



## 慶應義塾大学ビジネス・スクール

# リコーエレメックス株式会社 恵那事業所

「現在、私が働いている職場では、クォーツ腕時計のムーブメントに組み込まれる微小歯車部品を生産しており、その中で私は機械加工を担当しています。私達の職場では、このムーブメントの生産において、継続的に改善活動をしてきたにもかかわらず、なかなか解決しきれずに困っていた品質不良問題がありました。第2小鉄車と呼ばれる部品の歯欠け不良（歯の先端に何らかの力が加わり歯が折れる現象）を中心とした品質不良は、一旦解決したかと思うと、再度問題が発生し、決定的な不良原因の特定が困難な慢性不具合となっていました。これまでに実施してきた個々の改善は、決して間違っていなかったと思いますが、決定的な不良原因を深く追求するまでには至っていませんでした。」（恵那事業所精機事業部時計グループ部品加工課係長、青木良三氏）。

以下は、約2年間にわたる第2小鉄車の歯欠け不良を中心とした慢性不具合に対する同社の問題解決過程である。

## 会社概要

リコーエレメックス株式会社は、1938年の創業以来、精密加工技術をベースとして、多岐にわたる製品の開発・商品化に取り組んできた。現在では、リコーグループの一員として、幅広い事業展開を行っている。取り組んでいる事業領域には、PPC周辺機器やジェルジェットプリンター・ジアゾ式複写機などの製造を行う情報機器事業、水道メーターやガスメーターを製造する計量器事業、防衛関連部品を製造する特機事業、切粉圧縮機や汎用型卓上ロボットなどの産業機

本ケースは、標記企業の全面的な協力を得て、慶應義塾大学大学院経営管理研究科の坂爪裕助教授が作成した。本ケースはクラス討議の資料として用いるためのもので、経営管理の良否あるいは関係者の判断の適否を示唆するものではない。作成に当たっては、青木良三「可視化の追求で停滞していた品質問題を解決」IEレビュー、Vol. 46 No. 3、2005. 8を参考にしている。

本ケースは慶應義塾大学ビジネス・スクールが出版するものであり、複製等についての問い合わせ先は慶應義塾大学ビジネス・スクール（〒223-8523 神奈川県横浜市港北区日吉本町2丁目1番1号、電話 045-564-2444、e-mail: case@kbs.keio.ac.jp）。また、注文は <http://www.kbs.keio.ac.jp/> へ。慶應義塾大学ビジネス・スクールの許可を得ずに、いかなる部分の複製、検索システムへの取り込み、スプレッドシートでの利用、またいかなる方法（電子的、機械的、写真複写、録音・録画、その他種類を問わない）による伝送も、これを禁ずる。

Copyright© 坂爪裕 (2005 年作成)

器を製造する部門と時計ムーブメントや完成品を製造する部門をあわせた時計事業、空気清浄機や頭皮洗浄器・口腔洗浄器を製造する健康・環境事業、教育関連の企画・販売をする教育システム事業の合計6事業がある（各事業別の売上高推移については付属資料1を参照）。このうち、特に時計事業と特機事業は、同社の創業以来の基幹事業であり、まさに同社の精密加工技術のベースとなっている事業である。

## 時計ムーブメント市場

現在、時計のムーブメントを製造する企業は全世界に数社しか存在しない。リコーエレメックスはセイコー・シチズン時計と並んで、数少ないメーカーの1つである。現在、世界では年間8～10億個のムーブメントが製造されており、このうちリコーエレメックスの出荷数は年間およそ1,200万個、世界シェアの1～2%前後を占めている。

時計ムーブメントの流通は、ほとんどが香港企業によって掌握されており、製品自体の差別化が難しいために値崩れが発生していて、現在では1個当たり100円以下の工場出荷価格となっている。そのため、時計ムーブメントを製造する企業は、できるだけ時計の完成品まで製造して製品の付加価値を付け、自社ブランドの時計として販売することを目指している。現在、リコーエレメックスの完成品自社ブランド比率は10%前後であり、残り90%は時計ムーブメントやOEM完成品としての出荷となっている。

## 恵那事業所での改善活動

恵那事業所は、岐阜県恵那市にあり、近くには木曾川の奇岩怪石の溪谷が見所の国定公園恵那峡があり、風光明媚なところに立地している。恵那事業所では、古くは時計製造を中心とした精密加工・組立を行っていたが、現在ではこれまでに培ってきた時計製造の精密加工技術を活かして、情報機器事業、時計事業、産機事業、健康・環境事業の各製品の生産を行っている。

恵那事業所では、EAMS（Ena Advanced Manufacturing System：「アームス」と呼称）活動という名称の全社改善活動を継続的に展開している。品質向上力・コスト対応力・生産技術力・生産管理力など、新たな物づくりに挑戦する全員参加の活動である。この活動は1997年に開始され、スローガンとして「タックル333（トリプル・スリー）」という標語が掲げられ、「3M（ムリ・ムダ・ムラ）の排除」でコストにタックル、「3S（整理・整頓・清掃）の向上」で職場環境にタックル、「3H（変化・初めて・久しぶり）に注意」で品質にタックルという3つの方向性が示されている。

これまでの活動例としては、恵那事業所長の現場巡回指導である「改善ツアー」、改善の基礎

教育である「改善道場」、仕入先の品質向上支援活動として「品質認定制度」、ラインの品質情報収集システムとしての「LIVE (Live Information Virtual Enterprise : 品質生産実績収集型システム)」、変種変量生産に柔軟に対応できる人材を育成するための「マイスター制度」などの制度やシステムを次々に定着させてきている。

特に、改善道場では、各職場ごとに毎期十数名の生徒を募り、改善に必要な IE 技法などの座学、実習訓練をまじえた教育を実施し、これまでに 200 名以上の修了者を送り出している。修了者は自部門での改善に力を発揮し、毎月 1 回、各部門の特徴的な改善を持ち寄り、事業所としての発表会の実施や改善の横展開といったさらなる改善スキルのレベルアップを図る努力をしている。

## 第 2 小鉄車の製造工程概要

慢性不具合の原因となっていた第 2 小鉄車の製造工程は、大きく旋削（せんさく）工程・歯切工程・表面処理工程の 3 工程に分類される。まず、旋削工程では、スイス式のカム式自動旋盤で直径 3mm ほどの棒材からブランク（側面から見ると凸状の形状をしたワーク）を削りだす（付属資料 2）。次に、歯切工程では、精密歯切機でまず垂直方向に王冠上のクラウン歯の加工を行い、一旦洗浄・乾燥させた後に、別の精密歯切機で水平方向にサイクロイド歯の加工を行う（付属資料 3）。クラウン歯・サイクロイド歯の加工を行う際には、ホブカッター（＝刃物）で歯を切削しながら、同時にデバリングバイトでバリの除去が行われている。その後、表面処理工程として、まず金属の強度を増すために熱処理（焼入れ・焼戻し）を行い、化学研磨・バレル研磨（微細な石で研磨することでバリを除去する工程）・メッキを行い第 2 小鉄車の部品は完成する。次に、第 2 小鉄車の部品は他の部品とともに、時計ムーブメント組立工程において組み立てられ、ムーブメントの完成品（付属資料 4）になる（組立工程の概要については付属資料 5 を参照）。その後、この時計ムーブメントは、同社の中国工場に移送され、最終的に中国の工場で、完成品としての時計組立が行われている。

