

No. **104** テーマ **しゅじく たいさく はいしゅつりょう さくげん**  
**104** **主軸モーターオーバーヒート対策によるCO2排出量の削減**

会社・事業所 **とよたじどうしよつき おおぶこうじょう** **株式会社 豊田自動織機 大府工場** 発表者 **ひらい たかゆき** **平井 貴之**

**豊田自動織機**

関連会社数: 98社 (海外), 47社 (国内), 45社 (海外), 50社 (国内)

No.1

自動率部門売上高 **1兆1602億円**

大府工場 (愛知県)

大府保全課

サークルメンバー

我々KAIZENサークルは大府保全課・計画改善係の中の10名で構成され...

**テーマの選定**

事業部方針に伴う大府保全課の年度実施項目からメンバー全員で解決すべき問題の洗い出しを実施。22年度はSEQCDMすべての項目で目標は達成できていることから「この中からは解決すべき問題は見当たらない」と判断しようとしたところ、メンバーの松本さんより「CO2排出削減量の目標達成がギリギリですけれど、このままで大丈夫ですか?」との指摘がありました。

実施項目	S(安全)		E(環境)		Q(品質)	
	目標達成率 (%)	STOP% (件)	CO2排出削減量 (t)	ロス削減率 (%)	品質不良発生率 (%)	顧客満足度 (%)
目標	0	0	20	8	0	90
実績	0	2	20.45	10	0	97
評価	○	○	○	○	○	○

加えてサークルリーダーの霍田組長より、コンプレッサ事業部では顧客CO2排出目標計画に合わせ、2021年に7次プランから移行した35年ゼロプランにより再生エネルギーの購入や省エネの見込みに加え――

**課題: 2025年55千ton 排出量削減必要**

更なるCO2削減案件の積み増しが今後必要になっていくという環境委員会での情報展開もあり、今後大府保全課のCO2削減量目標も厳しくなることが見込まれることからサークルメンバーの意見も一致。CO2排出量削減に取り組むことに決定しました。

そこで対策によりCO2排出量の削減が見込める案件をメンバーで洗い出し、それぞれ算出した現在のCO2排出量と5つの評価基準から順位付けを行った結果『6SC/B①ベースマシン主軸モーターのスポットクーラー冷却』をCO2排出量削減のテーマとして活動することに決定しました。

案件	CO2排出量 [t/年]	評価基準					総合評価	順位
		安全性	実力発揮	期待効果	緊急性	困り具合		
シャフト用インバータ駆動モーター老朽化		高効率モーターへ更新のための除外						
油圧ホース寿命による可動率低下	7.1	○	○	△	○	○	13	3
<b>6SC/B①ベースマシン主軸モーターのスポットクーラー冷却</b>	<b>27.2</b>	<b>◎</b>	<b>◎</b>	<b>◎</b>	<b>◎</b>	<b>◎</b>	<b>25</b>	<b>1</b>
生産中止PLC突然故障による可動率低下	7.7	○	○	△	○	○	13	2
ロボドリルスライドカバー破損による可動率低下	4.9	○	△	○	△	○	11	4

◎:5点 ○:3点 △:1点 ×:0点

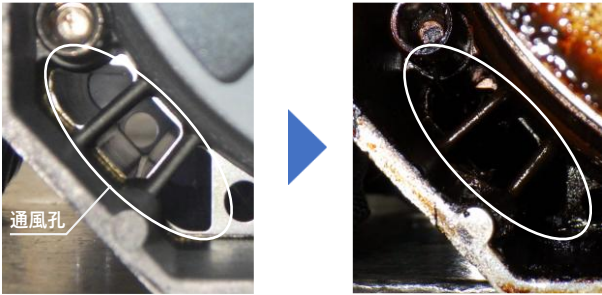
**現状把握**

金属の切削加工を行う工作機械の中には切削に使用する刃物を回転させるための主軸モーターが付いています。そのモーターの外周には通風孔が設けられており、加工時の負荷で発熱する主軸モーターに対しファンモーターで吸い上げられた空気がこの通風孔を流れることでモーターを冷却しています。

