

はす歯加工における刃具寿命の延長

会社・事業所名 (フリガナ) トヨタ自動車株式会社 本社工場 機械部 発表者名 (フリガナ) 花嶋 正太 シンベイ 根来 晋平

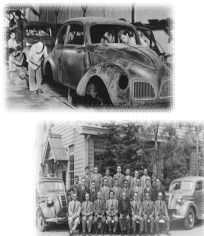
1.会社紹介



トヨタ自動車株式会社 創業者



豊田 喜一郎
(1938~1950年在籍)



トヨタ生産方式発祥の地



「品質は工程で造り込む」

2.会社紹介②



本社工場が誇る伝統と、磨き続けた匠の技。それらを基盤に、私たちは新技術・新工法へ挑戦しています。

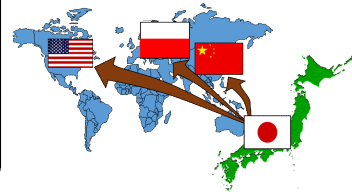
＜本社工場スローガン＞
技能が支える技術の進化
世界へ発信フェーズイン本社

本社工場概要

操業 1938年(昭和13年)
従業員数 2138名

主な生産品目
機械部 → プリウス、カムリ等のハイブリッドユニット
他5部

モノづくりは、人づくり



本社工場から支援・情報発信

当社は、愛知県豊田市を中心に12の工場があり、私達の勤務する本社工場は1938年に創業。創業者、豊田喜一郎が唯一在籍した工場、戦前戦後、労働紛争など苦しい時代を乗り越え「品質は工程で造り込む」という創業者の思想を脈々と受け継ぐ、今も当時の本館階段が残る最も歴史がある工場です。

その思想の元、受け継ぐ83年の伝統と、磨き続けた匠の技を基盤に私たちは、新技術、新工法の確立に日々挑戦しています。「技能が支える技術の進化 世界へ発信フェーズイン本社」をスローガンに掲げ、機械部では主にハイブリッドユニットの生産を行っており、モノづくりを通じた人づくりを推進しています。

3.職場紹介



ミクロン単位の軸物加工を行うプロ集団

【上位方針】

社長の想い
未来のために今を変える覚悟を持つべき

組長の想い
品質の良い物をより安く・早くお届けする原理・原則にこだわり今までの常識にとられない改善を推進していく

今までの常識にとられずチャレンジする職場

【業務内容】

「NC旋盤による金属加工」 「ショップ軸活動」 「競争力強化」…仕事を勝ち取る為

お客様に
より安く・より早く

刃具改善 → コスト競争力強化

【目標】
刃具費50%低減

日々改善を行っている

私達の職場では、社長の「未来の為に今を変える覚悟を持つべき」という想いから、今までの常識にとられずチャレンジする職場です。業務内容は、多種多様な刃具を使用し、ミクロン単位の加工を行っています。またお客様に、より安くより早くをモットーに刃具の改善など積極的に行っています。

4.製造の流れ



ハイブリッドシステム

自職場ではギアを製造

【取り組み製品】
Coドライブ

モーター

衣浦工場

端面加工・外径加工 → 内歯・外歯加工 → 組み立て工程

加工後、歯面形状測定

高い箇所 低い箇所 ※この差が歯形誤差

測定で製品精度を管理

歯形誤差 4.2μm
歯形誤差 3.6μm
規格は歯形誤差20μm以下

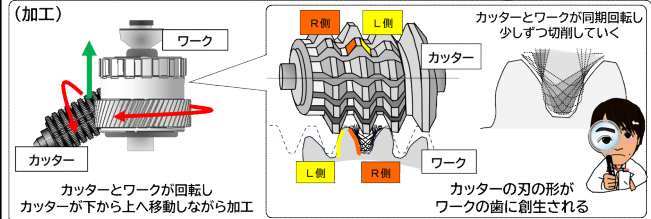
粗材入荷

ホブカッターにてはす歯加工

担当している製品は、ハイブリッドモーター内部のギアを製造しており、中でも今回は、カウンタードライブというギアに取り組みました。粗材から旋盤加工、スカイピング加工を経て、はす歯荒加工を行い、歯面精度測定にて製品精度を管理しています。

QCサークル紹介	サークル名 (フリガナ)		発表形式	
	カルボナーラ	(カルボナーラ)	プロジェクト	
本部登録番号	177-2621	サークル結成年月	2018	1月
メンバー構成	8名	会合は就業時間	(内)・外・両方	
平均年齢	30歳(最高42歳、最低21歳)	月あたりの会合回数	4回	
テーマ暦	本テーマで7件目 社外発表2件目	1回あたりの会合時間	1時間	
本テーマの活動期間	2021年9月～2021年12月	本テーマの会合回数	16回	
発表者の所属	トヨタ自動車(株)本社工場機械部第3機械課第2作業係323組		勤続	7年

5. 今回の取り組み工程



《ホブカッターの概要》
カッターの加工数は800台、40本のカッターを所有

刃先を再研して、何回も刃先を使用しているよ!

