

# CO<sub>2</sub>排出量に関する意識調査アンケート報告書



2023/9/1 発表

※引用の際は出典明記をお願いします。

コーティング・コンソーシアム (C o C o)

J PMA : 日本塗料工業会 / I P C O : 国際工業塗装高度化推進会議 / C E M A : 日本塗装機械工業会

はじめに

工業塗装専門業者を中心に、CO<sub>2</sub>排出量の意識調査アンケートを実施した結果、現時点でCO<sub>2</sub>削減に取り組んでいない事業者が63%と半数を超えた。その理由として「今は考えていない」が大半を占め、優先度が低い現状が明らかとなった。

また、工程別のCO<sub>2</sub>排出割合調査では“塗料製造によるもの”、“電気”、“ガス”の3項目で全体の90%を占め、ライン全体の排出量が少ない事業者では塗料製造によるもの、排出量が多い事業者ではガス・電気の割合が多いなど、ライン全体の排出量により、効果的な対策は異なることが考えられた。

最後に、塗料・塗装・機器といった着眼点の異なる3つの方向性からCO<sub>2</sub>削減事例を紹介しているため、各社状況に合わせて取組みへのヒントとしていただければ幸いである。

## ・目次

### 1. 調査概要と回答企業について

1.1 調査の目的	3
1.2 調査内容	3
1.3 回答企業	3

### 2. 工業塗装におけるCO<sub>2</sub>排出量調査結果について

2.1 試算方法	4
2.2 年間総排出量	5
2.3 排出源別CO <sub>2</sub> 排出量の割合	5

### 3. カーボンニュートラルへ向けた取組み状況

3.1 取組み状況	6
3.2 既に取り組まれている事業者の削減目標	7

### 4. 調査結果からのご提案(アプローチ別CO<sub>2</sub>削減事例)

4.1 塗料面(JPMA)	8
4.2 塗装面(IPCO)	9
4.3 機器面(CEMA)	12

## 1. 調査概要と回答企業について

### 1.1 調査の目的

国際的な環境改善が進められている中、塗料・塗装業界でもカーボンニュートラル推進が求められている。本調査では工業塗装の工程全体を見たCO<sub>2</sub>排出量や取組み状況など、現状を把握し、今後取り組むべき課題を共有化することを目的とした。

### 1.2 調査内容

期間：2023年4月17日(月)～2023年6月16日(金)