しかし機内環境は『クーラント』と呼ばれる水溶性の切削油から発生するミストで満たされており――

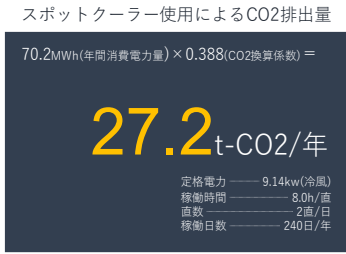
QCサークル紹介	サークル名(フリガナ) <b>KAIZEN (カイズン)</b>		発表形式 <b>PowerPoint</b>
本部登録番号	69-195	サークル結成年月	2008年1月
メンバー構成	10名	会合は就業時間	内・外・両方
平均年齢	38.7歳 (最高48歳、最低29歳)	月あたりの会合回数	1回
テーマ歴	本テーマで 34件目 社外発表 1件目	1回あたりの会合時間	0.5時間
本テーマの活動期間	2023年1月 ~ 2023年5月	本テーマの会合回数	6回
発表者の所属	コンプレッサ事業部 製造第二部 大府保全課		勤続 21年

そのミストが通風孔内でモーターに付着。モーターの熱によりミストの水分が揮発しその残留物が通風孔を塞ぎ始めます。

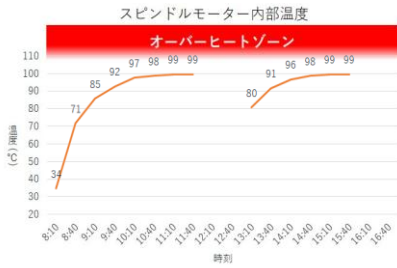


これによりモーターの冷却能力は低下しモーター温度は更に上昇。残留物の発生も加速し、更に通風孔が塞がるという悪循環に陥り、最終的にはオーバーヒートとなります。

このオーバーヒート対策に現在は定期的な通風孔の清掃やファンモーターの交換に加え、『ベースマシン』と呼ばれる加工機ではスポットクーラーによる冷却も追加されており、このスポットクーラーにより年間27.2tのCO2が排出されています。



このことからスポットクーラーでムダに冷やし過ぎていないか、現在のモーター内部温度を調査したところ、オーバーヒート温度110°Cに対し100°C付近にまで達していることが判明。



さらに保全課の出勤履歴を確認したところ、当該設備の主軸モーターオーバーヒートはスポットクーラーの設置や定期的な通風孔の清掃により減少こそしているものの撲滅には至っていない現状も発覚。



加えて現地では工場エアを吹き付けてオーバーヒート対策を行っている設備もあることが判明し――



これら工場エアを使用した冷却法からもCO2排出量を算出・合計した結果、もともと年間27.2tと見込んでいたCO2排出量が、現在は84.8tも排出していることがわかりました。



