

# **あきらめてはいけない！手吹き塗装 のゴミ・ブツ削減の対策事例**

**工業塗装高度化協議会  
環境技術分科会**

# 塗装工程のVOC排出削減

## 工業塗装高度化協議会 環境技術分科会のアプローチ

2009年6月18日 第1回 VOC対策セミナー『ECOでコスト削減！』	
① 塗装方法、塗り方の工夫	塗着効率UP、シンナー削減
② 塗装機器の洗浄方法見直し	脱溶剤の可能性
③ 各種環境対応塗料の導入	シンナー使用量削減

2011年6月15日 第2回塗装と環境セミナー	
『つくろう工業塗装の明るい未来！』	
④ ゴミ・ブツ削減の対策事例	ゴミ・ブツ削減でVOC削減！

# 実証の場のご紹介

- ・モデル工場 第一塗装工業株式会社
- ・実行メンバー 工業塗装高度化協議会 環境技術分科会

## 【第一塗装工業株式会社 会社概要】

創業	昭和16年1月11日
住所	本社工場 〒224-0054 横浜市都筑区佐江戸町739番
資本金	3,700万円
従業員	36名
代表者	早川政男
事業内容	金属塗装 メラミン塗装 ウレタン塗装 アクリル塗装 粉体塗装

# ゴミ・ブツ不良削減の実行ステップ

1. 塗装現場の確認

2. 原因調査・分析

3. 削減対策案

4. 削減対策の実施

5. 削減対策の結果確認

6. 削減効果の測定

# 1. 塗装現場の確認

2. 原因調査・分析

3. 削減対策案

4. 削減対策の実施

5. 削減対策の結果確認

6. 削減効果の測定

- 現場の環境、塗装工程の確認、作業者からの聞き取りなどを行う。

# 1. 塗装現場の確認

## 1. 1 塗装方法

- 重力式ハンドスプレーガン(サイドカップ型)
- 手吹きバッチ塗装
- ワーク: 金属部品(小～中形の機械部品)
- 吊るしおよび網置き方式

## 1. 2 塗装工程と動線 [図1上]

- ① ワーク搬入
- ② エアブロー
- ③ 塗装
- ④ ワークをセッティングゾーンへ移動
- ⑤ セッティング
- ⑥ 乾燥(電気炉あるいはガス炉)
- ⑦ 搬出、検査工程へ

