
Auto Alliance Thailand (AAT) (タイ) 研修報告書

冷却液注入装置におけるメンテナンスの観点からの改善提案

工学研究科 輸送・環境システム専攻 張 信吾

1. はじめに

近年、日本国内における自動車需要は減少傾向にある一方、東南アジア等の発展途上国においては販売台数が増加傾向にある。また、人件費や輸送コストのことを考慮すると日本で自動車を生産し東南アジアや発展途上国に輸送するよりも現地に工場を持ち生産した方がコスト的に良いされている。しかし、現地生産を行う上で、日本との品質の差が考えられる。そこで、日本人社員が現地に赴き現地指導をする事で、改善活動を行う事で、品質保証を行っている。

そして今回、一ヶ月間タイの Auto Alliance Thailand (以下、AAT と省略する) で研修する機会を頂き、技術移転や海外で働く事を学ぶと同時に研修テーマである「冷却液注入装置」の改善活動を行った。

2. 研修先の概要

会社名 : Auto Alliance (Thailand) Co., Ltd
事業内容 : 自動車製造業
所在地 : Eastern Seaboard Industrial Estate (Rayong)
設立年月 : 1995 年
親会社 : Ford Motor Company(50%), Mazda Motor Corporation(50%)

3. 派遣日程

2017 年 6/20(火) 前年度派遣先輩のミーティング@高品先生の部屋
7/26(水) 派遣前研修@マツダ本社工場 (工場見学・圓山さんとの面談)
8/21(月) 日本出発・シラチャ到着
8/22(火) 挨拶・事前研修
8/23(水)~9/14(木) 研修 2 週目で中間発表,
9/15(金) 最終報告会@AAT
9/16・17(土, 日) 帰国
10/26(木) 最終報告会@マツダ本社
2018 年 3/13(火) 最終報告会@広島大学

4. 事前学習

以下に、今回の研修を行う上で行った事前学習の内容を以下にまとめる。

4-1. 工場内メンテナンス

設備とは、生産活動やサービスの提供の為に、システムを構成する能力要素としての物的手段の総称である。主に、設備は機械、装置、工具などを指す。設備保全とは機械の故障を排除し、機械設備を正常で良好な状態に保つ活動である。そして機械保全の目的は 1.機械が壊れないようにする 2.機械部品の長寿命化 3. 機械の停止時間の減少 4.突発的な故障をゼロにする事である。

また、一般的に導入した機械は以下の Fig.1 に示すようなバスタブ曲線を描く。初期故障期とは設備導入初期において設備の製造上の理由などから発生する故障で、時間が経過することで減少傾向にあるものである。次に、偶発故障期とは初期故障期に残った軽微な欠陥が原因で発生するものであるが軽微な為大きな故障に繋がることは少ない。最後に磨耗故障期とは機械の使用年数が経過することで設備の構成要素の劣化が始まるため再度故障が増加する時期のことを言う。しかし、適切な整備を計画的に行うことで Fig.1 に示す赤線のように平面化することが可能である。こうした設備導入から廃棄までの機械の一生涯を対象として生産性を高めるために、最も経済的な保全を「生産保全」という。生産保全の目的は、設備の設計・製作から運転・保全にいたる設備の一生涯にわたって、設備自体のコストや保全などの一切の維持費と設備劣化による損失との合計を引き下げることで企業の生産性を高めることである。

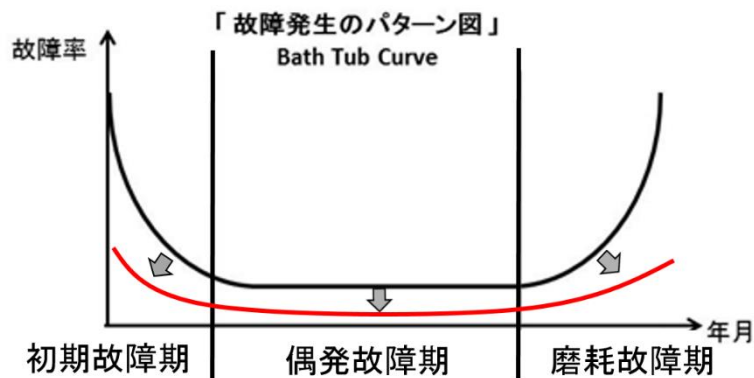


Fig.1 Bathtub Curve

そして生産保全活動は主に 1.予防保全(PM : Preventive Maintenance) 2. 事後保全(BM : Breakdown Maintenance) 3. 改良保全(CM: Corrective Maintenance) 4. 保全予防 (MP: Maintenance Prevention) の4つに大きく分けられる。

