走行（油漏れ等）	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
低温	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	
	炭素下置置・車動要部・太陽放射熱	

ストレスと不具合現象 4

冷熱	作動繰り返し	熱疲労破壊 変形 劣化・変色 マイクレーション シールド 物性変化 水素脆化現象 腐蝕・破壊・くさし
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
湿度・水蒸気	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
雰囲気	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	
	急冷・急熱	

31

分析／解析の進め方①

* 分析の目的

分析

⇒ ◇金属・高分子原材料、工程品、電子部材等の組成分析、不純物分析、微量成分分析、構造解析 等
◇表面分析、形態観察、構造解析、定量分析 等

原因究明

⇒ ◇製造工程、信頼性試験、市場で発生した**不良品・故障品**の**原因究明と対策**

* 社内外の使い分け

社内

⇒ ◇**スピード**早い、自社製品の周辺材料、周辺技術が得意、ただし保有分析機器少ない

外部

⇒ ◇親会社製品の周辺**技術に強み**（半導体、電子部品、有機材料、他）多種類の分析機器・物性試験機器保有、大手分析会社コスト高く納期遅い

32

分析/解析の進め方②

* 分析依頼先の選定

- ◆ 分析経験豊か
 - ⇒ 幅広い部品、デバイスの分析経験がある
- ◆ 分析相談の会話が通じる
 - ⇒ 依頼者側の意図を理解
- ◆ 納期対応力がある
 - ⇒ 特に不良品解析・、障品解析はスピードが優先される
- ◆ デバイス構造・周辺部材に明るい
 - ⇒ 親会社の製品が反映
- ◆ 信頼持てそうな試料採取・作製ができる
 - ⇒ 親会社の製品が反映
- ◆ 課題解決につながるコメントが期待できる
 - ⇒ 品質トラブル解析経験豊か

33

分析/解析の進め方③

分析で重要なこと

- ◆ 指定場所の試料採取が可能
 - ⇒ 経験、それに合った試料作製治具、装置を保有
 - ◆ 可能な限り測定試料を変質させない
 - ⇒ 研磨や機械加工、等における界面形状のだれ、変形、温度上昇による酸化等をおさえる
 - ◆ 不具合解析は比較試料が必要
 - ⇒ 汚染や変形のないリファレンス試料がないとデータ解釈困難
 - ◆ 分析箇所、分析方法によって情報と量に違い
 - ⇒ 断面・表面の情報、測定機器の種類で得られる**情報に差異**
- * 不良・不具合解析において、分析機器の性能は大事だが、
最も重要なことは「**正確な試料採取、コメント力**」

34

液晶ディスプレイ故障解析例①

故障事象

⇒ :線欠陥 ⇒ 高温、高湿、バイアス信頼性試験で画面に縦筋が入る

3通りの不具合

- ◆ 製造工程で発生した不良品
- ◆ 信頼性試験で発生した故障品
- ◆ 市場で発生した故障品

故障解析の目的

- ◆ 不具合推定基板・端子間の接合状態観察、汚染成分の定性・定量、等の詳細分析結果から不良原因究明、工程改善・再発防止につなげる

解析の進め方

- ◆ 未経験のトラブル解析は積極的に外部を利用
- ◆ 性能的に社内分析機器で得られる情報少ない
- ◆ 経験豊かな技術者・分析者協議の元、仮説を立てて進めると早く結果に到達しやすい

解析の終了

- ◆ 解析結果に基づいてその不良を再現すること

35

液晶ディスプレイ故障解析例②

液晶ディスプレイ線欠陥

⇒ :信頼性試験(高温高湿バイアス下)、で画面に縦筋欠陥

外観観察(光学顕微鏡)

⇒ :仮説 ⇒ COG、FOG、FOB の接合部異常
汚染、腐食による短絡を推定

一部引きはがし 光学顕微鏡観察

⇒ :推測不具合箇所 ⇒ 黒っぽく腐食

接合部引きはがし 破壊分析

⇒ :これを温水抽出 ICによる陰/陽イオンの定量分析

結果のまとめ

⇒ :接合部に汗、皮膚等人的由来の不純物イオン検出
作業方法、部品の取扱いの見直し必要

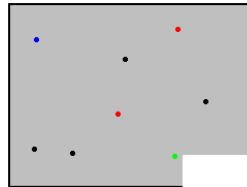
36

液晶ディスプレイ故障解析例③

正常



ドット抜け

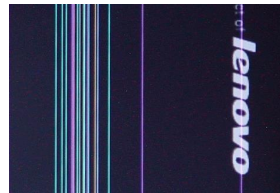


(左) EIZO
(右) wikipedia

縦筋1



縦筋2



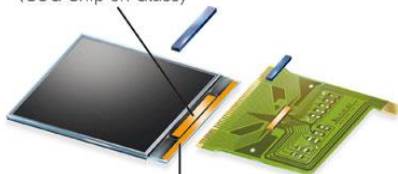
LG電 37
子製

液晶ディスプレイ故障解析例④

中小型フラットパネルディスプレイ向け
異方性導電膜 (ACF)

大型フラットパネルディスプレイ向け
異方性導電膜 (ACF)

ドライバICとガラス基板の接続
(COG Chip on Glass)



フレキシブルプリント基板とガラス基板の接続
(FOG Film on Glass)



フレキシブルプリント基板とプリント基板の接続
(FOB Film on Board)

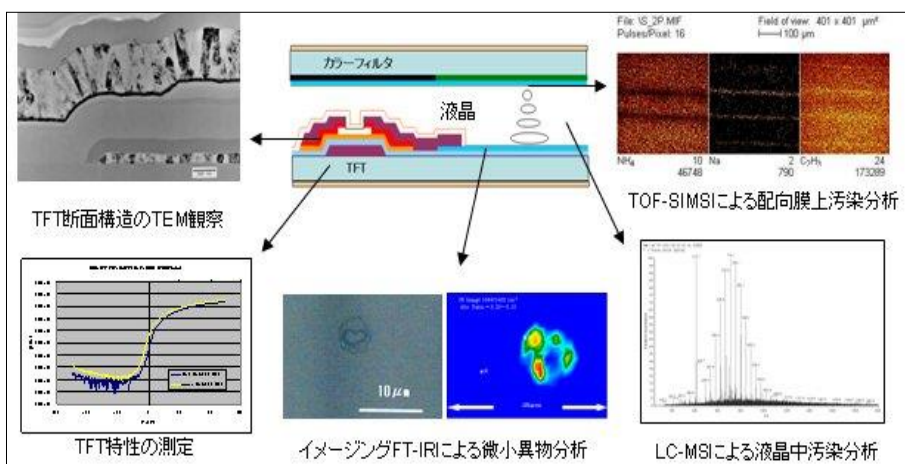
(資) デクセリアルズ
38

分析対象-8

故障モード	関連領域	分析対象	主な手法
点欠陥	TFT-Tr	TFT特性 TFT構造 異物	FIB/SEM 断面観察 断面TEM観察 TEM/EDS
線欠陥	信号線、ゲート線 駆動部	DrIC接続部 配線腐食 表面汚染	IC分析 TOF-SIMS SEM観察
面欠陥	液晶セル内汚染	微小異物 液晶汚染 配向膜汚染	FT-IR 分 LC-MS GC-MS TOF-SIMS
その他(部品材料)	バックライト、PCB シールド材 封止剤	LED故障 PCB故障 シールド材劣化 封止剤劣化	断面SEM FT-IR TOF-SIMS

