| 発表No. | テーマ |
|---|---|
| 110 | 表面処理工程における 形成膜降積り不良の撲滅活動 |

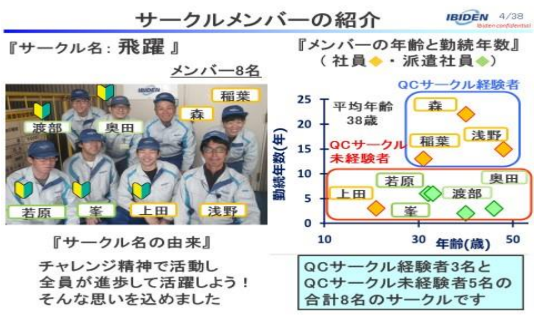
| 会社・事業所名（フリガナ） | 発表者名（フリガナ） |
|---|---|
| イビデン株式会社　青柳事業場 | 浅野　誠之　（アサノ セイジ） |

# 発表のセールスポイント

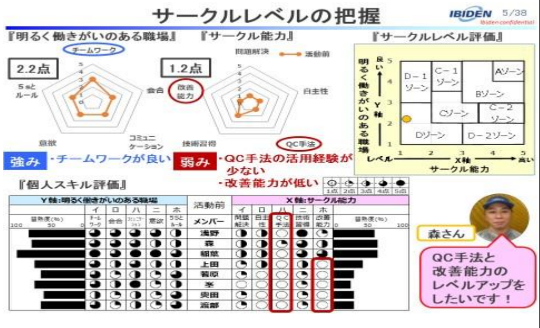
形成膜降積り不良の撲滅 ＝”不良の発生ゼロ”に拘り、20年以上同じ方法で行っていた形成膜剥離作業方法を固定観念を捨て、メンバーみんなで意見を出し合って失敗を恐れずに改善にトライ、新たな作業方法に改善、標準化、教育訓練を行い、活動によってメンバー全員が成長できた活動です。

会社名は イビデン株式会社です。
本社は水の都 大垣市にあり 操業100年企業です。
現在の事業の柱は電子事業とセラミック事業になります。
私達は半導体の単結晶引き上げ装置の部品になるグラファイト製品を製造しております。

グラファイト製品の生産拠点は国内4ヵ所と海外2ヵ所の計6ヶ所あり
私達の製造工場は青柳事業場になります。

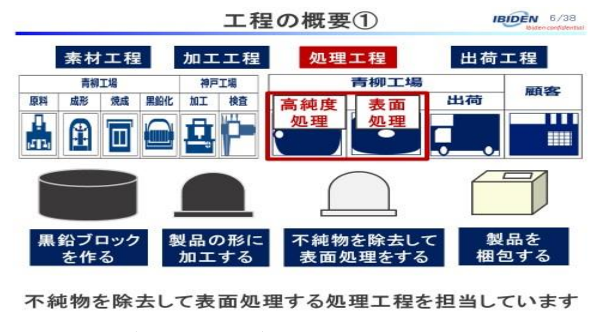



サークル名は飛躍サークルです。
サークル名の由来はチャレンジ精神で活動し全員が進歩して活躍しようという思いを込めました。メンバーは8名で構成しています。

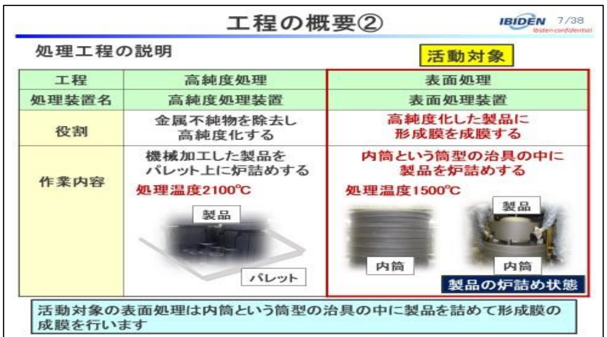



活動を始めるにあたり、まずはサークルレベルの評価をおこないました。
サークルの強みはチームワークの良い事です。
弱みはQC手法の活用経験が少なく 改善能力が低いことです。