恵那事業所では、上記の旋削・歯切・表面処理・組立の各工程を、旋削・歯切は部品加工課、表面処理は表面処理課、組立は組立課の各部署が担当する組織となっている（恵那事業所精機事業部内の組織図については付属資料 6 を参照）。

## 第2 小鉄車の慢性不具合

### 組立工程において針廻しゴリが発生

5 2002年11月、時計ムーブメント組立工程後の検査工程において、動作の異常が発見された。この動作異常は、社内で「針廻しゴリ」と呼ばれている動作異常で、時計の時刻合わせをする際に巻真カナを回すと違和感がある状態を指す。巻真カナの歯（付属資料7）については、製品の立ち上げ当初、熱処理後のバレル研磨工程で歯欠けが発生し、歯形状に問題があった。そのため、巻真カナの歯を切るホブカッターを変更して、巻真カナの歯の厚みを厚くして歯形状を変更  
10 することで強度を増し、バレル研磨工程において歯欠けが発生しないように根本的な改善が行われている。

針廻しゴリと呼ばれる動作異常の原因のうち、この時点で巻真カナの問題が解決されたので、この後は針廻しゴリの発生原因は、事実上巻真カナと接している第2小鉄車によるもののみとなった。もちろん、時計の歯車なので、間接的にはすべての歯車が巻真カナと接しているが、針  
15 廻しゴリという動作異常は、減速比との関係で大きな歯の噛み合いがうまくいかず違和感を感じる現象なので、この動作異常の原因は、巻真カナと直接接している第2小鉄車のみと考えられた（第2小鉄車と巻真カナの噛み合いについては付属資料8を参照）。

針廻しゴリという動作異常を発生させる第2小鉄車の不良には、クラウン歯の歯欠け（歯の先端に何らかの力が加わり歯が折れた状態：付属資料9）・歯曲がり（歯に何らかの力が加かって  
20 折れる前の状態で、前後左右に歯が曲がった状態のことを指す：付属資料10）・歯つぶれ（つぶれ箇所の体積が他の部位に逃げている状態を言う：付属資料11）が考えられた。しかし、この時点では、歯切工程の現場の作業者だけがこの3つの状態を漠然と認識していたのに対して、正式な不良原因としては「歯欠け」という言葉しか社内には存在せず、組立工程など他部署の人間は、単に「針廻しゴリの発生原因は歯欠けである」と一面的に認識しているに過ぎなかった。

25 また、針廻しゴリという動作異常が発見された時の状況として、歯欠けの発生した歯車の先端はいつもきれいに光っており、メッキがされていると考えられていた。そのため、品質不良は、メッキが行われる手前の歯切工程で発生し、その後欠けた歯車が熱処理・メッキされ、組み立てられると考えられていた。不具合のあった部品は現物サンプルとして組立工程から前工程へ順に回覧され、各工程で確認された後、歯切工程にて発生原因と対策を追求することになっていた。

30 当時、部品加工課の管理職の立場にあった恵那事業所精機事業部時計グループリーダー（技術センター技術戦略室兼務）の井澤義雅氏は、当時の状況についてケースライターに以下のようにコメントしている。

「歯切工程の現場では、正直なところ、歯欠け不良のすべてが歯切工程の責任だとは考えていませんでした。不良部位を見ると、一口に歯欠けといっても、その中には、歯曲がりや歯つぶれと呼ぶにふさわしい不良も発生していて、そのすべてが我々歯切工程の加工中に発生したものとは到底考えられませんでした。しかし、当時は、現に歯切工程の責任による歯欠け不良が発生していて、表面処理課や組立課など他部署の責任を追及する前に、まずは自らの襟を正すではないですが、自部署の問題を100%潰しておかなければと強く感じていました。」

## 中国の完成品組立工程より第2小鉄車の歯欠け不良の発生連絡

2002年12月、中国の完成品組立工程において、第2小鉄車の歯欠けが7個発生し、恵那事業所に連絡が入った。不良現品を中国から取り寄せ、分析してみると、歯欠けと呼ばれた不良の中には、実際には歯欠けだけでなく、歯曲がりによる不良も存在しており、この不良の多くが、歯切工程においてサイクロイド歯の加工の際に発生したものと考えられた。というのも、直前に歯切機の供給装置の修理を行った履歴があり、供給機のホッパーとマガジンの部位を注意深く観察してみると、ホッパーとマガジンの間に段差ができて、この段差にクラウン歯が引っかかって歯曲がりが発生したり、ひどい場合には歯欠けが発生していることが判明した（付属資料12）。そのため、この時点では、供給機のホッパーとマガジンの段差を発生させないために、ホッパーをマガジンより下げてセットするという改善が行われた。

## 再び歯欠けの発生

2003年1月、ムーブメント組立工程において、再び歯欠けが1個発生した<sup>[1]</sup>。歯欠けが発生した製造ロットの追跡を行うと、この製造ロットの製造と同時期に特定の歯切機で油圧もれによる機械故障が発生しており、そのため、この油圧もれから機械が誤動作し歯欠けが発生したものと考えられた。これは、不良部位を見ると、機械の誤動作から歯欠け部の歯底にホブカッターが深く入って削れている現象が観察でき、このことから、特定部位に強い負荷がかかることで大きなバリが発生し、その後デバリングの処理時にこの大きなバリのために歯が折れる現象が発生していることが推定された。そのため、この時点では、歯切機の作動油を朝・夕2回チェッ

<sup>[1]</sup> 恵那事業所では、1直当たり15,000個のムーブメント組立を行っているが、このうちランダム・サンプリングによって、1直当たり315個の抜き取り検査が組立後に行われている。315個のうち、1個でも不良が発見されると、その1個を含む1,000個の製造ロットの中から再度数個の抜き取り検査が実施され、さらに1個でも不良が発見されると、全数検査を実施することになっている。本ケースで記述している不良個数はすべて、ランダム・サンプリングによる検査の結果判明した不良個数を示している。

クすることで、油圧もれの対策を実施した。

## 再び中国の完成品組立工程より第2小鉄車の歯欠け不良の発生連絡

5 2003年3月、再び中国の完成品組立工程より、第2小鉄車の歯欠け不良10個が返品された。現物を確認し分析を行うと、不良部位の形状から歯欠けだけでなく、歯曲がりも発生していることが判明した。このうち歯欠け不良の1個だけは明らかに歯切工程での不良と推察されたが、残りの9個については、歯切工程では自工程不良とは考えられなかったため、この時点では原因不明と考えられた。

10 当時の状況について、部品加工課係長の青木氏はケースライターに以下のようにコメントしている。

「歯欠け不良の発生当初は、確かに歯切工程の責任による不良が数多く発生していましたので、他部署の責任を追及する前に、まずは自部署の改善を行わなければと考えていました。しかし、15 この頃になると改善も進み、自工程の原因による不良の割合が少なくなってきたこともあって、自工程不良以外は他部署に対してははっきり違うと言わなければならないという雰囲気になっていました。そのため、自工程不良の1個を除いて、残り9個の不良については、歯切工程ではこのような形状の不良が発生しえない理由・根拠をそれぞれ記述して他部署に回覧しました。この当時は、なんとか他部署に対して、歯切工程だけが不良原因ではないことをわかってもらいたい一心でした。」