対象：工業塗装事業者の皆様

方法：インターネット、関係者訪問による紙面回答

### 1.3 回答企業

回答数：65

回答いただいた企業の分類を下記に示す。

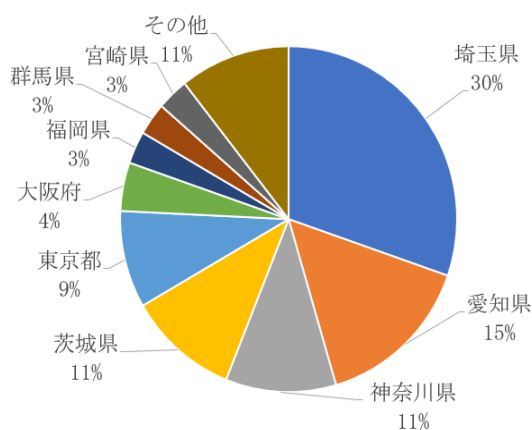


図1 工場の所在する都道府県

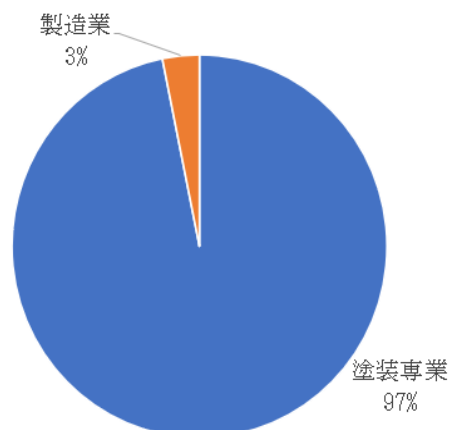


図2 業務形態

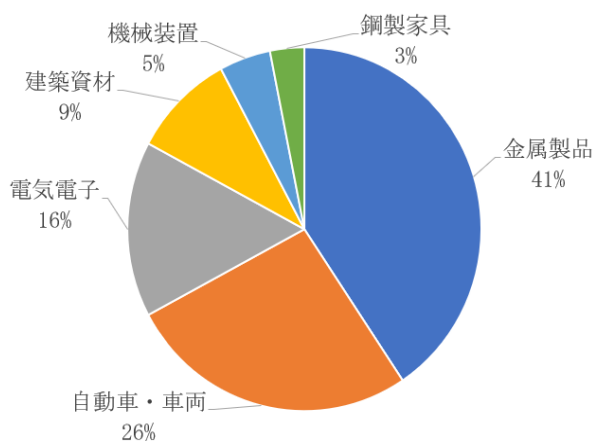


図3 主な産業分野

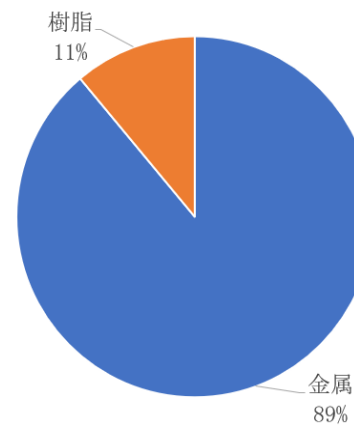


図4 主な被塗物素材

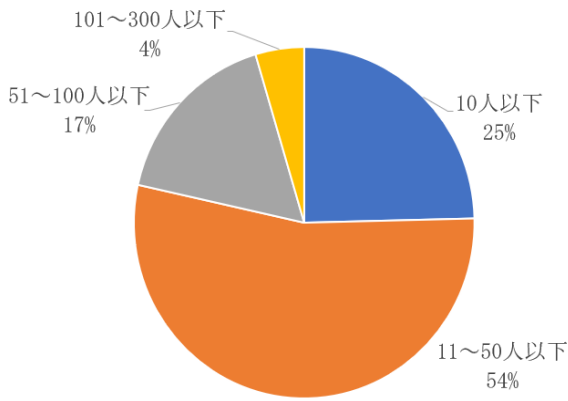


図5 従業員数

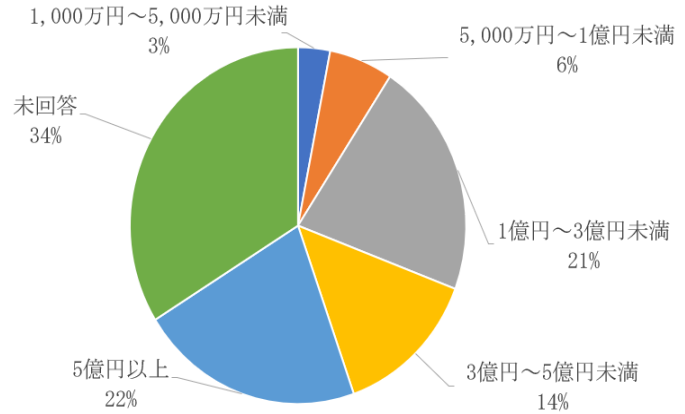


図6 年間売上金額

本調査は、工業塗装の実態を把握すべく塗装業者を中心に実施。従業員は50人以下、被塗物素材は金属を塗装する事業者が大半を占めた。主な産業分野や年間売上金額は上記のように分散した。

## 2. 工業塗装におけるCO<sub>2</sub>排出量調査結果について

### 2.1 試算方法

(下記内容にて試算)

範囲：前処理・塗料・電気・ガス・水道・産業廃棄物(廃プラ・廃油・汚泥)

排出係数：表1・2記載の代表値を使用

※ 詳細は塗料種類や工場所在地により異なるため、メーカーや下記参照先をご確認のこと。

(試算方法)

CO<sub>2</sub>総排出量：年間使用量・処理量×排出係数、その合計値とした。

表1 試算に使用した排出係数

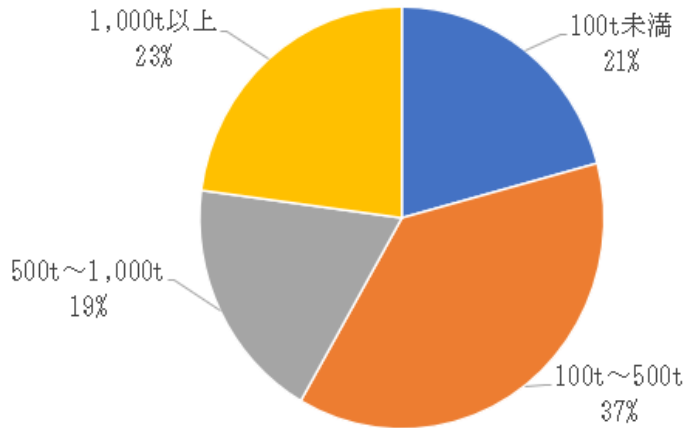
分類	排出係数	参照先
電気	0.434 kg-CO <sub>2</sub> /kwh	環境省・電気事業者別排出係数一覧(令和5年全国平均係数)
ガス	2.29 kg-CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup>	東京ガスHP
水道	0.235 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	東京都水道局HP(令和3年度実績値)
廃プラ	2.57 kg-CO <sub>2</sub> /t	1997年廃棄物学会誌参照
廃油	2.93 kg-CO <sub>2</sub> /t	同上
汚泥	1.1 kg-CO <sub>2</sub> /t	同上
前処理	12.6 g-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	水系参考値(溶剤は1.8kg-CO <sub>2</sub> /kgにて試算)

表2 工業用モデル塗料1kg製造時のCO<sub>2</sub>排出量試算値(日本塗料工業会)

分類	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /kg-塗料)	分類	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /kg-塗料)
ポリエステル粉体	5.3	水性アルキドメラミン	4.2
アクリルメラミン溶剤系	4.6	水性アクリルメラミン	3.2
アルキドメラミン溶剤系	5.2	シンナー	1.8
エポキシ電着	2.1	エポキシポリエステル粉体	5.3
溶剤系ウレタン	3.5	エポキシ粉体	5.3
溶剤系エポキシ	4.7	フッ素2液	3.6
2液型ウレタン	3.6	水性耐熱	4.2
2液型エポキシ	3.6	アクリル系UV	3.2
速乾フタル酸	3.9	1液ラッカー	4.7

