

発表No.

テーマ

107

低温エンジン評価における圧力異常防止

会社・事業所名 (フリガナ)

トヨタ自動車株式会社 東富士研究所

発表者名 (フリガナ)

新藤 祥多



【発表のセールスポイント】

「凍る」という自然現象が引き起こす不具合に対し徹底的に調査。全員で「原理原則」を勉強し知恵を絞って解決した事例です。

会社紹介

【会社名】トヨタ自動車株式会社

本社
愛知県 豊田市

東富士研究所
静岡県 裾野市

『環境・未来』への自動車開発を行っている

業務紹介

【会社紹介】 弊社は愛知県豊田市に本社を構え、我々が勤務する東富士研究所は静岡県裾野市に拠点があり環境・未来への自動車開発を行っています。

業務紹介

0~3000m 高地山岳気候

+30℃~+40℃ 高温多湿気候

+5℃~+40℃ 低温極寒気候

世界中の様々な環境

『あらゆる地域』で安心して使用できる車を目指して日々開発

業務紹介

【私たちの職場】

-40℃ から +40℃

空調機

車両評価 エンジン評価

実際の気候条件を室内に作り、その中で評価を実施

【私たちの職場】 特別な空調設備で実験室内の温度を-40℃から+40℃まで任意にコントロールすることで実際の気候条件を室内に作り、その中で車両やエンジンが狙い通りの性能を発揮できるかという評価を行っています。

サークル紹介

くーるサークル 10名

若手 中堅 ベテラン

依野 新藤 加藤 新田 中村 高岡 佐藤 持地 谷口 東芳

強み: ベテランが豊富なアイデアと改善能力の高さ

特徴: 若手のQC経験の少なさと改善能力の低さ

活動前: ベテランのノウハウ伝承

活動中: 若手の挑戦

サークル方針: 『ベテランのノウハウ伝承』と『新技能への挑戦』

【サークル紹介】サークルは総勢10名、若手からベテランまでバランスの取れたサークルです。強みはベテランのアイデアの豊富さと改善能力の高さ。特徴として若手のQC経験の少なさと改善能力の低さがありサークルレベルはBLEレベル。サークル方針を『ベテランのノウハウ伝承と新技能への挑戦』とし活動を進めます。

QCサークル紹介

サークル名

くーるサークル

本部登録番号	177-570	サークル結成時期	2017年4月
構成人員	10名	月あたり会合回数	4回
平均年齢	35歳	1回あたり会合時間	0.5時間
最高年齢	65歳	会合は	就業時間内・就業時間外・両方
最低年齢	19歳	テーマ暦・社外発表	16件目・1回目

(所属部署)

パワートレーン先行制御開発部

テーマ選定

【環境評価の状況】

作成日: 2024年3月9日
作成者: 佐藤

環境評価業務割合

低温評価 65%

常温評価 25%

高温評価 10%

担当者: 高岡さん

低温評価の困りごと

- 圧力値の異常
- 身体への負担

30℃ -20℃

正しい計測が出来ない

お客様に迷惑

環境評価業務全体の65%が低温評価

【テーマ選定】
私たちの職場では、環境評価業務の**65%が低温評価**。そこで担当の高岡さんに困りごとインタビュー「よくあるのは圧力値の異常。圧力が正しく計測できていないと将来車両のエンジントラブルに繋がってお客様に迷惑をかけてしまう」「ほかにも夏場は気温との温度差が大きいから体の負担が大きくて大変」との声

テーマ選定

【上位方針・サークル方針の確認】

上位方針: 『プロセスを見直し 作業の『効率化』を図る』

サークル方針: 『ベテランの『ノウハウ伝承』』『新技能』への挑戦』

表1. 問題・課題絞り込み評価シート 作成日: 2024年4月14日 作成者: 新藤 (点数) ③点・②点・①点

問題・課題	評価項目					評価点	順位
	必要性 上位方針	期待効果	重要性	実力発揮 サークルの成長	積極性 全員参加		
低温エンジン評価で圧力異常が発生	◎	◎	◎	◎	◎	18点	1位
HEVバッテリーの冷却時間が長い	△	△	○	◎	◎	12点	2位
触媒の冷却時間が長い	△	△	○	○	◎	11点	3位

『低温エンジン評価での圧力異常』の点数が最も高い

高岡さんの困りごとを踏まえ、
〈上位方針〉プロセスを見直し作業の効率化を図る
〈サークル方針〉ベテランのノウハウ伝承、新技能への挑戦を基に
低温試験の困りごとを調査した結果「低温エンジン評価での圧力異常」で最も困っていることが分かりました。