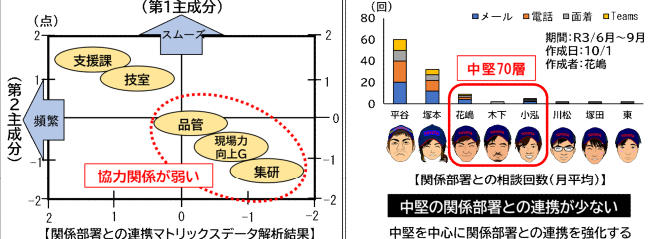
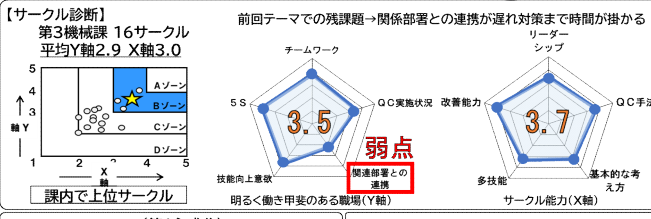
新品カッター	寿命 (メーカー保証消費限界)
刃厚 12.5mm	刃厚 2.5mm (再研28回)
	再研量 0.33mm/回

かまぼこを切るみたいですね!

再研すると刃厚が薄くなる

取り組み工程は、ホブカッターという刃具で、カッターとワークが同期回転し、少しずつ切削する工程です。カッターの刃の形がワークに創生される特徴があり、加工可能台数は1本につき800台でカッターの再研を重ね寿命まで繰り返し使用していきます。

6. サークルの紹介



サークルの紹介ですが、課内でも上位のサークルです。前回テーマの残課題から目指す姿を明確にしました。今回は関係部署との連携を強化するため、中堅層の育成を行い、他部署と連携が取れる人づくり、また、新たな知見の習得、人間力向上を図る活動を目指します。

7. テーマ選定理由①

今まで見過ごしてきた問題に取り組みよう

今の常識を捨て壁をぶち破る変革を行う

洗い出し項目	問題点	目標レベル (課題目標)	評価項目	優先度
品質	歯面精度悪化が多い	後工程不具合0件	品質向上	13.2
原価	ホブカッターの刃具寿命が短い	工具費37(百万)低減	原価削減	15.1
安全	油漏れが多い	災害0・疾病0	安全確保	10.3
環境	NEK使用量が多い	異常・苦情0	環境改善	8.4

困り事・問題点

- 品質: 保管品が多い, 不良判定に遅い
- 原価: 刃具の新品購入が多い, 刃具交換が多い
- 安全: 切粉蓄積が多い, オイルパンから溢れる
- 環境: クーラント漏れが多い, 対策が遅れている