## 2.2 年間総排出量

使用量を記入いただいた49件を対象として試算した。

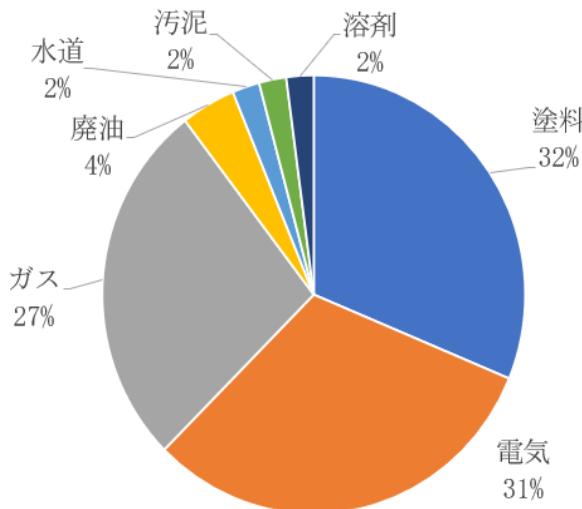


本調査では、左記分類において100t~500tの割合が大きく、総排出量は5t~12,566t-CO<sub>2</sub>と大きな差が見られた。また、3,000t-CO<sub>2</sub>を超える事業者は全体の6%であった。

図7 CO<sub>2</sub>総排出量

## 2.3 排出源別CO<sub>2</sub>排出量の割合

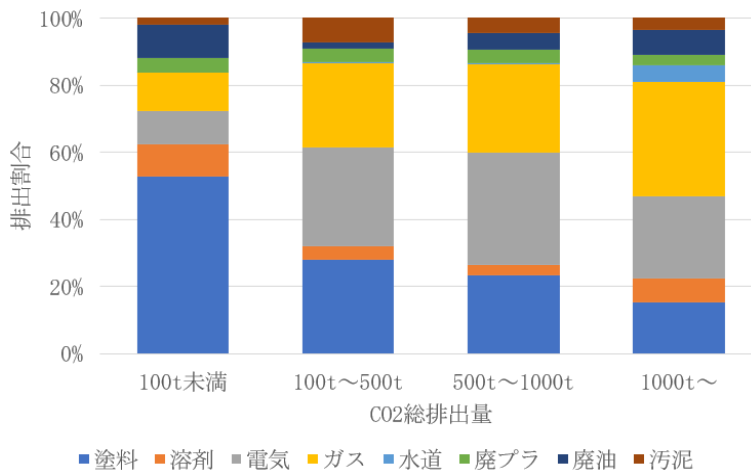
各社で最もCO<sub>2</sub>排出量が多い分類を抽出し、その割合を下記に示す。



最も排出量が多い分類は、塗料・電気ガスで全体の90%を占めた。上位3項目に対し排出量削減を進めることにより、工業塗装全般での削減効果が期待される。

図8 CO<sub>2</sub>排出量割合

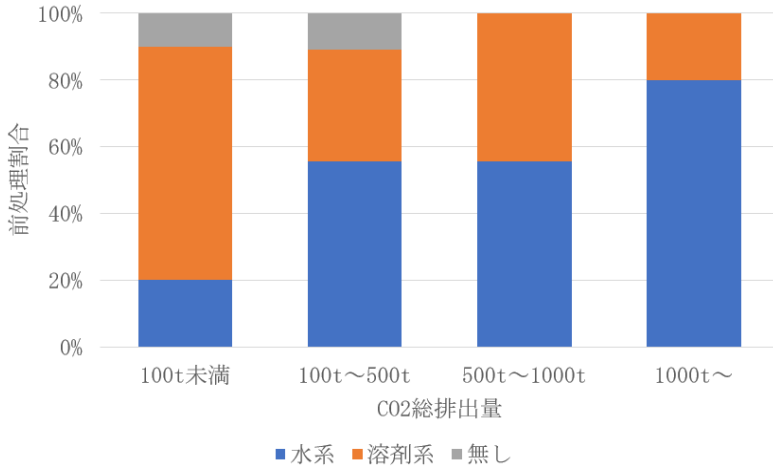
総排出量の分類毎に、各排出源のCO<sub>2</sub>排出割合を下記に示す。



排出量が少ない範囲では塗料使用による割合が高いが、排出量増加に伴い、ガス・電気の割合が増加傾向であった。CO<sub>2</sub>排出総量により、各事業所の削減に向けた効果的な対策は異なるものと思われる。