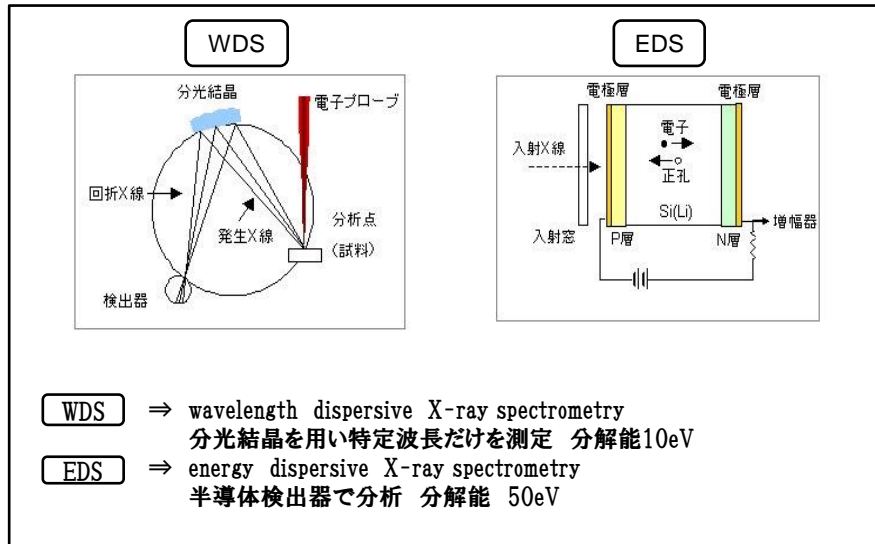
39
(資)アイデス

分析事例-9



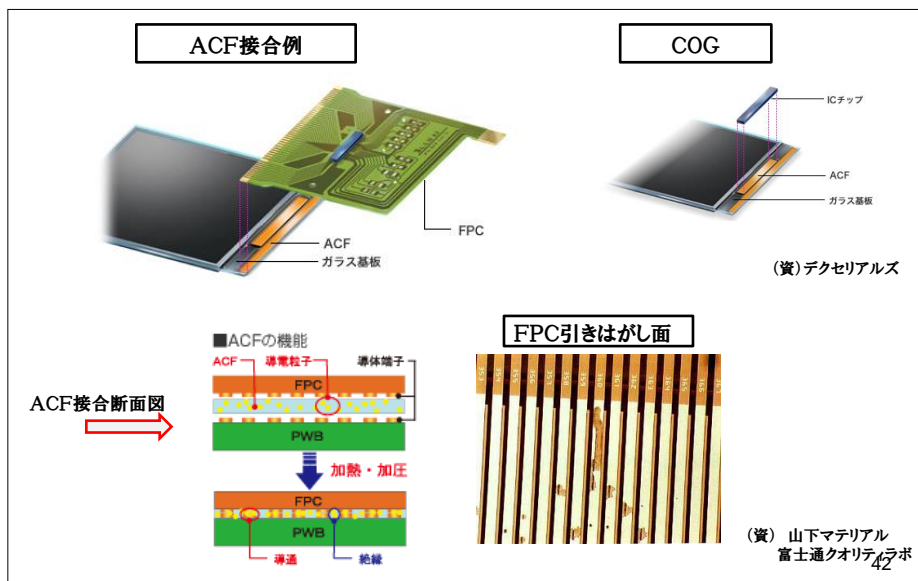
40
(資)アイデス

WDSとEDSの違い



41

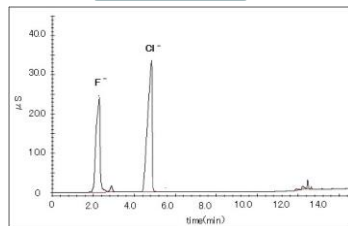
液晶ディスプレイ故障解析例



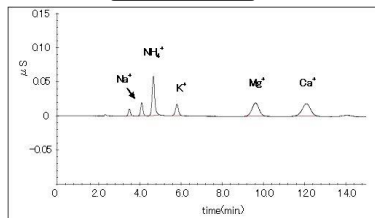
液晶ディスプレイ故障解析例

イオンクロマトグラフ分析

陰イオン

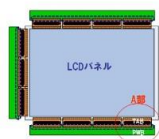


陽イオン



(資) アイテス

液晶パネル



測定部位

(資) 日本アビオニクス

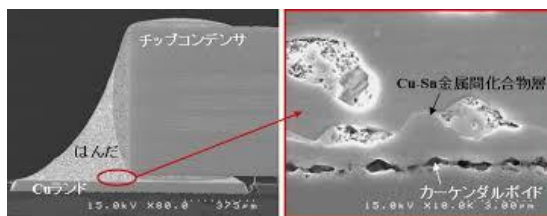
「汗の成分」
NaCl換算 0.4~0.5%
尿素0.08% 乳酸 0.03%

(資) YAHOO知恵袋

43

分析事例-13

断面観察



(資) JFEテクノリサーチ

表面観察

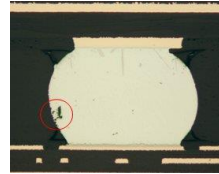
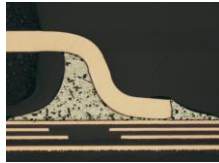
破壊解析



(資) 東芝μアナリティクス

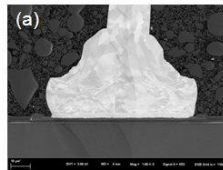
観察目的で異なる試料作製-14

機械研磨



(資)アイテス

CP (クロスセクション ポリッシャー)