テーマ選定

【低温エンジン評価とは】

空調機 エンジン 排気

計測室

圧力計測点 温度計測点

【開発～販売までの流れ】

設計 → 低温エンジン評価 → 車両評価 → 販売

低温エンジン評価は自動車開発において『重要な評価』

低温エンジン評価とは
空調設備で冷やされた低温の実験室でエンジン単体を動かし、エンジンや排気ガスの温度、圧力を計測する評価のことです。
また開発から販売の流れは図のようになっており低温エンジン評価が完了しないと車両が販売できない為自動車開発において**重要な評価の1つ**です。

テーマ選定

【選定理由】

表2. 問題・課題絞り込み評価シート 作成日: 2024年4月14日 作成者: 新藤 (点数) ③点・②点・①点

問題・課題	評価項目					評価点
	重要性	期待効果	上位方針	実力発揮 サークルの成長	積極性 全員参加	
低温エンジン評価で圧力異常が発生	◎	◎	◎	◎	◎	18点

重要度①
その他8%
設備異常 19%
全体 22時間
73% = 16時間

重要度② (1日ごとに評価温度が違う)

月	火	水	金
評価温度 -7℃	-15℃	-20℃	-30℃
評価温度 -7℃	-15℃	-20℃	-25℃

『圧力異常発生』により評価が遅れる

重要度
低温エンジン評価の不具合を調査した結果
全体の**73%**を圧力異常が占めている状況
また1日ごとに評価温度が違う為
圧力異常発生により**評価が遅れてしまいます**。

テーマ選定

【拡大傾向】

現状 10件 増加予定 今後 25件

9月から依頼件数が増加予定

【上位方針・サークル方針】

上位方針: 『プロセスを見直し作業の効率化を図る』

サークル方針: 『ノウハウ伝承』『新技能』挑戦、『アイデア』工作技術、『CAD』に挑戦!

テーマ: 『低温エンジン評価における圧力異常防止』に決定!!

【拡大傾向】
9月から依頼件数が増加予定。
上位方針、サークル方針共に合致しているため
取り組むテーマを『低温エンジン評価における圧力異常防止』に決定しました。

テーマ選定

【手順の選択】

【初のテーマリーダーとしての決意】
『問題解決能力』向上
『ベテランの改善能力』を吸収したい!

サークル全員で手順を確認

表3. 改善手順選定フローチャート 作成日: 2024年4月17日 作成者: 新藤

取り組むテーマの対象: 低温エンジン評価における圧力異常防止

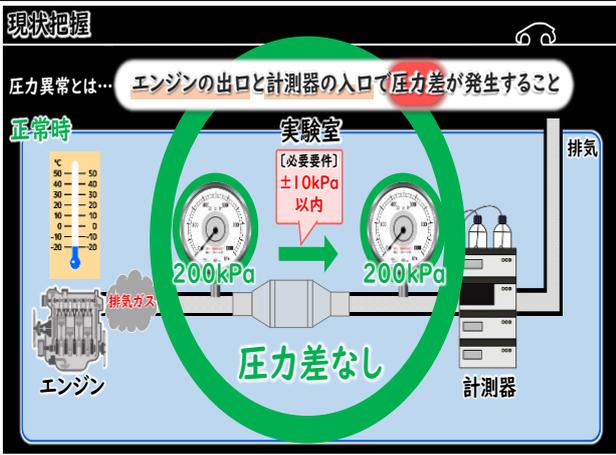
目的は?

失敗の防止 課題の先取り 現状打破

未然防止型 課題達成型

問題解決型

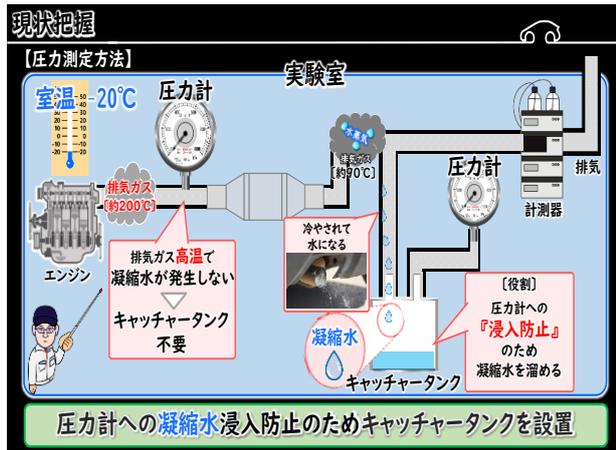
【手順の選択】
初のテーマリーダーとして**問題解決能力向上**と**ベテランの改善能力を吸収したい!**
との思いから入社3年目のわたくし新藤が初挑戦!!
ストーリーはサークル全員で改善手順フローチャートを確認し**問題解決型ストーリー**に決定