図9 CO<sub>2</sub>総排出量の違いによる排出源別割合

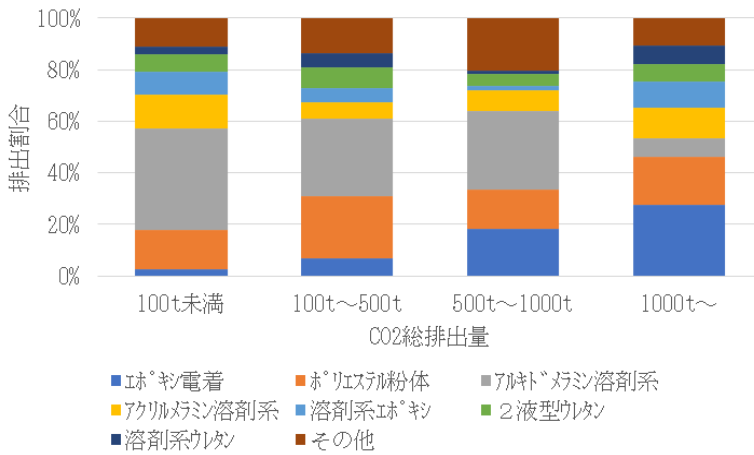
総排出量の分類毎に、前処理種類の割合を下記に示す。



排出総量増加に伴い、水系を採用している事業者が増加する傾向が見られた。

図10 CO2総排出量の違いによる前処理種類

総排出量の分類毎に、使用塗料による排出割合を下記に示す。



アルキドメラミン溶剤系塗料を使用する事業者が多く見られたが、排出量増加に伴い減少傾向。一方で、エポキシ電着の割合が総排出量に伴い増加傾向であった。

※その他は下記の合計値  
 水性耐熱、2液エポキシ、フッ素2液  
 粉体(エポキシ・エポポリ)、速乾フタル酸  
 アクリルUV、1液ラッカー

図11 CO2総排出量の違いによる塗料割合

### 3. カーボンニュートラルへ向けた取組み状況

#### 3.1 取組み状況

本調査時のCO2削減への取組み状況を下記に示す。

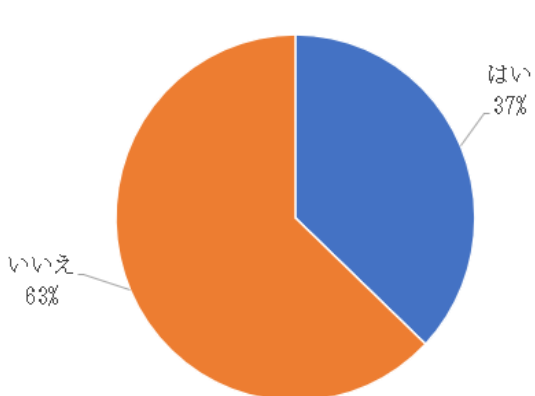


図12 CO2削減へ取組んでいるか

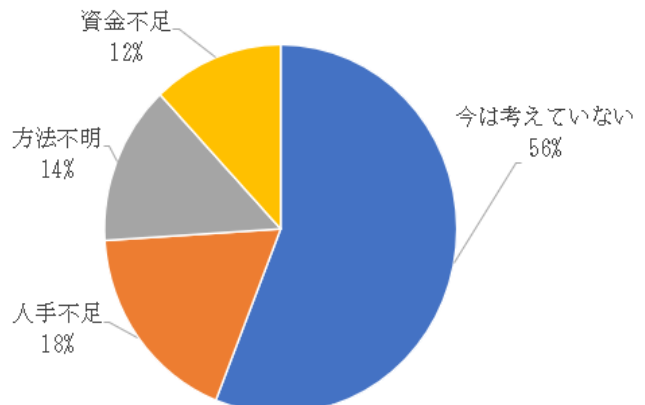


図13 現状取組んでいない理由

現時点でCO2削減に取り組んでいない事業者が63%と半数を超えた。その理由として「今は考えていない」が大半を占めた。カーボンニュートラルへの取り組みは2015年国連サミットで「持続可能な開発目標(SDGs)」が採択され、日本でも2050年までにCO2排出量を実質ゼロとする目標が宣言されるなど、サステナビリティへの意識は高まっているものの、人手や資金不足などを含め、各事業所において優先度は低い現状が明らかとなった。

例として、資金不足に対しては、塗料使用量削減によりCO2とコスト低減を両立する方法など費用対効果を合わせて検討する、方法不明に関しては、後述4に紹介の削減事例や各社から発信されている情報を参考にする、また人手不足に対しては、当コーティング・コンソーシアムに参画する各工業会の会員企業に相談いただければ、まずは何をどうすべきかなど、具体的な手掛かりを得るきっかけとなるものとする。

### 3.2 既に取り組まれている事業者の削減目標

具体的な目標を設定している14社の目標値と達成年度を下記に示す。

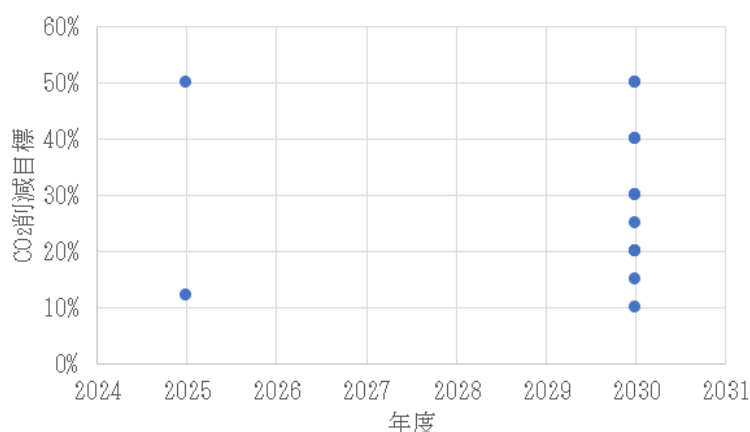


図 1 4 CO2削減への目標値と達成年度

目標値にバラつきはあるが、政府の掲げる2030年をターゲットに設定されている事業者が大半を占めた。取り組み内容は、直行率向上による稼働時間の短縮や省エネ機器導入による塗料・ガス電気使用量低減など、コスト削減と両立させる方法や太陽光発電の導入など、投資を伴う取り組みを進めているようだ。