原因不明の不良9件に対して、その後この原因を追求するため、試行錯誤が続いた。0.02～0.1mmほどの歯欠けを抜けなく発見することは、20倍の顕微鏡でチェックを行っている現場の設備だけでは困難で、歯欠けが発生するメカニズムも推測でしか掴むことができなかった。25 不良原因の追求について試行錯誤を繰り返す中、この当時気づいたことは、これまで不良の部位をそれぞれの部署の担当者が順番に顕微鏡を覗いて認識していたが、基本的には同時に1人ずつしか現物を確認できないため、もしかしたら各自が見た不良部位の認識にバラツキがあり、そのために原因特定がなされていないのではないか、ということであった。顕微鏡の小さい画面を別々に覗いていたなかで、各担当者が歯欠け不良に対して本当に同じ理解をしていたのかという30 点に疑問をもった訳である。

そこで、不良部位の認識が統一されていたかどうかを再確認するため、顕微鏡に写った不具合をデジタルカメラで写し、拡大したカラーコピーやプロジェクターを使って問題箇所を皆で共通

に認識できるようにした。その結果、確認した不具合画像が後日でも確認することができ、社内関係者にもメールで情報を伝えることが可能になった。こうした過程で、これまでとは違った具体的な議論ができるようになった。

実はこれまでこのような不具合画像を共有できなかった理由は、ここで求められる画像を作るには特殊な装置が必要になるという固定観念があったからである。しかし実際には、画像を記録する際、特殊な装置を使用したり、専用の装置を製作したわけでもなく、現場で使用している顕微鏡にデジタルカメラの焦点を合わせるという簡単な手法（付属資料 13）で小部品の拡大画像を記録することができるようになった。日常使用している自社（リコー）製のデジタルカメラは、1cm までの接写ができるという特徴を持っていたのだが、長年使っていたにもかかわらず、この時までまったく思いつかなかった。

このように不良部位を部署間で共通認識できるようになった一方で、2003 年 8 月に連続 3 件の不良が再発した。特に 8 月 26 日に発生した不良は、25 件の不良発生であり、現場の危機感がさらに募ることになった。この時点では、歯欠け部位の形状を観察すると多数の種類があり、原因特定の妨げとなっていた。

当時の状況について、井澤氏はケースライターに以下のようにコメントしている。

「この時期までに、歯切工程の品質不良改善はある程度の成果を挙げていましたし、現に不良件数も減っていましたので、現場もかなり自信を持っていました。しかし、連続 3 件の、しかも大規模な不良発生によって現場の雰囲気は一変しました。他部署に対する不良原因の追及を行う前に、もう一度自工程の品質不良改善を一から行わなければならないという雰囲気になったのです。」

## FTA 解析

2003 年 9 月、前月の不良発生に対してこれまでの経験を振り返り、一からやるべきことを皆で再度考えなおしてみようということになり、歯切工程を担当する現場の有識者全員で大きな拡大写真を前にして、この問題の解決をテーマにブレイン・ストーミングを行い、それを FTA（Fault Tree Analysis：欠陥ツリー解析）の手法でまとめることにした（付属資料 14）。FTA は特定の問題の発生条件を論理的に展開することで、主要原因を突き止める手法であり、これまでのやり方がどちらかというと経験や勘が中心になりすぎたという反省から取り入れたものである。

ブレイン・ストーミングでは、歯切工程の中でも、特にサイクロイド歯加工工程に絞って、不良原因の発生可能性が検討された。というのも、以前、第 2 小鉄車のクラウン歯のバリが第 1 小

鉄車に接触して、止まり（電池が入っていても秒針が動かない状態）が発生するという不良が発生しており、そのため、クラウン歯については、バリの高さを片側 0.02 ミリ（歯切工程前のブランクの直径 2.25mm に対して直径 2.29mm 以内）でデバリングバイトの管理標準を設定する改善が行われていた（付属資料 15）。以前は管理標準が徹底されていなかったため、デバリングを深くしすぎてワークが肉薄になって歯欠けが発生したり、逆にデバリングが足りずにバリが残っていて、第 1 小鉄車に接触して止まりが発生していた。このようなクラウン歯バリ改善が以前にあったこと、またクラウン歯加工工程後の抜き取り検査の結果、不良が発生していなかったため、クラウン歯工程の不良発生の可能性を認識していなかった。そのため、FTA 解析では、サイクロイド歯加工中のクラウン歯の歯欠け原因の追求を中心に検討を行った。

FTA 解析の状況について、青木氏はケースライターに以下のようにコメントしている。

「まず、全員で不良部位の拡大写真を前にして、不良発生の可能性について自由に議論しました。拡大写真を前にして議論した結果、これまでには出なかった色々な考え・アイデアが出るようになりました。その結果、不良発生の可能性として、まずワークの供給装置内部での可能性が挙げられました（以下の不良原因に関する記述については付属資料 14 参照）。具体的には、ホッパーとピストンとの隙間にワークが挟まって不良が発生する可能性と、マガジンにワークが詰まって不良が発生する可能性が考えられました。また、ワークの切削後にワークを弾いて装置から離す際に力が加わって不良が発生する可能性（製品落し・加工品飛び）についても検討しました。最後は、参加者全員でこれらの可能性のうち最も不良発生の可能性が高いものを選び出して、優先順位の高い原因から潰していこうということになりました。」

このような観点から、サイクロイド歯加工を行う精密歯切機をもう一度切削油を無くして点検してみると、加工後の供給機のホッパーのエッジに大きな磨耗が発見できた（付属資料 16）。このため、サイクロイド歯加工におけるワークの供給プロセスで、ホッパーとピストンとの隙間にワークが挟まってクラウン歯の歯欠けが発生している可能性が一番高いのではないかとの推測がなされた。

この推測に基づいて、精密歯切機の供給機で歯欠けが発生していることを確認するために、クラウン歯加工後の 5,000 個のワークを使用して供給機の中で流動するようにして 8 時間稼働させ、検証実験を実施した。その結果、5,000 個のワークを取り出して全数チェックを行うと、5,000 個の中に 3 個の歯がつぶれたワークが見つかった。このことから、磨耗が見られた供給機のホッパー部分に隙間が存在し、この隙間にクラウン歯加工後のワークが挟み込まれることで、歯つぶれが発生しており、ひどい場合には負荷がかかって歯欠けも発生する可能性があることが推



測された。

### 歯切機の供給機の修理実施

そこで、2003年10月、即座に供給機の修理を行った。具体的には、磨耗が見られた供給機のホッパー・エッジ部分をアルミ溶接で修理するとともに、エッジ部分の隙間そのものをなくすために、修繕や洗浄など機械の分解・組立時に、機械の組立ネジの位置そのものを変更して隙間が発生しないようにして、作業標準に隙間がないことを確認する項目を追加した。

そして、この対策の効果を確認するために、2003年11月、50,000個の加工を行って全数チェックを再び実施した。微小部品を50,000個全数チェックするという作業は実に大変な作業であったが、ありがたいことに不良はなく、供給機の修理が有効であったことが検証された。

また、同時期に、これまでの一連の不良発生を素材の面から防止するという目的で、第2小鉄車の素材変更を行った。第2小鉄車の素材であるSK材（炭素工具鋼）のカーボン含有量を減少させ、韌性（金属の粘り強さ）を強くすることで歯を欠けにくくする改善を行った。

### 熱処理工程で歯つぶれが発生

2003年12月、再度第2小鉄車の歯欠けが22個発生した。発生当時は歯欠けと認識されていたが、第2小鉄車以外の他の部品についても同様の現象が発生しており、ひどいものは歯が全部つぶれていたため、これは通常の歯欠けではないと判断された。その後、この不良は熱処理工程での歯つぶれであることが判明した。