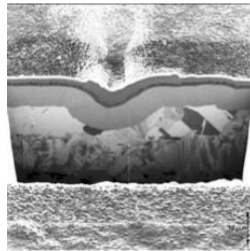


(資)アイテス

45

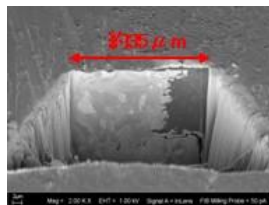
観察目的で異なる試料作製-15

FIB加工(1) 金めっき凹み



(資)日立化成テクノサービス

FIB加工(2) 結晶粒・ポイド



(資)アイテス

46

分析手法の特徴-16

手法	分析深さ	得られる情報	感度
XPS	2～5nm	元素、結合状態	～0.1%
AES	2nm	元素、分布	～1%
TOF-SIMS	1～2 μ m	元素、分布、構造	ppm
EPMA	1 μ m	元素、分布	～1%
SEM		表面形態	
AFM		表面形態、粗さ	0.01nm
FT-IR	100nm	物質同定、結合	単分子層

47

断面試料作製手法-17

	機械研磨	FIB	CP クロスセクション ポリッシャー	ミクローム
研磨の媒体	一般研磨材料	Gaイオンビーム	Arイオンビーム	ダイヤモンド ナイフ
断面の幅	試料の幅	10～50 μ m	≤ 4mm	≤ 数mm
断面の深さ	試料の厚み	20 μ m	≤ 1mm	≤ 数mm
ピンポイント可 能領域	1 μ m～	≤ 1 μ m	20 μ m～	数 μ m～
メリット	広い領域の断面	機械的ダメージを つくりこまない	機械的ダメージを つくりこまない	隙間への埋まりこみ がない
デメリット	機械的ダメージ うまりこみ、ダレ	熱的ダメージ 再付着 Gaイオン打ち込み	熱的ダメージ 再付着	機械的ダメージ そり、しわ、すじ

48

分析感度-18

	ppq quadrillion	ppt trillion	ppb billion	ppm million	%
ICP-MS					
ICP-AES					
AAS (フレイムレス)					
AAS (フレイム)					
蛍光X線分析					

49

分析・解析まとめ-19

*** 故障解析には下記必要**

- 1) 広範な電子部品・材料知識、分析技術知識を有する
- 2) 依頼者の目的・内容をよく理解している
- 3) 不良品解析・故障品解析において、分析データに基づく診断ができる
- 4) 自ら試料採取又は立ち合い確認を行い、高信頼分析データを得ている
- 5) 品質トラブルの問題解決（原因究明、対策案の提言）に協力的である

50

なぜなぜ分析

「なぜなぜ」分析に入る前に体制は決まる。

事前チェック1:原因追求と対策を要する課題抽出

事前チェック2:モノゴトを見極めて絞り込む

事前チェック3:分析する事象の表現に気をつける

事前チェック4:原因追求すべき対象をしっかりと把握する

「なぜ」の繰り返しを、論理的に、漏れなく、狙いと通りに展開するために

第1:「現象」「なぜ」はワンカット

第2:出だしの「なぜ」は発生部位、形態に着目し発生原則元に表現

第3:並列の「なぜ」が全く発生しなかったら、前の「なぜ」は発生しないかチェック

第4:分析の狙い踏まえた「なぜ」を展開

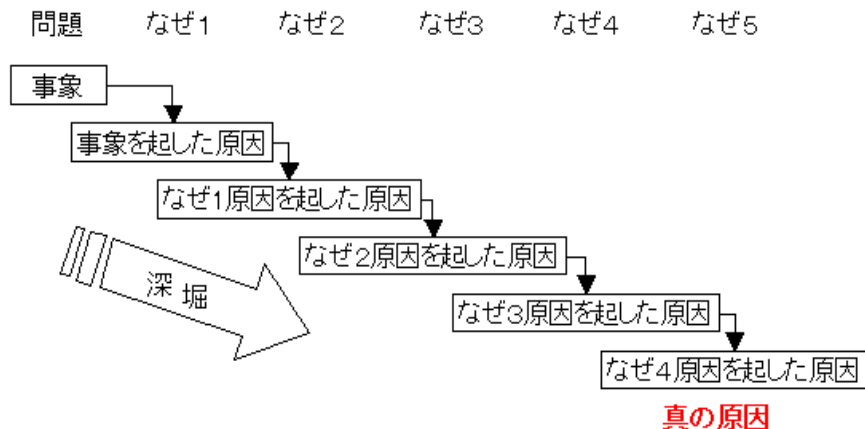
第5:関係者及びサプライヤーが同じイメージできる「なぜなぜ」を表現

第6:形容詞使用時は、比較の対象を明確に

第7:個人的な話は(臨床医)「なぜ」で踏み込まない

第8:再発防止策が見出させるまで「なぜ」を検証

51



52

なぜなぜ要因分析

なぜなぜ分析						実施日:			
品名 現象	不良名	発生 状況	工程	発生日	担当	①構造・機能・作業の理解 ②原因は材料、方法まで追求			
なぜ①	なぜ②	なぜ③	なぜ④	なぜ⑤	判定	対策	担当	予定	実施
	→		→		→				
	→		→		→				

注) ~判定: NG: 原因, OK: 問題なし

原理原則からのなぜなぜ分析ポイント

- ・現象を発生させている要因を機能的に、順序よく、漏れなく出し切る
- ・最後にあげられる要因は、確実に防止のための要因
- ・あいまいなテーマでスタートしない、問題を整理し、事実を把握
- ・問題となっている部分の仕組み構造、や役割を理解

注意点

- 1)現象やなぜの文章は短く
- 2)最後のなぜから遡る(論旨の飛躍はないか)
- 3)事象の要因に漏れないか
- 4)再発防止策につながる要因は出るまで
- 5)興業と恐れることだけ書く
- 6)人間の心理面への原因追及はさける
- 7)文中に「悪い」という言葉は使わない

53

■物造りの基本

1. 定量化(メトリックス)

2. 可視化:「見える化」

●設計:**D-FMEA**を中心としたDR

●製造:**P-FMEA**を用いて工程設計

QAマトリックスで抜けを防止

高品質:専門要素技術+管理技術

“設計と工程で品質を作り込み

54

FTAとは

■定義と活用方法

FTA(Fault Tree Analysis)は、信頼性または安全性の上からその発生が好ましくない事象を取り上げ、この事象の発生過程を論理記号を用いて樹形図に展開、図示し、発生経路及び発生原因・発生確率を解析する方技法として定義されている。

■歴史

1960年台はじめ、アメリカ国防省がベル研究所の協力を得てミサイルの故障を減少させる方法として成功した解析手法。依頼広く工業の世界で、**故障解析する手法として**役立てるようになった。

■VTA (Variation Tree Analysis) /ETA (Event Tree Analysis)