## 4. 調査結果からのご提案（アプローチ別CO2削減事例）

これからの塗料・塗装業界におけるカーボンニュートラル推進には、各事業所に合った取り組みを行うため、関連業界の協力による活動が求められている。

現在、コーティング・コンソーシアムに参画する3団体(JPMA、IPC0、CEMA)からCO2削減に向けたアプローチ別の事例を次頁より紹介する。

これら事例には、何をすればどの程度の効果があるかを、あくまでもひとつの着眼点として記載しており、各社において取り組める内容があれば実践いただきたい。

CO<sub>2</sub>削減の実現に向けた改善技術紹介：塗料  
塗料種の違いによるCO<sub>2</sub>排出削減効果

### 1. 植物由来（バイオマス）塗料への変更

⇒塗料原料由来のCO<sub>2</sub>排出量をバイオマス度に応じて削減可能

<例> 塗料原料由来のCO<sub>2</sub>排出量が4.0kgの塗料をバイオマス度25%の塗料に置き換えると、CO<sub>2</sub>排出量は3.0kgに低減（最大値）

- ・バイオマス度10～30%の塗料が主流
- ・商品数がまだまだ少ない（開発途上）

### 2. 低温硬化塗料への変更

⇒低温焼付による乾燥工程からのCO<sub>2</sub>排出量削減

<例> 180℃焼付（従来塗料）を150℃焼付（低温硬化塗料）に変更した場合、16%削減可能（塗料メーカー試算値）。

	塗装単位面積当たりのCO <sub>2</sub> 排出量 (kg/m <sup>2</sup> )			年間排出量 (トン/年)
	塗料由来	塗装由来	合計	
従来塗料 180℃	0.264	0.681	0.944	870
<b>低温硬化 150℃</b>	<b>0.264</b>	<b>0.528</b>	<b>0.792</b>	<b>730</b>

(稼働時間：8時間/20日/月として試算)

### 3. 溶剤系から粉体・水系塗料への変更

環境省では大気放出分のVOCを間接CO<sub>2</sub>として日本の総CO<sub>2</sub>排出量に計上している。

⇒大気放出VOCを間接CO<sub>2</sub>とすると、粉体・水系塗料に変更することでCO<sub>2</sub>削減効果あり

NV = 50%の**溶剤系塗料**を1kg塗装すると、約1.3kgの間接CO<sub>2</sub>が排出される（VOC回収装置が無い場合）



粉体塗料の使用により、塗料由来の間接CO<sub>2</sub>排出量はゼロ



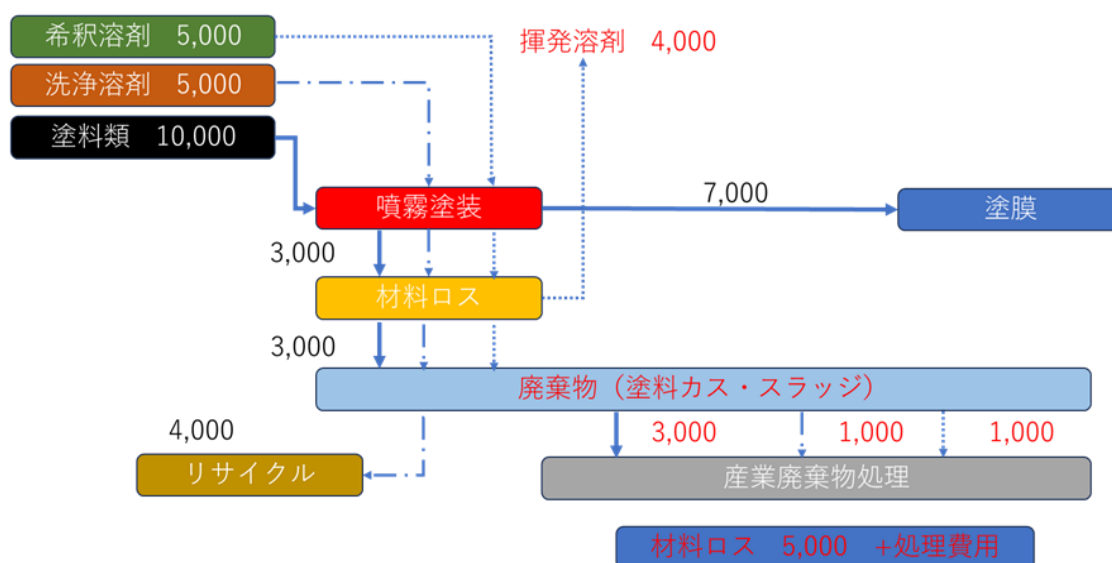
CO2 削減の実現に向けた改善技術紹介: 塗装

## 塗装工場の見える化ツール『ロスコストを探ろう』

CO2 排出量を活かして、自社のロスコストを”マテリアルフローコスト会計(MFCA)”によって算出することもできますので、トライしてください。

まずは、塗装工場のマテリアルコストである原材料の塗料類から着手されることをお勧めします。次図は、経済産業省発行の「マテリアルフローコスト会計導入ガイド」を引用しています。

### 現場見直しによるロスコスト試算



### 材料費のロス計算例

項目	単位	塗料類	希釈溶剤	洗浄溶剤	材料合計
購入材料	Kg	10,000	5,000	5,000	20,000
製品	Kg	7,000	0	4,000	13,000
材料ロス	Kg	3,000	5,000	1,000	9,000
材料購入単価	円/Kg	1,000	500	300	
材料購入費	円	10,000,000	2,500,000	1,500,000	13,000,000
正の製品コスト	円	7,000,000	0	1,200,000	8,200,000
負の製品コスト	円	3,000,000	2,500,000	300,000	5,800,000