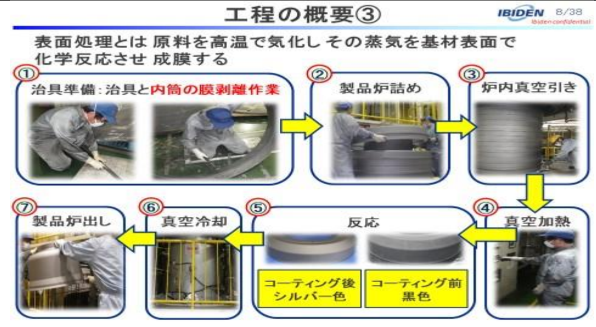
| QCサークル紹介 | サークル名　（フリガナ） | | 発表形式 |
|---|---|---|---|
| | 飛躍 | （ ヒヤク ） | PC |
| 本部登録番号 | 532－24 | サークル結成年月 | 2021 年　9 月 |
| メンバー構成 | 8 名 | 会合は就業時間 | (内)・外・両方 |
| 平均年齢 | 38 歳（最高 48歳、最低 22 歳） | 月あたりの会合回数 | 4 回 |
| テーマ暦 | 本テーマで　1件目　社外発表　2件目 | 1回あたりの会合時間 | 1 時間 |
| 本テーマの活動期間 | 2021 年 9 月 ～ 2022 年 3 月 | 本テーマの会合回数 | 24 回 |
| 発表者の所属 | イビデン株式会社 青柳事業場 FGM事業部 生産部 生産グループ 生産チーム | 勤続 | 15 年 |



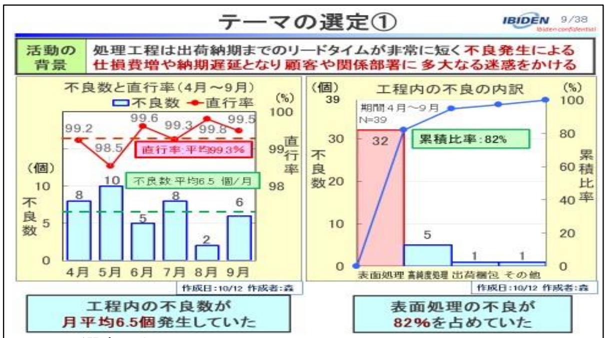

工程のフローをご紹介させていただきます。
素材工程から始まり、加工工程・処理工程・出荷工程と一貫生産をして
私たちのサークルは、この処理工程を担当しています。



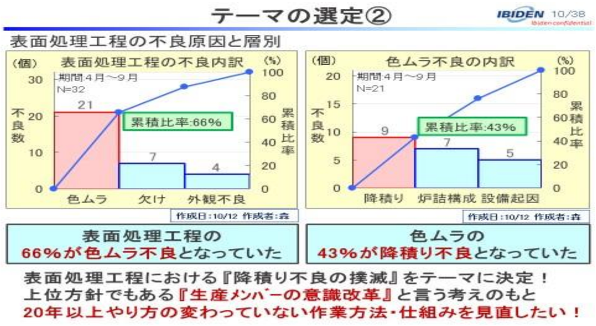

処理工程をご紹介させていただきます。
処理工程では高純度処理と表面処理を行います。
活動対象は表面処理になります。
表面処理は、内筒という筒型の治具の中に製品を詰めて形成膜を成膜する工程です。



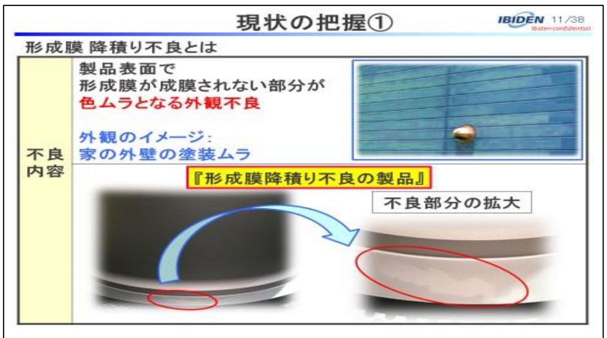

表面処理の概要を説明します。表面処理とは原料を高温で気化して、その蒸気を基材表面で化学反応させ成膜をする事です。
始めに治具準備として内筒の膜剥離を行った後に、製品を内筒の中に炉詰めします。炉詰めした後に炉内を真空にして、真空加熱・反応・真空冷却を行い、最後に 製品を炉出しします。