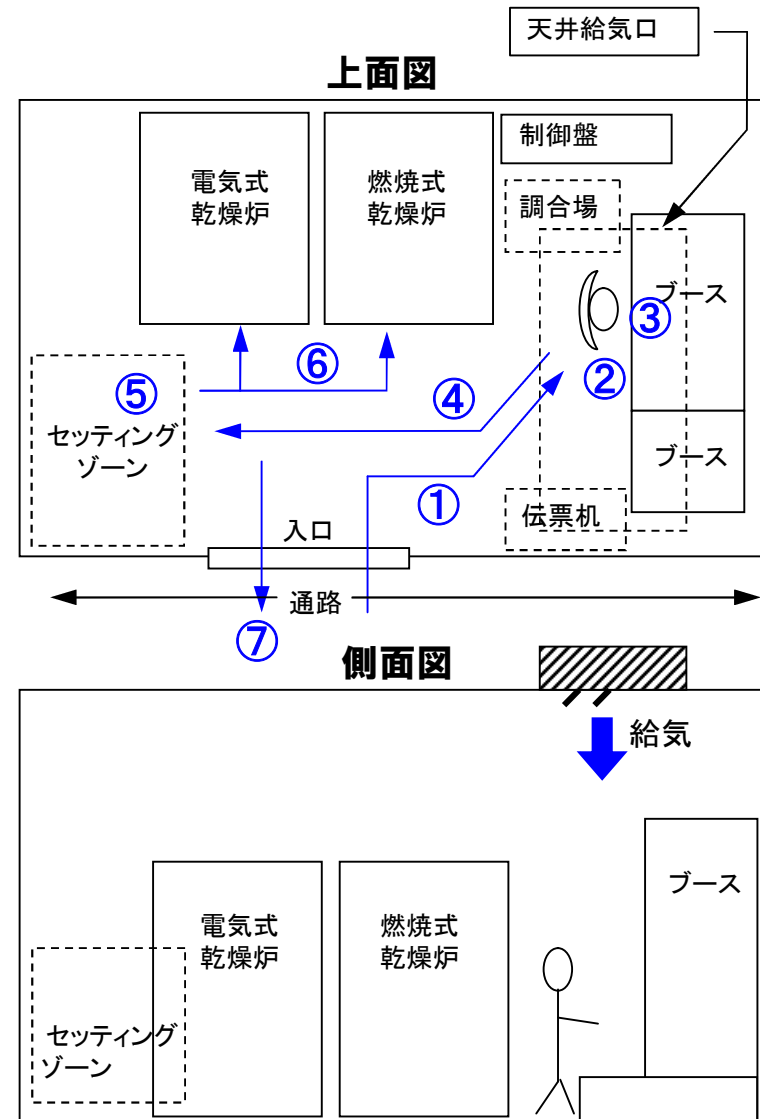


図1 塗装ゾーンのレイアウト 第1塗装ゾーン3F

## 1.3 塗装ゾーン内の直接確認

### 塗装ブース

- ブース周りが段ボールで覆われ乾燥した塗料と見られる『ダスト』が付着、堆積。
- スノコは塗料で汚れ『ダスト』が堆積。水は張られていない。



### 塗装ブースの周辺

- 乾燥した塗料と見られる『ダスト』が堆積。
- 紙類が多く置かれ乱雑（伝票、資料、図面など、風に揺れるものが多い）。
- キャビネットや台の上面、壁面に『ホコリ』が堆積している





## 給気口

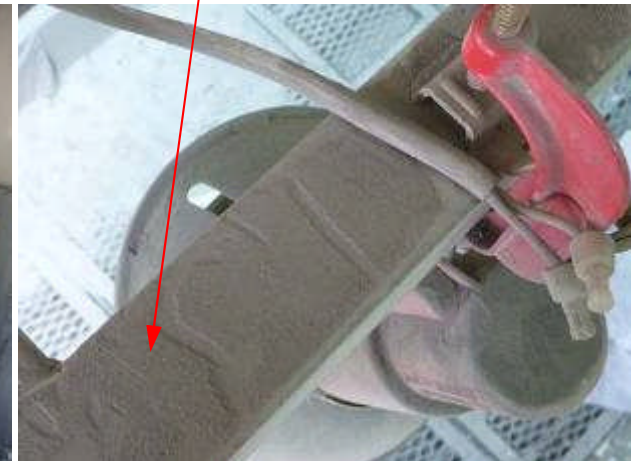
- 給気エアが直下の塗装作業場所付近を直撃している。
- 給気エア流を防ぐために塗装ブース上にダンボールの底を設けている。