#### MFCA の採用効果

- ① 環境負荷低減は、環境経営の重要テーマです。
- ② 廃棄物発生量の削減につながる改善を促進します。
- ③ 材料投入の削減や材料費の削減に直結し、コストダウンにつながります。
- ④ ロスコストは経済的損失であり、プロセスの「見える化」ともなります。

## エア漏れによるエネルギーロスを軽減して電気代削減&カーボンニュートラルに貢献



工場内で使用されているエアなどの気体。これらは漏れていても見ることができないため、漏れ対策は困難でした。このカメラは、超音波を高性能マイクで拾って映像に可視化することで、**漏れ箇所の特定**と**漏れ量の測定**を行います。エア漏れを軽減することでコンプレッサの電気使用量を減らし、**電気代削減・省エネ・CO2削減**を実現します。

### 特長 | 01 工場稼働中に検査可能

- ・周波数を調整することで、機械が稼働する音を拾わずにエア漏れの音のみを検知
- ・10m以上離れた箇所の漏れも検知できるため、短時間で工場全体を診断可能
- ・**工場稼働中に検査が可能**なため、エア漏れ箇所特定による従業員の時間外勤務が不要

### 特長 | 02 漏れによる損失金額・CO2排出量もレポートで報告

- ・診断結果はレポートとして報告
- ・漏れ箇所の写真とともに、漏れによる年間損失金額、**CO2排出量も数値化**して報告

**➡ エア漏れを修理して、CO2排出量の削減を実現**

## 検査事例 1日の検査で数百万円のエア漏れを検知したことも！

### Case 1 塗料製造工場

#### 漏れ箇所の写真



#### 検査レポート

損失金額順一覧表	
1	27.2 3468.2 1082.4 33.26 33.26 1082.4 1082.4
2	15.8 1964.2 784.8 24.27 24.26 784.8 784.8
3	4.8 493.1 206.4 7.76 22.26 206.4 1082.4
4	3.8 388.4 158.4 5.26 22.26 158.4 1082.4

#### 検査結果概要

漏れ箇所数	6箇所
漏れ量合計	69.1 L/min
推定CO2排出量*1	2,885.0 kg/年
年間損失金額*2	191,905 円/年

**ポイント** 工場内で使用する**圧縮空気**は、**工場**の**空気使用量の10%~20%**が、無駄に**漏れている**と言われています。

出展：一般社団法人 省エネルギーセンター

### Case2 メッキ塗装工場

#### 漏れ箇所の写真



#### 検査レポート

損失金額順一覧表	
1	138.1 3445.7 1329 38.42 33.26 1329 38.42
2	127.8 2716.8 1028.8 31.26 33.26 1028.8 1082.4
3	83.3 1764.7 794.8 24.26 22.26 794.8 1082.4
4	16.1 340.1 133.4 10.26 22.26 133.4 1082.4

#### 検査結果概要

漏れ箇所数	13箇所
漏れ量合計	410.0 L/min
推定CO2排出量*1	3,918.6 kg/年
年間損失金額*2	260,658 円/年

**ポイント** 稼働待機中のコンプレッサーからも**エアは漏れています**。その間も**無駄なCO2排出**が発生しています。

推定計算条件： \*1：CO2 排出係数=0.451kg \*2：1kwh=30円

## センサーを使用した現場の環境測定と常時監視

弊社では、センサーからのデータを取得しインターネットを通してリアルタイムの情報をWEBブラウザで確認するシステムをIPCOと協力し開発、製品化を進めています。

初期バージョンとして、VOC濃度の測定をターゲットといたしました。

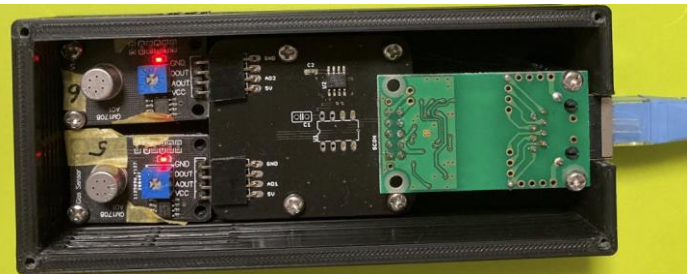
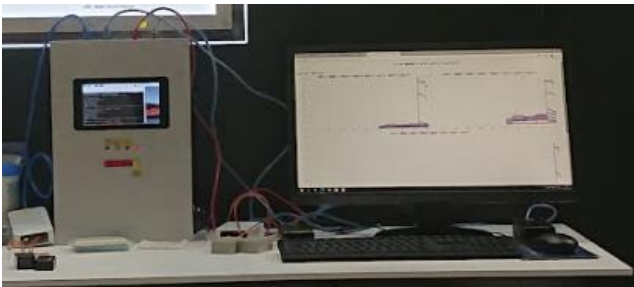
### 開発経緯とねらい

これまで塗装現場ではVOC(揮発性有機化合物)による健康被害がたびたび発生しており、2016年の労働安全衛生法の改正では、事業所におけるリスクアセスメントが義務付けられました。今回の開発ではIoTを活用して塗装現場のVOC濃度を常時監視し普段の作業の中に潜むリスクを定量的に判断し、効果的に現場に通知する手段の提供を目指します。