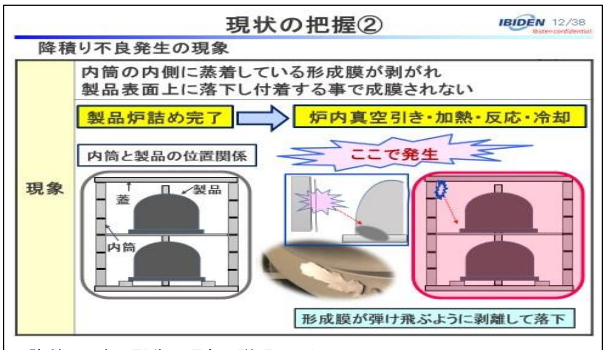

テーマの選定です。
処理工程は出荷間近の工程で、不良を発生させると
仕損費増、納期遅れで、顧客や関係部署に多大なる迷惑をかけます。
処理工程の21年上期の不良個数は、月平均で6.5個発生しています。
そのうち、表面処理工程の不良が、82%を占めていました。



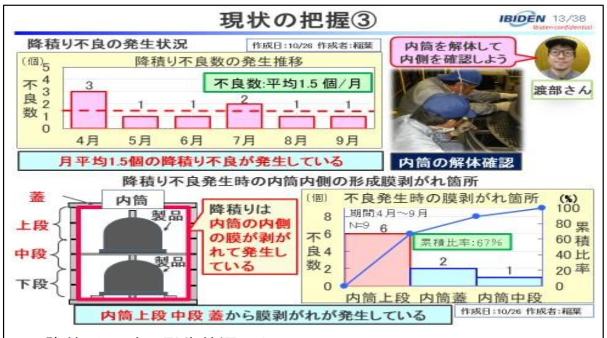

表面処理工程の不良の内訳は66%が色ムラ不良でした。
色ムラ不良の43%が降積り不良となっていました。そこで、表面処理工程における形成膜降積り不良の撲滅をテーマに決定しました。
20年以上やり方の変わっていない作業を見直したい！
というメンバー全員の思いで 活動を開始しました。



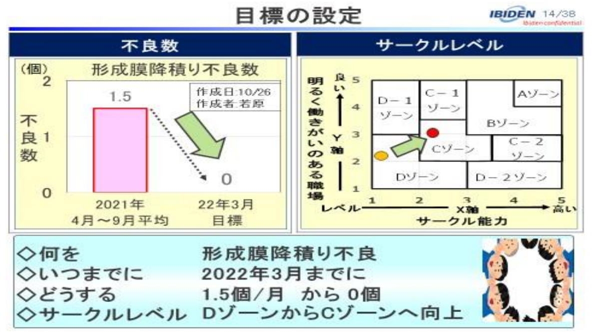

次に、形成膜降積り不良について説明します。
形成膜降積り不良とは、
製品表面で形成膜が成膜されない部分が色ムラとなる外観不良です。
外観のイメージで言いますと
家の外壁の塗装がムラになっているような状態です。



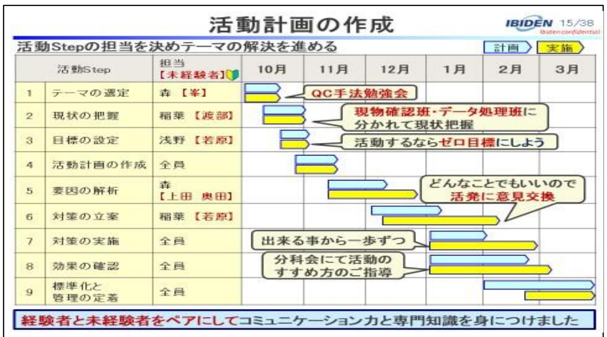

降積り不良の発生の現象を説明します。
内筒の内部に蒸着している形成膜が、表面処理中に
弾け飛ぶように剥離をして製品表面に落下する場合があります。
製品に、落下してしまった部分の成形膜が成膜されなくなる現象です。




降積もり不良の発生状況です。
21年上期で、月平均1.5個の降積り不良が発生していました。
メンバー全員で、不良発生時に内筒を解体して、確認をしました。
内筒は内側の形成膜が剥がれており、膜剥がれの箇所を確認したところ
上段・蓋・中段、の順に多く発生していることが分かりました。