ダンボール

## 塗装ブースの上

- 給気エアが直撃する段ボール上に乾燥した塗料と見られる『ダスト』が付着、堆積。
- ブース底付近にも多量に堆積。





### 塗装ブースの周辺

- 操作盤の上、壁面に乾燥した塗料と見られる『ダスト』が付着、堆積している。
- 加圧タンクも同様。



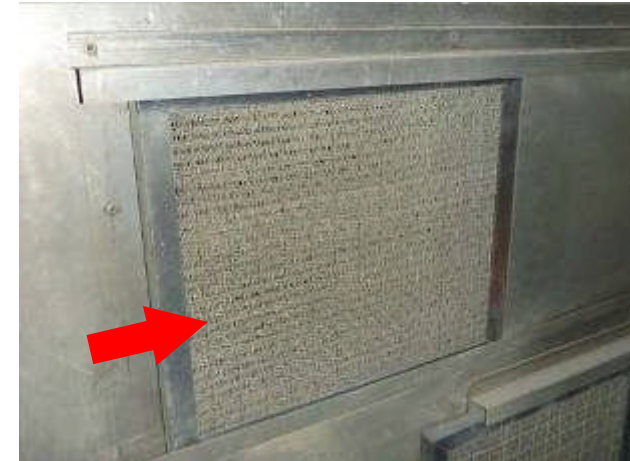
### ガス炉の上

- 乾燥した塗料と見られる『ダスト』や繊維ゴミなどが堆積している。
- 燃烧用バーナーブロー吸込口にフィルターが無い。



## 電気炉

- フレッシュエアー吸込口に室外フィルターが**無い**。
- フィルターの**汚れ**。



## ガス炉

- ザラザラした塗料カスのような粒子が**棧部に堆積**。



### 乾燥炉の側面

- 乾燥した塗料と見られる『ダスト』や繊維ゴミなどが付着している。



### セッティングゾーン

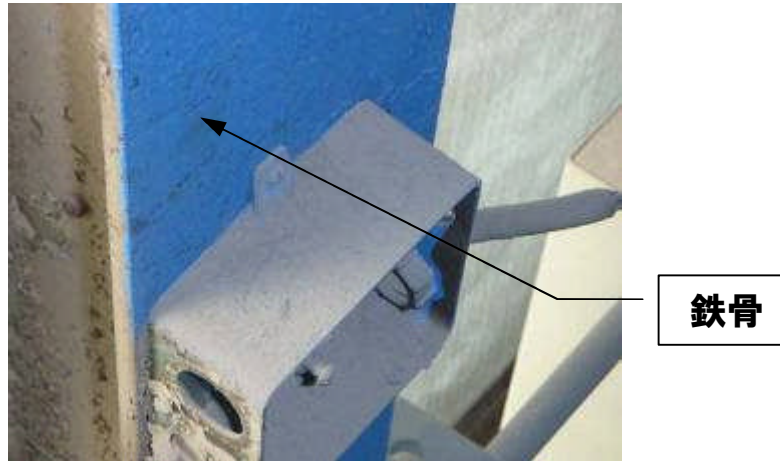
- 乾燥炉の操作盤の上に乾燥した塗料と見られる『ダスト』や繊維ゴミなどが付着、堆積している。





### 構造用鉄骨(柱)

- ・ 柱の上部にホコリ、ワタゴミの付着が多い



## 1. 4 その他の確認された事項

- ① 塗装ゾーン内は給気エアによって陽圧に保たれている。
- ② 床への水撒きはしていない(階下への水漏れ)。
- ③ 毎週末に清掃作業を実施(ワニスを塗った板を土～日曜日に入れ送風状態で乾燥炉内のゴミを除去)。