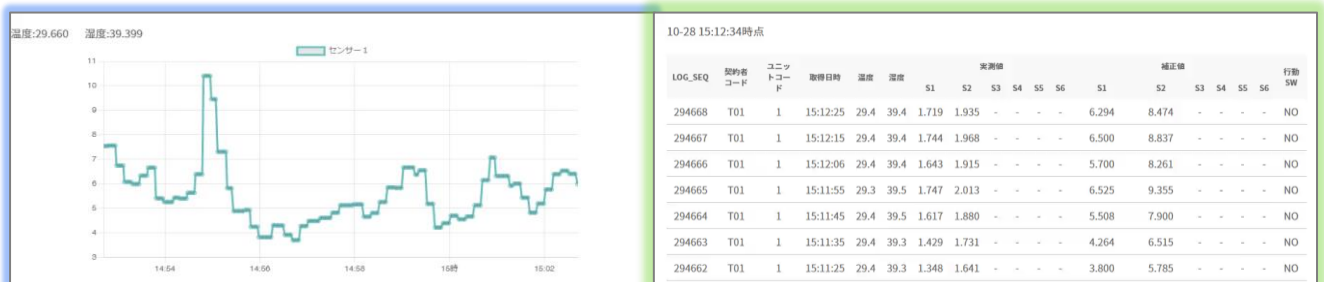


<展示会出品時> 試作機 と状態監視画面

試作品センサー部 写真



ブラウザでリアルタイムで表示されるグラフと取得値



センサーからの信号を受信し、随時データをインターネット上のサーバーに送信する仕組みはそのままに、センサーの種類を変更することで様々な用途に利用できます。

工場内での生産設備の使用状況を電流、電圧、温度などの面から常時監視をすることで製造時における様々なロスを確認できるようになり、生産効率を上げることができます。

結果として製造物、製品に対するCO2排出量を抑え、利益率の向上にも繋がると考えております。

## 塗料供給ポンプの電動化

塗装用の塗料供給ポンプには、圧縮空気を動力源とした空動式ポンプの他に、電動機を直接の動力とする電動式ポンプがあります。

それぞれに長所と短所がありますが、電動式ポンプはCO<sub>2</sub>の排出量削減に最適です。



### 空圧式ポンプの長所

- 動力源が圧縮空気なので、爆発性雰囲気下の環境下に設置可能
- 構造がシンプルで装置が軽量
- 塗料圧力は作動圧力と圧力倍率によって決まるため、制御が容易

### 空圧式ポンプの短所

- エネルギー効率が電動式ポンプと比べて低い
- 動作に伴う排気で騒音が発生する
- 排気時の断熱膨張によって周囲の熱を奪うため、結露が生じる



### 電動式ポンプの長所

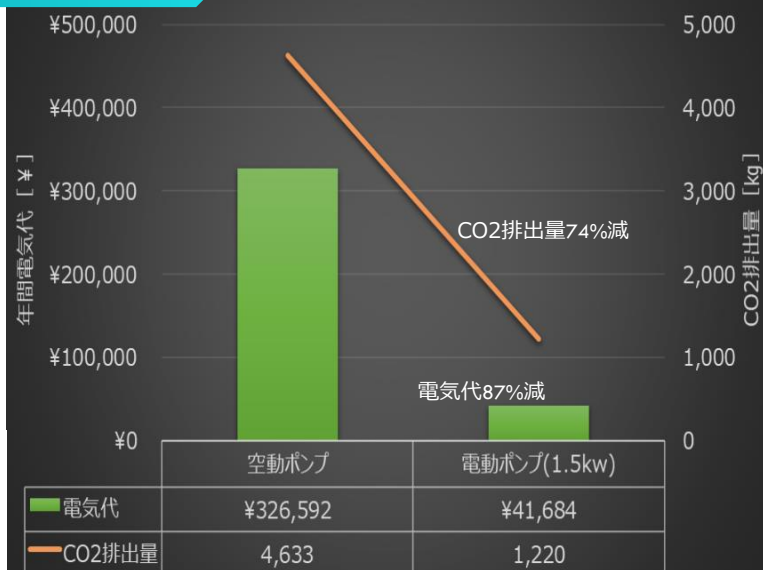
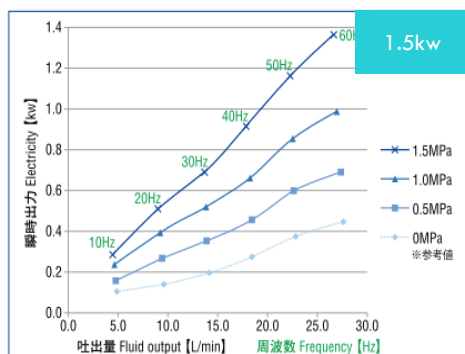
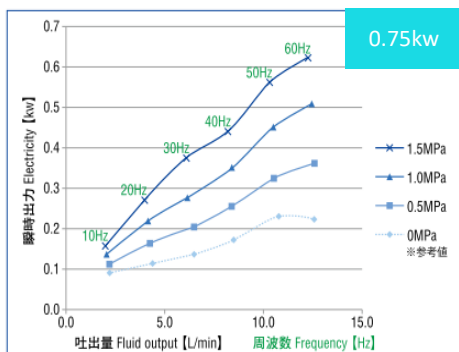
- エネルギー効率が高くCO<sub>2</sub>排出量削減に効果的
- アイドリング運転など、運転制御の最適化によるCO<sub>2</sub>排出量削減に効果的
- 各種センサ類との親和性が高く、塗料調合室全体の管理が可能
- 動作音が静かで、結露の発生原因もないため、作業環境を良好な状態に保てる

