

プロセス機能展開表の活用と
ロバストエンジニアリング情報の活用による
初期型不良の撲滅と立上げリードタイムの短縮
～技術開発プロセス再構築における
ステップ展開と効率化追求コンサルティング～

嘉指 伸一

(株)JIPMソリューション

プロセス機能展開表の活用とロバストエンジニアリング情報の活用による

初期型不良の撲滅と立上げリードタイムの短縮

～～ 技術開発プロセス再構築におけるステップ展開と

効率化追求コンサルティング ～～

株式会社 JIPM ソリューション 嘉指伸一

論文要約

日本経済は、生産技術力、製品開発力に強みを発揮し、製品・材料・技術を輸出することにより発展してきた。今後更なる発展のため、新たな技術・製品を開発し世界に送り出すことが不可欠であり、それが日本の強みでもある。研究開発力・製品開発力・生産技術力を高めることは、台頭する新興国に対して決して負けないものづくり力を確立するためにも不可欠である。

我が国の製造業は、新たな事業戦略として『製品開発再構築の必要性』をあげている。その理由は、量産までの初期トラブルが多く、量産後も品質不良が続き、最悪の場合には不具合品が市場に出荷されリコール問題にまで発展してしまう事例が散発しているからである。これらの原因のほとんどは、研究開発・設計段階での造り込みの不十分さ、検討不十分な点にある。しかし、これらの源流工程の不十分さは潜在化しており、ある程度顕在化されているのは、初期型不良と量産立上げリードタイムの遅延である。

そこで、初期型不良の撲滅と量産立上げリードタイムの短縮をねらい、その前工程である研究・開発・設計段階、生産技術開発段階での仕事の進め方の問題点を明らかにして、仕事の進め方自体の再構築を試みた。

本論文では、初期型不良が発生する要因構造を分析し、その本質的な原因を明らかにし、解決のための仕事の進め方を検討し、『技術開発のステップ展開』としてまとめた。

それぞれのステップを確実に効率的に進めるためのツールを開発し、進め方をイメージ図に示し、コンサルティングを行ってきた。

その結果、特にプロセス機能展開表が有効なツールであることを明らかにした。また、トラブルの未然防止のためにロバスト設計を徹底することで初期型不良を撲滅出来ることを示した。ロバスト設計を繰り返すことにより、ロバスト・エンジニアリング情報として技術情報を蓄積する。これにより、設計諸元・製造条件の落とし込みの完成度を向上させ、その結果、量産立上げリードタイムの短縮を可能にすることを実証した。

このプログラムを数社で検証し、大きな成果を上げることが出来た。

プロセス機能展開表の活用とロバストエンジニアリング情報の活用による

初期型不良の撲滅と立上げリードタイムの短縮

～～ 技術開発プロセス再構築におけるステップ展開と

効率化追求コンサルティング ～～

株式会社 JIPM ソリューション 嘉指伸一

目 次

1. はじめに
2. メーカーが抱える問題
 - 2.1 初期型不良と劣化型不良
 - 2.2 初期型不良がもたらすロスとリスク
3. 初期型不良の要因構造
 - 3.1 量産立上げまでのリードタイムが長くなる
 - 3.2 量産後も不良ロスを垂れ流す
 - 3.3 リコールになる製品を出荷するリスクがある
4. 技術開発のステップ展開
5. ステップ展開の特徴的ツール
 - 5.1 プロセス機能展開表
 - 5.2 ロバスト設計
 - 5.3 CAE、テストピース活用
 - 5.4 混合型直交表の多数展開
 - 5.5 ロバスト・エンジニアリング情報の活用
6. 実証
 - 6.1 A社における事例
 - 6.2 B社における事例

1. はじめに

人類の文明は、生活を豊かにすることで発展してきた。第1次産業に対して技術は機械を提供して生産性を画期的に向上させた。第2次産業に対しても新たな製品や便利な製品を造り出すために技術の役割は不可欠であった。これらの生産性の向上により第3次産業の就業人口も増加し社会全体の生産性も向上してきた。すなわち、人類の発展には新しい技術、製品の開発が不可欠であった。

一方、我が国の製造業は、資源環境制約の高まりと新興国の台頭という事業環境の中で技術開発力の再構築に着手している（図1）¹⁾。

再構築すべき開発・設計の現場に目を向けると、どの企業でも量産前後のトラブルが大き

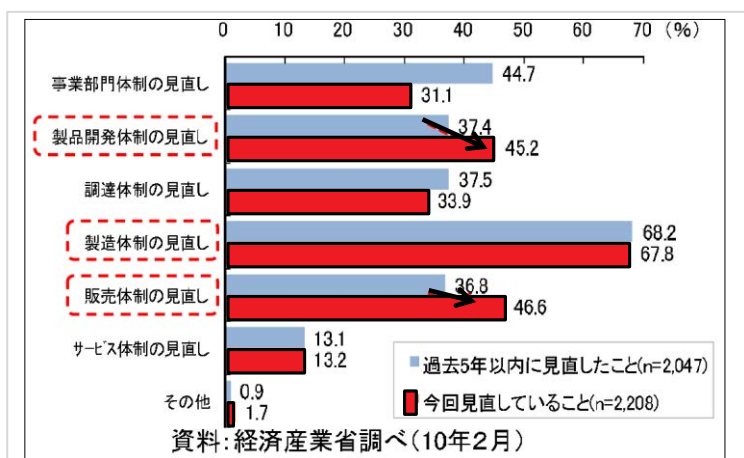


図1 我が国の製造業の体制見直しと今後の方向

な問題となっており、その上、出荷後の品質問題も経営を大きく圧迫する問題となっている。

我が国の製造業各社は、強みである高い技術力を背景としながらも、今後さらなる事業展開ためには、製品開発力・生産技術力を強化すべき項目としてあげている（付図1）¹⁾。

これらの課題に対して、初期型不良の撲滅と立上げリードタイムの短縮を実現するプログラムを立案し、実証研究を行ってきた。その結果、特に『プロセス機能展開表』が有効であることを実証した。さらに、ロバスト設計の適用により、トラブル未然防止の情報を『RE（ロバスト・エンジニアリング）情報』として蓄積し、汎用情報とすることにより量産までの立上げリードタイム短縮を実現した。製品開発体制の再構築に有効で効率的な技術開発のステップ展開の内容を報告する。