ある事象の発生を想定し、それによって引き起こされる事象を時系列で樹枝(Tree) 状に分岐想定していくことにより、最終事象に至る過程とその発生確率を明らかにする方法。

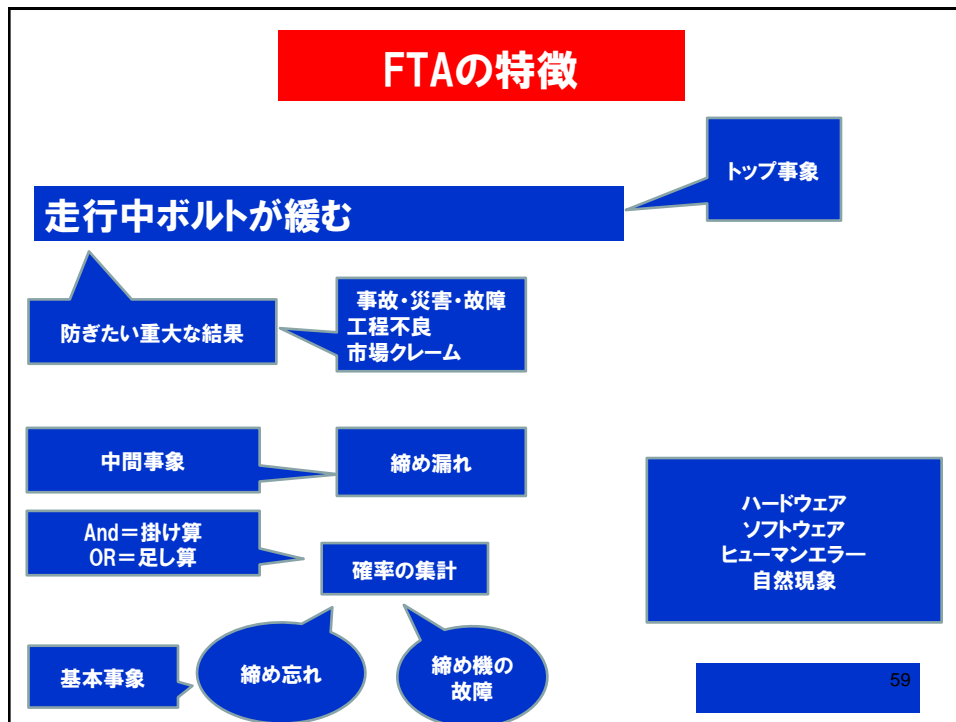
57

FTAとは





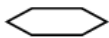
■FTAは、特に市場で起こった不具合の発生原因解明における利用が一般的だが最近では、原因系抽出法として下記図に表記したいろいろなステップ・場面での利用が推奨されている。

NO	ステップ	具体的活用
1	故障解析	市場及び工程で発生した不具合についてその発生メカニズムを解明するときに用い改善方法として検討に反映する。
2	設計問題対策	設計段階で予想される不具合についてその発生メカニズムを検討して事前に対策を実施することによりその不具合を未然に防止する
3	FMEA併用	FMEAで抽出された重大な故障モードをFTAトップ事象に取り上げ原因を、徹底的に究明する。

58



FTAで使用する記号には、下記の約束事がある。

記号	名称	説明・使い方
	展開事象	<ul style="list-style-type: none"> さらに展開されていく事象 FTAの頂上で使用するとき「トップ事象」という
	基本事象	<ul style="list-style-type: none"> これ以上展開は不能な事象。現技術力で展開不可能な事象 ヒューマンエラーや事故による過大ストレス度
	AND ゲート	<ul style="list-style-type: none"> すべての下位事象が共存するときのみ上位事象が発生する 冗長設計はANDゲートとなる
	OR ゲート	<ul style="list-style-type: none"> 下位の事象のうちいずれが存在すれば上位事象が発生する。 機械部品はORゲートが非常に多い
	修正 ゲート	<ul style="list-style-type: none"> このゲートで示される条件が満足する場合のみ出力事象が発生する

FTAは、好ましくない事象(トップ事象)からその原因を逐次下位レベルに展開して、トップ事象とその原因の関係を定性的、定量的に把握する目的で用いられる手法。信頼性課題の事前分析や故障解析で用いられる。

FMEAは、最下位レベルの部品の故障が上位レベルのシステムにどのように影響するかを検討するボトムアップの検討ですが、FTAはトップダウンの活動といわれています。FMEAと対照的です。

FTA具体的実施手順ステップ

ステップ	実施手順
1	システムの機能・構造理解・故障情報収集
2	トップ事象設定
3	故障要因リストアップ
4	FT図の作成
5	各要因重要度評価
6	対策案検討及び発生頻度再評価
7	対策案実施

【ステップ1 事前準備】

システムの構造、構成図、機能を理解する。

現物、図面、仕様書を用意しておく。各部品ブロック図を整理を行う。

システムで考えられる故障不具合（安全上の重大事故、機能損失）を整理し、その故障、不具合が起きるとどんな影響が出るか、その可能性はどのくらいか
情報収集・整理を行う。