## 目標の設定

これらの現状から設定した目標は――

### いつの何を(特性値)

2022年度6SC/B①ベースマシン全6台のオーバーヒート対策で84.8t/年排出しているCO2を

### いつからいつまでに

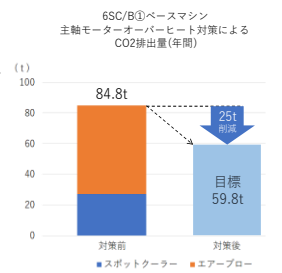
2023年1月から5月末までに

### どれだけに(目標値)

59.8t/年に

### 目標設定の根拠

23年度予想25t/年の大府保全課CO2削減目標を達成できる

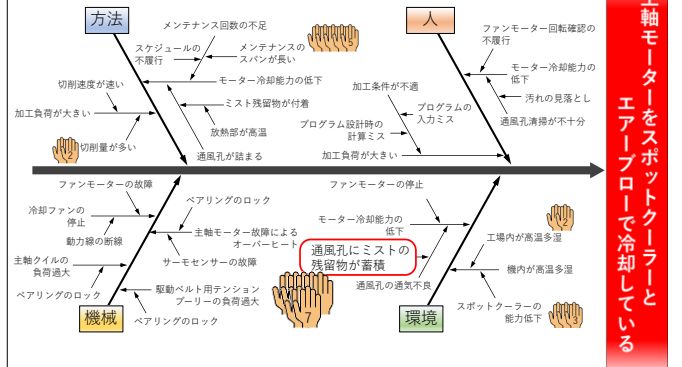


活動計画はこのように計画。ほぼ予定通りに進めることができました。

実施項目	担当	1月	2月	3月	4月	5月	計画	実績
テーマの選定	全員	→					1/20	1/20
現状把握	吉田仁・内田	→					1/31	1/31
目標の設定	渡辺・深町	→					2/5	2/5
活動計画	松本・吉田仁	→	→				2/12	2/12
要因解析	全員	→	→				2/26	2/26
対策の検討・実施	全員	→	→	→			4/17	4/24
効果の確認	吉田哲・邑上	→	→	→	→		5/22	5/22
標準化と管理の定着	平井・川合	→	→	→	→	→	5/31	5/31

## 要因の解析

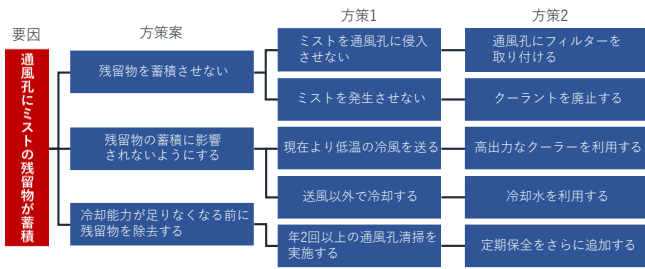
『主軸モーターをスポットクーラーとエアブローで冷却している』を特性に、特性要因図にて要因の洗い出しを実施。メンバーの挙手で重みづけを行った結果、『通風孔にミストの残留物が蓄積』を重要要因として検証することに決定しました



主軸モーターをスポットクーラーとエアブローで冷却している

## 対策案の検討

要因解析で選定した重要要因から系統図にて方策の洗い出しを実施。



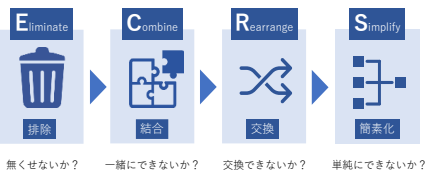
洗い出した方策からコスト、実現性、オーバーヒート防止効果、そしてCO2削減効果の4項目にてメンバー全員でそれぞれを評価した結果、評価の高かった「定期保全をさらに追加する」に決定しようとしたところ、ベテランの渡辺

さんより「作業や工程を増やす改善手段は誰かの仕事を増やす追加型の改善。あくまでそれは最終手段としてもう一度方策を見直してみませんか？」との提案があり、またその選定には『ECRSの4原則』の活用が有効とのアドバイスをいただきました。

方策	コスト	実現性	オーバーヒート防止効果	CO2削減効果	評価
通風孔にフィルターを取り付ける	◎	△	△	△	8
クーラントを廃止する	×	×	◎	◎	10
高出力なクーラーを利用する	×	◎	◎	×	10
冷却水を利用する	×	×	◎	◎	10
定期保全をさらに追加する	○	○	○	◎	14



### ECRSの4原則



#### ここがポイント

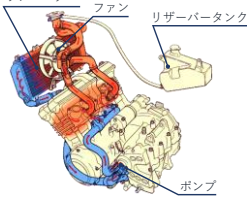
排除、結合、交換、簡素化の4つの頭文字を取った業務改善を実施する上での視点を示したものの、この原則を用いることで追加型改善を防ぎつつ、少ない手間とコストで大きな改善効果が期待できる。