2. メーカーが抱える問題

2. 1 初期型不良と劣化型不良

メーカーが抱える問題は品質、コスト、納期に集約される。このうち品質問題は、新しい製品を世の中に送り出すメーカーとしては永遠のテーマである。品質問題は、初期型不良と劣化型不良に大別される（図2）²⁾。

初期型不良は量産立上げまでに発生する不良であり、開発・設計・生産技術で造り込むべき条件の不完全さが原因である。

劣化型不良は量産後の設備、治具、方法などの維持管理の甘さや劣化などによる不良であり、突発不良と慢性不良に分類される。

2. 2 初期型不良がもたらすロスとリスク

量産立上げ遅れや市場での発売日程の遅れによる経営上の損失に比較して、初期型不良はロスが小さいと判断され、この不良をある程度容認して量産段階に移行される場合が多い。初期型不良は製造段階における不良問題として扱われ、製造の努力により改善されることで、体質強化となり成果を上げてきた。その結果、初期型不良に関するロスの顕在化やそのロスを発生させるプロセス上の根本的な原因追求と対策がなおざりにされてきた。その問題意識が『ものづくり白書』の調査結果に、「製品開発体制の再構築」という項目としてあげられていると考える¹⁾。この初期型不良がもたらす結果を考察すると以下の項目があげられる。

- ① 量産立上げまでのリードタイムが長くなる
- ② 量産後も不良ロスを垂れ流す
- ③ リコールになる製品を出荷するリスクがある

これらのロスとリスクを発生させているプロセスは、研究・開発・設計・生産技術開発それぞれの段階であることは明らかであり、次章でその要因構造を考察する。

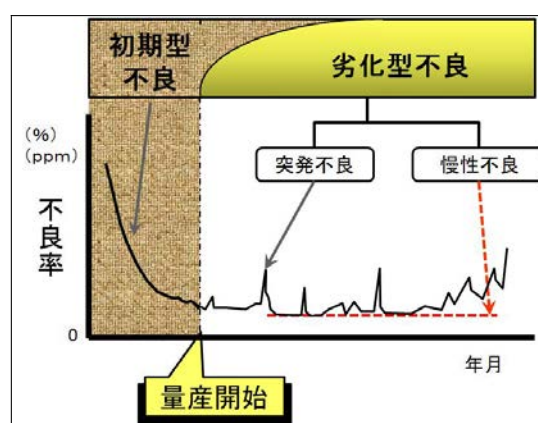


図2 初期型不良と劣化型不良

3. 初期型不良の要因構造

3. 1 量産立上げまでのリードタイムが長くなる

『量産立上げまでのリードタイムが長くなる』という問題の要因構造を図に示す（付図 2）。

（1）想定外のトラブルの続出

立上げまでの期間が長くなる最も大きな原因は、量産前の試作から量産試作の段階でのトラブルである。新しい物を立上げるのであるから、ある程度の想定されるトラブルはあるが、想定外のトラブルが計画の遅延を引き起こす。それ以外の原因である設備の搬入遅れ、材料の搬入遅れなどは、管理の方法として改善が可能であり、ここでは省略する。

ある会社でのトラブルの件数とそのロス金額を開発プロセスごとに分析した結果の例を示す（付図 3）。トラブルは後工程で発生するほどロスが大きくなり、計画に対する遅延の影響も大きくなる。トラブルの続出の原因は、大きく 3 つに分類出来る。

原因① 過去の知見が生かされていない

原因② 開発・設計段階、生産技術開発段階での検討不十分

原因③ 設備・材料などそろってから検討になっている

（2）過去の知見が生かされていない

前節の原因①は、過去のトラブルの再発防止の徹底と、是正処置のための仕組みづくり、その仕組みを徹底して実行していないことが原因としてあげられる。また、過去の知見が存在しても、使える情報として管理出来ていないことも多い。それ以上にもっと大きな問題は、使える情報であるかどうかである。つまり、トラブルを未然防止出来る技術情報が蓄積されていないことが大きな原因である。

（3）開発設計段階での検討不十分

一方、原因②の検討不十分については、その要因構造が多岐にわたり複雑である。主な原因として付図 2 における②-1 の「狭い範囲での検討に終わっている」点が大きな問題である。技術者は時間と予算という制約の上で開発業務を行っている。したがって、出来るだけ少ない検討・実験回数で技術を完成させたいと思っており、その結果、必然的に検討の範囲は狭くなり、検討する項目以外はなるべく固定条件として検討を行う。このやり方が、広い範囲でも検討不十分となり、想定外のトラブルの続出につながる原因である。

同図②-2 の「トラブルの未然防止までを十分考えていない」については、技術者は目標の仕様を満足する技術や製品を造り上げることを第一に考えている。したがって、完成させて製品や技術がトラブルを起こすかどうかを後で検討するのが一般的である。後で行う作業は必ず時間や制約条件で妥協を生むことになる。これが未然防止までの対策に十分な時間をかけることが出来なくなる原因である。

同図②-3 の「未然防止の方法を知らない」は、ロバスト設計の考え方が十分理解・実施されていないことである。

（４）実物の検討から脱却出来ない

原因③「設備、材料などそろってからの検討になっている」は、大変大きな課題である。最終的には対象設備や対象材料、対象製品が出来上がって開発設計の完了となり、量産に移行出来る。しかし、開発や設計がこれだけに執着して、付図２の③-1「実物の設備、材料、製品でないと検討出来ないと考えている」点が大きな問題である。すなわち、同図③-2「事前検討の方法を知らない」ことが大きな原因である。また、開発設計業務の中に同図③-3「CAE などの環境がない」などは、IT の環境の整備・教育の遅れが効率化を阻害する原因である。

３．２ 量産後も不良ロスを垂れ流す

一般的に、初期型不良が目標とする歩留まりや稼働率に到達すると、初期流動管理が解除され量産へと移行する。しかし、初期型不良“０”で量産へ移行している場合はほとんどない。ある程度のロスを発生させつつも製品を出荷することが優先される。これは経営上の目の前の利益確保のために、やむを得ない判断とされる。しかし、この根本的構造的な原因は、3.1 に示した「開発・設計・生産技術開発段階での設計諸元の条件の検討不十分に起因する」ことは、言うまでもない。