【現状把握】
圧力異常とは
エンジンの出口と計測器の入口で排気ガスの圧力差が発生することで、正常時は圧力計の値に差がありません。



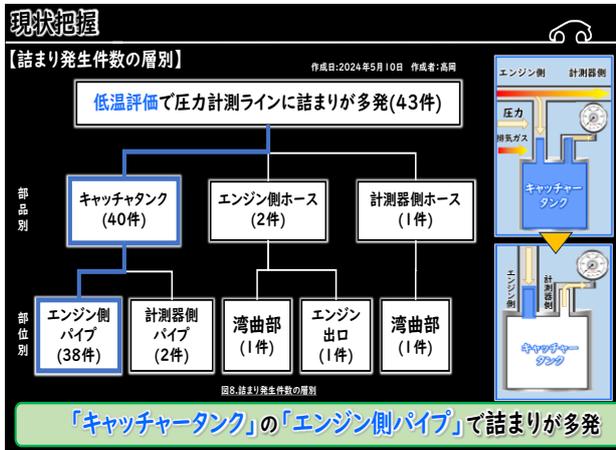
異常時は圧力計の値に差が発生、圧力差があると正常な評価ができず開発期間に遅れが生じるため早急に解決する必要があります。



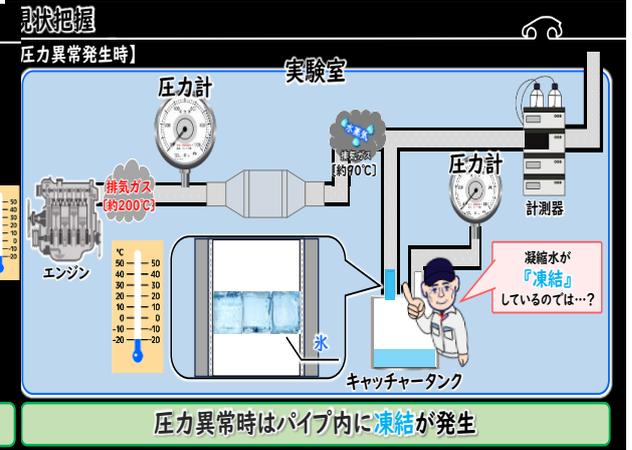
圧力は図のような設備構成で計測。
エンジンを動かすと水蒸気を含んだ高温のガスが排出され排出する勢いを圧力計で計測。
排気ガス中の水蒸気が次第に冷やされてできる水を凝縮水と呼び
圧力計への凝縮水浸入防止のため、
キャッチャータンクを設けて凝縮水を溜めています。



1日の流れ
低温環境で評価を進めていくと圧力異常が発生。
圧力異常が発生するとトラブル対応として、計測器、センサー、エンジンの異常を確認。その後、圧力計測ライン中での詰まりの疑いがあることからライン全体にエア噴射を実施。
作業は-20℃～-40℃という極寒の実験室で行われ、身体への負担も大きく1か月あたり20時間このトラブル対応が発生しています。



詰まりの発生件数を部品別に切り分けて層別した結果
キャッチャータンク内で多発しており
さらに部位別で層別するとエンジン側パイプ内で多発していると判明



層別結果を見てベテラン東方さんの長年の経験から「-20℃環境で凝縮水が凍っているのでは」との声。
実際に圧力異常発生時に調査するとパイプ内で凍結を確認！
パイプ内に凍結が発生すると
水が進路が閉塞してしまい、正しい圧力の計測ができません。
正常時は閉塞がなく、滞りなく圧力が計測可能です。

目標設定・活動計画

19/39

何を 評価停止時間を [20.0h/月]

いつまでに 24年 8月末までに

どうする 撲滅する [0.0h/月]