当時の状況について、青木氏はケースライターに以下のようにコメントしている。

「50,000個の全数チェックを済ませ、素材変更も行った後だったので、歯切工程としては、22個もの大量の不良が再度発生したと聞いた時は、正直言ってかなり驚きました。しかし、実際に不良部位を見てみると、明らかに歯切工程での不良ではないことは一目瞭然でした。その後、熱処理工程での不良発生原因が特定されることで、初めて歯切工程以外での不良発生原因が明らかになりました。これは、第2小鉄車の品質不良改善にとって、大きな意味がありました。今まではすべて歯切工程の責任とされ、歯切工程での改善しか行われてきませんでした。歯欠けの原因は歯切工程だけではない」ということが皮肉にも証明された訳で、組織として原因追求の範囲が拡大したのです。」

実際、熱処理工程では、歯切加工後のワークを熱処理炉の床板の上に並べ、この床板に一定の振動を与えることで、徐々に熱処理炉の中にワークを送り込む仕組みになっていたが、この振動によってワークが床板の外に飛び出し、床板と受けとの間に挟みこまれながら熱処理炉を通過することで、歯つぶれが発生していることが判明した（付属資料 17）。

5 そこで、即座に熱処理炉の改善を行った。具体的には、まずワークを送り出すための振動を生み出すカムを改善して送り出しスピードを和らげるとともに、送り出し後の戻りの強さを和らげるためにバネを追加し、さらに床板が戻った際の衝撃を緩和するためにクッションを取り付ける改善を行った。

10 後に判明したことであるが、2003年3月に発生した原因不明の歯欠け・歯曲がり不良9件は、実はこの熱処理工程で発生した歯つぶれによる不良であった。当時、熱処理工程では熱処理不良による歯つぶれを認識しておらず、歯切工程では明らかに自工程不良ではなかったため、原因不明となっていた。一口に歯欠け・歯つぶれと言っても、グレーゾーンのものは、熱処理工程で発生したものと歯切工程で発生したものの区別がつかなかった。

### 15 組立ラインで再度歯欠け発生

これまでの様々な改善によって、一連の不良問題は解決したと思っていた。しかし、歯切工程で5万個の全数チェックしたものを、その後、実験管理という特殊ロットで各工程毎にテスト製造・検査を繰り返していった結果、2004年6月、ムーブメント組立工程後にこの5万個のロットから不良が再度1個発生した。検査してみると、やはり歯欠けが原因となっていた。

当時の状況について、井澤氏はケースライターに以下のようにコメントしている。

25 「正直なところ、組立工程後に不良が1個発生したという報告を聞いて、やはり組立工程でも歯欠け不良が発生していたのかと感じました。不良となったサンプルはすぐにデジタルカメラで画像化し、関係部署へメールで配信して情報を伝達しました。不良部位を見ると、これまでと同様に歯が欠けた部分はきれいに光っており、やはり表面にメッキがされているように見えました。しかし、組立工程に投入した部品はすべて正常であるという確認を済ませたものであったため、歯欠けが歯切工程で発生していないことだけは確かでした。しかし一方で、ひょっとして50,000個の全数検査に漏れがあったのではないかという可能性も100%否定することはできませんでしたので、この1個の不良が組立工程以前、正確には熱処理工程以前で発生したのか、熱処理工程以後で発生したのか、白黒はっきりさせる必要があると強く感じました。」

## 欠損部位の調査を依頼

そこで、この事実を実証するため、精密な測定ができる工業試験所に欠損断面が熱処理されているか否か、つまり熱処理された後に歯欠けが発生したのか、それとも熱処理される前に歯欠けが発生したのかについて解析を依頼した。実は以前、社内の測定機で欠損部位の解析を行い、欠損部位にメッキが付着していることを確かめてはいたが、念のためより精密な測定が可能な外部の検査機関に熱処理の有無の検査を依頼した。その結果、驚くべき検査結果が出た。なんと欠損部位は熱処理が施されていたが、メッキはされていないことが判明した（付属資料 18）。表面が光っていて、あたかもメッキが付いているように見えていたが、実はそれは歯車が回転することによって磨かれた結果であり、実際にはメッキは付着していなかったのである。以前、社内の測定機で解析を行った際には、欠損部位があまりにも微細であり、歯車が回転することで、欠損部の両側のメッキが欠損部位に乗り上げて事後的にメッキが付着する現象が発生しており、そのため欠損部位にメッキが付着しているという検査結果が出ていたことが後で判明した。

## 組立ラインでの歯欠け発生原因の検討

この検査の結果、第 2 小鉄車の歯欠けは組立工程で発生しているのではないかとの確信が高まった。また、ちょうどその頃、以前別々に分かれていた部品加工課と組立課が同一の組織になる組織改革が行われた。このような組織改革もあって、不良発生の原因を追求するためには、部品加工課だけでは不十分であり、組立課や QA（品質保証）・技術課も一緒に解析を進めていく必要があるとの認識のもと、合同チームを編成して一緒に解析を進めていくことにした。

2004 年 7 月以降、合同チームで一緒に不良原因の解析を行っていくと、新しい発想が出てきた。これまで長年にわたり、この第 2 小鉄車の歯欠けによる不良発生の分析を行ってきたが、それは検査工程で発見された結果を言っているのもであって、実際に歯が欠ける瞬間を見たことがある人は誰もいないということであった。

また、時を同じくして、他の 3,000 個の実験管理ロットで、組立後に不良が発生し、この不良ムーブメントの中からもまたまた欠けた破片が発見された。このことから、組立工程中で歯が欠けるのではないかということになり、別の 3 万個の実験管理ロットの中で組み立てられたムーブメントのリユーズを慎重に操作して少しでも針廻しゴリを感じるものを探し出し、これにより、不良発生の現場が押さえられるのではないかと考えた。

これは極めて大変な仕事であり、針廻しゴリを感じるムーブメントに当たるまで何と 3,000 個もの操作を繰り返す必要があった。しかし、とにかく求めるムーブメントが手に入ったので、

その裏板に穴を開け、顕微鏡を使って第2小鉄車とそれに接する巻真カナが噛み合う様子を観察した（付属資料19）。すると、その場ではスムーズに動いていても、よく見てみると、それぞれの部品に少しだけバリが出ており、もしかするとそれらが何らかの偶然に噛み合って不良が起きることがあるかもしれないという意見が出てきた。

5 地板に穴を開けて中を覗けるようにして、バリの付いた部品を選んで再現実験を繰り返したところ、第2小鉄車と噛み合う巻真カナを組み込む時に、それぞれの部品にわずかに残っているバリ同士が偶然にぶつかり、第2小鉄車のクラウン歯に負荷がかかり折れてしまう、すなわち歯欠けが発生することがわかった。

10 この発見によって、一旦は組立工程において問題が発生していると考えていた第2小鉄車の歯欠け問題が、再び部品加工工程におけるバリの問題として戻ってきたことになる。