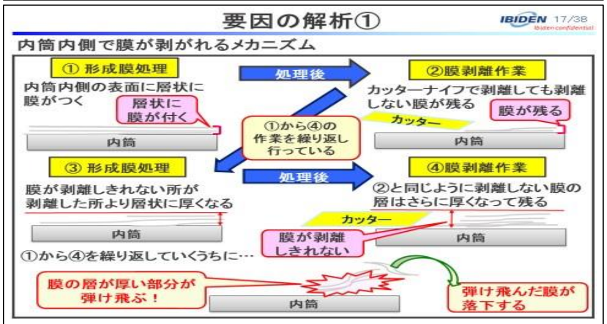



目標の設定です。
21年上期の形成膜降積り不良数、月平均1.5個を
22年3月までにゼロにすることを目標としました。
活動を通してサークルレベルはCゾーンを狙いました。

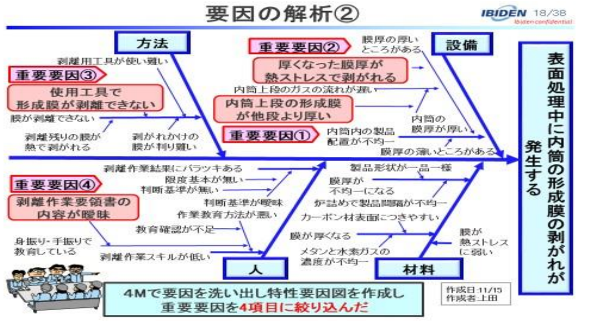



活動計画は、QC手法勉強会を開催して現物確認をメンバー全員で
実施しQCサークル未経験者を育成する為に、経験者とペアにすることで、
コミュニケーション力と専門知識が 身につけれるように活動しました。

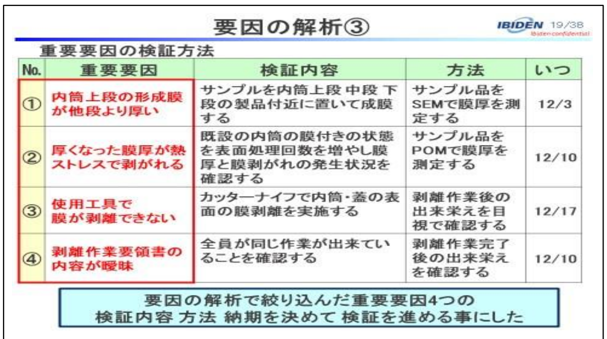
サークルメンバーのQC手法の学習と実践として、メンバー全員で、
社内のe-ランニング学習を元に、QC基礎とQC七つ道具の学習をしました。
その後、自工程で要因抽出して実践で学びました。




要因の解析①内筒内部で、膜がはがれる推定メカニズムです。
①形成膜処理中に 内筒の内側の表面に 層状に膜が付きます。
②カッターで膜剥離作業を行いますが、剥離しきれないところがあり膜が残ってしまいます。
③残った膜の上に形成膜処理をすると剥離ができたところより、膜が厚くなってしまいます。
④膜が厚くなると剥離できず層状の膜はさらに厚くなって残ってしまいます。この①から④を繰り返すうちに、膜の厚い部分が弾け飛び落下して製品に降積もると考えました。



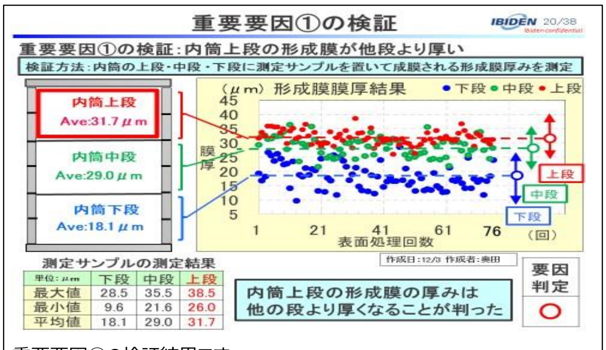

要因の解析②
表面処理中に内筒の形成膜の剥がれが発生する事を軸に
要因を洗い出し特性要因図を作成しました。
そのなかから、重要要因を4項目に絞り込み検証を進めることにしました。