ライン立ち上げから約1年

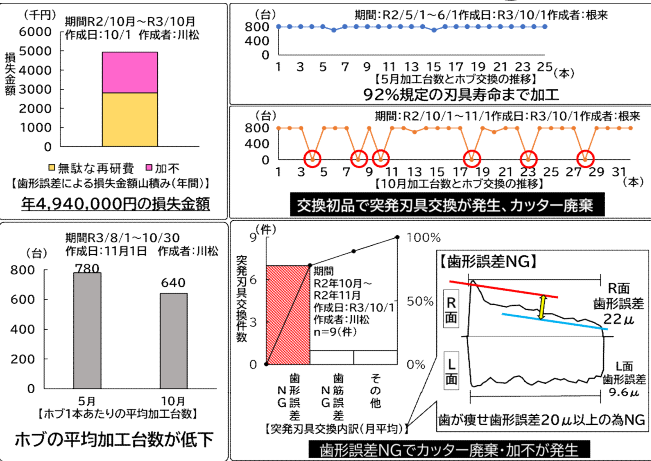
生産台数 交換回数

714K能増月別生産台数とホブ交換回数の推移

生産台数横ばいに対してホブ交換回数が急激に増加

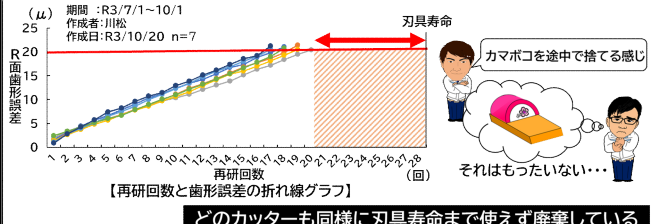
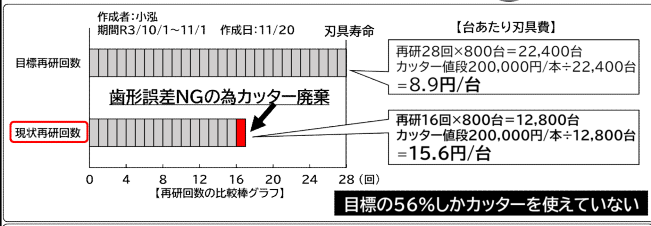
テーマ選定では、課の常識を捨て変革を行う、という方針に沿って長年見過ごされてきた、ホブカッターの寿命が短いを最優先項目としました。生産台数とホブカッター交換回数を見ると、ライン立ち上がりから1年が経った頃から、生産台数横ばいに対して、カッター交換回数が急激に増加していました。

8. テーマの選定理由②



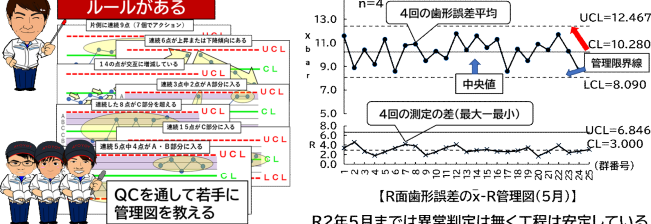
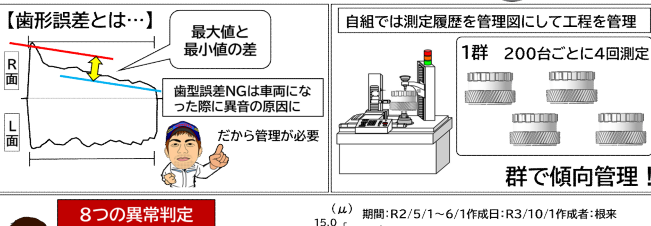
カッター交換回数の急激な増加が起因する損失金額を調べると、無駄な再研費と加工不良で、年間4,940,000円の損失金額があり、突発刃具交換増加と、ホブカッターの平均加工数低下の原因をパレート展開すると、歯形誤差NGが原因という事が分かりました。

9. 現状の把握①



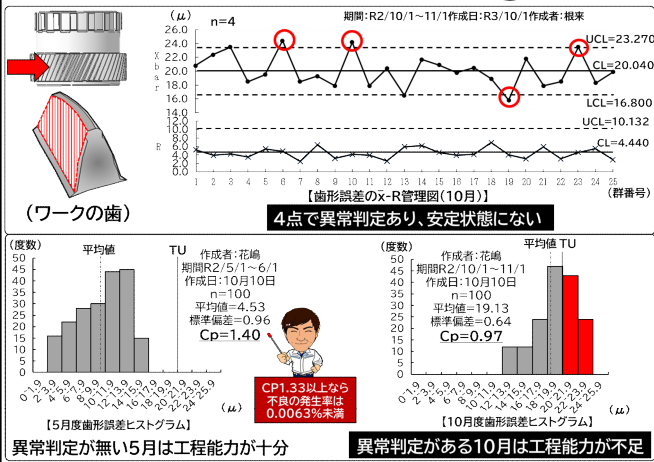
現状の把握ではホブカッターの使用率を調べると、目標再研回数28回に対し現状は、再研16回前後でワーク歯形誤差NGの発生によりカッターを廃棄しており、目標の56%しか使用出来ていませんでした。他のどのカッターも同様に、再研16回前後で廃棄しており、刃具の寿命まで持ったカッターは1つも無いことが分かりました。

