

会社・事業所名 (フリガナ) トヨタ自動車株式会社 本社工場 シャシー製造部 発表者名 (フリガナ) 福丸 海舟

1. 会社紹介

TOYOTA

トヨタ自動車株式会社 創業者

愛知県豊田市 本社工場

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. 職場紹介

TOYOTA

シャシー製造部では

ランドクルーザー300の足回り部品を溶接接合し、フレームを生産

私達 設備課の仕事

ランドクルーザー300新たな挑戦
板厚違いの鋼板を、レーザー溶接する
新工法のテラードブランクを採用

・設備のメンテナンス
・レーザー溶接ロボットのメンテナンス

レーザー溶接で接合

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等が残る、最も歴史のある工場です。

私達の職場は、シャシー製造部で、主にランドクルーザー300フレームの生産を行い、アーク溶接ロボット、レーザー溶接ロボットのメンテナンスを担当しています。板厚違いの鋼板をレーザー溶接する、テラードブランク工法を、新たに取り入れた工程を今回取り組みます。

3. レーザ溶接の概要

TOYOTA

(1)レイアウト図 3つのラインでA~Fの6部品を、レーザー溶接ロボット 12台で生産

テラードライン

1ライン	2ライン	3ライン
部品A生産 A1 A2 ロボット ロボット	部品C生産 C1 C2 ロボット ロボット	部品E生産 E1 E2 ロボット ロボット
部品B生産 B1 B2 ロボット ロボット	部品D生産 D1 D2 ロボット ロボット	部品F生産 F1 F2 ロボット ロボット

後工程 フレームライン

(2)レーザー溶接ロボット

1)動作と主な使用部品

①レーザー溶接
光ケーブル1本/台使用
折損は修理不可

②温度測定
温度センサ1個/台使用
レーザーヘッド発熱による
焼損発生時の対策

4. サークル紹介

TOYOTA

(1)前回テーマでの残課題
・新人の意見が少ない
・少人数で活動することが多かった

(2)目指す姿
・サークルメンバー全員で、新人を巻き込んだ問題解決を目指す
・若手を中心にデータを使い、問題の絞り込みを確実に実施

＜サークル診断＞

チームワーク

＜サークルレベル＞

評価3.3

＜サークル構成＞

【西岡君】
先輩と問題解決のプロセスを学び、光ケーブルの知識も深めたい!

問題解決力

改善能力

【西岡君評価リーダーチャート】

テラードラインレイアウトですが、3つのラインにてA~Fの6種類部品を、A1~F2ロボット12台でレーザー溶接して後工程のフレームラインへ出荷。①レーザー溶接ロボット動作は、製品を溶接後にレーザーヘッド内の温度測定実施。主な使用部品は、光ケーブルが有り折損すると修理不能です。②温度センサの使用目的は、レーザーヘッド内の発熱による焼損を温度管理にて防いでいます。

前回テーマの残課題から目指す姿は、チーム全員でデータを使い問題解決を実施します。サークルレベルは3.3のBランク。サークル構成は、保全経験年数が少ないメンバーで構成されています。新人の西岡君から「問題解決力向上と専門技能の理解を深めたい」との要望により個別で目標を設定しました。

QCサークル紹介	サークル名 (フリガナ)		発表形式
	エンドレスサークル (エンドレスサークル)		OHP・プロシユクタ
本部登録番号	177-2659	サークル結成年月	2015年1月
メンバー構成	6名	会合は就業時間	内・外・両方
平均年齢	28歳 (最高38歳、最低20歳)	月あたりの会合回数	4回
テーマ暦	本テーマで20件目 社外発表1件目	1回あたりの会合時間	1時間
本テーマの活動期間	2022年1月 ~ 2022年4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)本社工場シャシー製造部 設備課 2係 821組		勤続 6年

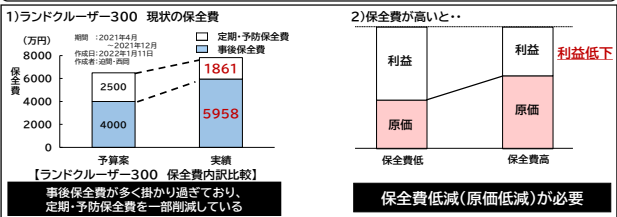
5. テーマ選定 (1)