61

ステップ	実施手順
2	トップ事象設定
3	故障要因リストアップ
4	FT図の作成
5	各要因重要度評価
6	対策案検討及び発生頻度再評価
7	対策案実施

【ステップ2 トップ事象設定】

FTAの狙いはトップ事象を引き起こす重要要因の抽出にあるため

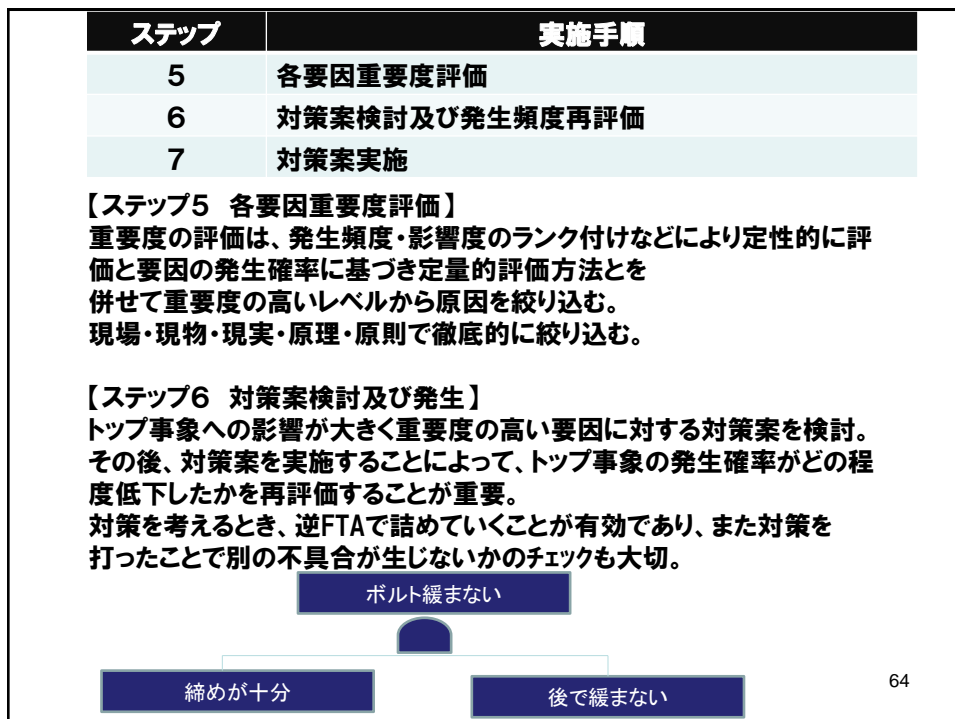
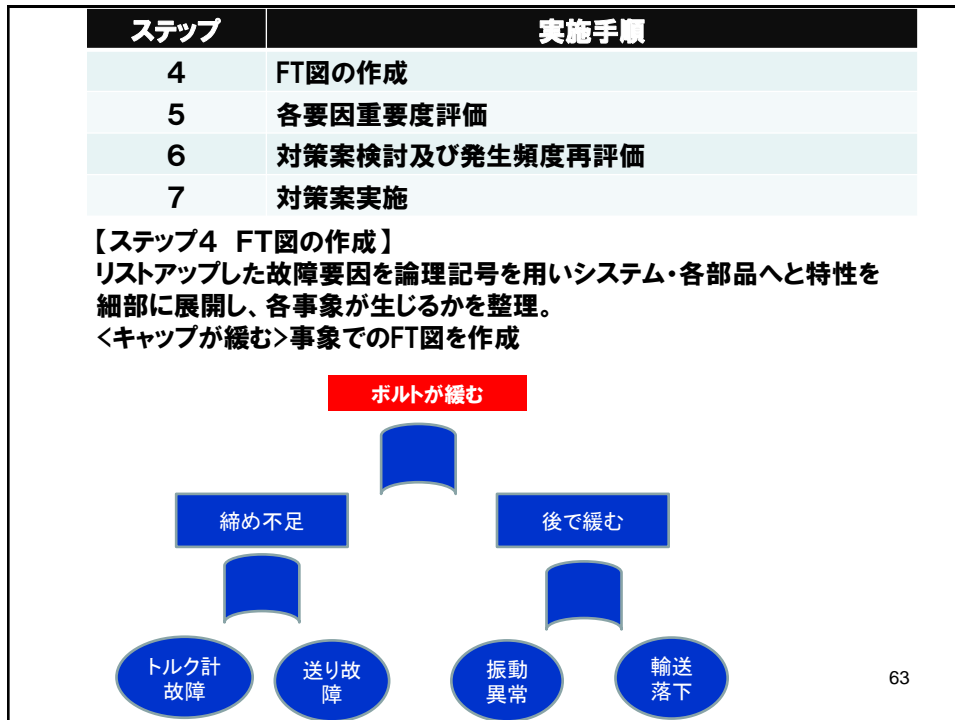
システムの設計が製造上の重大な欠陥を防ぐため、システムが引き起こす
使用者や社会に望ましくない事象を選ぶことが大切である。

例えば、安全性・経済性の面で重大な影響を与える故障・システムの機能停止
性能低下などが挙げられる。

【ステップ3 故障要因のリストアップ】

構成図や信頼性ブロック図などの資料を活用し、トップ事象に関する
故障要因を抽出し書き加える。

62



ステップ	実施手順
7	対策案実施

【ステップ7 対策案の実施】

市場不良対策の場合、緊急の応急処置とより確実な恒久処置を上手く使い分け実施していくことが必須である。

対策案の効果検証したうえで確実な対策を打つことが肝要。

65

安全FTA事例

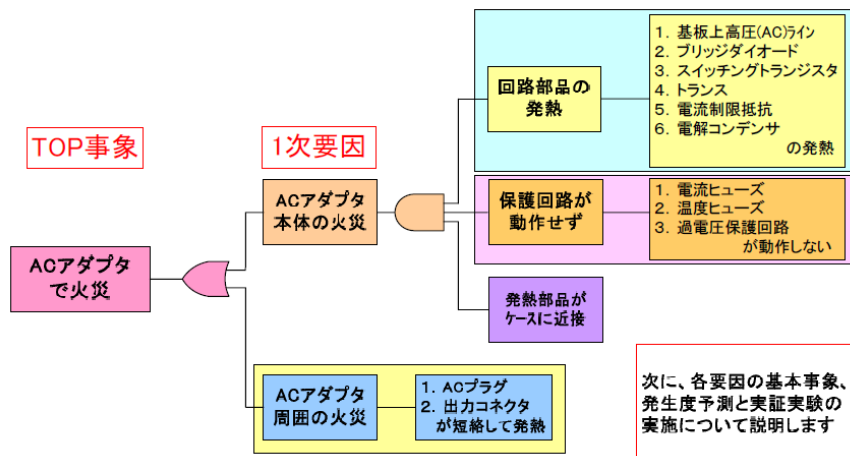
安全FTA事例より



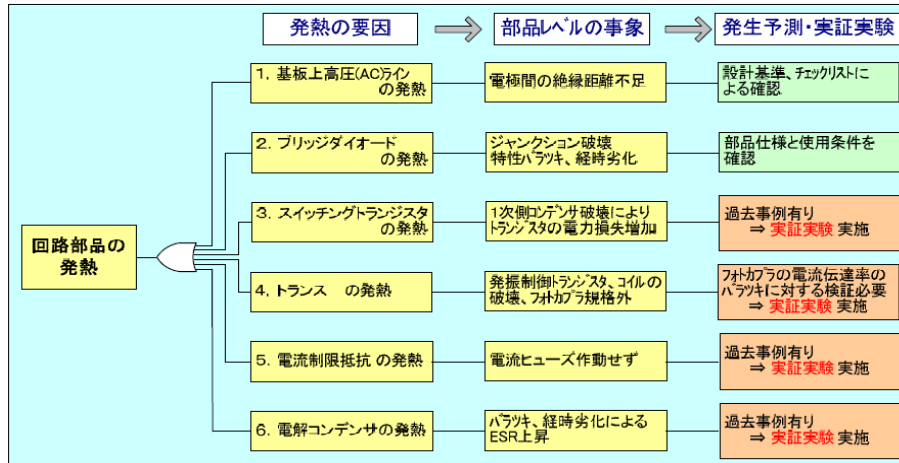
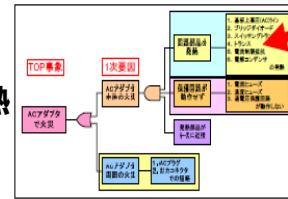
■携帯電話に導入する安全FTA TOP事象