３．３ リコールになる製品を出荷するリスクがある

製造段階では、設計で決められた規格を満足する部品や製品が出荷検査で 100%良品として出荷される。それにもかかわらず、出荷時は良品であっても市場で顧客に使用されることによりトラブルが発生している。平成 17～21 年までの国産車リコール不具合発生原因別件数を調査しても、設計原因がリコールの 71%を占めている²⁾。また、そのリコールの初報までの期間調査結果においても、量産後 1 年以内のものが 40%弱を占めており、初期型不良の大きさを示している(付図 4)³⁾。

４．技術開発のステップ展開

3 章で示した初期型不良と量産立上げリードタイムが延びる原因は、それらの造り込みプロセスである前工程の『技術開発』のやり方にある。そこで、技術開発の再構築とその徹底的な効率化を目的として、『技術開発のステップ展開』を考案した（表 1、詳細は付表 1）。また、そのステップを進める上でのイメージ図を示す（図 3）。

このステップの特徴は以下の点である。

- （１）システム全体を顕在化し、広い範囲での技術開発を志向する（STEP 1,4,5,6）
- （２）技術開発の効率化のために要素技術開発を中心に志向する（STEP 2,3,4,5,6）
- （３）要素技術開発のための徹底した効率化を志向する（STEP 2,3,4）
- （４）トラブルの未然防止の技術開発のためにロバスト設計を徹底する（STEP 2,3,4,5,6）
- （５）効率的な技術開発のための IT 技術の活用、テストピースでの開発方法を志向する（STEP 2,3）

(6) 広い範囲の安定性を得るため、混合型直交表実験を数回繰返す
(STEP 4.5.6)

(7) 商品企画の前、もしくは並行して開発する体制を志向する

(STEP 1,2,3,6,7,8)

(8) ロバスト設計の結果とコストの関係を明確にし、RE (ロバスト・エンジニアリング) 情報として蓄積・活用する
(STEP2,3,4,5,6,7)

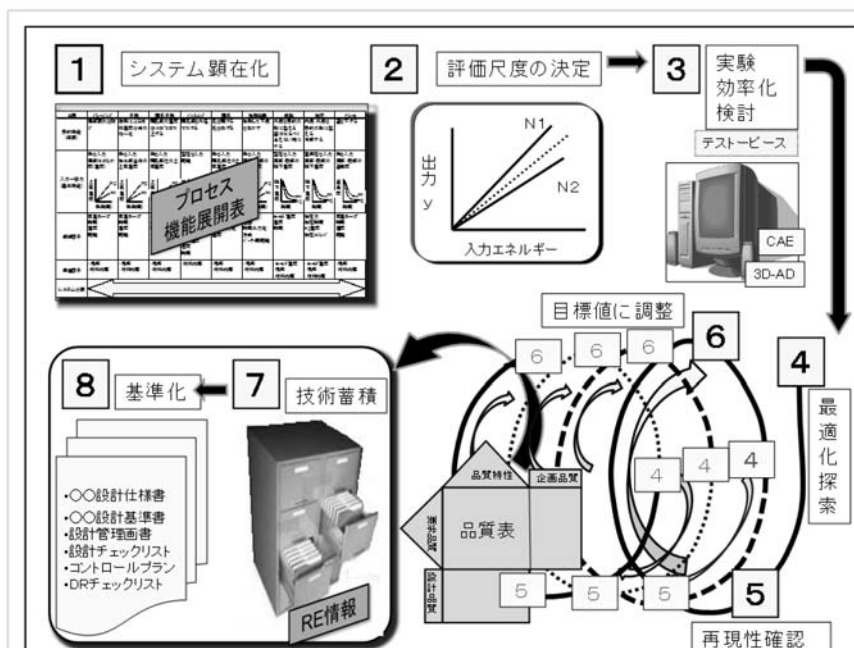


図3 技術開発ステップのイメージ図

5. ステップ展開の特徴的ツール

4章で示した技術開発のステップ展開の中で特徴的ツールについて何点か解説する。

5. 1 プロセス機能展開表

プロセス機能展開表は、工程順にその目的機能とその手段の基本機能、設計諸元(制御因子)、ばらつく要因(誤差因子)、システム分割を表にしたものであり、ステップ1の手順1で作成する(図4)。この作成作業により、マネージャー、開発担当者を含めた開発チームの情報の共有化を図り、技術開発で検討すべき範囲を明確する。また、今まで潜在化している知識や経験もまとめることが出来る。一方、明らかになっていない技術情報も顕在化され、検討の必要性も認識される。

ステップ1の手順2では、システム分割を決定するが、その結果をプロセス機能検討表に書き込むことで、その後の技術開発をスムーズに展開出来る。また、ステップ

表1 技術開発のステップ展開

ステップ	No	手 順
1 システム 顕在化	1	プロセス機能展開表の作成
	2	システム分割
	3	システム選択
2 評価尺度 の決定	1	目機機能の明確化
	2	基本機能の決定
	3	50点の評価条件の決定
3 実験効率 化検討	1	テストベースの検討
	2	CAE活用の可否検討
	3	実験リードタイム短縮検討
	4	予備実験による確認
4 最適化 探索	1	設計パラメータの抽出
	2	設計パラメータの水準値の決定
	3	混合型直交表への割付
	4	実験の実施
	5	実験データの解析
5 再現性 確認	1	最適条件と利得の推定
	2	確認実験の結果検討
	3	改善利得の把握
6 目標値に 調整	1	目標値との差確認
	2	追加実験の要否検討
	3	目標値への調整
7 技術蓄積	1	結果考察
	2	RE情報の整理
8 基準化	1	基準値・許容差の決定
	2	基準・標準類の作成改訂

4、5、6を何度も繰り返して得られた結果は、毎回プロセス機能展開表に整理する。

すなわち、開発検討の進捗の結果を盛り込むことで開発の進捗も管理することが出来る。

ステップ7では、ここまでのステップで検討してきた技術情報を『技術の引出し』に入れ、いつでも取り出せるように管理する必要がある。情報は瞬時に取り出せることが重要であり、その目次は【プロセス機能展開表】が果たす。