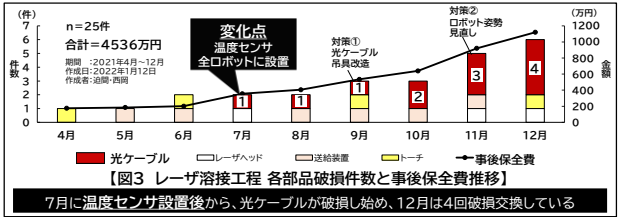
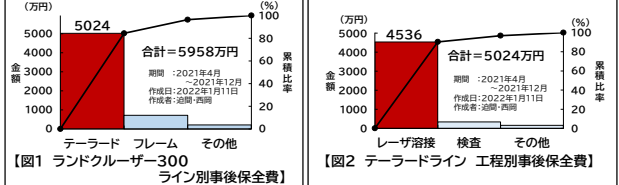
課方針 原点復帰 感性を磨き 目指せ!設備可動率100% 保全費低減

項目	問題点	目標(%)	現状(%)	改善点	評価	達成
安全	工程内がヒュームで滑る	改善後 0%	0%	改善	8	4
原価	レーザー溶接の部品破損交換費が高い	保全費前年度比12%減	15%	改善	15	1
品質	レーザー溶接の手直しが多い	手直し率 0%	0%	改善	12	2
保全	レーザー溶接の異常停止時間が多い	異常率 100%	100%	改善	11	3

私達 設備課の目指す所
過剰な部品交換を防ぎ、保全費削減 設備が壊れない様メンテナンスする『攻めの保全』を目指す



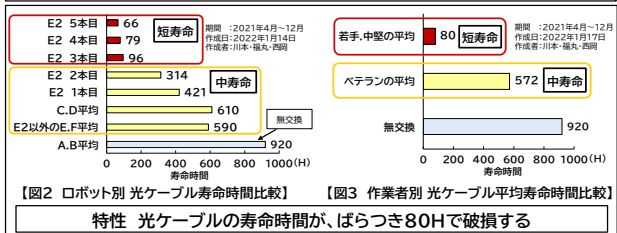
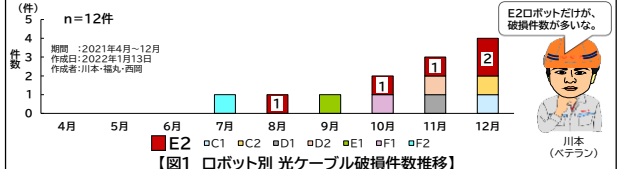
6. テーマ選定 (2)



課方針に沿って組内の困り事を5大任務で評価した所「レーザー溶接の部品破損交換費が高い」が上げられました。私達は、過剰な部品交換を防いで設備が壊れない様にメンテナンスする攻めの保全を目指しています。しかし現実には、壊れてからの修理費が多いので定期・予防費が低減しても全体費用の予算オーバーにより、原価が上昇し利益低下に繋がっているため保全費低減が必要。

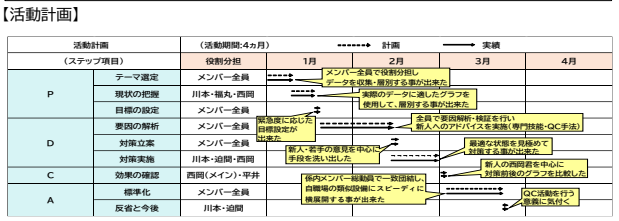
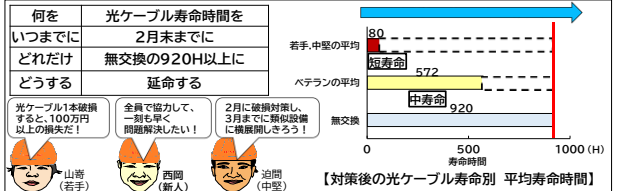
ランドクルーザー300ラインの事後保全費を、4月から12月の合計で層別していくと、溶接工程で4536万円掛かっており、レーザー溶接工程の各部品破損件数と事後保全費推移を見ると、温度センサを全ロボットに設置した7月から12月にかけて光ケーブル破損件数に伴い事後保全費も増加している事が分かりました。