1. ACアダプタで火災
2. 電池破裂
3. 漏電による感電

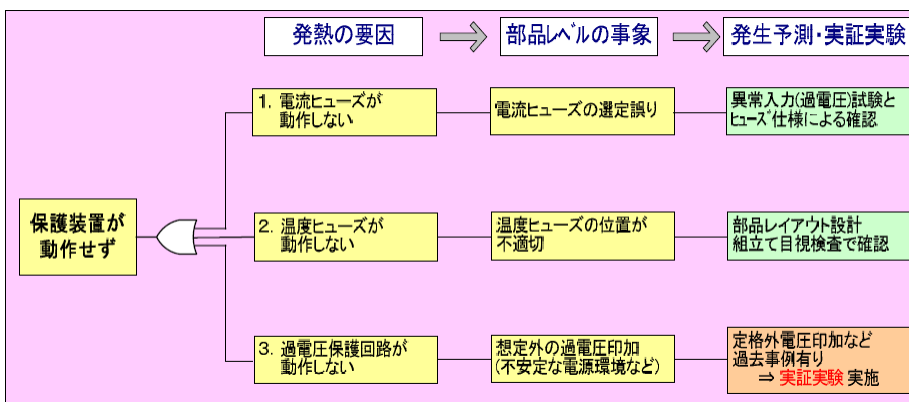
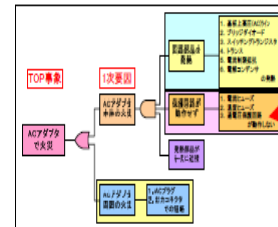
安全FTA事例:ACアダプタから発火・火災



■ACアダプタ本体の火災→回路部品の発熱



■ACアダプタ本体の火災→保護装置が動作せず



TOP事例

ACアダプタの実装

ACアダプタ 単体の実装

1: 必要な部品

- 1. 変圧器 (AC/DCコンバータ)
- 2. エレクトロリタコンデンサ
- 3. ダイオード (整流ダイオード)
- 4. IC (制御IC)

ACアダプタ 回路の実装

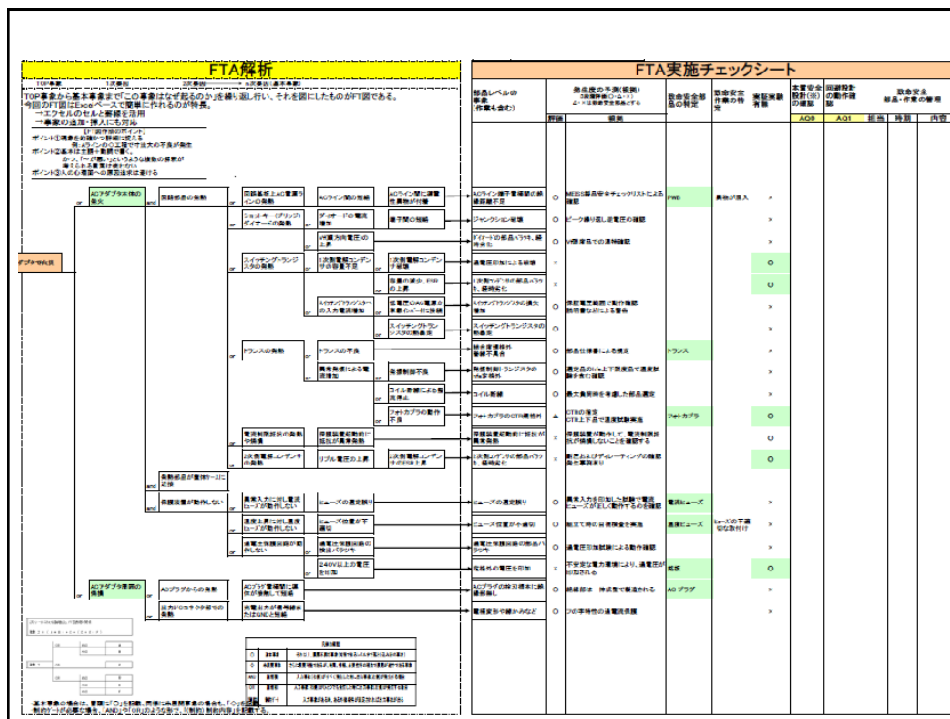
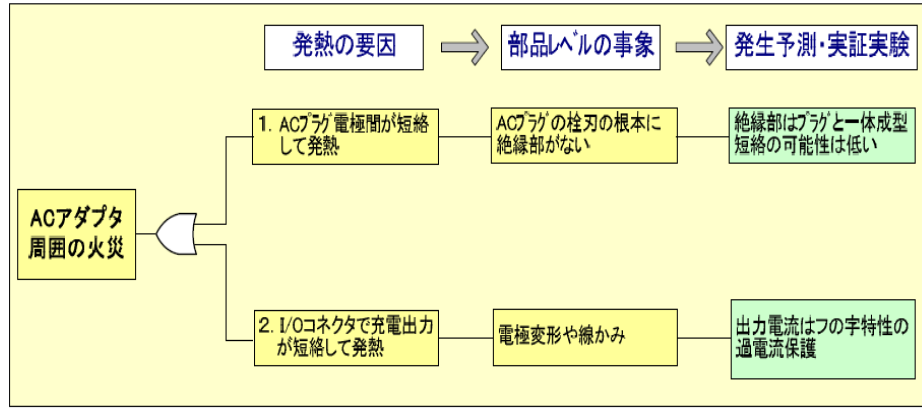
2: 必要な部品

- 1. ダイオード (整流ダイオード)
- 2. エレクトロリタコンデンサ
- 3. IC (制御IC)

ACアダプタ 回路の実装

3: 必要な部品

- 1. ダイオード (整流ダイオード)
- 2. エレクトロリタコンデンサ
- 3. IC (制御IC)



■FTA導入・実施ポイント

1. 従来の管理方法の実施見届け

- ・安全規格、信頼性試験
- ・買入れ品質検査基準

2. 過去の不安全事象の再発防止

- ・過電圧印加による部品破壊と劣化
- ・保護装置の動作不良、入出力ライン短絡

3. 未知の不安全事象の検証

- ・設計変化点に対する検証
- ・誤使用, 異常使用に対する挙動の予知

安全FTA(安全設計図)