1. 塗装現場の確認

2. 原因調査・分析

3. 削減対策案

4. 削減対策の実施

5. 削減対策の結果確認

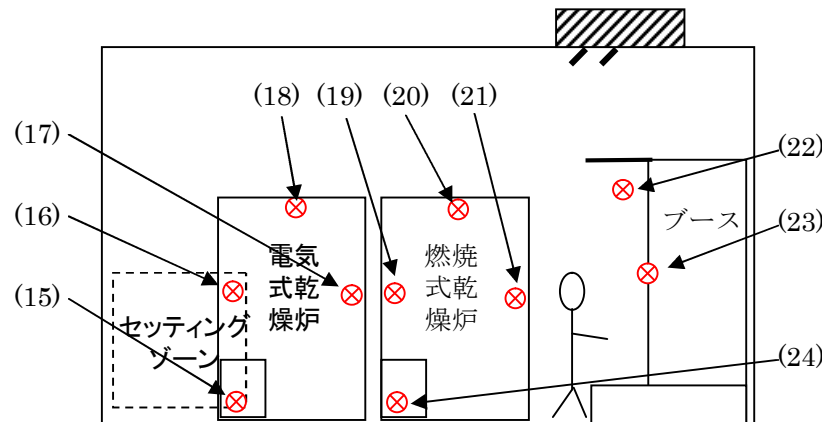
6. 削減効果の測定

- ・ ゴミ・ブツの実体を突き止める。
- ・ ゾーン内の空気流れを可視化する。

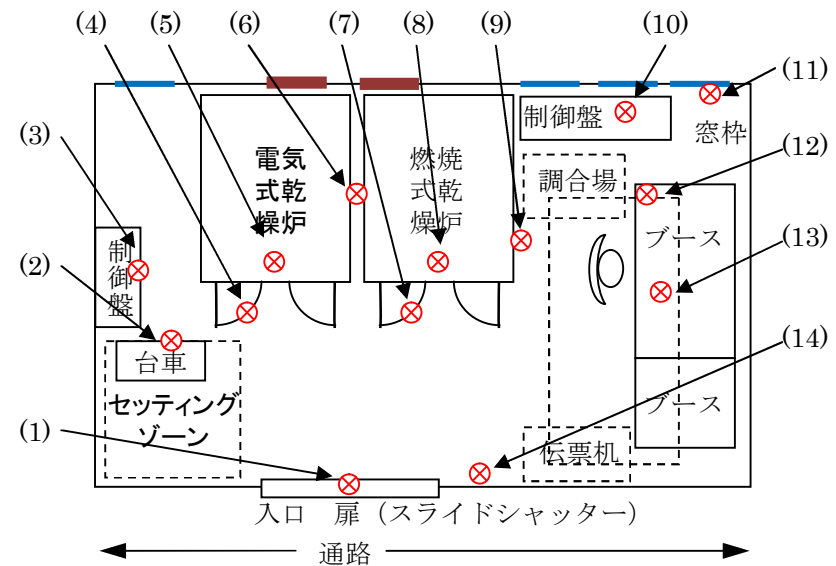
# 2. 原因調査・分析

## 2.1 塗装ゾーン内各所のダスト調査

採取位置	右図 ⊗ 部
採取方法	粘着テープによる採取
分析方法	① マイクロスコープ(形状分析) ② 蛍光X線(元素分析)