7. 現状把握



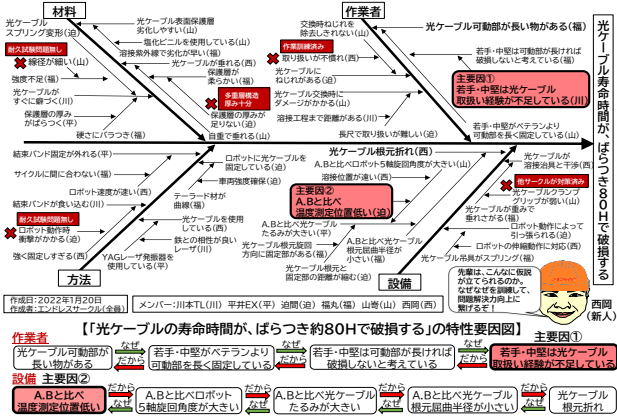
ロボット別で光ケーブル破損件数推移を見ると、E2ロボットが多くなっている事が分かり、更に光ケーブル寿命時間と比較すると、短寿命、中寿命、無交換に層別出来、作業員別で比較すると、若手・中堅が交換した光ケーブルの平均寿命時間が短寿命、ベテランが中寿命になっている結果から特性は「光ケーブルの寿命時間が、ばらつき80Hで破損する」に決めました。

8. 目標設定



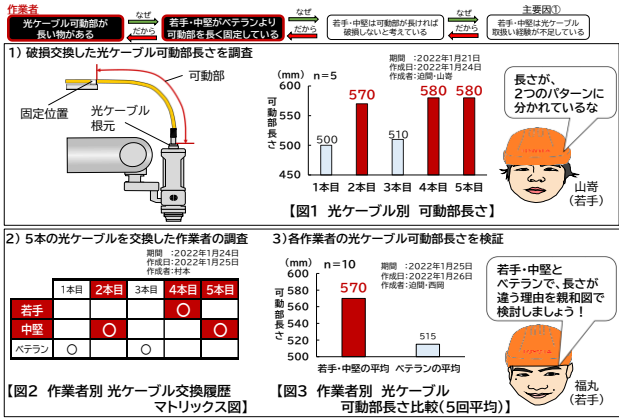
目標は、出来るだけ早く全ての設備に対策する為に、光ケーブル寿命時間を、2月末までに「無交換の920時間以上に延命する」と決めました。活動計画は、担当者を決めて各ステップの会合に新人の西岡君を交えて、コミュニケーションを取りながら進める事にしました。

9. 要因解析



光ケーブルの寿命時間が、ばらつき約80Hで破損する、に対して新人の西岡君は、先輩達の仮説を立てる量に驚き、自身でも仮説を立てる訓練を行った所、7つの主要因に絞り込み検証した結果、主要因①【若手・中堅は光ケーブル取扱い経験が不足している】までを「なぜ」の順に、主要因②【A.Bと比べ温度測定位置が低い】から【光ケーブル根元折れ】までを「だから」で検証出来た事を次に説明します。

10. 仮説の検証 (1)



【光ケーブル可動部が長い物がある】について、破損したケーブル根元から固定位置までの可動部長さは、2つのパターンに層別出来た事が分かり【若手・中堅がベテランより可動部を長く固定している】は、作業員別で層別した結果、可動部を長く固定し交換したのは、若手・中堅であることが分かりました。次に各作業員の光ケーブル設置時の可動部長さは若手・中堅が、ベテランより長く固定している事が検証出来た。

1 1. 仮説の検証 (2)

設備 主要因① **仮説** 主要因②

光ケーブル取扱い経験が長いロボット **だから** 若手・中堅は可動部を長く固定している **だから** 若手・中堅は可動部が長ければ破損しないと考えている **だから** 若手・中堅は光ケーブル取扱い経験が不足している **だから** 若手・中堅は光ケーブルの引く張り具合が確認していない