まず予防保全とは設備の性能維持の為に設備の劣化を防ぐ予防措置が必要となり設備を計画的に点検、修理、取替える活動の事を指している。主に予防保全には 1.劣化を防ぐ活動 2.劣化を測定する活動 3.劣化を回復する活動に分けられる。この考え方には部品交換などの行為を時間ベースで行う時間基準保全(TBM: Time Based Maintenance) と状態基準保全(CBM: Condition Based Maintenance) の二通りがある。特にコンプレッサーなどのメンテナンス時間が長いものには TBM の考え方を採用することが多い。

次に事後保全は設備装置・機器が機能低下、もしくは機能停止故障停止した後に補修、取替えを実施するものである。これは回復が容易な場合に用いられるメンテナンス手法で、回復が困難な場合は回復に大きな時間がかかり生産機能の低下が発生し損失が発生する危険性を持っている。

改良保全は故障が発生した際に二度と同じ故障を起こさないようにする為に設備自体の体質改革をする事である。このためにメンテナンス部門は設備の劣化をなくし信頼性を向上させるほかに日常点検を行い易いように設備自体を変えるものである。

最後に保全予防とは自主保全や自主改革を次の設備計画に反映させて、故障や運転ミスのない、劣化防止のしやすい機械設備にすることを言う。

今回の研修ではこれらのメンテナンスに関する基礎知識を学習して現地の工場に行った。しかし、実際メンテナンスには様々の方法がありタイに行く前にもっとメンテナンスの事について学習を深めるべきであった。特に TPM(Total Productive Maintenance)と呼ばれる工場全体で生産システム全体を対象として効率化を究極追求してあらゆるロスをゼロにするメンテナンス手法についてより深い理解をもつと研修によりスムーズに入れた印象である。

4-2. 冷却液注入装置

次に今回の研修で主に私が改善活動を行った機械について説明する。今回対象とした機器はガソリンエンジンにおける冷却液を注入する冷却液注入装置である。まず簡単に車側についている冷却液のタンクについて説明する。冷却液のタンクは以下の Fig.2 に示すようにメインタンクとサブタンクの二つに分かれている。メインタンクは金属材料で出来ていてかなりの強度を有しているものでサブタンクはプラスチックで出来ている為メインタンク程の強度はない。



Fig.2 Radiator Tank (car parts)

続いて、冷却液注入装置について説明する。冷却液注入装置は下の Fig.3 に示すような装置で、Radiator Filling Gun (以下 Filling Gun) を車のラジエーター注入口に締め付けて開始ボタンを押すと液体注入作業が開始されます。注入手順としては 1.メインラジエータータンク内を真空にする。 2. 冷却液注入 3.Top off (注入量調節) 4. 圧力調整 の4つのステップによって構成される。



Fig.3 Radiator Fluid Filling Machine

まず、最初のプロセスでは真空ポンプの圧力を変えながらラジエータータンク内の空気を吸い取り出来るだけ真空の状態にする。次の液体注入プロセスでは仕向け国によって決められた濃度のグリコールがラジエータータンクに注入される。そして、Top Off プロセスでは多く注入されてしまった冷却液を圧力でレベリングしていく。最後の圧力調整では作業員が冷却液の注入口から Filling Gun を取り外す為今までかけていた圧力を抜く作業である。

この装置の特徴としてはすべてプログラム制御で動いており作業員はスイッチを押して完了するまでは他の作業を行うことが出来る点と注入装置が生産ラインと同じスピードで動く点である。また、生産ラインと同時に動く仕組みの為に、すべての装置が生産ライン上に配置できない為、貯蔵タンクやコンプレッサーや真空ポンプは生産ライン外に配置され、Filling Gun のみ生産ラインと併設される形となっている。なので故障などが発生した場合も生産ラインを止めずにメンテナンスする事が出来るように設計されている。故障が発生した場合は現場の作業員(オペレーター) がメンテナンス部門の人を呼び修理してもらいリペアラインと呼ばれる生産ラインとは異なる修理専用のラインに運ぶか決める事が出来ますが、明確な判断基準は