### 精密歯切機のデバリングバイトの角度変更、クラウン歯加工機コレット交換

15 ここまで問題の発生が具体的に見えると、改善も進みやすくなる。クラウン歯の加工工程において、デバリング処理を行う際に、以前設定した歯外周径2.29mm（片側0.02mmのバリまで許容）という管理基準を、2.27mm（片側0.01mmのバリまで許容）という管理基準に変更するアイデアが出た。以前、管理基準を設定した際の経験から、逆にデバリングを深くしすぎてワークが肉薄になりすぎると、歯の強度不足が原因で歯欠けが発生することも考えられたため、2.27mm（片側0.01mm）という管理基準がふさわしいのではないかということになった。

20 この管理基準を徹底するため、具体的には2つの改善を行った。まず、2004年10月に、歯外周径2.27mmを管理するために、歯の切れ味を良くする必要があり、そのためデバリングバイトの角度変更を行った。次に、スピンドルを回転させて第2小鉄車のバリを削る場合、コレットというワークを掴む部品に問題があり、回転軸にぶれが発生してしまい、箇所によって刃物の当たる所と当たらないところが発生して、デバリングの削り幅が異なっていた（付属資料20）。そのため、歯外周径2.27mmを管理するために、2004年12月に、コレットという部品の偏芯精度をアップさせる改善をして、部品を交換した。以上2つの改善によって、クラウン歯外周径2.27を管理することができるようになった。

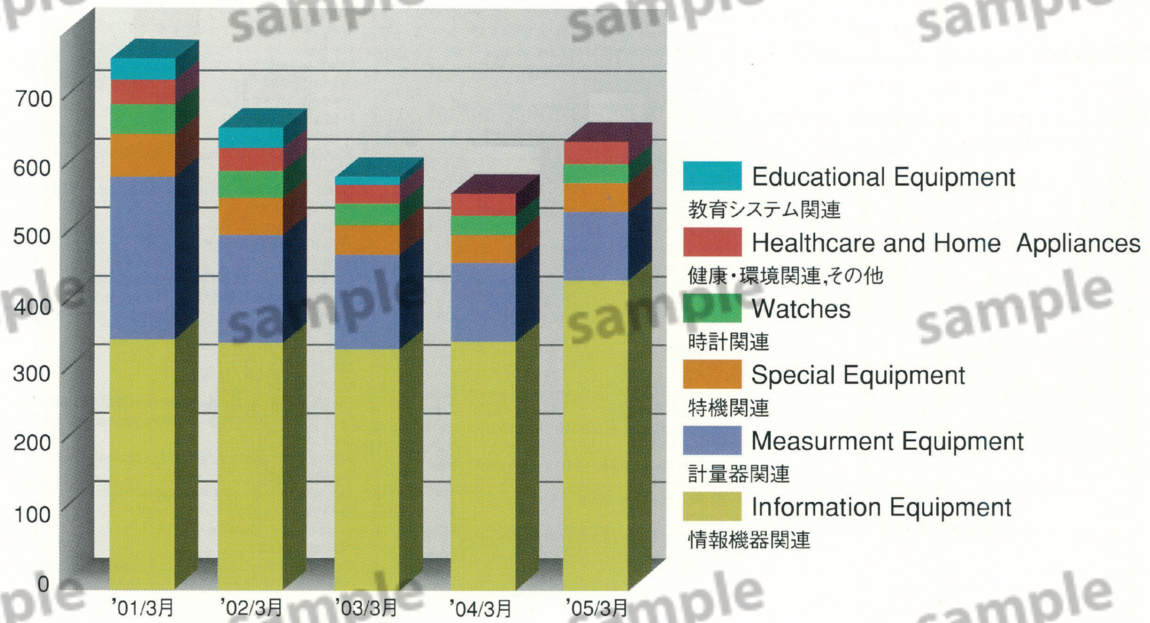
30 以上、約2年間にわたる第2小鉄車の歯欠け不良を中心とした同社の問題解決過程を振り返って、井澤氏はケースライターに以下のようにコメントしている。

「以前から、現場の作業レベルの技能として、漠然とした不良原因の分類はあったものの、組織としては単に「歯欠け」という言葉だけで、不良現象と不良原因の間に詳細な関係性は見

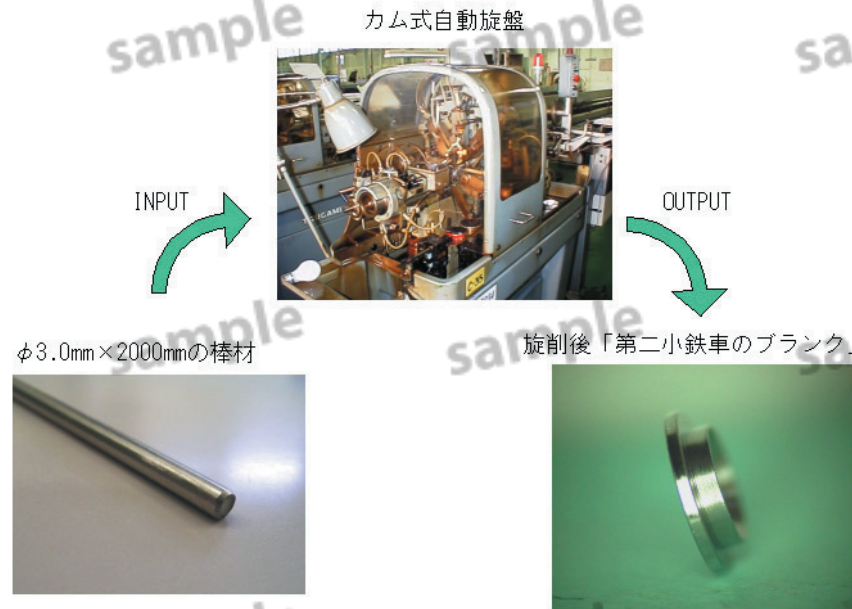
出されていませんでした。このような状況に対して、現物の拡大写真を部門間で共有し、様々な仮説・検証実験を繰り返すことで、完全ではないものの、不良現象と不良原因・不良発生工程との関連をパターン化して行ったことが、この2年間の活動の直接の成果だと感じています。現在では、第2小鉄車の不良には、歯欠け・歯曲がり・歯つぶれの3つの分類があり、発生可能工程としては、歯欠けは歯切・バレル研磨・組立、歯曲がりには歯切・熱処理、歯つぶれは歯切・熱処理の各工程がそれぞれ考えられます。

本来、歯欠け・歯曲がり・歯つぶれといった不良は、歯に物理的に何かが接して力が加わった結果として生じる現象ですから、理論的には歯が旋削されてから歯に何かが接して力が加わる機会をすべて列挙していけば、不良原因の特定が可能になるはずです。しかし、時間とコストの制約の中で問題解決を行わなければならない状況を見ると、すべての発生可能性をしらみつぶしに検証することは事実上できません。そこで、問題解決を行うためには、仮説が重要になります。発生可能性の確率が高い原因（＝仮説）を事前に想定できれば、効率的な問題解決ができるわけです。この仮説を考え出す際に、不良部位の拡大写真を全員に配布して認識を共有しておくことは大変効果がありました。様々な専門知識をもった人が同じ共通認識を土台にして様々なアイデアを出すことができるようになったのです。今では、第2小鉄車の不良に限らず、恵那事業所のすべての製造品目について何らかの不良が発生した際には、不良部位の拡大写真付きの発生報告書でないと読んでもらえない風土になっています。品質不良改善を行う際には、改めて現場・現物を確認して原因を追求することの大切さを痛感しています。」

