

Auto Alliance Thailand (タイ) 研修報告書

冷却液注入装置における注入量不足の再発防止について

工学研究科 機械システム工学専攻 久家 由紀香

1. はじめに

近年、日本の多くの製造業が海外に生産拠点を求め、世界各地に工場を立地し生産活動を行っている。タイにも多くの日系企業が進出しており、特に自動車産業において、タイはアジアにおけるピックアップトラックの一台生産拠点地となっている。

Auto Alliance Thailand (AAT)はマツダ株式会社とフォード・モーター株式会社が共同出資で構成される合弁会社であり、タイで最も進んだ生産施設の一つとして、世界に誇る品質とコスト競争力を維持することに注力し、ASEAN 地域の自動車産業を向上させている。また、現地タイ人だけでなく、技術移転のためにマツダ本社からの日本人も多く働いている。私は日本と異なる言語や文化を持つ人々と一緒に仕事をする中で、将来海外で働く事になった際に求められる能力、姿勢とは何かを把握するためにこの ECBO プログラムに参加した。

2. 研修先の概要

会社名：Auto Alliance Thailand Co., Ltd (AAT)
設立：1995年11月28日(1996年：工事着工，1998年：生産開始)
株式保有：Ford社50%，マツダ50%
年間生産台数：173,000台
所在地：タイ王国，ラヨン県，イースタンシーボード工業団地
従業員数：7,188人
敷地面積：847,542m²
事業内容：自動車の製造流通

3. 研修スケジュール

7月24日 派遣前最終報告会
7月26日 本社工場見学
8月21日 タイ到着
8月22日 研修開始
9月8日 中間報告会
9月15日 最終報告会
9月16日 帰国
10月26日 本社での帰国報告会



図1. AAT全体図

4. 研修テーマ

「冷却液注入工程における注入量不足の再発防止」をテーマとして研修に取り組んだ。

自動車のエンジンにおいて燃料を燃やした際に発生する熱はエンジン自体も熱せられるため、そのままではエンジンが過熱状態のオーバーヒートを起こす。そのため、エンジンにはラジエーターと冷却液から成る冷却装置が取り付けられている。水冷式の冷却装置は、冷却液がエンジン内部を通過することでエンジン内部に発生した熱を奪い、適温を維持する仕組みである。熱を吸収した冷却席は高温になっているが、ラジエーターを通り冷却ファンで冷やされることで再び温度を下げ、エンジンへと循環していく。

2016年12月から翌年1月にかけて、運転試験中にエンジンのオーバーヒートを示すランプが

度々点灯し，それを受けて冷却液不足が疑われた．本研修では過去の冷却液不足という事例の再発防止策を考える．

5. 研修内容

Unit6 > Coolant filling

Station layout

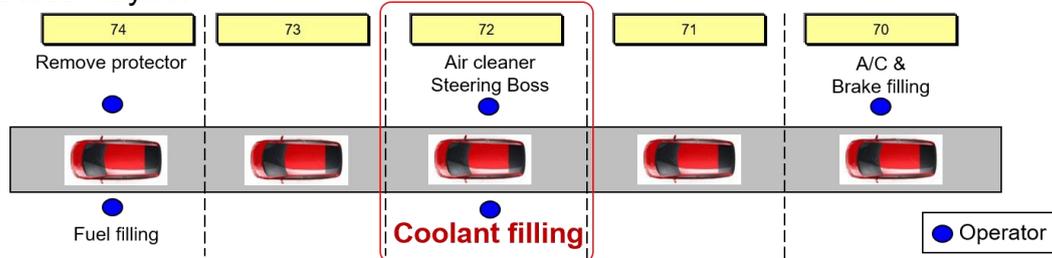


図 2. 製造ラインの概略図

5-1. 冷却液注入工程の把握

冷却液の注入は以下の工程で行われる．作業者がアダプターガン（Adapter Gun）をラジエータータンクの入口に設置し，開始ボタンを押すと装置の注入工程が始まる．装置の注入工程は以下のように真空引き，注入，仕上げ，圧力調整の順に行われる．真空引きの工程でラジエーター及びフレキシブルホース内の空気を抜くことで内部を真空の状態にし，注入工程で冷却液が内部に入って行きやすい状態にする．注入工程後は内部の冷却液が規定値を大幅に超えている．そのため，トップオフ（仕上げ）の工程が必要となる．トップオフ 1 では図 4 のように基準値を超えて過剰に注入された分の冷却液を吸い取る．これにより，正圧により膨張したフレキシブルホースの内圧を下げ，ホースの大きさをもととの大きさに戻している．トップオフ 2 も図 5 に示す通り，トップオフ 1 同様に吸い取り工程であるが，内部に圧力を加え，圧力によって押し上げられたわずかな冷却液を吸い取っている．これはトップオフ 1 で大まかに合わせた冷却液の注入量を，正確に基準値に合わせるための工程である．最後に内部の圧力を大気圧に戻し，装置の注入工程は終了する．装置が注入を完了すると，作業者が完了ボタンを押してアダプターを取り外し，アダプターホルダーに戻す．