ステップ8では、各工程に対して設計諸元・製造条件などを指示するが、その基となる情報が【プロセス機能展開表】を目次とする技術情報である。

プロセス機能展開表の例									
工程	グレージング	予熱	開孔予熱	ハッティング	開孔	加熱溶融	成形	加圧	アニール
目的機能 (役割)	端部割れを防ぐ	徐熱による材料温度分布の均一化	開孔部の温度を1000℃まで上げる	開孔部を外径でつける	孔を開ける孔を広げる	加熱して下側を溶かす	外側を目的の形に整える歪はなるべく与えない様にする	内側・外側を目的の形に整える冷却する	歪を下げる
基本機能 (手段)	熱を入力 端部なめらか度(温度)	熱を入力 加工部全体の上昇温度	熱を入力 開孔部位の上昇温度	空圧を入力 距離	熱を入力 開孔部位の上昇温度	熱を入力 開孔部位の上昇温度	空圧を入力 頂部・股部の降下温度	窒素圧を入力 頂部・股部の降下温度	熱を入力 頂部・股部の歪角度
入力→出力	上昇温度 熱(時間)	上昇温度 熱(時間)	上昇温度 熱(時間)	結果距離 指示距離	上昇温度 熱(時間)	上昇温度 熱(時間)	降下温度 時間	降下温度 時間	歪角度 時間
設計諸元 制御因子	昇温カーブ 時間 温度 距離	昇温カーブ 時間 温度 距離	位置範囲 時間火力比 角度 温度	位置範囲 距離 形状 先端温度 速度 時間	位置範囲 時間火力比 温度	距離範囲 時間火力比 方向 バーナー間距離	モールド温度 温度 時間	加圧力 加圧時間 N2温度 加圧タイミング	昇温カーブ 時間 温度 距離
ばらつき要因 誤差因子	・場所 ・材料肉厚	・場所 ・材料肉厚	・場所 ・材料肉厚	・材料肉厚	・場所 ・材料肉厚	・場所 ・材料肉厚	・モールド温度 ・場所 ・材料肉厚	・モールド温度 ・場所 ・材料肉厚	・場所 ・材料肉厚
システム分割									

図4 プロセス機能展開表の例

5. 2 ロバスト設計

効率的な技術開発のためには、要求された仕様や目標値を目指す研究の前に、信頼性の研究を行っておく必要がある。すなわち、トラブルが起こってからつぶすのではなく、トラブルの起こらない設計を事前に行っておく必要がある。そのためには、ロバスト設計の考え方で進めることが非常に有効である。

従来の研究開発の進め方は、まず、①欲しい特性を徹底して求める。その目途がついたら、次に②耐久性や信頼性を確認し不足であれば向上させる、あるいはn増し（数増し）を行い安定な生産条件を確立する。

一方、ロバスト設計はその方法とは全く違う進め方を志向する。まず、①市場でのトラブルが起きにくい条件の組み合わせを見つける。次に②市場の要求に合せ込む。すなわち従来の2段階設計とは全く逆の2段階設計である（図5）。

この方法を使うことにより、以下の利点がある。

- ・商品企画の前に安定性の研究が出来る
- ・要素技術の開発を実物なしで進めることが出来る
- ・CAE(Computer Aided Engineering)やテストピースで安定性の研究を先行出来る
- ・低コスト、短期間で最適化実験を多数検討することが出来る
- ・混合型直交表の実験を多用することで安定性を上げることが出来る
- ・得られた情報は量産時に再現性のある情報として信頼性がある

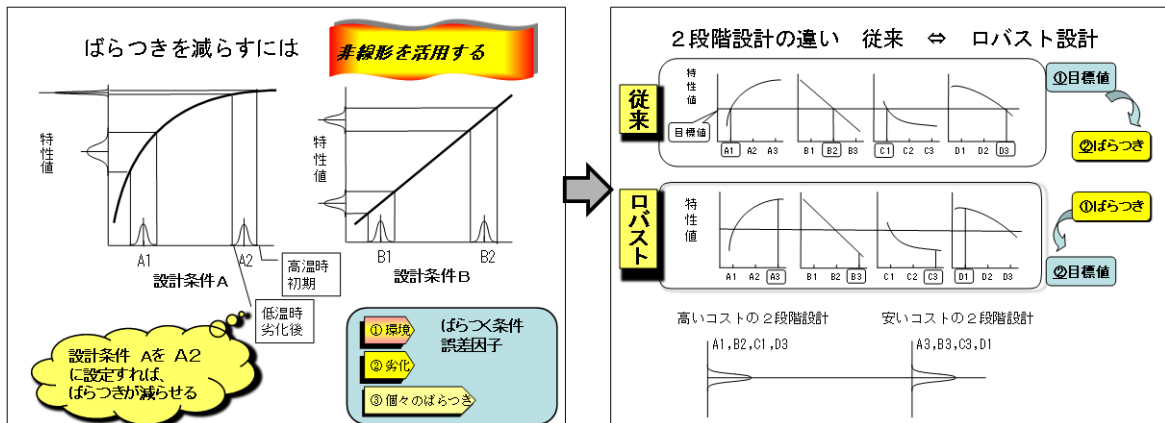


図5 ロバスト設計の概念

5. 3 CAE、テストピース活用

開発期間の短縮のためには、CAEの活用、テストピース実験は不可欠であるが、これらの研究は得られた情報が量産時にそのまま再現しないという問題がある。これは、『実際の現象との差』という課題である。これらの方法で実際の現象や実際の値と同様の検討結果を得ようとすると、膨大な時間と膨大な工数投入が必要になる。このような考え方はCAEなどの検討結果の使い方の誤解である。

元々、実物での検討は、設計諸元の決定後に行われる。つまり、商品企画が決まり、設備が設置され、材料が準備出来て、初めて実物での検討が可能となる。その時点を待って検討して、トラブルが起きたら修正するというやり方が、従来までやられてきた。そこに問題があって、技術の再構築の必要性が認識されてきた。そこで、この再構築では、形が決まる前、商品企画の前に技術開発を行うことが重要であると考えている。