| No. | 重要要因 | 検証内容 | 方法 | いつ |
|---|---|---|---|---|
| ① | 内筒上段の形成膜が他段より厚い | サンプルを内筒上段 中段 下段の製品付近に置いて成膜する | サンプル品をSEMで膜厚を測定する | 12/3 |
| ② | 厚くなった膜厚が熱ストレスで剥がれる | 既設の内筒の膜付きの状態を表面処理回数を増やし膜厚と膜剥がれの発生状況を確認する | サンプル品をPOMで膜厚を測定する | 12/10 |
| ③ | 使用工具で膜が剥離できない | カッターナイフで内筒・蓋の表面の膜剥離を実施する | 剥離作業後の出来栄えを目視で確認する | 12/17 |
| ④ | 剥離作業要領書の内容が曖昧 | 全員が同じ作業が出来ていることを確認する | 剥離作業完了後の出来栄えを確認する | 12/10 |

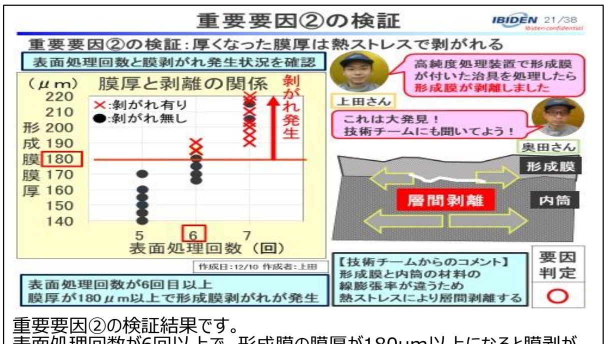


重要要因の検証方法として
4つある重要要因の検証内容・方法・納期を具体的にして、
検証を進める事にしました。

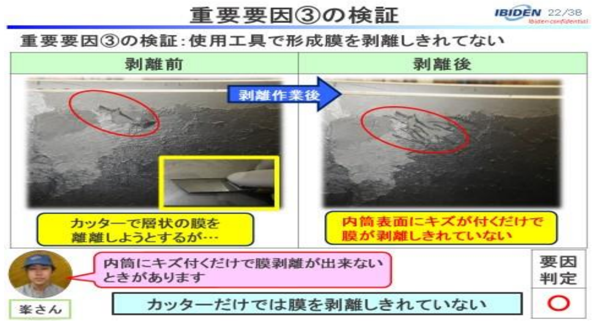



| 単位:μm | 下段 | 中段 | 上段 |
|---|---|---|---|
| 最大値 | 28.5 | 35.5 | 38.5 |
| 最小値 | 9.6 | 21.6 | 26.0 |
| 平均値 | 18.1 | 29.0 | 31.7 |

重要要因①の検証結果です。
内筒上段の形成膜が、他の段より厚くなるかを 内筒の上段・中段・下段に 測定サンプルを置いて、成膜された形成膜の厚みを測定しました。
その結果、内筒上段の形成膜の厚みは他の段より厚くなることが分かりました。



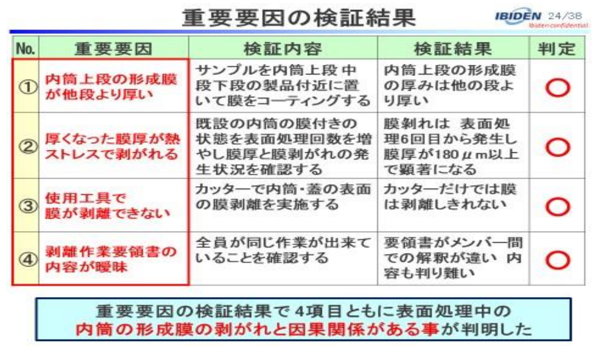

重要要因②の検証結果です。
表面処理回数が6回以上で、形成膜の膜厚が180μm以上になると膜剥がれが発生することが判りました。形成膜のついた治具を表面処理装置より処理温度が高い高純度処理装置の治具で使用したところ治具の膜が剥離をしました。技術チームに、相談をしたところ膜と内筒の材料の線膨張率が違うため熱ストレスによって層間剥離することが判りました。