### 電動式ポンプの短所

- 動力を伝える機構が空圧式ポンプと比べて複雑となり装置が大型化する
- 電動機、制御盤、センサ類には危険箇所に適した防爆構造が必要となり、装置全体のイニシャルコストが高くなる

## 年間の電気代とCO<sub>2</sub>排出量削減の効果

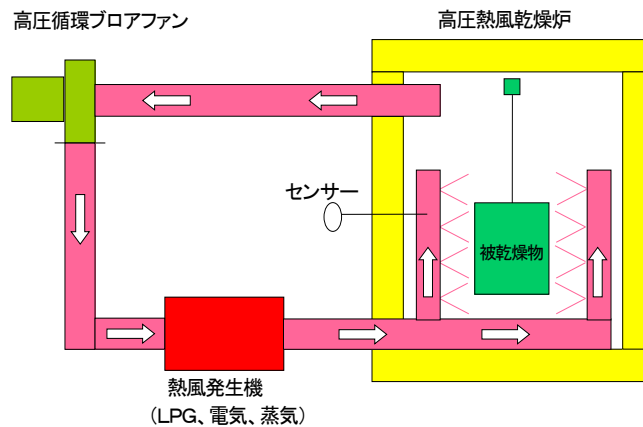
### 【電動ポンプの性能】



【条件】	電気料金	15	[ ¥ / kWh ]
	圧縮空気原単位	2.70	[ ¥ / m <sup>3</sup> ]
	1日の稼働時間	20	[ 時間 ]
	1年間の稼働日数	240	[ 日 ]
	ポンプ吐出量	稼働時 15	[ L / min ]
		アイドル時 5	[ L / min ]
	ポンプ吐出圧力	1.0	[ MPa ]

**CO<sub>2</sub>排出量が半分以下になる高圧熱風乾燥炉**

高圧熱風乾燥炉は風力を利用した乾燥炉で一般の雰囲気乾燥炉と比較して20倍速い風速方式は炉内に熱風吹き出しダクトを連立させて設定温度の熱風を被乾燥物に吹付ける方式です。その結果、エネルギーも半分で済み、CO<sub>2</sub>の排出量も半分以下に半減します



高圧熱風乾燥炉のシステムフロー



**特徴**

- 1) 乾燥時間は従来炉の半分以下に短縮する
- 2) エネルギーは50%以下に削減する
- 3) CO<sub>2</sub>の排出量も50%以下になる
- 4) 短時間乾燥により、人件費が削減する
- 5) 製造コストが下がる
- 6) 設定温度の熱風を吹付けるので温度ムラにならない、品質が向上する
- 7) 乾燥時間の短縮で炉長が半分近くに短縮され、有効スペースが生まれる
- 8) 従来炉と同じ設置スペースならば2倍の生産が可能となる
- 9) 粉体塗装は入り口側を雰囲気乾燥炉と同じ熱風風速で塗料が溶融した時点から高速で設定温度を吹き付けて生産する 2段階昇温が可能
- 10) 水素バーナーも出来上がり、水素サプライ側が出来れば、CO<sub>2</sub>排出量は0なり、完璧なカーボンニュートラルになる

CO<sub>2</sub>削減の実現に向けた改善技術紹介：機器/設備  
**粉体塗装機器による塗料使用量の低減**

塗着効率や生産性の高い塗装機器を選定する事で、塗料使用量低減によるコスト低減に加え塗料の製造や配送に伴うもの、廃棄塗料の産業廃棄物処理、ブースの稼働時間により電気使用量など、LCAの観点で多方面へのCO<sub>2</sub>低減が期待できます。

**デュアル電界方式の塗装機**

**※デュアル電界とは**

デュアル（二重）電界を形成することにより、  
 E1：静電効果（高塗着効率）と  
 E2：塗膜品質（静電反発の抑制）の両立を  
 可能とする新しい帯電方式です。  
 デュアル電界パットが逆電離現象の原因となる  
 過剰なフリーイオンのみを吸収することで、  
 効率的に付着させ、塗膜平滑性を保ちます。

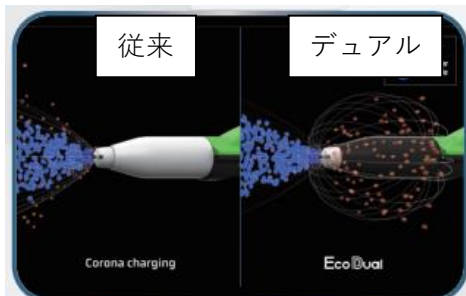
Generated dual electric field

Electric field: E1

Electric field: E2

粉体塗装では静電気力により塗料を付着しており、従来よりコロナ帯電方式が採用されています。この方式は塗料の帯電に寄与しないフリーイオンが塗膜表面へ蓄積する為、塗膜を荒らす逆電離現象が発生し易く、これが塗着効率や塗膜品質の低下につながります。

**塗装機変更(従来コロナ→デュアル電界方式)による効果**



塗料使用量：仕上がり同等で最大40%低減(当社実験による)



高い塗着効率を保ちつつ、上記のような仕上がり肌が向上

**CO<sub>2</sub>低減効果**

試算条件

塗料：ポリエステル粉体

使用量：60,000kg/年 塗着効率

従来：60%

デュアル：80%

運用：非回収で未付着塗料は廃棄

排出係数

ポリエステル粉体：5.7

廃プラ産廃：2.93