10. 現状の把握②



歯形誤差とは、歯の高い所と低い所の差の事です。この測定データを1ロット200台おきの4回の測定を1群とし傾向を解析する為、管理図の勉強会を実施し8つの異常判定ルールを新人・若手に教え込み傾向を見たところ、5月までは点の動きに異常は無く、工程は安定状態にありました。

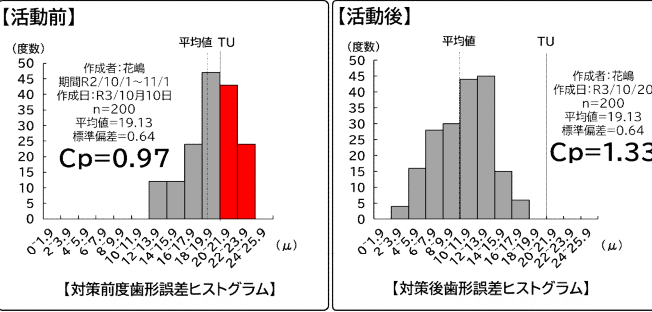
11.現状の把握③



突発刃具交換が増加した10月のデータを確認すると、Xbarで4箇所異常判定が見られ、安定状態に無い事が分かりました。より踏み込んで調べる為、5月と10月のデータをヒストグラムで比べると、5月はCp1.40と十分なのに対し、10月はCp0.97と不足、この事から、工程能力を向上させる必要がある事が分かりました。

12.目標の設定

何を	いつまで	どれだけ	どうする
歯形誤差 工程能力(Cp)を	刃具寿命まで	CP1.33以上	維持する



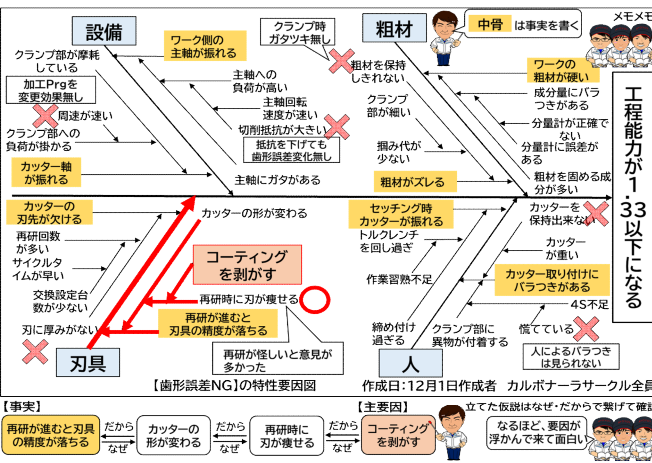
目標の設定ですが、歯形誤差工程能力(Cp)を、刃具寿命までCp1.33以上維持するとしました。若手への指導として、現状把握で導き出した特性値を使い、目標設定する必要性を教え込み、より具体的な目標の立て方を教えていきました。

13.活動計画

ステップ項目	活動期間	どのように	いつまでに	計画 --- 実施
1.テーマ選定	花嶋(若手中心)	グラフ・パレート図	9月	レベルを問わず一番の問題を
2.現状の把握	花嶋(中堅)	散布図・ヒストグラム	10月	特性値が浮かぶまで
3.目標の設定	花嶋(中堅)	散布図・ヒストグラム	11月	若手の新鮮な意見を大切に！絶対に否定をしない
4.要因解析	花嶋(若手中心)	特性要因図	12月	刃具の専門部署と話しをするために全員で勉強会を実施
5.対策検討・実施	花嶋(中堅)	系統図・ヒストグラム		管理図とヒストグラムを使い工程の能力を評価
6.効果の確認	花嶋(中堅)	ヒストグラム		今回の活動で不足していた点を正確に把握し次回活動につなげる
7.標準化	花嶋(若手)	マトリックス図・5W1H		
8.反省と今後の進め方	花嶋(若手)	マトリックス図		