そうはいわれてもなほ\_\_と悩みながら迎えたこの週の休日、私の趣味であるオートバイのメンテナンスをしていると、むきだしのエンジンが目に残りました。

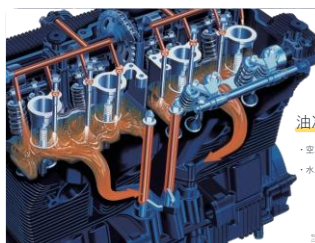
オートバイのエンジンも主軸モーターと同様に空気で冷やす空冷式と冷却水を循環させて冷やす水冷式の2つがあり、空冷にはモーターの通風孔に相当する冷却フィンが、水冷には冷却水と設備のチラーに相当する様々な装備が追加されているのですが、実はもう一つオートバイ以外ではあまり馴染みのない冷却方式があったことを思い出しました。



空冷式エンジン



水冷式エンジン



油冷式エンジン

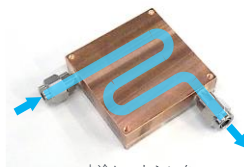
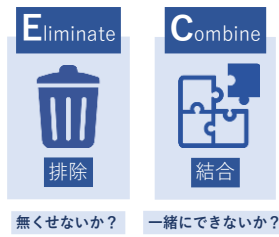
- ・空冷式より冷却性能 (良)
- ・水冷式より部品点数 (多)

それは『油冷(ゆれい)』と呼ばれる冷却方式で、元々潤滑油としてエンジン内を循環するエンジンオイルを冷媒として高温部にも積極的に流し、エンジンを冷却する方式です。これにより空冷よりも冷却能力は優れ、水冷よりも追加部品が少ないというメリットがあります。

そこで対策案に挙がっていたもののコストと実現性で評価が低かった『冷却水を利用する』についても一度考察。

方策	コスト	実現性	オーバーヒート防止効果	CO2削減効果	評価
通風孔にフィルターを取り付ける	◎	△	△	△	8
クーラントを廃止する	×	×	◎	◎	10
高出力なクーラーを利用する	×	◎	◎	×	10
冷却水を利用する	×	×	◎	◎	10
定期保全をさらに追加する	○	○	○	◎	14

もともと切削油として設備を循環し、さらには通風孔を詰まらせるミストの発生源でもあった切削クーラントをモーターの冷却水としても利用できないだろうか? 利用できるのであれば水冷化に必要と思われた専用の冷却水や、チラーといった装備の追加が不要となり検討時にネックとなっていたコストや実現性の問題も解決できるのではないかと考え、液体を利用した冷却法を調査。



水冷ヒートシンク

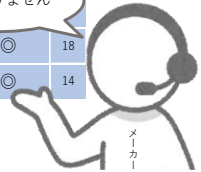
その結果、冷却水を流すことで接する対象物を冷却する『水冷ヒートシンク』という物があることがわかりました。

そこで冷却水ではなく、切削クーラントを冷媒として使用することについてヒートシンクメーカーへ問い合わせたところ、クーラントの成分、使用圧力ともに問題ないとの回答を頂いたこと

から「切削クーラントをモーター冷却に利用する」に方策を変更。実施することに決定しました。

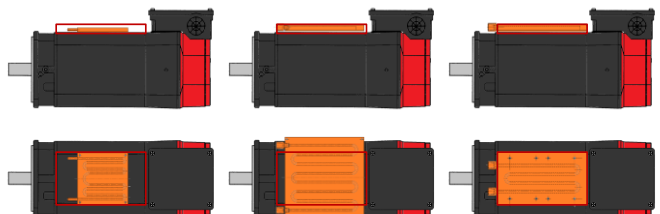
方策	コスト	実現性	オーバーヒート防止効果	CO2削減効果	評価
通風孔にフィルターを取り付ける	◎	△	△	△	8
クーラントを廃止する	×	×	◎	◎	10
高出力なクーラーを利用する	×	◎	◎	×	10
切削クーラントをモーター冷却に利用する	○	◎	◎	◎	18
定期保全をさらに追加する	○	○	○	◎	14