設定根拠 -20℃環境での評価を期限内に取り切る

表4-活動計画表 作成日:2024年5月17日 作成者:新藤

活動ステップ	メンバー	4月	5月	6月	7月	8月
テーマ選定	全員	→	→	→	→	→
現状把握	高岡・東方	→	→	→	→	→
目標設定	新藤	→	→	→	→	→
要因解析	ベテランの「アイデア」を伝承	→	→	→	→	→
対策の検討	他部署の方	→	→	→	→	→
対策の実施	CADスキル	→	→	→	→	→
効果の確認・標準化	改善能力	→	→	→	→	→

問題解決型ストーリーの手順に沿って進めていく

【目標設定と活動計画】

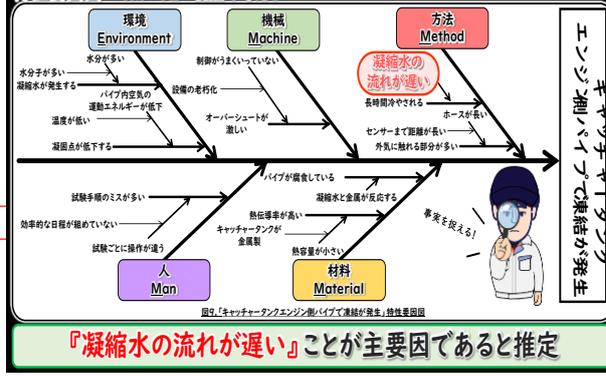
目標として評価停止時間月20時間を2024年8月までに撲滅する、設定根拠は-20℃環境での評価を期限内に取り切る、としました。活動計画は表のように実施し、サークル方針の「ベテランのノウハウ伝承」「新技能への挑戦」を基に問題解決型ストーリーの手順に沿って進めていきます。

17

要因解析

特性要因図 <4M+1Eの観点で考える>

作成日:2024年5月17日 作成者:新藤



【要因解析】

まずは特性要因図を4M1Eの観点で展開
結果として凝縮水の流れが遅いことが主要因であると推定しました

18

要因調査

【凝縮水の流れが遅いとなぜ凍るの?】

【水の性質】
・0℃以下になると凍結する
・温度が下がると粘度が増す (流れが遅くなる)

実際に『凍結』するまでの時間を計測する

【真因特定】

まずは水の性質についてベテランの谷口さんが講師となり勉強会を実施。水は0℃以下になると凍結し、温度が下がると粘度が増し流れが遅くなることをサークルで共有。この2つの性質から温度が低いほど凝縮水の流れが遅くなりキャッチャータンク到達前に冷やされて凍結することが判明。結果を基に実際に凍結するまでの時間を計測します。

19

要因調査

『圧力計測ラインに14秒以上滞留する』ことが真因と特定

凝縮水の流れる様子を観察してみると、半球状の水滴が流れていく様子を確認。その後、ベテランの東方さんの知識を生かし、1回当たりに流れる水分量は0.217mLであると算出、その量の水を圧力計測ラインに垂らした結果-20℃の環境では14秒以上滞留すると凍結することが判明し真因と特定

20

対策立案

【着眼点】

ガラスコーティング 撥水作用
表面の『凹凸』を無くして滑らかにする

パイプ内の水分滞留
水滴を落とす
回転させる
振動させる
内径UP
滞留時間を短くする

	安全性	作業性	実現性	コスト	評価
回転させる	○	○	△	◎	否
振動させる	△	○	○	○	否
内径UP	○	◎	×	○	否
ガラスコーティング	◎	◎	◎	◎	◎

【対策案】

コーティング剤に浸ける
コーティング完了!

【検証】

浸ける時間(秒)	10	20	30
凍結あり/なし	あり	あり	あり

パイプ内の水分滞留なくせず凍結発生

現状を踏まえて対策立案
車のフロントガラスにも使用されているガラスコーティング剤の撥水作用に着目。パイプの内側をコーティングし凝縮水が滑りやすくすることで滞留時間を減少させようとしてきましたがコーティングだけではまだ滞留が発生しており凍結発生。

21

対策検討

【なぜ滞留する?】

パイプ径が小さいから『水の表面張力』で切り離せないのでは...
コップに注いだ時に『こぼれない現象』ですよね!

【表面張力とは】

表面張力 = 液の質量 × 重力加速度 / 内周長

『凝縮水の滞留』と『水の表面張力』は関係性がある!