不安全現象:

製品機種:

1) 安全設計図

不安全事象名:

作成	200		
品質責任者	技術責任者	LE製品安全担当	作成者

安全設計	対策必要性	安全設計方針	結果

[安全設計状況]

- ◎:「本質設計+回避設計」にて多重安全設計
- :本質設計または回避設計のどちらか一方のみで多重安全設計
- :本質設計または回避設計のどちらか1つの安全設計のみ
- X:安全設計を施していない

[対策必要性]

- I:リスクが大きい不安全要因の発生頻度が高い,又は,放火被害に至る
- II:不安全要因の発生頻度が「I」と「III」の間であり,放火被害に至らない
- III:リスクが小さい不安全要因の発生頻度が低く,放火被害に至らない

 本質設計が施されている要因
 回避設計が施されている要因
 本質設計・回避設計共に施されている要因
 and or

*1:それぞれの系列で多重安全設計になっていること。

*2:「本質設計」+「回避設計」が基本

多重安全設計 確認表

製品名	
品番	
開発リンク	

基本FTAの実施結果によって既に記載すべき事項

※1: 現行仕様検証結果、取組品での検証結果は現行仕様検証結果と一致かつ、内容と白色に変更した後記載する

品質責任者	技術責任者	製品安全管理	担当者

手戻される 不具合内容	進行 状況 の 氏名	多重安全設計					工程・部品管理		実装発生検証			
		※本設計+前設計が基本、1つ安全事象に対し、多重安全設計を必ず実施すること					※製品の検証結果に伴うアクション		(※図を参照しつつ、何が起ころうか検証する)			
		多重安全設計1	新製品	多重安全設計2	新製品	多重安全設計3	新製品	工程・部品管理1	新製品	検証方法	検証結果 ^{※1}	検証結果判断 ^{※1}

トップ事象＝ボールペン字が書けない

FTA図を描いてみましょう

76

■ 製品機能:文字をスムーズに書く

■ 必要機能: 本体部・保持部・保護部

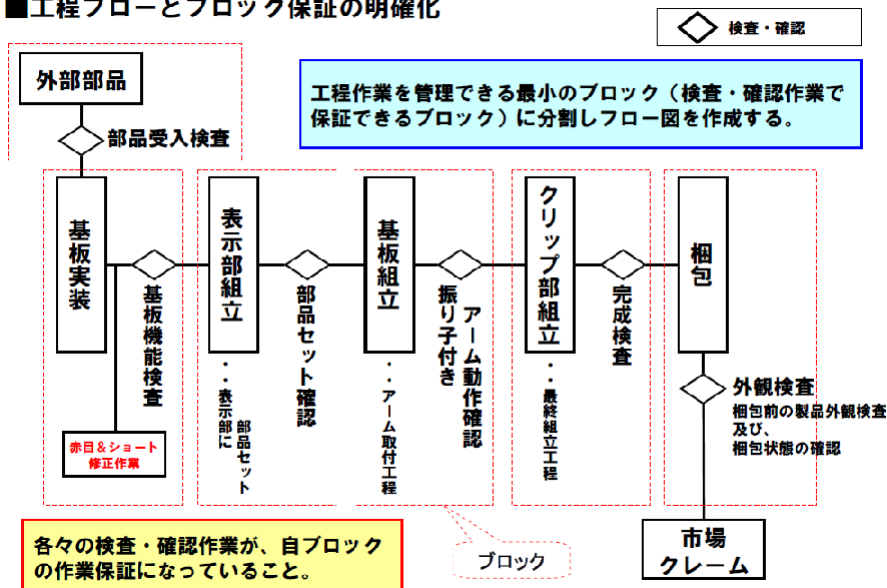
ボールペン機能分析シート

製品機能	必要特性	部品	部品特性
文字をスムーズに書く	本体部	ボール	滑らかに回転しインク出す
		ボール軸	ボール保持し回転させる
		インク軸	インク保持し見えるように
		インク	適度な滑らかさ
	保持部	ペン軸	本体保持しスムーズに書く
		軸支え	ボール軸支え交換できるように
	保護部	キャップ	ポケットに固定。インクで汚さない
		保護キャップ	インクがこぼれないように

77

工程フローとブロック保証

■工程フローとブロック保証の明確化



標準条件調査

加工条件／設備条件等の確認記録

プロセス区分	標準条件項目		標準値			実データ	評価	問題点
			製造仕様書	QC工程図	指図書			
搬送	コンベア傾斜角	度	4±1	4±1	4±1	4.5	○	管理記録の確認ではなく、実際にデータを取って評価する。
	コンベア速度	m/分	1.25±0.1	1.25±0.1	1.25±0.1	1.23	○	
	部品流し間隔	S	≥ 5 S	≥ 5 S	≥ 5 S	12	○	
フラックス	比重		0.805±0.05	0.805±0.05	0.805±0.05	0.808	○	
プリヒート	プリヒート温度	℃	90～120	90～120	90～120	100	○	
	ヒータ熱的平衡度		平衡	平衡	平衡	ヒータに傾きあり	×	フラックスに熱が効率よく当たっていない
はんだ	はんだ温度	℃	255±5	255±5	255±5	253	○	朝一、はんだ温度低め
	はんだ浸漬時間	S	3～5	3～5	3～5	4	○	
	はんだ槽の水平度		水平	水平	水平	機種により若干、傾ける	×	個人レベルのノウハウで、標準化できない
標準条件項目／標準値は、製造仕様書、QC工程図や指図書等の標準書に記載されている内容をそのまま記載する。								
実データが規定標準値に合致しない場合、原因を調査する。								
特記事項：								

品質変動データ調査表

1 外部部品工程（部品受入検査）									
4月									
月日	4月2日	4月3日	4月4日	4月5日	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月10日
曜日	月	火	水	木	金	月	火	水	木
不良現象	986	749	1005	1149	1453	902	1234	1008	733
生産数	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 基板実装工程（基板機能検査）									
4月									
月日	4月2日	4月3日	4月4日	4月5日	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月10日
曜日	月	火	水	木	金	月	火	水	木
不良現象	986	749	1005	1149	1453	902	1234	1008	733
生産数	0	0	0	0	0	1	0	0	0
小計	0	0	0	0	0	1	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3 表示部組立工程（部品セット確認）									
4月									
月日	4月2日	4月3日	4月4日	4月5日	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月10日
曜日	月	火	水	木	金	月	火	水	木
不良現象	986	749	1005	1149	1453	902	1234	1008	733
生産数	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 基板組立工程（振り子付きアーム動作確認）									
4月									
月日	4月2日	4月3日	4月4日	4月5日	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月10日
曜日	月	火	水	木	金	月	火	水	木
不良現象	986	749	1005	1149	1453	902	1234	1008	733
生産数	0	0	0	0	0	1	1	0	0
振動感知ばねの欠品	0	0	0	0	0	1	1	0	0
液晶ユニットの浮き	1	0	0	0	0	0	0	0	0
リセットボタンの欠品	0	0	0	0	0	0	0	1	0
アーム軸(支点)受け樹脂の取付面逆	0	0	0	0	0	0	0	1	0
アーム軸(支点)押し金具の固定ネジ浮き	0	0	0	0	0	1	0	0	0
アーム軸(支点)受け樹脂の固定ネジ欠品	0	1	0	0	0	1	0	0	0
小計	1	1	0	0	0	3	2	0	1
合計	1	1	0	0	0	3	2	0	1