すなわち、CAEやテストピースを使った研究は、トラブルの起こり難さ・安定性を対象として行う。それにより、商品企画決定前の研究・開発・生産技術開発段階での仕事のやり方を再構築することに合致し、その効率を上げることが出来る。

5. 4 混合型直交表の多数展開

研究・開発・生産技術開発段階で、固定した条件での実験や評価、最適化がもたらす問題点を3章で述べた。トラブルを未然防止するためには、各種条件を固定せず、多種多様な条件下で最適化することが必要であり、そのためには直交表の活用が不可欠である。しかも、

多くの設計条件を評価するという手段においても、混合型直交表での研究が不可欠である。直交表 L₁₈、L₁₂、L₃₆ などを使うことで、開発効率も大幅に向上する。最も重要な点は下流での再現性であり、それをステップ[5]で確認することでトラブルの未然防止が図れる。また、ステップ[4]、[5]、[6]を繰り返すことで開発の成功確率を上げることが出来る（付図 5）。

5. 5 ロバスト・エンジニアリング情報の活用

ステップ[4]、[5]、[6]で行うトラブルの起こり難さの研究は、量産時や市場で再現性が高いことが一般的に知られている。したがって、得られた情報は、ステップ[7]でロバスト・エンジニアリング情報としてまとめる。この情報は、トラブルの起こり難さの順位を明確にするもので、【固定する優先順位】として明記する。安定性に効果のある設計諸元・製造条件は固定することが有効である。試作や量産での実物による検討では、固定する優先順位の低い設計条件や製造条件を使って目標に調整する。一方、サイクルタイムや部品重量などコストに影響する度合いも同様に、それぞれの設計諸元に併記する。

これにより、試作段階や量産試作でトラブルが起こった時にも、変更可能な設計条件と変更してはならない設計条件が明確になり、トラブル撲滅までの期間も短縮することが出来る（図 7）。

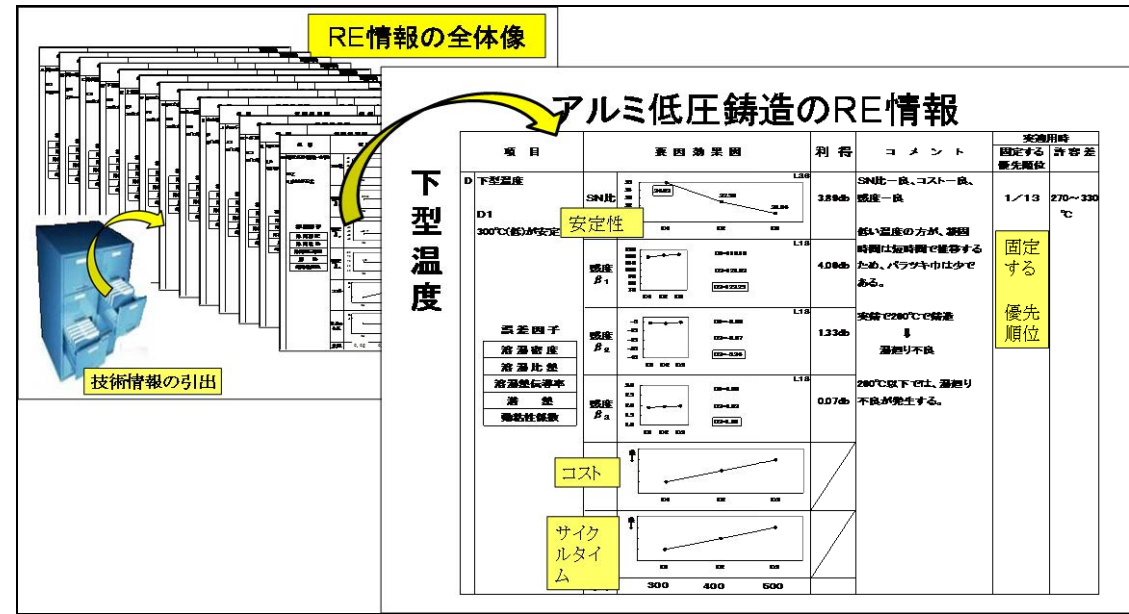


図 6 RE（ロバスト・エンジニアリング）情報の例

6. 実証

以上の技術開発ステップ展開をプロジェクト活動として、また企業の体質改善活動として、あるいは技術者の教育訓練として、8社15事業所で試行修正を加えながら実証し、成果を上げてきた。その中から2社の事例を簡単に紹介する。

6. 1 A社における事例

A社は、自動車主要部品を生産する加工・組立メーカーである。3世代前のエンジンの立上

げには 24 カ月を要した。数々の振り返りとネック技術の抽出、再発防止対策を繰り返し、24 カ月→18 カ月→10 カ月と量産までの立上げリードタイムを短縮してきた。新規立上げ機種で、更なる立上げ期間の短縮を目標とした。そこで、3D モデルの段階から CAE を活用し、実物による試行錯誤のロス激減をねらい、技術開発の再構築を行った。従来、CAE 解析は長時間必要とするため、部分的な解析に終始し不良の事後確認に終わっていた。つまり、結果系の解析に終始し要因系の抽出まで行えない状態であった。

そこで、[1]、[2]、[3]で CAE によるロバスト設計に挑戦し、従来のアルミ鋳造の不良個所を予測する CAE 解析とは異なる基本的な機能を計算し、かつ量産時のばらつきを考慮した解析を行った。[4]の最適化探索では、直交表の L₁₈、L₃₆ で 2 回の解析を行い、[5]では再現性の高い結果を得ることが出来た。この結果[6]を RE 情報としてまとめ[7]、最終的なエンジン形状が決定した段階でその情報を活用し金型設計を行った[8](図 6)。試作段階に入り、[8]で基準化された条件で鋳造を行い、3 回の試作で極めて安定した品質を確保することが出来た。

効果として金型納入以降の立上げリードタイムでは、取り組み前に 10 カ月を要した期間が 4 カ月で立上げることが出来、立上げリードタイムは 5 分の 2 に短縮することが出来た。また、量産前の実鋳回数も 3 分の 1 以下と激減することが出来た。一方、量産時の品質不良は、適用前に対して 10 分の 1 以下に激減した。