パイプ先端

状況を観察していたベテランから「パイプ断面が小さいから水の表面張力で切り離せないのでは?」との声。コップになみなみに注いだ時にこぼれない現象を思い出して凝縮水の滞留と関係性がないか機会にて勉強会を実施すると表面張力は水滴の落下と逆方向にかかる力のことで表面張力を抑えるには水が触れるパイプ先端の内周長を長くすることが必要だと判明しました。

22

対策検討

作成日:2024年6月27日 作成者:新藤

【内周長が長くなる先端形状を検討】

【形状検討】
「パイプ先端の内周長を長くする」

松井案 弗田案① 弗田案② 中村案① 中村案②

形状	通常	溶接付き	斜め60°	斜め30°	V字60°	V字30°
内周(mm)	12.6	21.9	25.6	33.1	45.2	50.3

図11.先端形状比較

サークル全員で自由にアイデア出し

全員で内周長が長くなる形状を検討し、実際に検証実施

結果を踏まえて内周長が長くなる先端形状をサークル全員で自由にアイデア出し様々なアイデアが生まれ、全ての形状で効果を確認します。

23

対策検討

作成日:2024年6月27日 作成者:新藤

【滞留時間の計測】

実験室 5℃	通常	溶接付き	斜め60°	斜め30°	V字60°	V字30°
内周(mm)	12.6	21.9	25.6	33.1	45.2	50.3
滴下時間(秒)	25	24	19	17	13	11

実験室 -20℃	V字60°	V字30°
内周(mm)	45.2	50.3
滴下時間(秒)	15	12

目標達成!

『V字カット形状』で効果が見られる

滞留時間 『14秒以下』クリア!

-20℃環境で『30°V字カット形状』が『滞留時間14秒以下』をクリア!

アイデアとして挙がったすべてのパイプに水を垂らし、それぞれを検証。効果の見込めるV字カットを-20℃の環境で再検証した結果30°のV字カットにすることで滞留時間14秒以下をクリア

24

対策検討

作成日:2024年7月11日 作成者:新藤

【-20℃】

【-30℃】

初めのテーマリーダーである新藤君の熱い思い

-30℃での評価を成立させるには更なる対策が必要だ!!
どんな温度環境でも正常に評価出来るようにやり切りたい!!

-30℃の評価でも凍結しない対策を進める

しかし-30℃の評価では凍結、圧力異常が発生。どんな温度環境でも凍結なく正常に評価できるようにやり切りたいという自分の思いからさらなる対策を検討

25

対策立案

サークルリーダーの思い

ヒーター不具合は『火災リスク』

『新たな電力』を使用しない

SDGsに貢献できる

【対策案の検討】

対策案	安全性	作業性	実現性	点数	評価
保温材を巻く	○	×	◎	5	否
排熱回収	×	◎	○	5	否
二重構造	◎	◎	◎	9	賛

魔法瓶の構造が使えるぞ!

図12.電力を使用せず保温するには、蒸気筒

初めにキャッチャータンク内を温める方策を検討。ヒーターで温める方策が最も効果が見込めましたが、不具合の際に火災リスクがあることから新たな電源を使用したくないというサークルリーダーの思いで熱源以外の方策を検討。すると高岡さんから「凍結しない温度を維持できればいいのでは」との声を踏まえ検討した結果、魔法瓶の構造から着想を得たキャッチャータンクの二重構造を採用

26

対策検討

作成日:24年7月25日 作成者:新藤

【CADモデリング】

【溶接して製作】

【-30℃環境で検証】

【なぜ効果が出ない?】

魔法瓶 対策品

真空 保温性◎
空気層 保温性△

アイデアを可視化する為に初挑戦となる3DCADに挑戦モデルを基にベテラン監修で若手の工作技能向上を目指し製作開始溶接に苦戦しながらも試作品が完成し、-30℃環境で検証しましたが凍結発生パイプ内の温度推移を調べると1日の途中で0℃を下回っており保温効果が小さいと丹地さんから「魔法瓶のような真空が作れていないのでは」との声

27

対策検討

【保温効果を大きくするには】

「これまでのQC活動」「サークル内業務の特徴」を振り返るとヒントが見つかる!