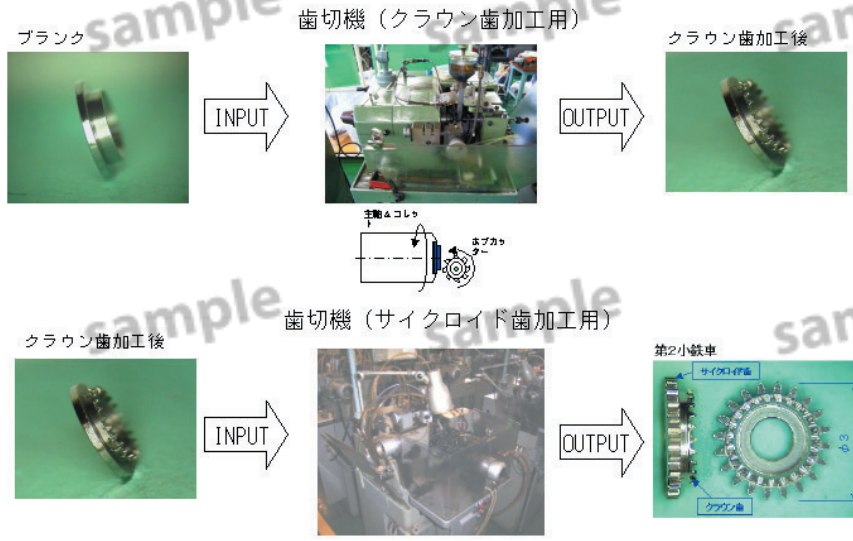
<付属資料1：事業別の売上高推移>



<付属資料2：旋削工程の概要>



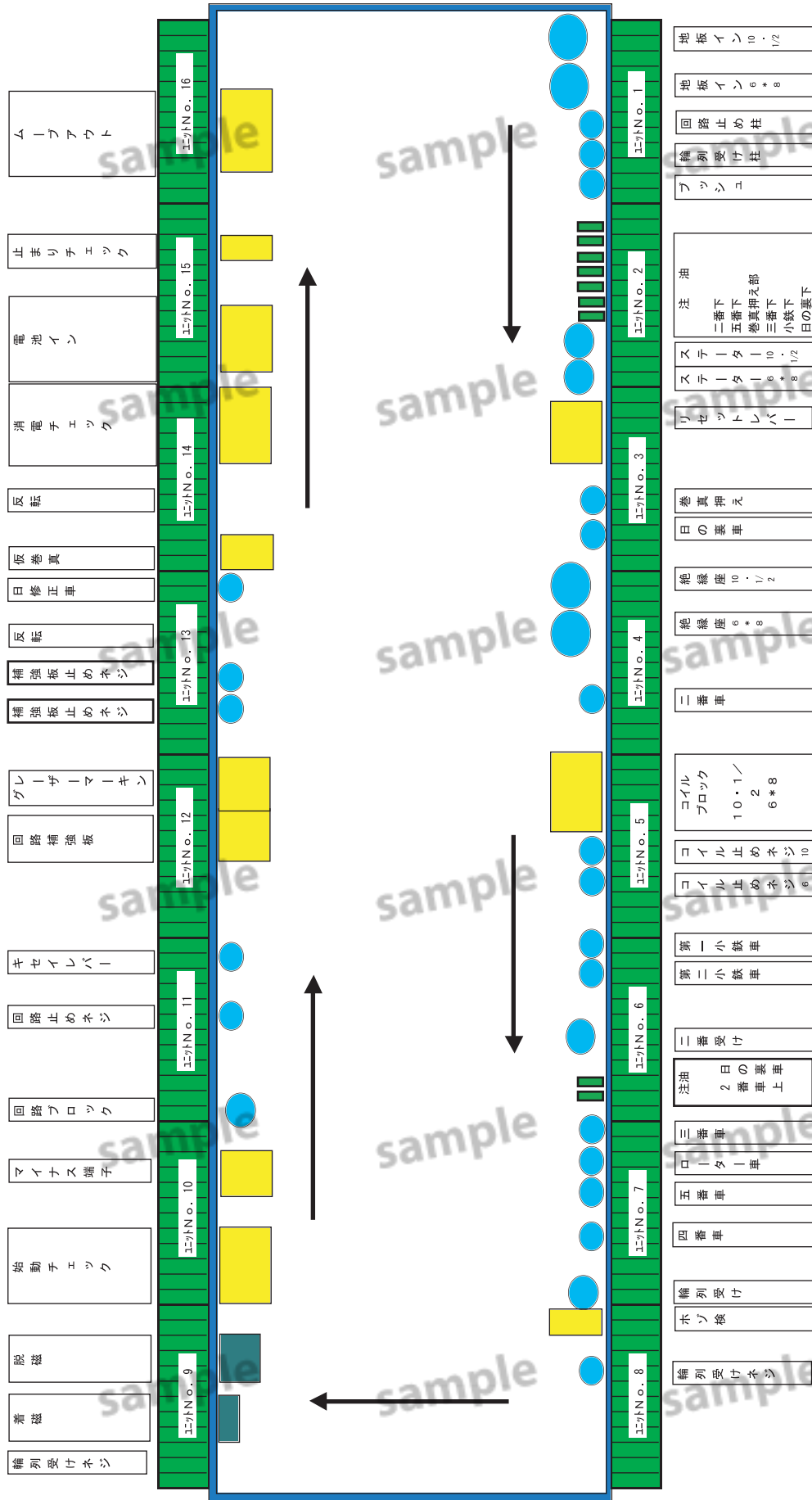
<付属資料3：歯切工程の概要>



<付属資料4：ムーブメントの完成品>

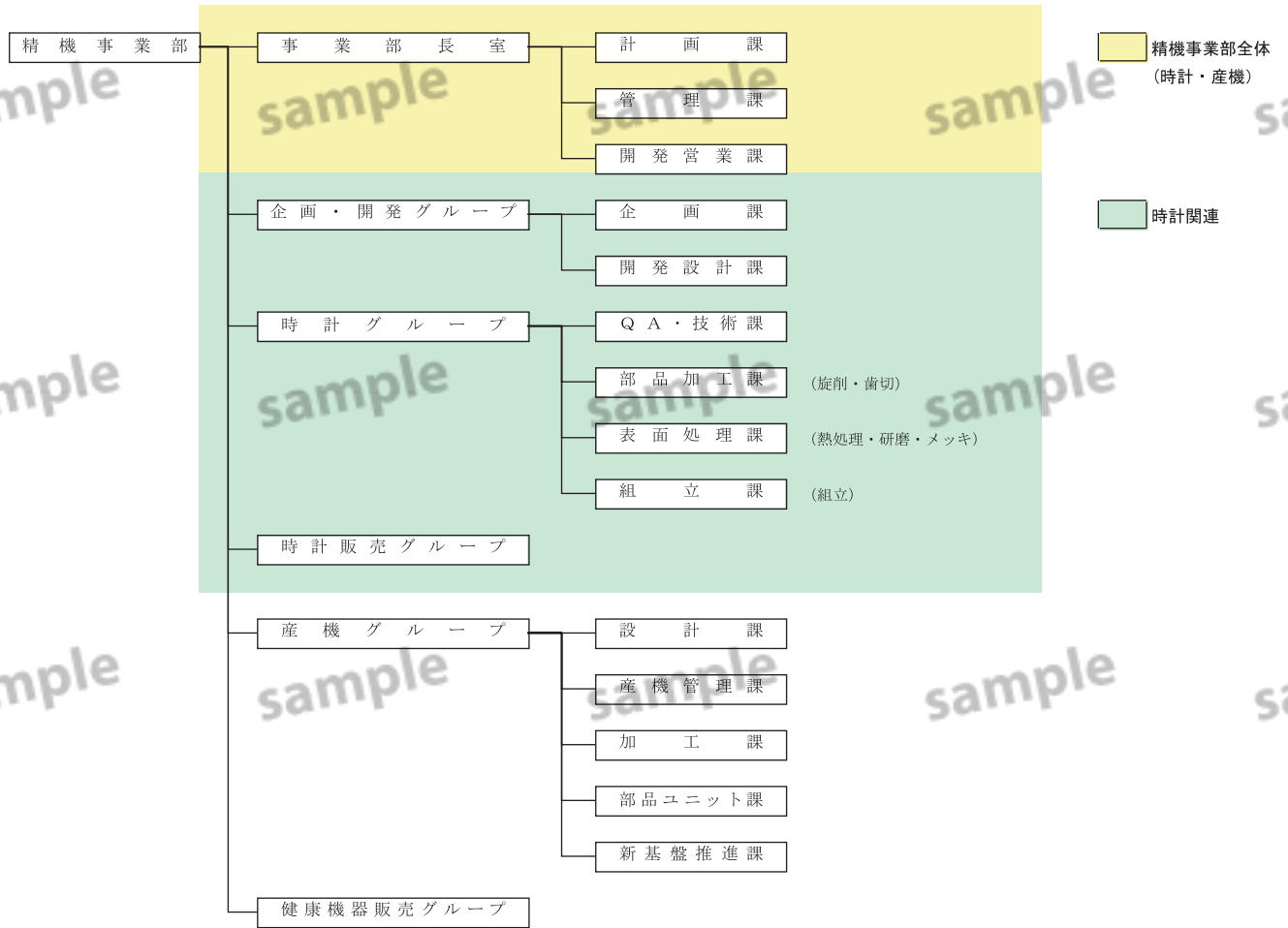


# ＜付属資料5：ムーブメント組立工程の概要＞

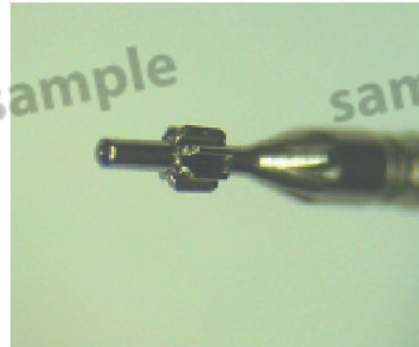




# <付属資料 6 : 精機事業部組織図>



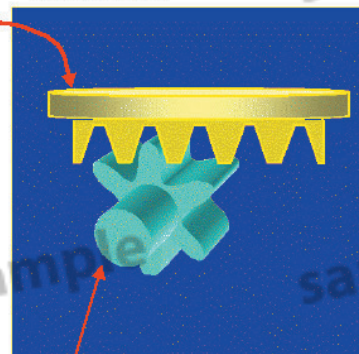