何よりも大きかった成果は、製品形状に関する設計変更があった場合の対応である。従来はモグラたたきの活動であったが、今回は[7]の RE 情報により、変更してよい設計諸元と変更してはならない設計諸元が分っているため、設計変更スムーズに対応出来る技術が確立出来ており、文字通り垂直立上げが期待出来るものとなった。そのため次回以降の立上げリードタイムは、2 カ月程度に収まると予想している。これは、従来期間の 10 分の 1 に相当する(図 7)。

	従来の取り組み	今回の取り組み	今回の方法を適用した場合の次回以降の場合の予測
立上げ期間	10ヶ月(金型納入以降)	4ヶ月(金型納入以降)	2ヶ月(金型納入以降)
実 鋳 回 数	12回+α	4回	2回
品 質	ばらつきは大きく量産開始後も対策を継続	安定した品質(不良率)が得られる	量産してもトラブルが発生した
コ ス ト	実鋳回数と立ち上がり以降の追加対策によりコスト大	CAEによるシミュレーション、実鋳回数・対策工事ミニマムによりコスト小	
次期型への情 報	MP情報が普遍的でなく、その都度、もぐら叩きによる立上げを実施	RE情報の整理により設計変更や次期型の対応が従来のもぐら叩きの活動から、文字どおり垂直立上げが期待できる	今まで立ち上げは技術員が付ききりで確認していたが今回は、通常の量産の立上げでオペレータが立上げ

6. 2 B 社における事例

図 7 A 社の技術開発ステップ展開の成果

B 社は電気製品を自動機で大量生産するメーカーであり、全社的生産保全活動の一環として初期流動管理期間の短縮をねらい、設計開発期間の再構築を目指していた。従来、設備は海外から導入し、設置後安定する条件にするために 8~12 カ月を要していた。

立上げリードタイムが長くなる原因はトラブルの多発である。設備導入後に起こるトラブルは、設計要因か、製造要因か、設備要因か不明確のまま、モグラたたきの改善を行って

いた。

従来から何種類もの製品を立上げて来たが、それぞれの製品に適用した製造技術を別の製品に適用する場合、類似した工程であっても、予想に反する悪さや、想定外の悪さで思い通りにならないことが多く、立上げまでには1年以上を要する場合もあった。

そこで、技術開発のステップ展開に基づき、要素技術の開発に着手した。①でプロセス機能展開表を作成することにより、設備導入までに行うべき検討項目を明らかにした（図4）。

②、③においては、設備導入前に出来る安定性の研究を徹底するため、眠っていた試作機を改造して検討することに挑戦した。最適化探索では、直交表 L_{12} 実験を数回行い、プロセス機能展開表に整理することを繰り返し④、⑤、⑥、技術情報としてまとめた。技術情報は、それぞれ製造条件が品質に与える影響と、設備停止時による損失という2次元で検討し、RE情報としてまとめた⑦。設備搬入後は、RE情報に基づいてそれぞれのプロセスでの合わせ込み⑥、⑧を行い、安定生産を目指した。

その結果、立上げリードタイムは従来に対して8分の3に短縮することが出来た。また、試作回数も従来比で16分の1に、量産移行後の管理項目は、従来の48項目が31項目に簡素化出来た。そのほか、試作費用の縮減、無償工事費の縮減を達成した（図8）。

従来はモグラたたきの改善により立上を行っていたが、RE情報の活用により⑦、汎用性のある結果を蓄積できたことは、今後の類似品への適用という点で期待出来る成果である。

以上

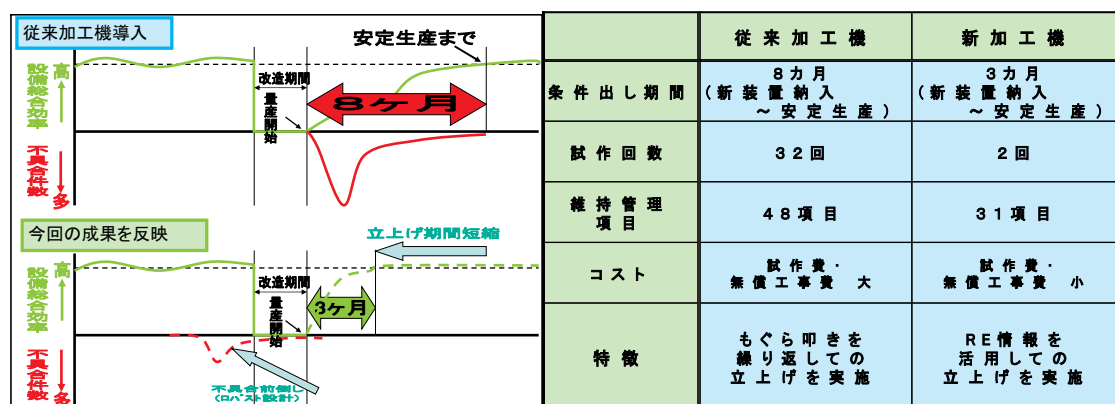
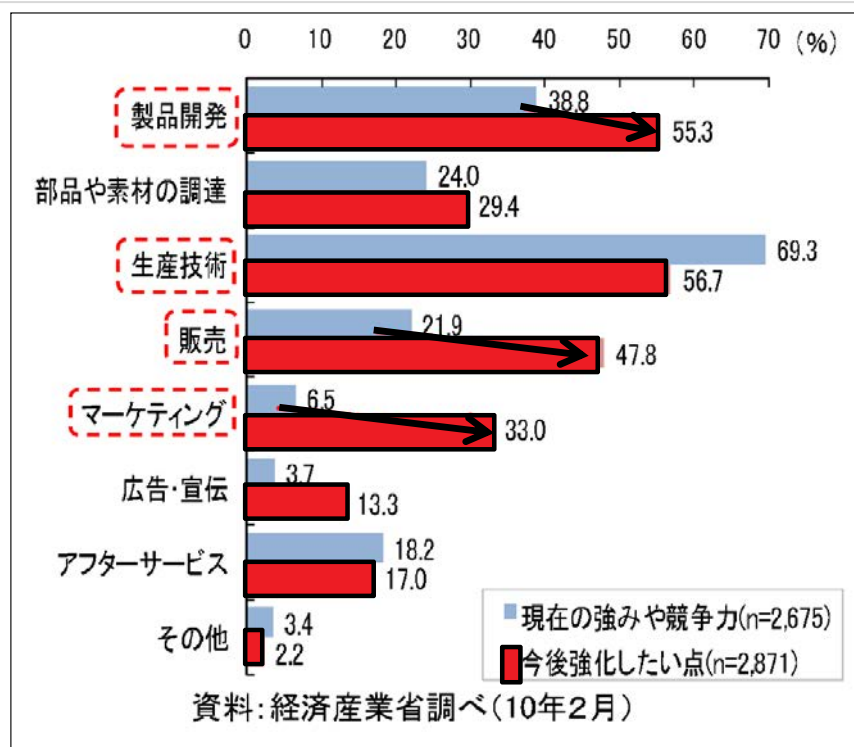