なくあくまでオペレーターの基準で決める仕組みになっている。

5. 現状把握

現在 AAT は東南アジアでの販売が好調でかなりの受注を受けている状態で納車をお客様が待っている状態にあるため工場全体で生産ラインの効率化を行っている。その一環として生産ラインの設備故障減少改善活動がある。そこで昨年1年半の間における機械種別ごとの BD Time(故障停止時間)と BD Number (故障停止数)のグラフ(Fig.4-1)から Fluid Filling プロセスの機械が故障時間と故障回数共に多くなっていることが読み取れる。この部門で故障減少改善活動を行うことで生産来意の効率が大幅に改善できると考えられる。次に Fluid Filling プロセスの機械別の BD time, BD number (Fig.4-2)から Radiator Fluid Filling Machine(以下: RFFM) の故障時間と故障回数が他の機器に比べ大きくなっていることが読み取れる。ゆえに今回の研修では効率向上のためにこの RFFM の改善活動に取り組む。

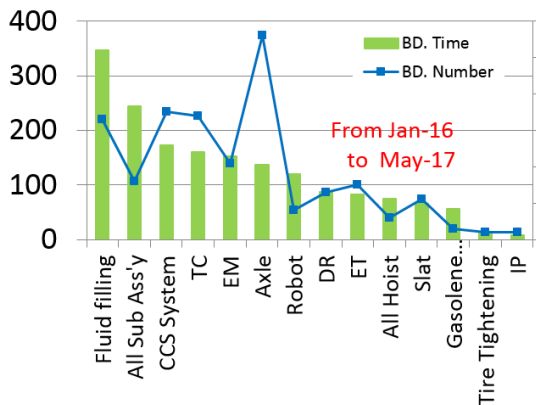


Fig.4-1 工場全体のBD Time & Number

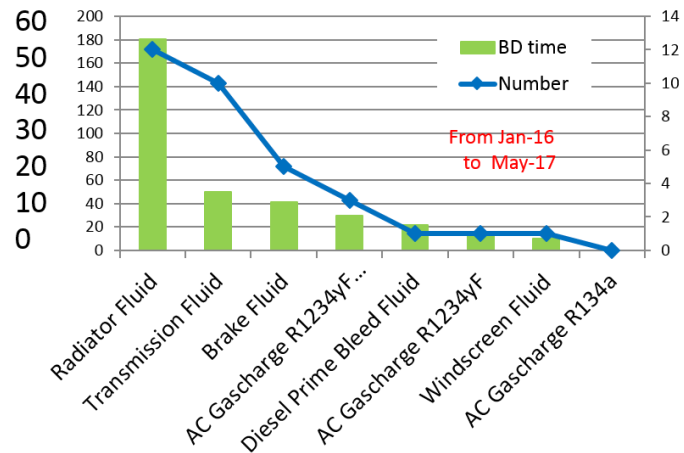


Fig.4-2 Fluid Filling MachineのBD Time & Number

現状把握として過去に発生した問題を幾つか紹介する。メンテナンス部門では過去の故障事例に対する原因, 解決法, 解決時間をまとめたものが存在したのでこれを参考に過去の故障について学習し理解を行った。その理解を元に改善提案を行っていく。

まず、1つ目の事案として Filling Gun 内部にある P-sealing という部品の問題を紹介する。この部品は Filling Gun の内部に入っている部品(Fig.5)でプラスチックとゴム部品で構成される。真空プロセスではゴム部品を圧力によって引っ張りや圧縮を行うことでプラスチック部品とゴム部品の内部に空間を作りそこに吸い取った空気を通すことでラジエータータンク内の真空を作り出す役割を担っている。液体注入過程では真空過程と同様にゴムの引っ張り圧縮によって空間を作り冷却液を流している。

Fig.5 P-sealing



この部品においてゴム部分の劣化により亀裂が入りラジエータータンク内の真空を正確に作り出す事が出来ず、RFFM が異常状態になり故障が発生していた。この問題は部品交換により解決するが、発生回数が多く現場の作業員も RFFM において故障が発生した際に P-sealing を交換する習慣がある。そのため本当の原因が P-sealing にあるか分からない状況になっている。またこの