良いアイデア

これまでの活動

サークル内業務の特徴

30°V字パイプ 空気が入り込むことで滴下が促進される構造

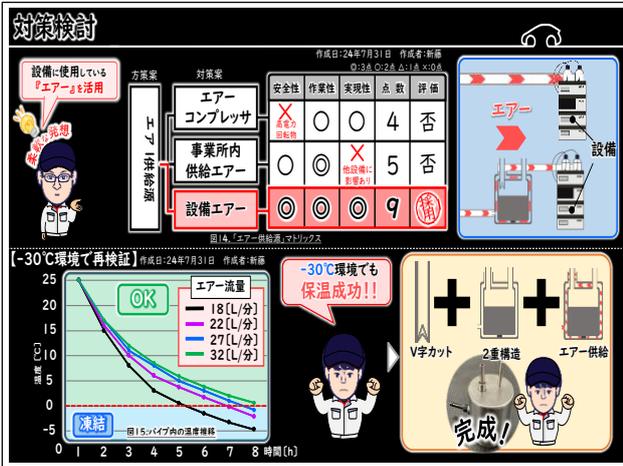
魔法瓶の構造は真空の空気を流せば保温効果は上がるのでは

魔法瓶の構造が使えるぞ!

28

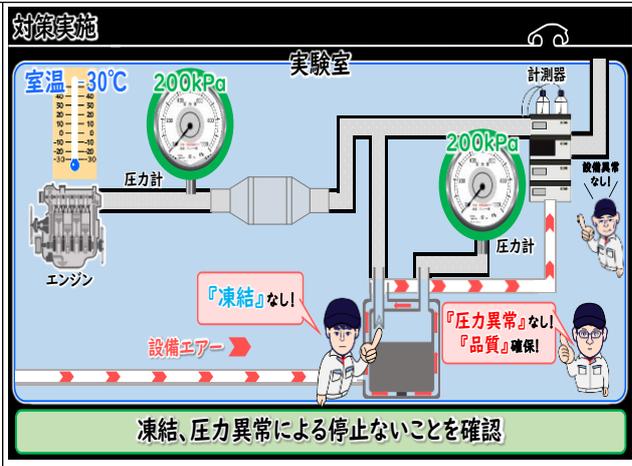
結果を受けて対策案を再検討しましたが良い案がでない...そんな時アドバイザーの大川さんから「これまでのQC活動とサークル内業務の特徴について振り返るとヒントが見つかる」とのアドバイス目線を広げ、振り返ってみると空気の流れを利用している共通点から真空の逆でエアーを流せばパイプを保温できるのではないかと発想が生まれ対策イメージを共有

28



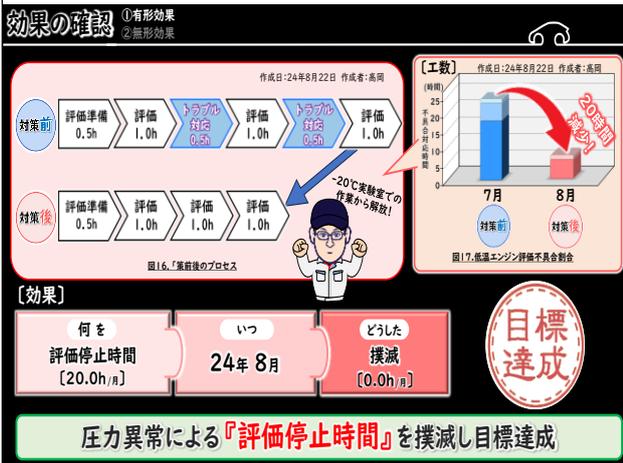
エアの供給源を模索していると、担当者の高岡さんから「設備に使用している25℃のエアが使える」との声これを受け試作品を製作しエアを流して-30℃環境で再検証した結果毎分32リットルのエアを流すことで0℃以上を維持し保温に成功

29



【対策実施】
-30℃環境で実際に圧力計測ラインへ取り付け実施
凍結、圧力異常を防止し、品質も確保。
設備の異常もなく-30℃でも凍らないキャッチャータンクが完成!

30



【効果の確認】
有形効果として評価停止時間月20時間を撲滅し目標達成!

31



【付随効果】
安全、品質を担保しコストダウン、SDGsにも貢献

32



無形効果として
ベテランのQC知識、工作技能の伝承
他部署の方と協力しCAD、3Dプリンターの技能が向上し
サークルレベルはALレベルへ一歩前進

33



【標準化と管理の定着】
標準化、周知徹底、管理の定着の順で実施しSW1Hで明確化
【反省と今後の課題】
今回の活動の良かった点は問題に対して原理原則を基に進められたこと、反省点はサークル内の技能習得レベルを共有できていなかったことです最後に、自身初のテマリーダーでうまく進められるか不安でしたがメンバーの役割を明確にし、進捗共有を徹底することで効率的に進めることができました
今後はメンバーのレベルを把握し、様々な問題・課題に取り組む開発に貢献します

34