1. Coarse vacuum
2. Fine vacuum
3. Vacuum leak
4. Post vacuum
5. Filling pressure1
6. Filling pressure2
7. Top off 1
8. Top off 2
9. Pressure balance

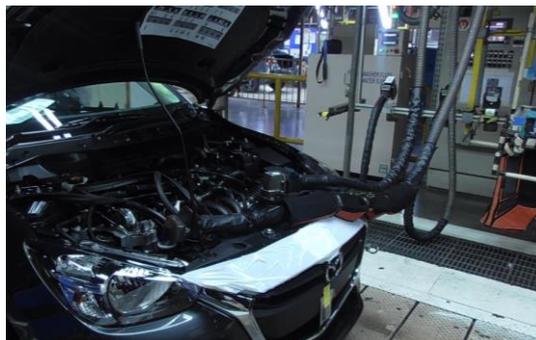


図 3. 注入工程



図 4. トップオフ 1

図 5. トップオフ 2

5-2. 問題の把握

本研修の背景としては、過去に運転試験中にエンジンのオーバーヒートランプの点灯が多発したことが挙げられる。その際に、エンジン内部の冷却液不足が懸念され、今回の研修内容に取り組む運びとなった。

まず、エンジン内部の冷却液不足の原因を考えるために、過去の事例を参考に図 6 に示す根本原因解析(Root cause analysis ; RCA)と呼ばれる図を作成し、問題の根本的な原因となりうる要因を洗い出した。今回はエンジンのオーバーヒート多発を第一要因とし、ラジエーター内部の冷却液の量が少なくなっていたことを第二要因、その原因として冷却液注入工程時に注入量が不足していたことを第三要因とし、第三要因に対して更に原因を洗い出すことにした。

➤ Root cause analysis (past report)