P-sealing はメンテナンス部で 1 ヶ月に一度の真空圧チェックと 6 ヶ月に一度の部品交換が定められているが実際は 6 ヶ月よりも前に交換しているケースが多くなっている。

他に多く問題が発生している箇所としては真空ポンプの冷却ユニットである。この問題は真空ポンプを冷やす役割の冷却ユニットの熱容量が足りなくなり正常な冷却が行われず真空ポンプが適切な仕事を行うことが出来なくなり最終的に真空圧が適正な値をとることが出来なくなり故障が発生するというものである。しかしこの問題は現地のメンテナンス部門の方がサブの冷却ユニットを増設することで解決した。仕組みとしては冷却用の水温がある一定温度になるとサブの冷却ユニットが仕事をはじめ足りなかった熱容量を補うという仕組みである。

それ以外にも流量計の故障など軽微なものを含めると 91 件の問題が発生していた。その為この機器はメンテナンス部門の方にとってかなりの負担となっており改善提案を行うことで生産ラインの効率向上と共にメンテナンス部門の方の負担軽減に繋がる。

6. 改善案提案

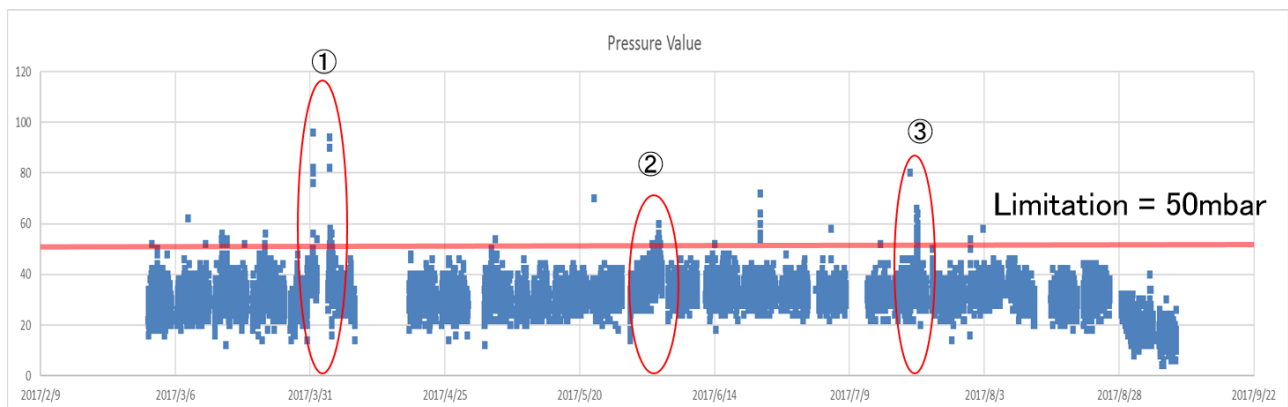
そこで、私は上記の現状を踏まえた上で、最も発生件数の多かった **P-sealing** の問題に着目して解決を図った。そして合計 3 つと+αの提案を行った

1. **P-sealing** の交換時期を現在の 6 ヶ月よりも早くする。

この提案に至った理由としては、過去の故障履歴より **P-sealing** の交換履歴を分析した際に 2014/11 から 2017/7/21 までに **P-sealing** の交換履歴は合計で 11 回ありそのうち 6 ヶ月間使用できた例はわずか 2 件であった。よって私は TBM では 6 ヶ月とされていたがその期間をより早いものとするべきであると考へ 1 つ目の提案に至った。

2. RFFM の状況をモニタリングすることで、**P-sealing** の故障を事前察知して新しいものと交換する(メンテナンス手法を CBM に変更する)

この提案に至った理由としては、**P-sealing** のゴム部分の亀裂が原因で故障に至るということからゴムの劣化を事前に察知して交換が必要な傾向が発生したら故障発生前に部品を取り替えることで防げるのではという考えからこの提案に至った。また、ゴムは延性材料である為劣化具合と真空圧に比例関係があると推測できる。そこで、今回の研修では故障前にどのような傾向があるか調べた。以下の Fig.6 に 3 ヶ月間の真空圧(縦軸)と故障暦(横軸)をまとめたものを示す。