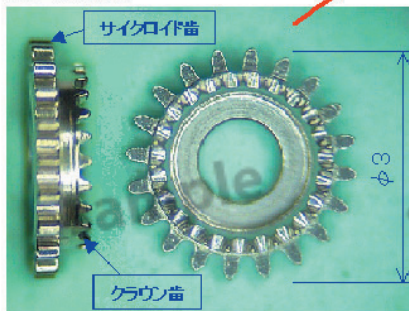
<付属資料7：巻真カナの歯>



<付属資料8：巻真カナと第2小鉄車の噛み合い>

噛み合いの図

第2小鉄車



巻真カナ

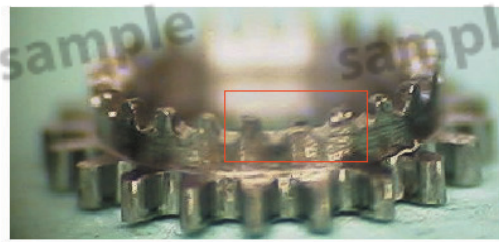
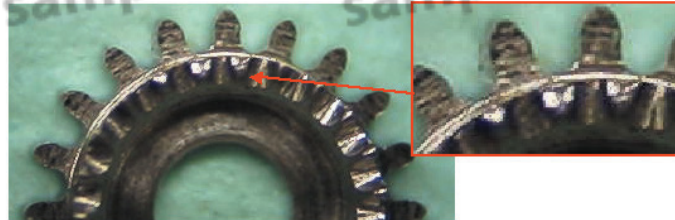
<付属資料9：クラウン歯の歯欠け>



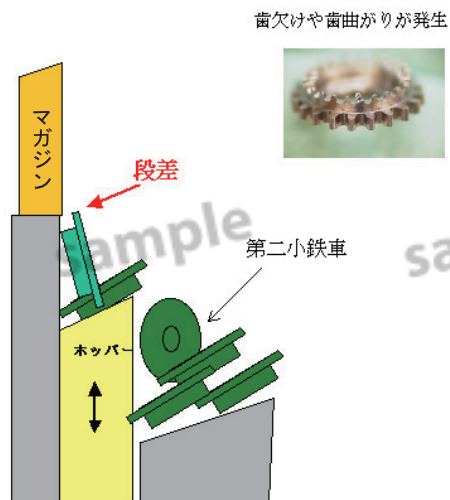
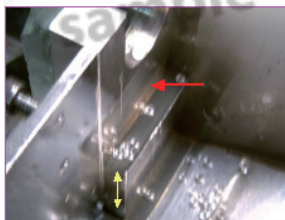
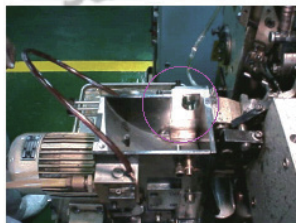
<付属資料10：クラウン歯の歯曲がり>