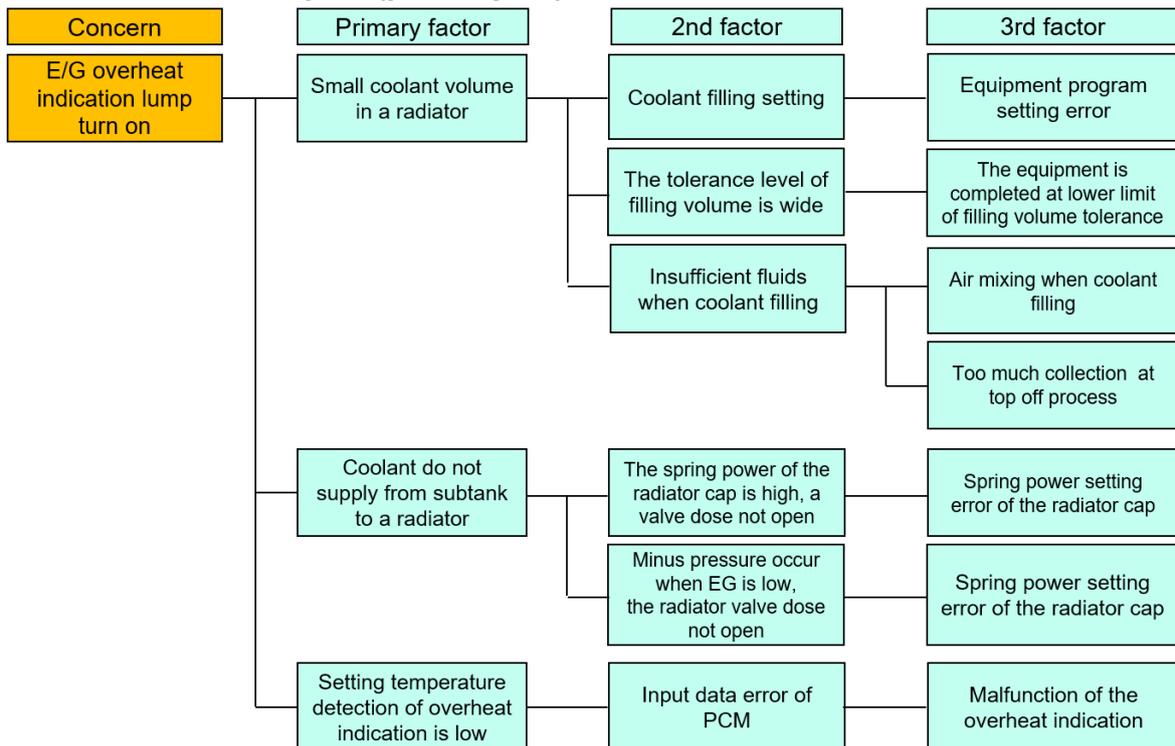


図 6. 根本原因解析

次に、注入時の冷却液注入量不足に対して図 7 に示す Fish bone diagram と呼ばれる要因特性図を書き出し、注入量不足を魚の頭とし、そこから大骨の先に考えられる要因を書き出す。大骨を更に小骨に分け詳細な要因を書き出した。今回は、生産技術の現場でしばしば不良や問題の原因として考えられる、4M (Man, Machine, Method, Material) + Environment を大骨の要因とし、そこから派生して考えられる要因を書き出した。要因を書き終わると、それぞれの要因に対して理由付けを行い、考慮すべき要因と無視できる要因の取捨選択を行う。本研修ではトップオフ 1 及びトップオフ 2 の工程で内部冷却液の過剰な吸い取りが行われているのではないかと考え、トップオフ工程に関して詳しく調査する行うことにした。

5-3. 問題に対する取り組み

まずはトップオフの吸い取り時間に着目した。現地工場では、トップオフ工程がどの車種においても内部の圧力ではなく時間によって決められていることに注目し、トップオフ吸い取り時間が最適であるかどうかを実験により確かめた。実験方法としては、実際の自動車では注入量の計測が不可能なので、図 9 に示すスチール製のテストタンクを用いてトップオフ 1、トップオフ 2 の時間を変化させながら注入量計測を行った (図 8 参照)。

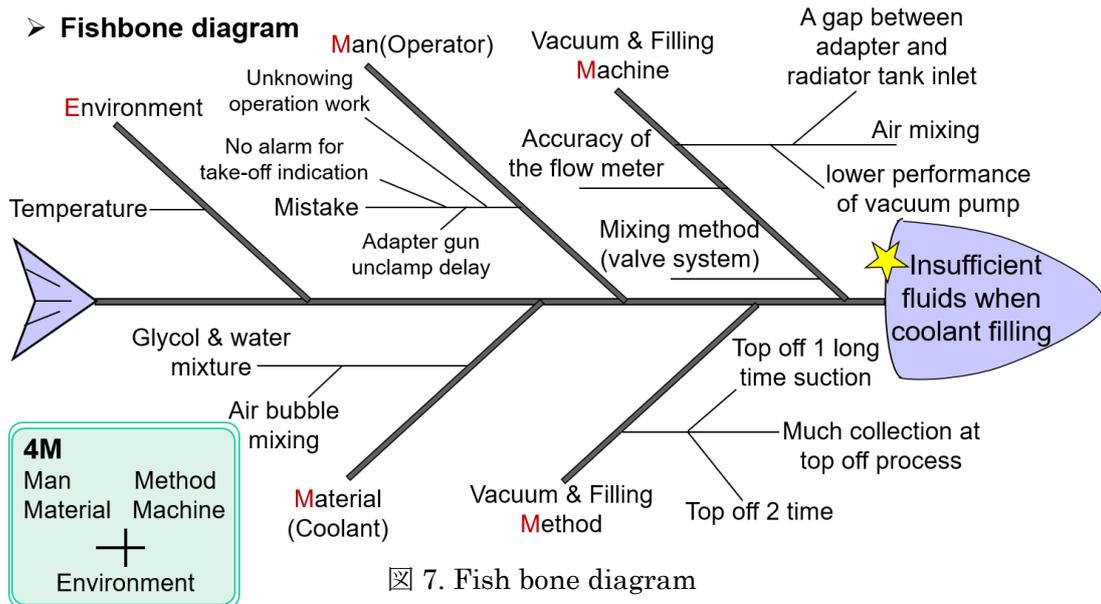


図 7. Fish bone diagram

しかし、トップオフ 1,2 の時間を可変させても、得られる注入量はほとんど変化しなかった。この原因として、実際の冷却システムはエンジンやラジエーターといった硬いハードな部分とフレキシブルホースのような伸縮性のあるソフトな部分から構成されているのに対し、実験で用いたスチールタンクは硬いハードな材料のみで構成されていたためであると考えられる。トップオフ工程では、注入工程後に膨張したフレキシブルホース内の正圧と、吸い取りを行うアダプター側の負圧による圧力差で吸い取りが促進されていたのが、実験で用いたテストタンクは硬いハードな部分のみで構成されていたため、タンク内部が一定の圧力に保たれ、吸い取りが行われなかったと考えられた。よって、テストタンクを用いて実際の冷却システムを再現することは不可能であると考え、現在の実験環境ではトップオフ工程でどれほどの冷却液が吸い取られているかどうかを把握することは出来ないという結論に達した。そこで、最適なトップオフ吸い取り時間を計測できるような冷却系実験装置の作成を提案①とすることにした。