1. 30-Mar-17 **P-sealing change**
2. 6-Jun-17 clamp air pressure is lower than set point
3. 21-Jul-17 **P-sealing change** (cooling unit also has problem)

Fig.6 Vacuum pressure (2017/3/1 ~ 2017/9/7)

このグラフと故障履歴を照らし合わせた際に故障の前にわずかではあるが故障発生前に真空圧が増加傾向にあることが分かる。しかし、データが少なく毎回の故障の際に同様の傾向が発生するかわからない。

そこで、今回の提案では故障前の傾向をとる為に新しくデータベースを作成することを提案した。このデ

データベースには、今まであった故障履歴だけでなく、交換前の真空圧のデータや劣化した P-sealing の状況と写真、使用期間、交換方法などを組み込む。そしてこれらのデータベースを蓄積し解析することで傾向をつかみその傾向が RFFM で出た際に点検を行い未然に故障を防げるのではないかと考えた。よって二つ目の提案に至った。

3. 機械異常警告のレベルを下げて機械が故障する前に点検を行い異常があれば部品交換を行う

この提案に至った理由としては2.の提案はデータベース作成に時間が必要でありその間故障を出来るだけ少なくしたいという考えからである。現在の警告レベルは 50[mbar]に設定されているが事前に異常を検知するためにも警告値を(具体的な数値は決められなかった為 44~48[mbar]の間で決める)を下げて警告がなった際にメンテナンスチームが RFFM の前に行き点検を行い事前に故障を防ぐという考え方からである。しかし Fig.6 からも分かるように 44~48[mbar]という値はかなりの回数発生しているため、毎回警報値を超えた際にメンテナンスチームが駆けつけるのは負荷が大きく現在の RFFM の制御プログラムである PLC の警報システムを「2回または3回以上警報値を超えた場合のみメンテナンスチームを呼ぶ」という仕組みに変える必要があると考えられる。これによりデータベースが完成するまでの間の時間も極力故障を未然に防ぐことができると思いこの提案に至った。

+α. 現在 Filling Gun ホルダーにあるフォード用の Gun をマツダ用のものに変えて片方が故障しても修理中はもう片方の Gun を使う。(以下の Fig.7 参照)