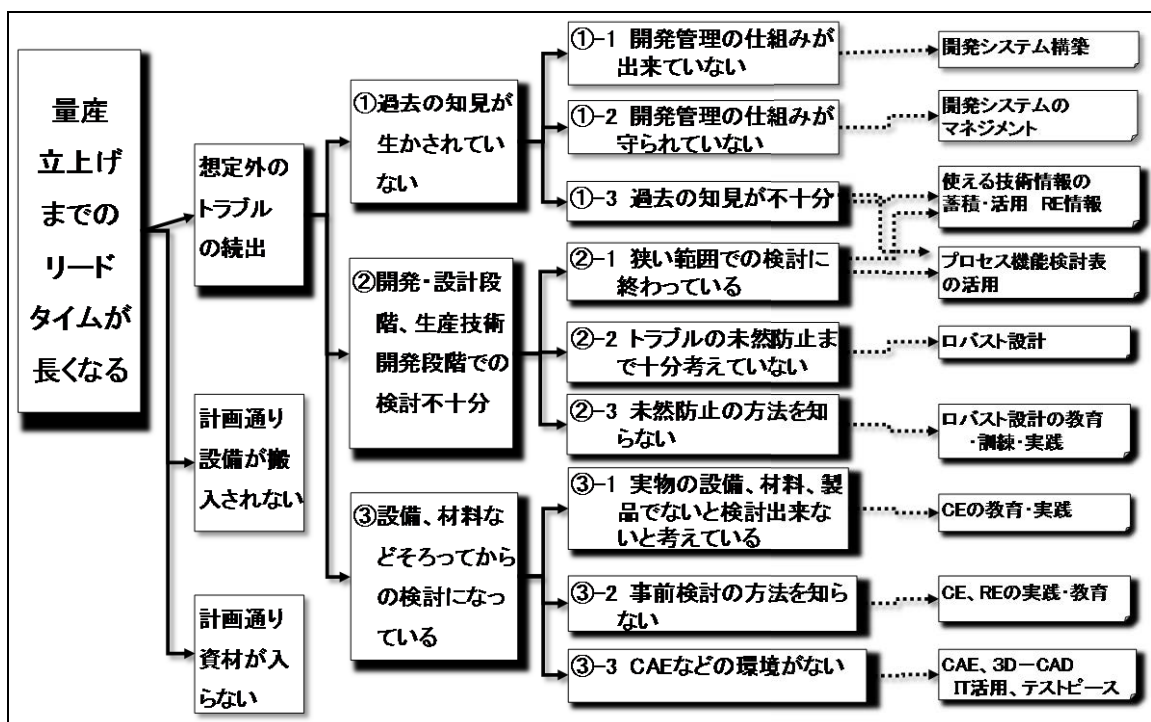
図8 B社の技術開発ステップ展開の成果

参考文献

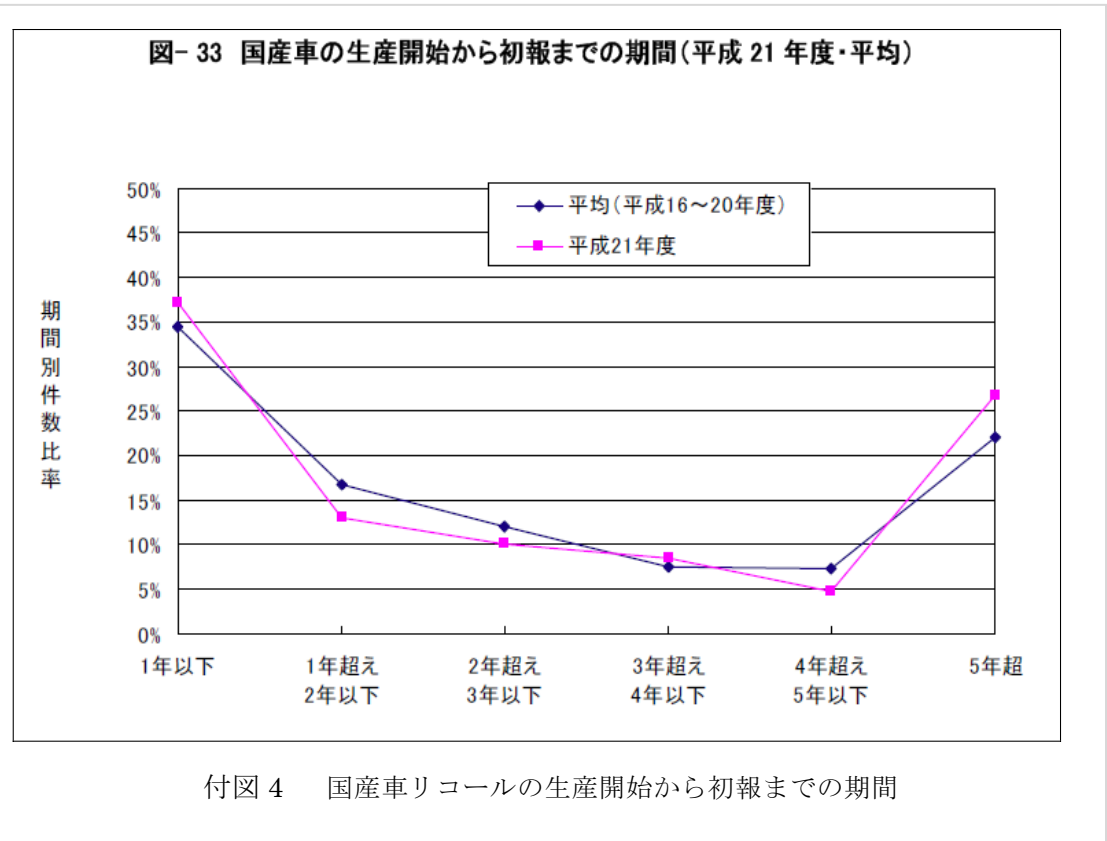
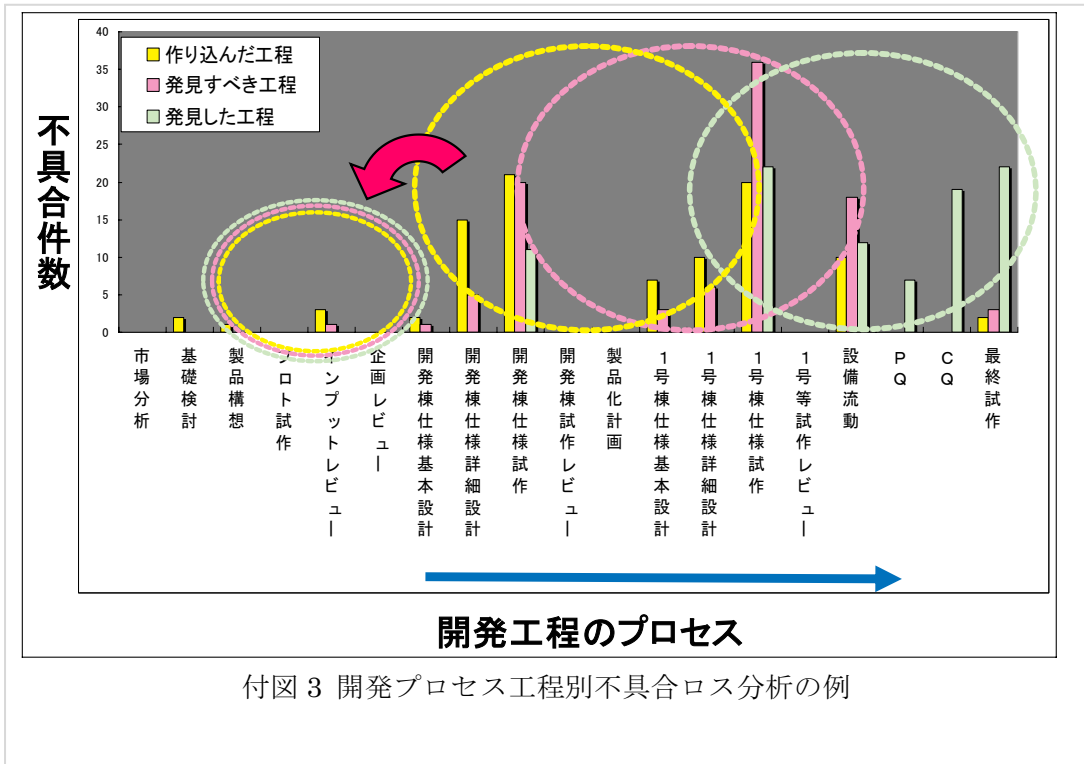
- 1) 『平成21年度 ものづくり基盤技術振興施策』 経済産業省・厚生労働省・文部科学省 平成22年6月発行
- 2) 『現場の困りごとお助けブック「不良改善」はこうやれ』株式会社 JIPM ソリューション 平成22年10月発行
- 3) 『平成21年度 自動車のリコール届出内容の分析結果について』 国土交通省自動車交通局 平成22年11月発行



付図1 今後の事業展開に向けた強化項目



付図2 量産立上までに期間が長くなる要因構造と対策



付表 1 技術開発のステップ展開と手順

ステップ	No.	手 順	考え方・手法・道具
1 システム 顕在化	1	プロセス機能展開表の作成	材料・工程・出荷後のプロセスを見える化する
	2	システム分割	研究・開発の範囲を明確化し、システム分割の範囲を決定する
	3	システム選択	目的を達成するための技術手段を決定する
2 評価尺度 の決定	1	目機機能の明確化	機能、 $y = \beta M$
	2	基本機能の決定	エネルギーの入出力、メカニズム
	3	50点の評価条件の決定	誤差調合、SN比、感度、
3 実験効率 化検討	1	テストピースの検討	基本機能をテストピース実験することを考える $n=1$ のサンプルで