問題ありません



## 対策案の実施

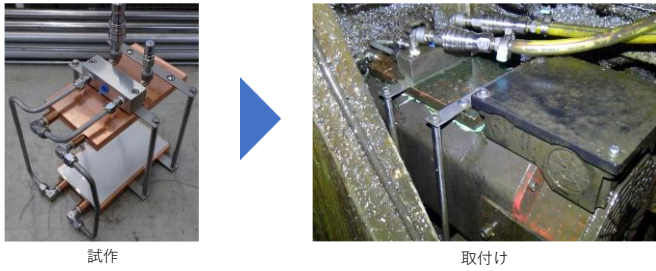
決定した対策案から主軸モーターの平面部を基準に、ヒートシンクメーカーのラインナップから、ちょうどいいサイズを選定。



ちょうどいい!

梅田さん 深野さん

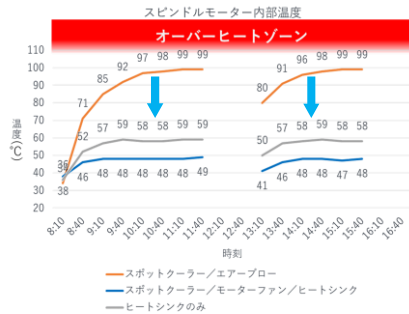
そのヒートシンクでモーターを上下から挟み込む形状の取付けユニットを設計し、試作品を製作。実際にベースマシンへ取付けケラントを流してみたところ——



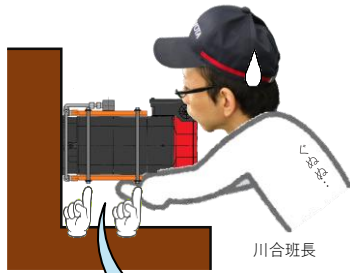
試作

取付け

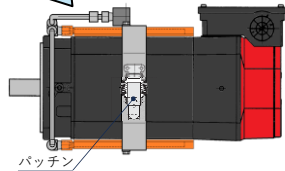
モーター内部温度は50°C付近で安定することが確認できました。この結果からスポットクーラー、エアブローを停止。加えてファンモーターも停止させ通風孔が詰まった状態を再現し、ヒートシンク単体での冷却能力を確認したところ、単体でも60°C付近で安定させられる能力が確認できました。



この結果を踏まえ残り5台へも対策の展開をしようとしたところ、試作品の取り付け作業を行った川合班長より「この構造だと取付けのネジ穴が見えない上に、ヒートシンクを支えながらボルトを入れなければならないから取付けが難しいなあ」との意見があり、追加の対策を検討。



固定をボルト式ではなくスナップ錠(通称：パッチン)で行える仕様へ再設計し作業者のスキルに関係なく取付けを容易に行えるようにしました。

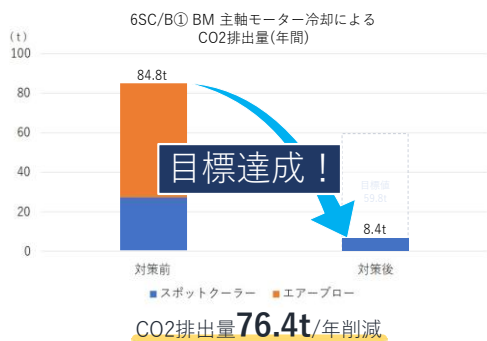


またこの仕様変更を聞きつけた現場の班長さんたちから「これならライン終了後に、僕たちでも取り付けられそうだから手伝うよ」と、展開作業の積極的な力添えもいただくことができました。