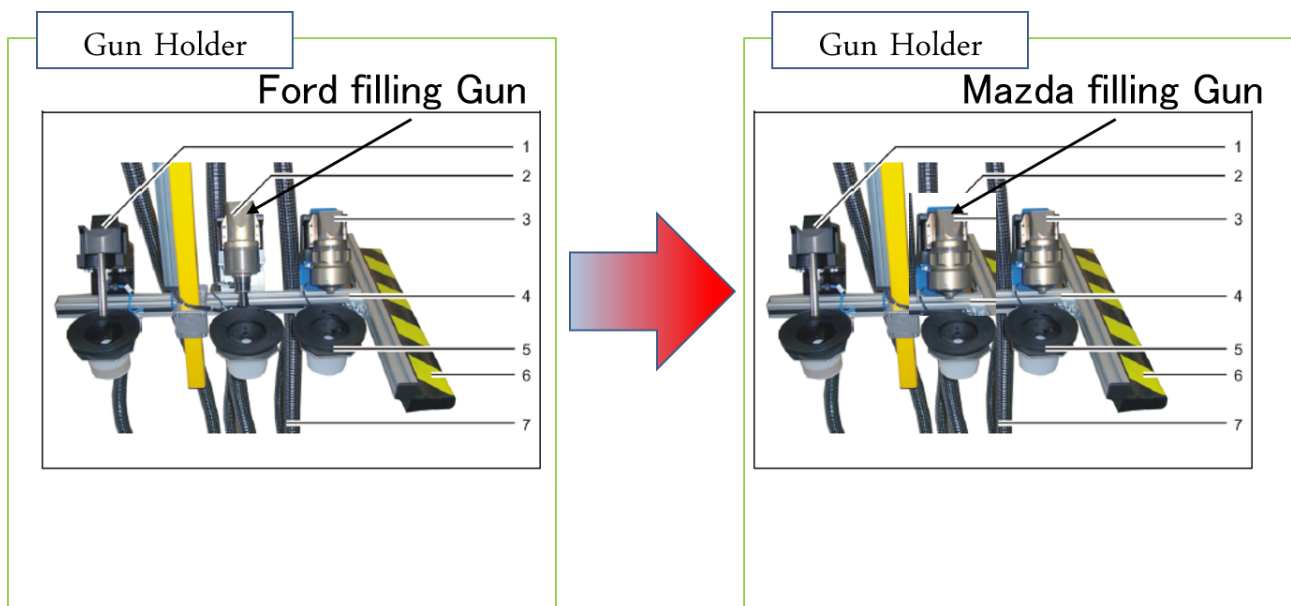


Fig.7 How to change Gun Holder

この方法を思いついたきっかけは工場を見て回っていた際にメンテナンス部門の方にこの Gun は「何のためにあるのか」と聞いたことがきっかけである。その際にメンテナンス部門の方は以前この生産ラインにはフォードの車が流れていたが現在は流れていないため配線は全部外して Gun だけは残しているとの事でした。これを聞いた際に私はフォードの Filling Gun をマツダ車用の Filling Gun に換えてスペア用に使えるのではないかと思いますこの提案をした。しかしこの提案には再度配線を通す必要と PLC プログラムを書き換える必要がありかつ P-sealing とは関係があまりなかった為+αの提案とした。

7. まとめ

約一ヶ月のインターンシップを通して研修対象の機械である RFFM の仕組みや故障履歴を学習し、6章に示す改善案を提案した。しかし、研修期間の間で自分が提案した改善案を実行に移すことは出来なかったため具体的にどれほど工場の効率向上に繋がるかは不明である。そして実行に際しては様々な問題点があると考えられる為メンテナンス部門のみならず生産技術部門などの工場全体で協力して問題解決を行う必要がある。

8. 研修を終えて

今回 ECBO プログラムに参加して、将来エンジニアとして働く上でもの作りの最終地点である生産現場を体験できたことは貴重な体験であった。また研修前までは全く知らなかったメンテナンス部門の存在を一ヶ月間研修でお世話になったことで彼らの存在は大量生産を行う工場において非常に重要な存在で「縁の下の力持ち」のような存在であると認識した。そこから自動車を作るという作業には自分が知らない数多くの人々が関わっており自動車業界におけるやりがいやを再度認識した。

それ以外にも一ヶ月間海外で働く事を体験することで、様々なことを学んだ。今回の研修ではタイ文化やタイ語を覚えるように努力して最終週には簡単なタイ語で会話できるようになった。その時タイ人の方はとても驚いて喜んでくださり、文化習慣を習いそれを実行することは大切であると感じた。そして何よりも海外の職場の雰囲気は常にわいわいがやがやしてみんながとても楽しそうに仕事をしていると感じ日本と海外の働き方の違いを肌で感じる事が出来た。こうした環境は誰もが意見を言いやすい雰囲気を作りみんなが自由活発な発想をする事が出来るのではないかと感じた。

日本とは生活環境も何もかもが全く異なり、がむしゃらに頑張った一ヶ月であった。最初はなかなか英語が通じないメンテナンス部門の方々との意思疎通に苦しみ研修二週間目で夜勤昼勤のメンバーが替わるなど様々な苦勞をした。しかし、こうした経験は大学内で出来るものではなく、将来自分がエンジニアとして働くときに必ず役に立つものであると感じた。

9. 謝辞

最後に、多大なるご支援を頂いた ECBO 関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

本インターンシップを無事に終えることが出来たのは、牟田さんをはじめとする AAT スタッフの皆様、田中さん、ベンさん、ボムさんをはじめとするメンテナンス部門の皆様、ECBO プログラムを企画・運営してくださった ECBO 実行委員の先生方、直接研修において沢山のご指導いただきました高品先生やマツダ株式会社の圓山様のおかげです。ここに感謝の意を表します。

最後になりましたが、共に研修に臨んだ久家さんに感謝を申し上げます。最後までこの研修を楽しく終えられたのは久家さんの存在が大きかったと感じます。来年度以降もこの ECBO プログラムが益々発展されることを願ひまして、謝辞とさせていただきます。