【「若手・中堅がベテランより可動部を長く固定している」のはなぜか親和図法を使い検討】

図4 テーマ: 若手・中堅がベテランより可動部を長く固定している

若手・中堅は光ケーブルの引く張り具合が確認していない
可動部長さを考えるのが面倒だと感じている
可動部長さの重要性を知らない
たるみ確認が丁寧に行っていない
たるみ確認の重要性を教わっていない
電気ケーブルと同様の取扱い方をしている

若手・中堅は可動部が長ければ破損しないと考えている
可動部が長いほど破損しないと教えられた
破損原因を可動部が短いからと考えた

若手・中堅はベテランに必要な可動部長さの感覚が湧く
技能レベルが低い
ベテランは長年の知見がある

教育も大事だけど、**光ケーブル取扱い経験値の差を埋められる対策を考えましょう!**

もちろん! しっかり覚えてくれよ。
光ケーブルの取扱い方法を教育して欲しいです。

西岡 (新人) 川本 (ベテラン) 迫間 (中堅)

ベテランと若手・中堅の、光ケーブル取扱い経験の差を埋める必要がある

【若手・中堅がベテランより可動部を長く固定している】のは何故か? 親和図法を使い検討。チーム全員で意見を出し合い親和カードを作成。親和図を元に話し合った結果【若手・中堅がベテランより可動部を長く固定している】のは【可動部が長ければ破損しないと考えている】から。【可動部が長ければ破損しないと考えている】のは【光ケーブル取扱い経験が不足している】から結論として「ベテランと若手・中堅の、光ケーブル取扱い経験の差を埋める必要がある」となりました。

1 2. 仮説の検証 (3)

設備 主要因① **仮説** 主要因②

A・Bと比べ温度測定位置低い **だから** A・Bと比べベテランより5軸旋回角度が大きい **だから** A・Bと比べ光ケーブルたるみが多い **だから** A・Bと比べ光ケーブル根元屈曲半径が小さい **だから** 光ケーブル破損

1) 各ロボットの温度測定位置高さを比較

測定位置高さ (mm) 比較: E2 (610mm) vs A2 (850mm)

2) 測定位置高さで5軸旋回角度の相関を検証

測定位置高さ (mm) vs 5軸旋回角度 (度) 相関図: 測定位置高さが低くなる程、5軸旋回角度が大きくなる

5軸旋回動作説明: 回転軸の回転と共にレーザヘッドが動く

【図1 E2とA2ロボットの測定位置高さ比較】

【図2 測定位置高さで5軸旋回角度の相関】

次に、主要因②【A・Bと比べ温度測定位置低い】についてE2ロボットと光ケーブル破損実績が無い、A2ロボットの温度測定位置高さを比較すると、E2ロボットが低い事が判明したので測定位置高さとE2ロボット5軸旋回角度の相関を検証。測定位置が低くなる程、5軸旋回角度が大きくなる事が検証出来ました。

1 3. 仮説の検証 (4)

設備 主要因② **仮説** 主要因③

A・Bと比べ温度測定位置低い **だから** A・Bと比べベテランより5軸旋回角度が大きい **だから** A・Bと比べ光ケーブルたるみが多い **だから** A・Bと比べ光ケーブル根元屈曲半径が小さい **だから** 光ケーブル破損

1) 各ロボットで1サイクルの5軸旋回角度を比較

5軸旋回角度 (度) 比較: E2 (40度) vs A2 (27度)

2) 5軸旋回角度と光ケーブルたるみの相関を検証

5軸旋回角度 (度) vs たるみ (mm) 相関図: 5軸旋回角度が大きくなる程、光ケーブルたるみが増える

【図3 E2とA2ロボットの5軸旋回角度推移比較(5サイクル平均)】

【図4 5軸旋回角度と光ケーブルたるみの相関】

【A・Bと比べベテランより5軸旋回角度が大きい】について、E2とA2ロボットで1サイクルの5軸旋回角度を比較すると、E2ロボットの旋回角度が大きい事が分かったので、5軸旋回角度と光ケーブルたるみの相関を検証。可動部長さ500ミリの固定位置に印を入れて旋回後の、ずれた量を、たるみ量として測定。5軸旋回角度が大きくなる程、光ケーブルたるみが増える事が判明しました。

1 4. 仮説の検証 (5)