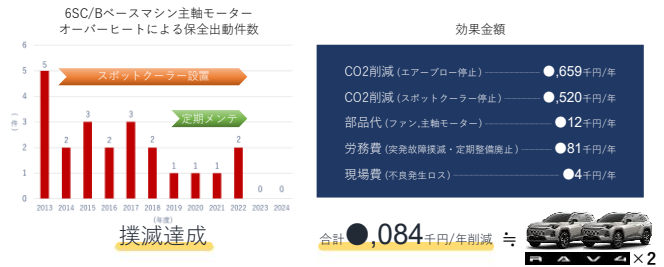


### 効果の確認

水冷ヒートシンクの採用でスポットクーラー、エアブローの双方を停止できたことにより、年間84.8tあったCO2排出量を23年度は8.4tにまで削減。結果23年度は76.4tものCO2を削減できたことから、目標を大きく上回る結果で達成することができました。



また付随効果として従来の対策では未達だった主軸モーターオーバーヒートの撲滅も達成。加えて金額面では年間で当社生産車両のRAV4、2台分と同等の削減効果がありました。



### 標準化と管理の定着

まず標準化としてヒートシンクの脱着が必要な作業の際、正しく復元させるためにPMワンポイントにてヒートシンク脱着法の展開を実施。

2つ目に、ヒートシンクによる十分な冷却能力を確認したことから通風孔清掃とファンモーター交換の定期作業の廃止をカレンダー登録の抹消にて実施。

	いつ	どこで	何を	どのように	なぜ	だれが
標準化	5月26日	保全課	ヒートシンク着脱法の展開	PMワンポイントを作成	脱着が必要な作業後正しく復元させるため	平井
	5月23日	保全課	通風孔の定期清掃、ファンモーターの定期交換の廃止	カレンダー登録を抹消	主軸モーターの冷却に影響がないため	川合
	5月15日	6SC/B①ベースマシン	追加したクーラントバルブに主軸冷却、及び常時間の表記	バルブヘタグを添付	バルブ誤操作の防止	平井
管理の定着	始業開始前	6SC/B①ベースマシン	ヒートシンクリターンホースからの吐出確認	目視	冷却効果維持のため	現場作業者
横展開	10月10日	保全課 職略ルーム	他工場へ今回の活動内容・結果の報告	全社保全連絡会	CO2排出を抑えた冷却法の情報共有	本田工長

3つ目に、追加したクーラントバルブの誤操作防止のためバルブに『主軸冷却用』、及び『常時間』を記したタグの添付を実施。

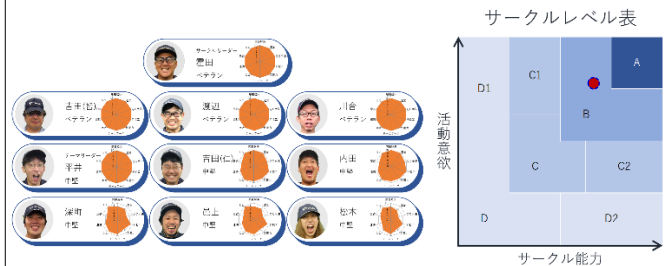


管理の定着として冷却効果の維持を目的に、始業開始前にヒートシンクリターンホースからのクーラントの吐出を確認。

最後に横展開としてCO2排出を抑えた冷却法の情報共有のため全社保全連絡会にて他工場へ今回の活動内容と結果の報告を実施しました。

### まとめ

今回のサークル活動を通じて中堅全体のレベルが向上。これによりサークルレベルの向上を達成することができました。



### 今回の活動で学んだ大切さ

今回の活動では普段の職場内でのコミュニケーションが活き、メンバー各々の気付きや知識を活動に反映できたことが目標を大きく上回ることができた要因のひとつだと思います。

また見逃していた現実を現地での現状把握で発見できたことや、今まで以上に現場の方々ともコミュニケーションが取れたことで私たちの活動を理解していただき力添えまで頂けたことから現地現物確認の大切さを改めて学ぶことができました。

そして誰かの負担となる追加型の対策に走る前に『誰かの仕事を楽にする』というTPS(トヨタ生産方式)の原点といわれる考え方で改善を進める大切さと効果の大きさを実感することができました。

今回の活動で改めて学んだこれらの事を、今後の活動にも活かしてまいります。