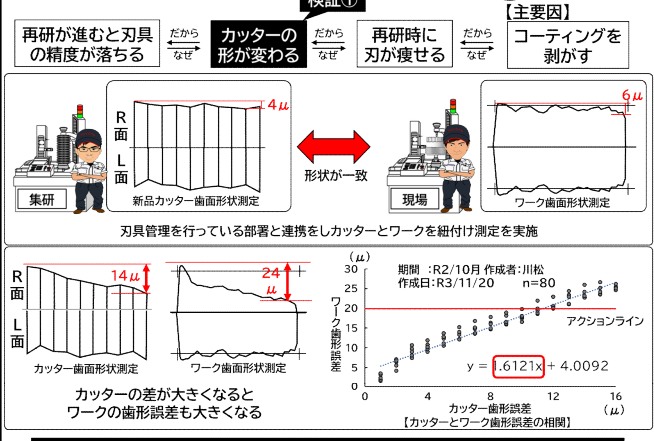
活動計画では細かく担当者を決め、計画を立て、要因解析により時間を使い、若手に仮説の立て方を教え、意見に対して絶対に否定をしないと決め、進んで行く事にしました。また、中堅育成の準備として、メーカーや他部署と円滑なコミュニケーションが取れるよう、礼儀や議事録の残し方、連絡の仕方などの勉強会を実施。

14.要因解析



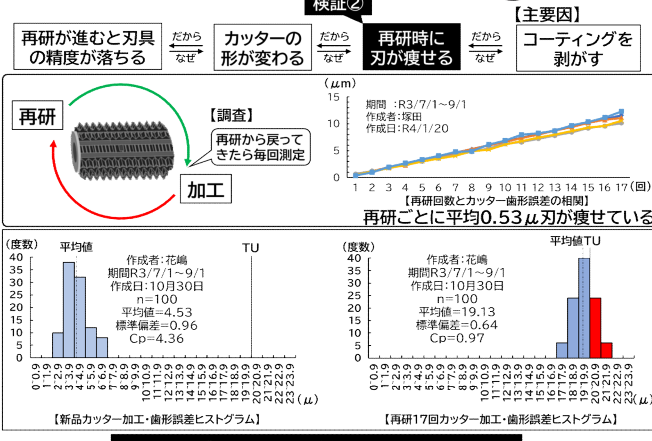
要因解析では「工程能力が1.33以下になる」の特性に対して、なぜなぜを繰り返し検証し、「再研が進むと刃具の精度が落ちる」→「カッターの形が変わる」→「再研時に刃が痩せる」→「コーティングを剥がす」が主要因として上りました。これらの要因を1つずつ説明します。

15.仮説の検証①



「再研時に刃が痩せる」の仮説検証ですが、刃具管理を行っている部署と連携をし、カッターとワークを紐付けし、それぞれ歯面形状測定を実施。すると形状が一致し、カッターの歯形誤差×1.6の数値が平均して、ワークの歯面に反映する事が分かりました。これらのデータで仮説を立証する事が出来ました。

16.仮説の検証②



「再研時に刃が痩せる」の仮説検証ですが、同一カッターを、再研から戻ってきた時点で歯面形状測定を毎回実施。すると、必ず毎回刃が、平均0.53ミクロン痩せていました。さらに新品の時と再研を重ねたカッターの工程能力を比べると、大幅に工程能力も低下していました。このデータから、再研が大きく関係していると立証できました。

17. 仮説の検証③

【仮説③】

再研が進むと刃具の精度が落ちる → 刃具の形が変わる → 再研時に刃が痩せる → コーティングを剥がす

【真因】

再研が、かまごなら厚みは変わっても、形は変わらないはず？

再研が、かまごなら厚みは変わっても、形は変わらないはず？

【イオンエッジング】

コーティングをしっかりと密着させる為に欠かせない工程なんです

【イオンエッジングで刃が痩せる】

【要因】

再研時に刃が痩せる

【イオンエッジング】

コーティングをしっかりと密着させる為に欠かせない工程なんです

【イオンエッジングで刃が痩せる】

「コーティングを剥がす」の検証ですが、再研工程のどこで痩せているのかを調査。工程ごとに刃具を測定。すると微細なコーティングカスをイオンで除去する、イオンエッジング工程で刃が痩せているのが判明。すべての仮説を立証しその結果、真因として【イオンエッジングで刃が痩せる】を導き出しました。

19. 対策実施

【対策前】

刃先角度: 20°50'

【新品カッター】

【再研17回】

【再研回数と歯形誤差の相関】

【対策後】

刃先角度: 20°43'

【新型カッター】

【新型カッター再研28回】

【再研回数と歯形誤差の相関】

対策の実施ですが、カッター刃先にかけて、刃痩せる部分を10ミクロン太らせる事で、新品カッターで歯形誤差0ミクロン(平行)狙いだったものを、刃先にかけて太らす事で(右上がり)目標刃具寿命まで歯形誤差NGにならず、使い切れる事が出来るようになりました。