	2	CAE 活用の可否検討	シミュレーションでの最適化を検討する
	3	実験リードタイム短縮検討	実験リードタイムの極限追求を検討する
	4	予備実験による確認	ここまでの検討でSN比のデータを採取し、評価
4 最適化 探索	1	設計パラメータの抽出	プロセス機能展開表から満遍なく設計条件を抽出、加工点解析
	2	設計パラメータの水準値の決定	制御因子を 8～11 個取上げ、広い範囲で水準を決める
	3	直交表への割付	混合系直交表、L18、L12、L36
	4	実験の実施	実験指示書、パラメータ設計
	5	実験データの解析	モニタリング、グラフ化、SN比・感度の計算、要因効果図
5 再現性 確認	1	最適条件と利得の推定	最適条件、比較条件、利得の推定、
	2	確認実験の結果検討	2 条件の確認実験、利得の再現性確認
	3	改善利得の把握	再現性があれば、改善利得を評価する
6 目標値に 調整	1	目標値との差確認	商品企画・技術目標に合わせ込み目標達成度合いを評価
	2	追加実験の要否検討	プロセス機能展開表から次の実験の因子を抽出する
	3	目標値への調整	感度、コストの検討と目標値への合わせこみ方法を定める
7 技術蓄積	1	結果考察	SN 比・感度に与える影響を整理。コスト、重量、サイクルタイムを考察
	2	RE情報の整理	RE情報へのまとめ、MP 情報、プロセス機能展開表とリンクさせる
8 基準化	1	基準値・許容差の決定	許容差設計、実験計画法
	2	基準・標準類の作成改訂	開発標準、技術報告書、設計基準、製造基準