重要要因③の検証結果です。
使用工具のカッターで形成膜が全て剥離出来ているかを検証したところ内筒表面にキズが付くだけで剥離できていない箇所がありました。

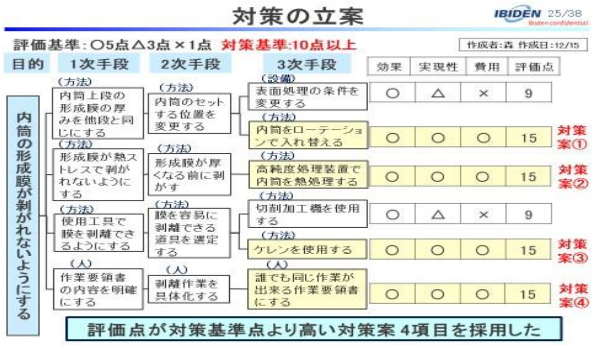
| 作業者 | | 判定指標：剥離残りの面積 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 剥離残り無し | 膜剥離残り □50mm未満 | 膜剥離残り □50mm以上 |
| メンバー | 稲葉さん | ○ | | |
| | 上田さん | | × | |
| | 若原さん | | × | |
| | 峯さん | | × | |
| | 奥田さん | | | × |
| | 渡部さん | | | × |

重要要因④の検証結果です。
作業者の膜剥離作業後の出来栄えを確認したところメンバー6名中5名で、剥離残りがありました。膜剥離作業の作業要領書を確認すると『剥すことが出来なくなるまで 除去すること』となっていました。作業者に聞き取り確認をしたところこの表現では剥離残り無しまで作業をすると判断する人と剥せなかったらOKと 判断する人がいました。要領書の記載があいまいだった為、作業方法が統一されていませんでした。

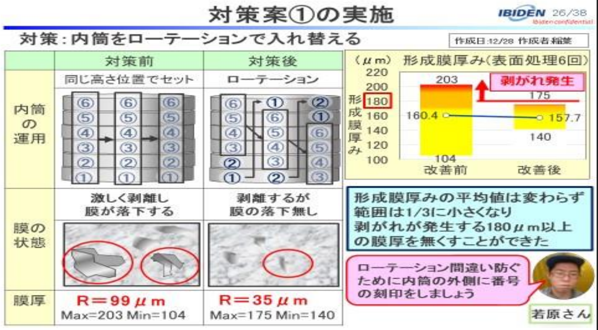



| No. | 重要要因 | 検証内容 | 検証結果 | 判定 |
|---|---|---|---|---|
| ① | 内筒上段の形成膜が他段より厚い | サンプルを内筒上段中段下段の製品付近に置いて膜をコーティングする | 内筒上段の形成膜の厚みは他の段より厚い | ○ |
| ② | 厚くなった膜厚が熱ストレスで剥がれる | 既設の内筒の膜付きの状態を表面処理回数を増やし膜厚と膜剥がれの発生状況を確認する | 膜剥れは 表面処理6回目から発生し膜厚が180μm以上で顕著になる | ○ |
| ③ | 使用工具で膜が剥離できない | カッターで内筒・蓋の表面の膜剥離を実施する | カッターだけでは膜は剥離しきれない | ○ |
| ④ | 剥離作業要領書の内容が曖昧 | 全員が同じ作業が出来ていることを確認する | 要領書がメンバー間での解釈が違い 内容も判り難い | ○ |