側面図



上面図

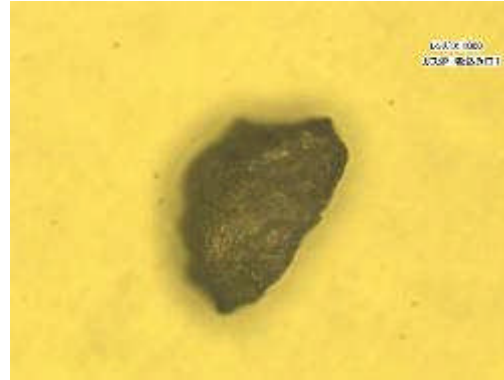
# ① マイクロスコープ観察結果

ガス炉



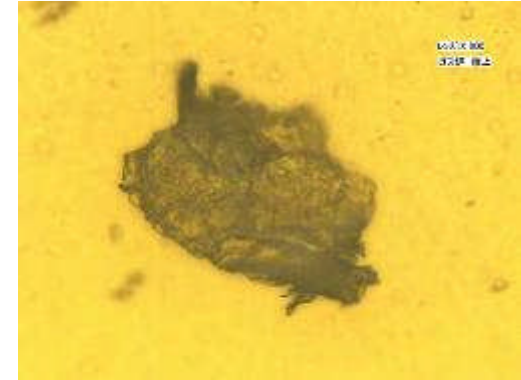
吹出口フィルター x100

繊維



吸込口 x1000

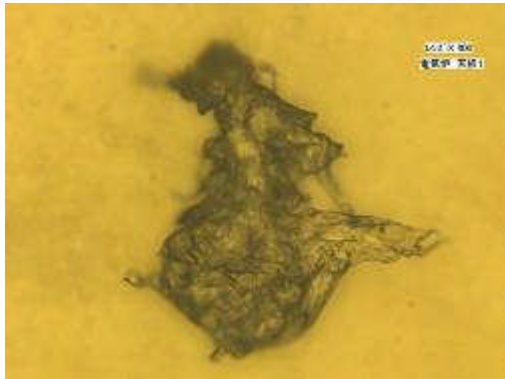
炭化した塗料



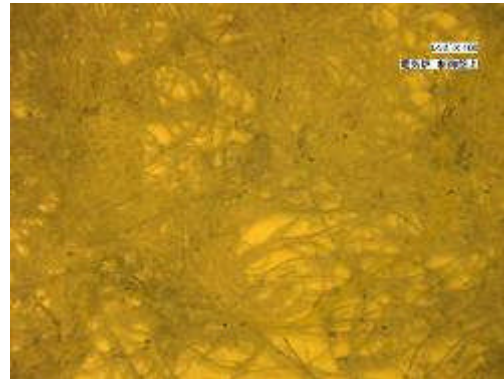
扉の上 x800

炭化した塗料

電気炉

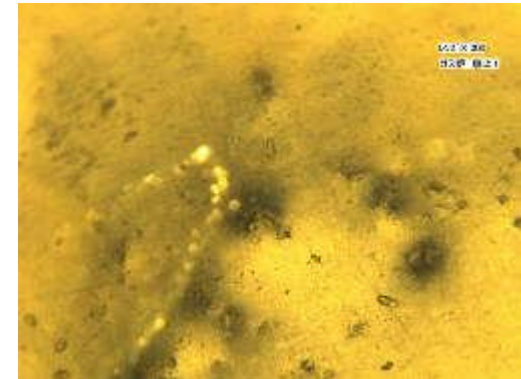


天板 x800



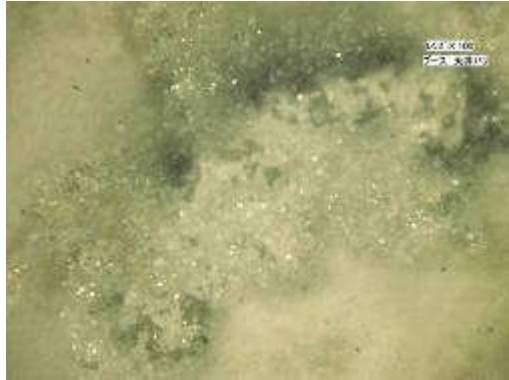
制御盤上 x100

繊維



扉の上 x300

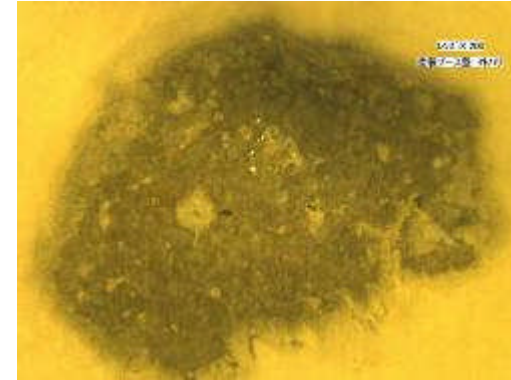




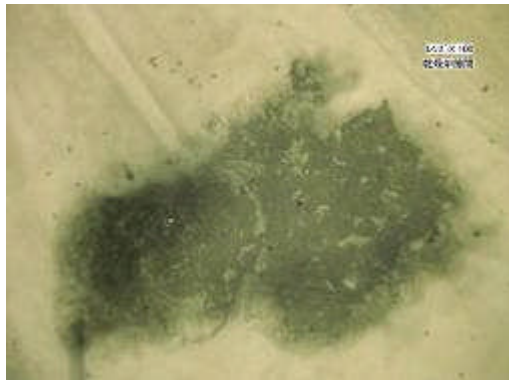
ブース天井の梁 x100



ブース照明 x100



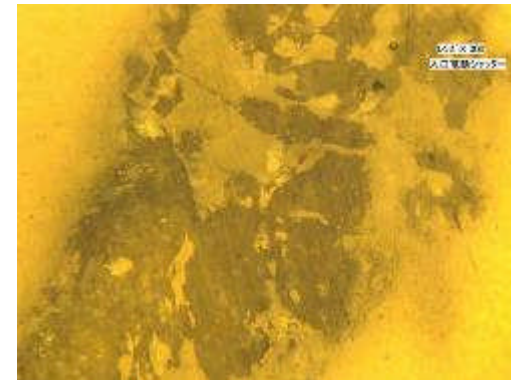
塗装ブース盤 外梁 x200



乾燥炉隙間 x100



構造物 柱 x200



入口 電動シャッター x300

## ② 蛍光X線分析結果

		分析結果										
No	採取場所	Fe	Ti	Zn	Si	Ba	V	Cr	Cu	Ca	Mn	Ce
1	電動シャッター	○	○	○		○	○					
2	乾燥架台	○	○							○		
3	ガス炉 制御盤上	○	○	○		○	○					
4	電気炉 扉上	○	○	○		○	○			○		
5	電気炉 天井											
6	両乾燥炉 隙間		○	○		○	○					
7	ガス炉 扉上	○	○	○			○					
8	ガス炉 天井											
9	構造物 柱		○	○		○	○			○		
10	電気炉 制御盤上		○	○		○	○					
11	サッシ サン	○	○	○	○	○	○					