設備 主要因③ **仮説** 主要因④

A・Bと比べ温度測定位置低い **だから** A・Bと比べベテランより5軸旋回角度が大きい **だから** A・Bと比べ光ケーブルたるみが多い **だから** A・Bと比べ光ケーブル根元屈曲半径が小さい **だから** 光ケーブル破損

1) 各ロボットの光ケーブルたるみ量を比較

たるみ量 (mm) 比較: E2 (200mm) vs A2 (140mm)

2) たるみ量と光ケーブル根元屈曲半径の相関を検証

たるみ量 (mm) vs 根元屈曲半径 (mm) 相関図: たるみ量が少なくなると、根元屈曲半径が大きくなる

【図5 E2とA2ロボットのたるみ量比較(5サイクル平均)】

【図6 たるみ量と根元屈曲半径の相関】

【A・Bと比べ光ケーブルたるみが多い】について、E2とA2ロボットのたるみ量を比較すると、E2ロボットのたるみが多い事から屈曲の確認方法を、メーカーに確認した所、R測定器で半径200ミリ以上が必要と分かり、たるみ量と光ケーブル根元屈曲半径の相関は、たるみ量が少なくなると、根元屈曲半径は、大きくなる事が分かりました。

1 5. 仮説の検証 (6)

設備 主要因④ **仮説** 主要因⑤

A・Bと比べ温度測定位置低い **だから** A・Bと比べベテランより5軸旋回角度が大きい **だから** A・Bと比べ光ケーブルたるみが多い **だから** A・Bと比べ光ケーブル根元屈曲半径が小さい **だから** 光ケーブル破損

1) 各ロボットで1サイクルの根元屈曲半径を比較

根元屈曲半径 (mm) 比較: E2 (115mm) vs A2 (215mm)

2) 各屈曲半径で繰り返し動作し光ケーブル寿命を検証

根元屈曲半径 (mm) vs 光ケーブル破損までの屈曲回数 相関図: 少ない屈曲回数で光ケーブル根元が折れるのは、根元屈曲半径が小さいから

【図7 E2とA2ロボットの根元屈曲半径推移(5サイクル平均)】

【図8 屈曲半径別 光ケーブル破損までの屈曲回数】

【A・Bと比べ光ケーブル根元屈曲半径が小さい】について、E2とA2ロボットで1サイクルの根元屈曲半径推移を、比較するとE2ロボットの根元屈曲半径が100ミリ小さい事が分かりました。次に3パターンの屈曲半径で、繰り返し動作させた光ケーブルの寿命は、屈曲半径が200ミリ未満だと少ない屈曲回数で破損した事で仮説を立証出来ました。

1 6. 対策立案

「1次手段」 「2次手段」 「3次手段」 ◎...5点 ○...3点 △...1点 ×...0点

品	コスト	実現性	予想効果	評価	順位
新人の意見 固定位置 指示書作成	◎	◎	◎	△	16 5
光ケーブル取扱い 経験の差を埋める	◎	◎	◎	○	18 3
中堅の意見 固定位置の 見える化	◎	◎	◎	△	16 5
中堅の発想 いつ誰が作業 しても、バラつき がない方法を考案	◎	◎	◎	◎	20 1
若手の意見 検出点を 変える	◎	◎	◎	○	18 3
温度測定位置を 高くする	◎	◎	◎	◎	20 1
若手・新人の意見 温度センサの 位置を上げる	◎	◎	◎	○	14 7
センサ長距離 タイプに変更	◎	◎	◎	○	11 8
センサ取り付け 器具をかさ上げ	◎	○	×	○	11 8

【「無破損の平均寿命時間920H以上にするには」の方策展開型系統図】

平均寿命時間920H以上にするには、新人・若手・中堅の意見を、中心に気付きを得ながら手段を洗い出した結果、対策1)「吊具、光ケーブル合いマーク」と、対策2)「センサ長距離タイプに変更」を、対策実施する事に決めました。

17. 対策実施 (1)

対策1) 吊具、光ケーブル長をマーク

【最適な光ケーブル可動部長さを検討】

480mmだと溶接時の根元屈曲半径が200mm以下になってしまう。

そう考えると可動部長さは500mmが一番良さそうですね!