重要要因４つの検証から
４つとも表面処理中に内筒の形成膜が剥がれることと因果関係があることが分かりました。

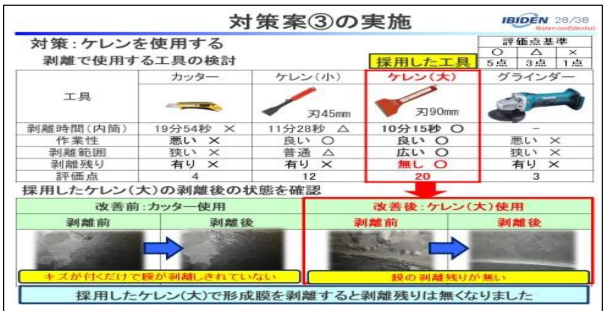



検証結果をもとに、方策展開型系統図を作成して対策を検討した結果。
評価点が基準点より高い対策4項目を採用しました。

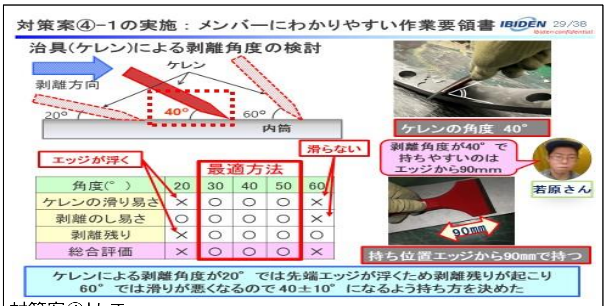



対策案①として
内筒を毎回 ローテーションで入れ替えを行いました。
形成膜は、改善前の厚みの最大値と最小値の差は99μm有りましたが，改善後は35μmになりました。これにより 180μm以上の膜厚を無くすことができました。

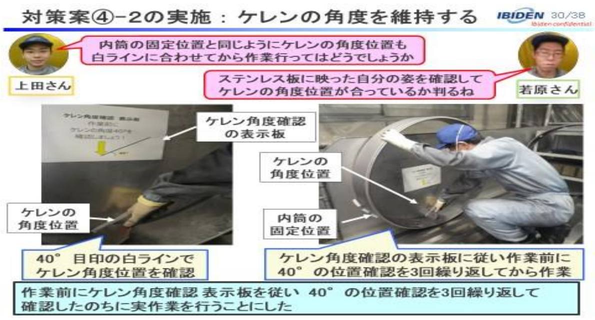
対策案②として
表面処理装置より、高温処理ができる高純度処理装置にて 内筒を処理しました。
これにより、薄い膜や剥離残りの膜が剥離できました。



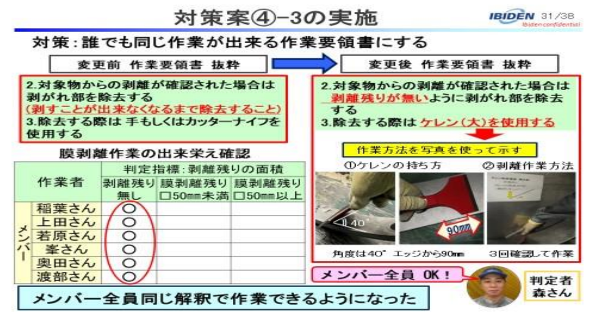

対策案③として
膜剥離残りを無くすために、剥離治具の検討を行いました。カッター以外にメンバーから3つの工具の案が出ました。 剥離時間・作業性・剥離残り・剥離範囲すべてで評価が高かったケレン(大)を工具として採用しました。改善前、カッターを使用したときはキズがつくだけで、膜が剥離しきれませんでしたが、採用したケレン(大)で形成膜を剥離すると剥離残りは無くなりました。



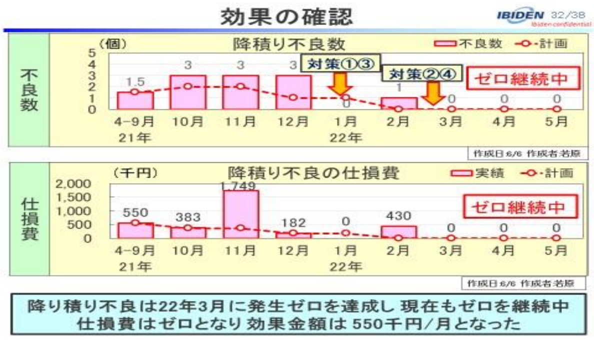

対策案④として
まず対策③で決めたケレンの使い方をテストしました。ケレン先端のエッジの当てる角度を変えてケレンの滑りやすさ・剥離のし易さ・剥離残りについて評価しました。ケレンの剥離角度が、20°では先端のエッジが浮くため剥離残りが起こり60°では滑りが悪くなってしまい最適な角度は40±10°である事が分かりました。この角度に基づいてメンバーと現場で作業をしながら ケレンを持つ位置をエッジから90mmの位置で持つ事と決めました。