21. 効果の確認②

【関係部署との連携内容】

- ① 関係部署と問題を共有
- ② 現状の調査
- ③ 改善案の相談
- ④ トライカッターの作成
- ⑤ トライ能力取り
- ⑥ 刃具切り替え
- ⑦ 横展

【関係部署との相談回数】

【サークル診断】

3.9 → 3.9

【関係部署との連携マトリクスデータ解析結果】

信頼関係と協力関係を構築

【関係部署との相談回数】

今回の活動では、関係部署と調査・刃具作成・トライ能力取り・切り替え・横展まで、中堅が中心となり行い、関係部署との相談回数も大幅に増加。活動前比で、関係部署との連携も強化されました。反省点はどのグラフを用いて表現するか迷い、時間を使ってしまったので、次回はQC手法のレベルアップを目指して活動します。

18. 対策立案

【目的】

工程能力Cpを1.33以上維持するには

【真因】

イオンエッジングでの刃痩せを抑える

【関係部署・メーカーに相談】

それなら可能です問題はどのくらい盛るがですね

【1次手段】

【2次手段】

【3次手段】

【関係部署・メーカーに相談】

それなら可能です問題はどのくらい盛るがですね

対策立案ですが、イオンエッジングでの刃痩せを抑える為に、新人、若手の意見を取り入れながら検討。2次手段に「刃の形状変更」が上り、3次手段には「母材を盛る」が最優先項目に上がり、メーカーさんと、刃具管理部に相談。刃痩せる部分を太らせた新しい刃具図面を製作。

20. 効果の確認①

【対策前】

UCL=23.270, CL=20.040, LCL=16.800

【ワーク歯形誤差のX-R管理図】

【対策後】

UCL=12.467, CL=10.280, LCL=8.090

【ワーク歯形誤差のX-R管理図】

【対策前】

平均値 TU

Cp=0.97

【対策後】

平均値 TU

Cp=1.38

【付随効果】

無駄な再研 減

不不 減

【付随効果】再研回数増加による台あたり刃具費の低減

15.6円/台→8.9円/台=6.7円/台の低減

6.7円/台×20,000台/月×12ヶ月=1,608,000円/年

1,608,000円/年の刃具費の低減

効果の確認ですが、歯形誤差NG撲滅により、管理図の異常判定も無く、安定した工程に。刃具寿命まで使用しても、工程能力1.38と目標の1.33以上を達成。年間4,940,000円の損失金額も低減、付随効果として台あたり刃具費の低減により、年間1,608,000円の刃具費も低減することが出来ました。

22. 標準化と管理の定着

項目	5R5H	Why (なぜ)	What (何)	When (いつ)	Where (どこで)	Who (誰が)	How (どのように)	チェック
刃具図面変更	周知徹底	刃具図面	対策評価後	現地・現物	本社集研	管理監督者	変更内容理由を明記	管理監督者
刃具配置変更	歯形誤差NG流注防止	刃具配置図	対策評価後	現地・現物	ライン外	管理監督者	変更内容理由を明記	管理監督者
歯形誤差管理	歯形誤差NG流注防止	ワーク歯面	3回/直	現地・現物	ライン外	管理監督者	CLP測定歯形測定	管理監督者
カッター磨耗調査	カッター受け防止	カッター磨耗	カッター交換時	現地・現物	本社集研	管理監督者	電子顕微鏡	管理監督者

23. 再発防止

今回の改善を、同じ問題を抱えていた、他の課やトヨタ自動車九州の類似刃具に横展実施。生産技術部、技術員室、同一車種生産部署へ情報展開実施。次回から類似刃具にフィードバックを要請し、刃具作成時参考にしますと回答を頂きました。

反省と今後の進め方

今回の活動では、中堅の関係部署との協力関係を強める事を求めすぎ新人や若手の育成が思うように進みませんでした。次回の活動では若手をテマリリーダーにし、QC手法テキストの勉強からチーム全体で行い主力が抜けても強いサークルを作っていきます。またQCを通じた人材育成に力をいれサークル活動を行って行きたいと思っています。

標準化と管理の定着では、歯面形状測定を、定期で行い、品質の観察を徹底、また管理方法を明確化にし、関係者全員に展開。今回中堅層の強化はうまくいきましたが、若手の育成が不十分な部分もありました。主力が抜けても強いサークル、またQCを通じた人材育成に、より一層力を入れて活動して行きたいと思っています。