工程データ分類集計

発見工程		発生工程（現状分析と一部推定）		件数
検査	不良現象	工程	作業／設備	
基板機能検査	A1-C2断線	基板実装	赤目&ショート修正	1
振り子付き アーム動作確認	振動感知パネの欠品	基板実装	振動感知パネ取付け	2
	液晶ユニットの浮き	表示部組立	表示部に液晶ユニット取付け	4
	リセットボタンの欠品	表示部組立	表示部にリセットボタン取付け	1
	アーム軸受け樹脂取り付け逆	基板組立	基板にアーム軸受け樹脂取付け	1
	アーム軸押え金具固定ネジ浮き	基板組立	アーム軸押え金具をネジ固定	2
	アーム軸受け樹脂固定ネジ欠品	基板組立	アーム軸受け樹脂をネジ固定	4
完成検査	アームの振り子はずれ	外部部品	振り子付きアーム	10
	液晶ユニットの方向逆	表示部組立	表示部に液晶ユニット取付け	1
	液晶表示せず	基板実装	フローはんだ	124
	アーム軸押え金具固定ネジ欠品	基板組立	アーム軸押え金具をネジ固定	1
	振動感知パネのはずれ	基板組立	振り子付きアーム取付け	4
	カウントせず	基板組立	基板にアーム軸受け樹脂取付け	46
	その他	基板実装	—	18
外観検査	ラベルの一部はがれ	クリップ部組立	ラベル貼付け	2
	ケース固定ネジの欠品	クリップ部組立	ケースネジ固定	2
	電池の欠品	梱包	パッケージに電池を入れる	3
市場クレーム	液晶表示せず	基板実装	フローはんだ	19
	カウントせず	基板組立	基板にアーム軸受け樹脂取付け	7
	電池の欠品	梱包	パッケージに電池を入れる	1

QAマトリクス表(全体鳥瞰図)

検査 工程	部品 受入検査	基板 機能検査	部品 セット確認	振り子 アーム動作確認	完成 検査	外観 検査	市場 クレーム	合計	不良件数 OR 不良率 (ppm)
外部部品	0 0				10 473			10 473	
基板実装		1 47		2 95	142 6720		19 899	164 7761	
表示部組立			0 0	5 237	1 47	不良の流出		6 284	
基板組立		上段：件数 下段：率 (ppm)		7 331	51 2414		7 331	65 3076	
クリップ部組立					0 0	4 189		4 189	
梱包						142 3	47 1	189 4	
市場クレーム							0 0	0 0	
合計	0 0	1 47	0 0	14 663	204 9654	7 331	27 1278	259 11973	
不良率 (ppm) OR 不良件数									品質は工程で作り込む； 完成検査で多数の不良が発見されているが、改善は各工程で行う

プロセス品質分析

プロセス	作業／設備／部品	不具合現象	真因・故障発生 メカニズム (要因原因を分析)	現状評価点			
				発生 度	影響 度	検出 度	重要 度
基板実装	赤目&ショート修正	A1-C2断線		2	15	3	90
基板実装	振動感知バネ取付け	振動感知バネの欠品		2	7	3	42
表示部組立	表示部に液晶ユニット取付け	液晶ユニットの浮き		2	1	3	6
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
外部部品	振り子付きアーム	アームの振り子はずれ		2	15	7	210
表示部組立	表示部に液晶ユニット取付け	表示ユニットの方向逆		2	7	7	98
基板実装	フローはんだ	液晶表示せず(工程)		15	7	7	735
基板実装	フローはんだ	液晶表示せず(市場)		3	7	20	420
基板組立	振り子付きアーム取付け	振動感知バネのはずれ		2	7	7	98
基板組立	基板にアーム軸受け樹脂取付け	カウントせず(工程)		10	7	7	490
基板組立	基板にアーム軸受け樹脂取付け	カウントせず(市場)		2	7	20	280
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
クリップ部組立	ラベル貼付け	ラベルの一部はがれ		2	2	7	28
クリップ部組立	ケースネジ固定	ケース固定ネジの欠品		2	3	7	42
梱包	パッケージに電池を入れる	電池の欠品		2	2	10	40

重要度評価による
テーマ選定

工程データ分類集計より、不良発生(プロセス・作業／設備／部品・不具合現象)を転記。

対策検討表(要因の検討)

テーマ (不良項目)	現状 ppm	要因		
		1次(直接原因)	2次(対策対象)	(根本的原因)
1 液晶表示せず	工程 5868 / 市場 899	実装基板の はんだ付け不良	設備条件設定不適切 ・はんだ槽水平度スレ…振動によるスレ ・はんだ温度低い…ウォームアップ不足 ・プリヒータ熱的不平衡…機種違いによるスレ	条件設定基準不整備
			基板パターン不適切 部品配置、ランド形状悪い(設計レベル)	パターン設計基準不整備
		完成検査で検出されず	検査時症状出ず、検査不適切	検査設計基準不整備
2 カウントせず	工程 2177 / 市場 331	ICの静電気破壊	工場内静電気対策未実施 発生抑制無し・帯電抑制無し、無管理状態	静電気対策基準不整備
		完成検査で検出されず	耐静電圧部品を使用していない 不良発生と市場流出は別課題とも考えられる。検査で不良を検出できれば市場流出は防止できる。ただし、検査による流出防止はあくまで補助的な対策とし発生防止を基本対策とすること。	
3 アームの振り子はずれ	工程 473	振り子付きアーム 溶接不良	溶接条件不適切 溶接電流、部材洗浄方法、電極交換周期	条件設定基準不整備
4 その他				

- テーマとして取り上げた「不良項目」の「直接原因」となっている不良を1次要因として抽出する。
- その不良を引き起こした2次要因(対策対象)を検討する。