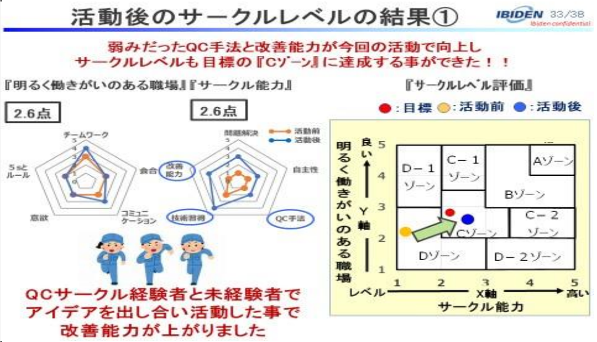

更に対策④として
ケレンの剥離角度を維持するために作業台にケレンの角度が分かるように白ラインを表示しケレン角度確認指示の表示板を掲示しました。
作業前に40°の目印の白ラインに ケレンを合わせて位置確認を3回繰り返してから実作業を行うようにしました。



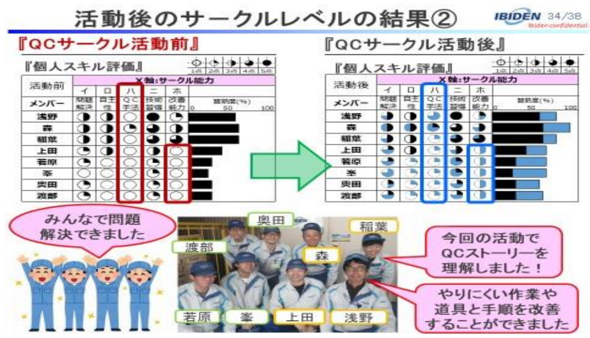

その結果として
新しく導入した工具 ケレン(大)で剥離作業方法を写真を使ってわかるように統一化し、膜剥離作業の出来栄え確認は、剥離残し無しで統一した
作業要領書に改訂し、教育訓練をしました。その結果、作業者6名全員が誰が作業しても膜残りが無いことを確認できました。



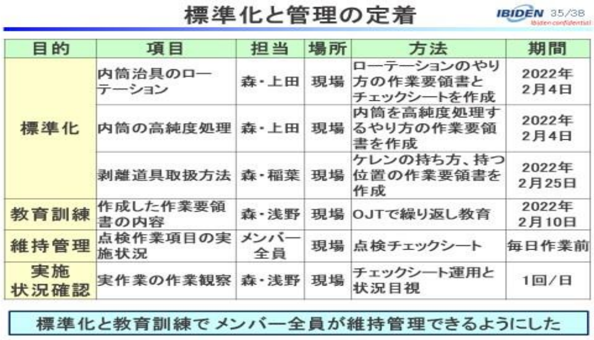

効果の確認です。
形成膜降り積り不良は、3月末に発生ゼロを達成して、仕損費をゼロにすることができました。効果金額は55万円/月となりました。現在もゼロを継続中です。



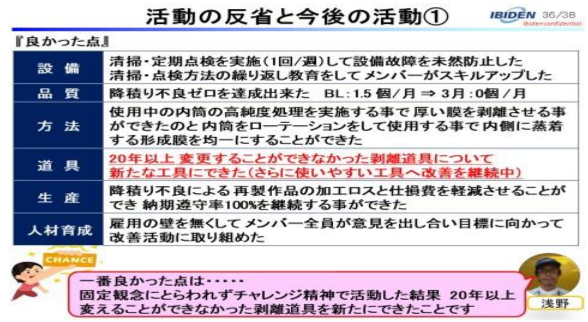

活動後のサークルレベルは、弱みだったQC手法と改善能力は、
今回の活動でメンバー全員がアイデアを出し合えた事で改善能力のレベルが上がり、サークルレベルはDゾーンからCゾーンに上げることができました。




個人スキル評価の低かったサークル能力が、今回、QCストーリーを習得して活動した結果、
改善能力も高まりやりにくい道具や手順を改善することができ、QCサークル未経験者の能力も大幅にアップする事ができました。




標準化と管理の定着です。標準化として、改善内容から作業要領書を改訂し作業者への教育訓練を実施。 さらに維持管理の為に、点検チェックシートによる確認を実施をすることで、
メンバー全員が維持管理できるようになりました。




活動の反省です。
一番良かった点は、 固定観念にとらわれず チャレンジ精神で活動した結果20年以上変えることができなかった剥離道具について新たな工具にできた事です。

反省点は、検証用のサンプルの選定に時間をかけてしまった事で検証結果の判定が遅れた事です。
今後の活動としまして、他の不良に対しても今回習得したQC手法で、問題解決できるサークルにしていきます。