<付属資料 1 1 : クラウン歯の歯つぶれ>



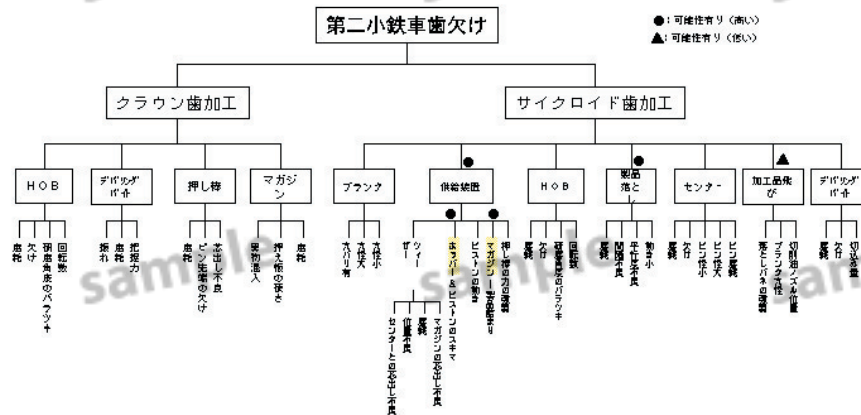
<付属資料 1 2 : ホッパーとマガジンの間の段差>



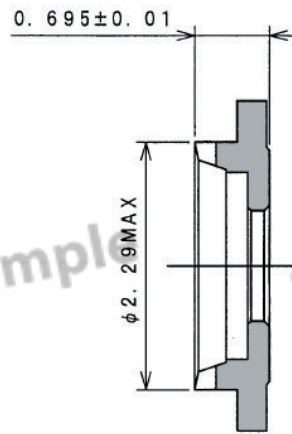
<付属資料13：顕微鏡にデジタルカメラの焦点を合わせる>



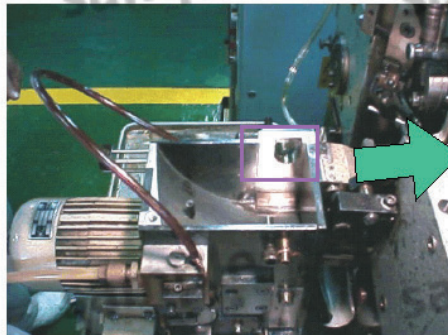
<付属資料14：FTAによる解析結果>



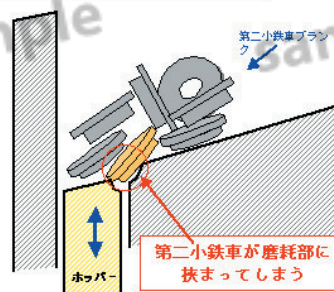
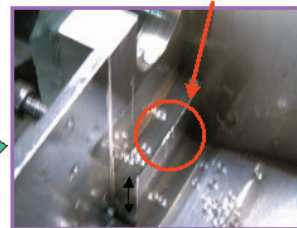
<付属資料15：バリの高さの設定>



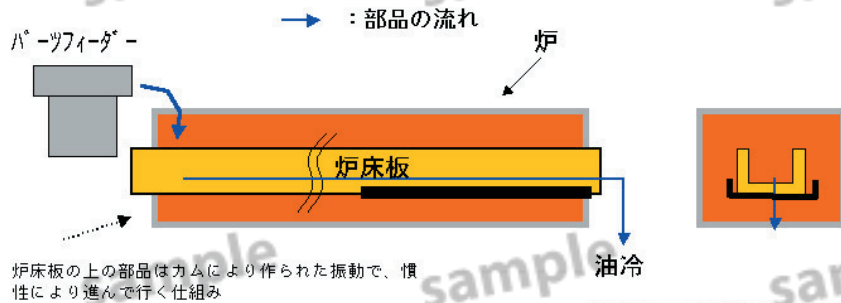
<付属資料16：供給機ホッパーのエッジ部に大きな磨耗>



ホッパー・エッジ部の磨耗

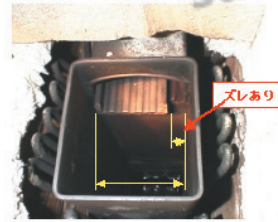


### <付属資料 1 7 : 熱処理炉での歯つぶれ>



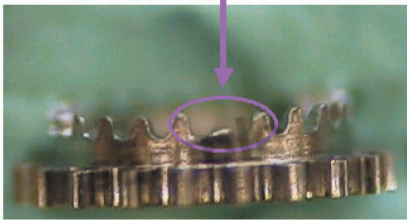
炉床板上の部品はカムにより作られた振動で、慣性により進んで行く仕組み

歯つぶれは炉床板と、その受け部に磨耗が発生し、振動にバラツキが出て、炉床板の途中から飛び出してしまう現象が起こった。  
飛び出した部品は炉床板と受けに挟まれてつぶれてしまい、それが通常の流動品に混入してしまう

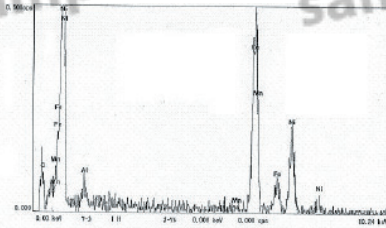


### <付属資料 1 8 : 欠損部位の解析結果>

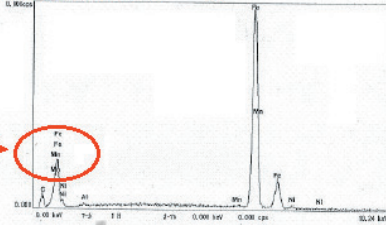
メッキの有無を解析



正常部のデータ

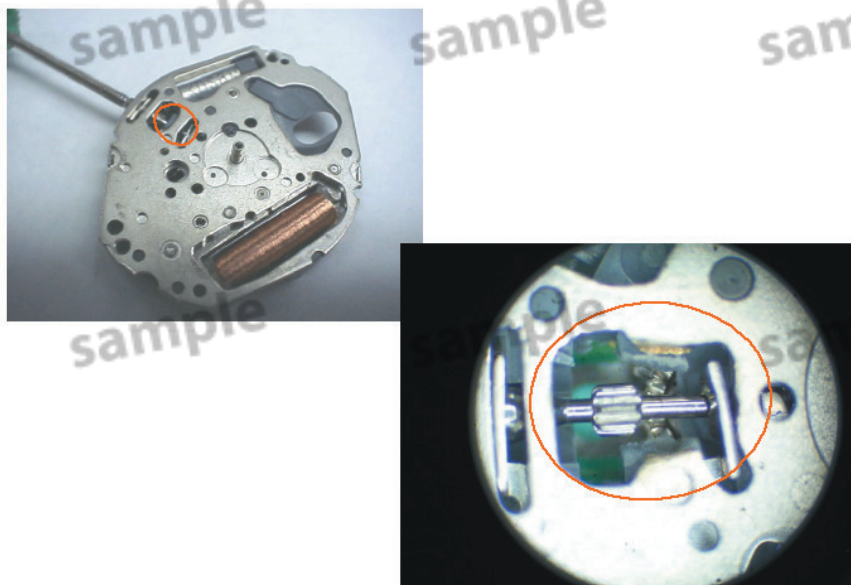


歯欠け部のデータ

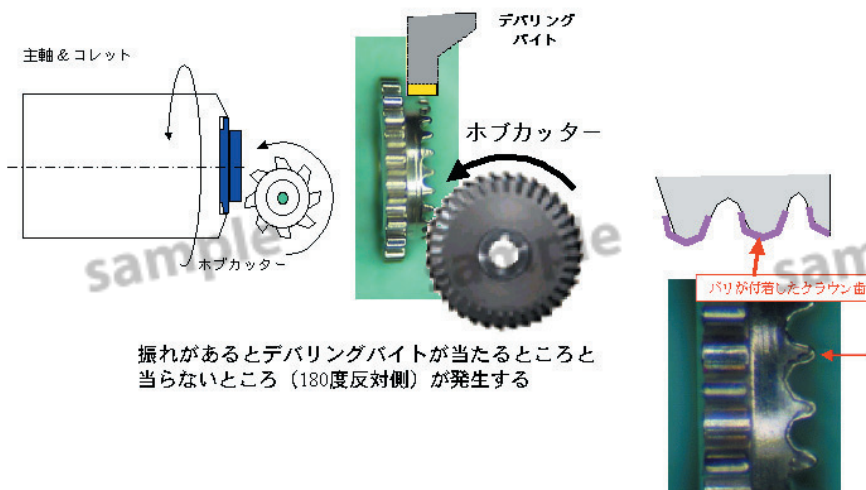


メッキの成分が無い

<付属資料19：ムーブメントに穴を開ける>



<付属資料20：コレットの振れ>





sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

---

不 許 複 製

---

慶應義塾大学ビジネス・スクール

---

共立 2008.4 RP150