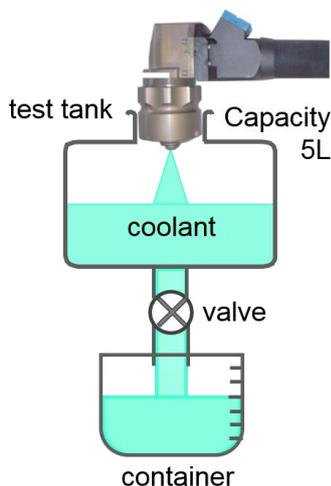


図 8. 実験装置図概要



図 9. テストタンク



図 10. 計測容器

5-4. 問題改善に向けた提案

5-3 の実験結果を踏まえて、提案①は「伸縮ホース部を含むテストタンクの設計・製作」とした。実際のエンジン冷却系は硬直部と伸縮部で構成されているが、テストタンクはスチール製の硬直部のみで構成されているため、テストタンクを用いて実記の冷却系を再現することは不可能

である。よって、トップオフ工程における吸い取り量を計測するためには、フレキシブルホースのような伸縮部を含むテストタンクが必要である。伸縮部を含むテストタンクを作成し、トップオフ工程の吸い取り量を調査し、得られたデータにより最適な時間設定を決定することを提案①とした。

提案②は「流量計の設置」とした。実際の注入工程では真空引き工程後に注入と吸い取りが行われているが、当時は注入が行われる配管内部にしか流量計が設置されておらず、注入工程での注入量しか知ることが出来なかった。そこで、トップオフが行われる配管内部にも流量計を設置することで、真の注入量を得ることが出来ると考えた。また、トップオフ工程は気体（空気）と液体（冷却液）を含む気液二相流となっているため、注入側で使われているギヤ式流量計ではなく、コリオリ流量計のような二相流の計測が可能な流量計を用いる必要があると考えた。更に、注入量が規定の範囲を下回るとアブノーマルランプが点灯し、冷却システムの検査部門に送られるという仕組みを提案した。

6. まとめ

今回の研修では、当時現地工場で生じていた、エンジンに冷却液を注入する工程で注入量が不足するという問題解決に力を入れて取り組んだ。まずは自動車冷却系の勉強から始め、現地スタッフに何度も質問しながら冷却液の注入工程を一から見直した。時には現場に出て作業者の動きを確認したり、製造ラインの停まるお昼休みに、現地スタッフと協力して注入量の計測を行った。その結果、注入量不足に対する改善案を提案することができ、問題解決に貢献することが出来た。

今回の経験を通して、自ら積極的に行動することで周囲の方々の協力を得て、問題解決に繋げることができると実感した。初めはタイ英語を聞き取ることには大変苦労し、注入装置に関する説明もほとんど理解できなかった。しかし、何度もかたことの英語と絵やジェスチャーを用いて質問を重ねることで、現地スタッフも自分が理解できるまで説明してくださり、困っていたら声をかけてくれるようになった。そうしてタイ英語が聞き取れるようになり研修テーマに関する理解も深まった。今後海外で働くことになった際には今回の研修で学んだことを活かし、積極的に周囲に働きかけコミュニケーションを図ることで仕事を進めていきたいと思った。

6. 謝辞

今回の研修を進めるにあたり、牟田様、田中様、竹谷様、をはじめとする日本人スタッフの方々、指導係のヌーン様、ケム様、ナット様、パオ様、チャオ様をはじめとする多くのタイ人スタッフの方々には大変お世話になりました。皆様の助けがあったからこそ今回の研修を無事完了することが出来ました。

田中康雄副社長をはじめとする日本人スタッフの牟田様、田中様、竹谷様には研修中だけでなく生活面でも多大なるサポートをして頂きました。就業後や休日に食事や観光に連れて行って頂いたおかげで、充実した生活を送ることが出来ました。

また、本研修を行うに当たり、運営並びに研修の支援をして下さった山本先生、高品先生をはじめとする ECBO 実行委員の先生方、1年間に渡るプログラム全般をご支援くださいました工学研究科事務スタッフの皆様にも誌面をお借りして厚くお礼申し上げます。

また、1ヶ月間現地での研修をともにした張君とは通勤バスで何度も議論を重ね、お互いに液体注入装置への理解を深めることが出来ました。本当にありがとうございました。

最後になりましたが、全体を通して約1年間に渡る研修で私を大きく成長させてくれた ECBO プログラムが、来年度以降も益々発展していくことを願いまして謝辞とさせていただきます。