【対策内容】

【図1】可動部長別 光ケーブル根元屈曲半径推移比較(5サイクル平均)

【図2】作業者別 可動部長さ推移

吊具、光ケーブルに合いマーク追加

18. 対策実施 (2)

対策2) 温度センサ検出距離タイプに変更

【温度センサ検出距離の検討】

【対策内容】

【図1】温度センサ検出距離と根元屈曲半径の相関

【図2】温度センサ検出距離別マトリックス

【図3】温度センサ温度推移比較

【図4】温度測定位置高さ比較

吊具と光ケーブルの合いマーク位置を、決める為に最適な可動部長さを検討。1サイクルを通して光ケーブル根元屈曲半径が、最も大きかった可動部長さ500ミリを基準に吊具、光ケーブルに合いマークを追加設定。光ケーブル固定作業時に可動部長さのばらつきを、確認すると作業間でバラつきが無く安定しました。

温度センサを長距離タイプに変更するには、温度センサ検出距離が550ミリ以上だと根元屈曲半径が、210ミリ付近で横ばいになる事が分かりました。各検出距離のセンサをマトリックスで評価した結果、検出距離550ミリのセンサを採用して取付実施。温度推移を比較した所問題無し。温度測定位置高さもA2ロボット以上に高くなりました。

19. 効果の確認 (1)

【図1】光ケーブル根元屈曲半径推移比較(5サイクル平均)

【図2】光ケーブル寿命時間

【図3】ランドクルーザー300 保全費内訳比較

20. 効果の確認 (2)

【図4-1】レーザ溶接工程 各部品破損件数と事後保全費推移

【図4-2】レーザ溶接工程 各部品破損件数と事後保全費推移

対策1.2を経て、メーカー推奨の光ケーブル根元屈曲半径以上の210ミリになりました。光ケーブル寿命時間も目標の920時間を、超えて更新中。全レーザ溶接ロボットへの対策横展開も完了です。ランドクルーザー300の保全費内訳も事後保全費が大幅削減出来て定期・予防保全に予算を回す事で攻めの保全が可能になりました。

レーザ溶接工程の事後保全費は、前年と比較して1646万円低減する事が出来ました。

21. 効果の確認 (3)

【以前の西岡君 QC会合】 【今テーマ終了後の西岡君 QC会合】 【新人メンバーの評価】

【サークルレベル評価】

【出来た事】

【出来なかった事】

22. 標準化・管理の定着

【標準化・管理の定着】

項目	なぜ	何を	いつ	どこで	誰が	どの様に	チェック
光ケーブル合いマーク位置の明確化	新しく基準作成	光ケーブル良品管理表	対策後	現地	現場	TL	改定 保全部長
作業準備書の改定	手順/急所	光ケーブル交換要領書	3月末までに	自組	TL	改定	保全部長
光ケーブル固定方法係内教育	周知徹底	取り直し方法	3月末までに	現地	現場	TL	勉強会実施 保全部長
光ケーブル屈曲角度の点検	破損防止	屈曲角度	週1回	現地	保安	R測定器で確認	保全部長
光ケーブル吊具変形・亀裂	破損防止	光ケーブル吊具日点検	1回1回	現地	ライン	目視で確認	ライン部長
新品光ケーブル納入時合いマーク追加のルール化	人によるバラつき防止	納入した光ケーブル	納入時	現地	保安	ルール作成	保全部長

【再発防止】

【次回テーマ】

【反省と今後の進め方】

西岡君は以前と比べて意欲が増し、前向きな姿勢で会合へ望むようになりました。また目標としていた専門技能・問題解決力がレベルアップ。サークルレベルも、チーム全員で新たな分野に挑戦する事が出来て専門技能・チームワークが向上。評価も3.5にアップ。次回の課題は、チーム全員で更なるQC手法を学んでいきます。

標準化と管理の定着では、管理方法を改訂して管理監督者は、後戻りしない様に製造部署を巻き込んで維持管理していきます。再発防止は、関係部署に調査、対策内容を伝え、他工場への横展開も実施。今後はQCを通じ、笑顔溢れる職場を作っていきます。