12	ブース 内壁	○	○	○		○	○					
13	ブース 照明	○	○			○	○					
14	清掃用モップ	○	○									
15	ガス炉 吹出し口	○	○							○		
16	電気炉 棚受け	○	○			○	○					
17	電気炉 アンクル		○			○	○					
18	電気炉 天板			○						○		
19	ガス炉 アンクル	○	○					○	○		○	
20	ガス炉 天板	○				○		○			○	○
21	ガス炉 棚受け	○	○	○		○	○					
22	ブース 天井梁	○	○			○	○					
23	ブース盤 外梁		○			○	○					
24	ガス炉 吸込み口	○	○	○		○				○		
No	場所	Fe	Ti	Zn	Si	Ba	V	Cr	Cu	Ca	Mn	Ce

**塗装ゾーンのダストはほとんどが『塗料と繊維』**

<b>Fe 鉄</b>	防錆顔料、添加剤など <b>塗料</b> に微量に含まれるものや構造物の鉄成分。
<b>Ti チタン</b>	<b>白系顔料、調色顔料</b> として多用される。防錆材に使用や塗料に微量に含まれる成分。
<b>Zn 亜鉛</b>	塗料の <b>着色顔料、機能性顔料</b> として用いられる。
<b>Ba バリウム</b>	添加剤など <b>塗料</b> に微量に含まれる成分。
<b>V バナジウム</b>	添加剤など <b>塗料</b> に微量に含まれる成分。
<b>Ca カルシウム</b>	<b>塗料</b> の増量剤として使用される。 <b>繊維</b> の測定で得られる成分

## 【蛍光X線分析結果 例】 電気炉試料

[測定条件]

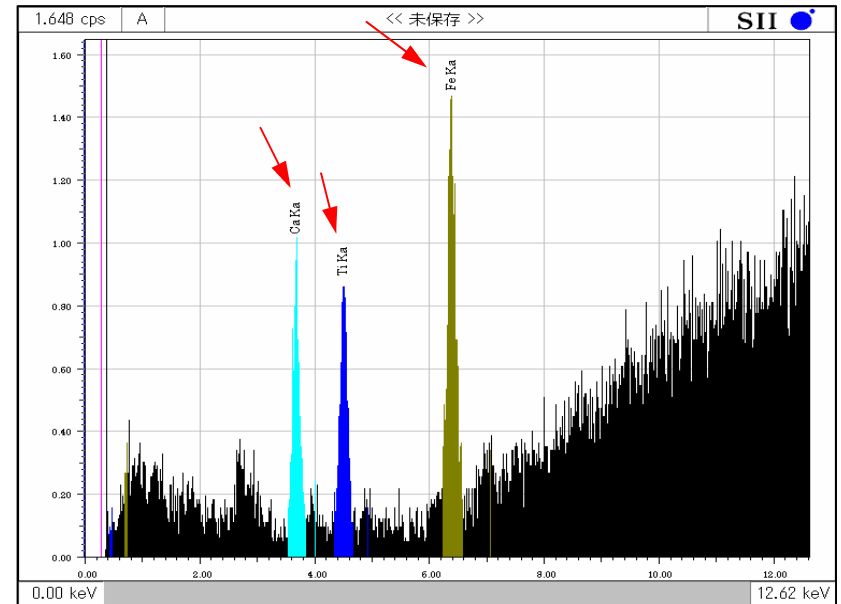
測定装置	SEA5120A
測定時間(秒)	100
有効時間(秒)	81
試料室雰囲気	大気
コリメータ	φ0.1mm
励起電圧(kV)	50
管電流(μA)	1000
フィルタ	OFF
コメント	

[試料像]



視野: [X Y] 6.47 4.88 (mm)

[スペクトル]

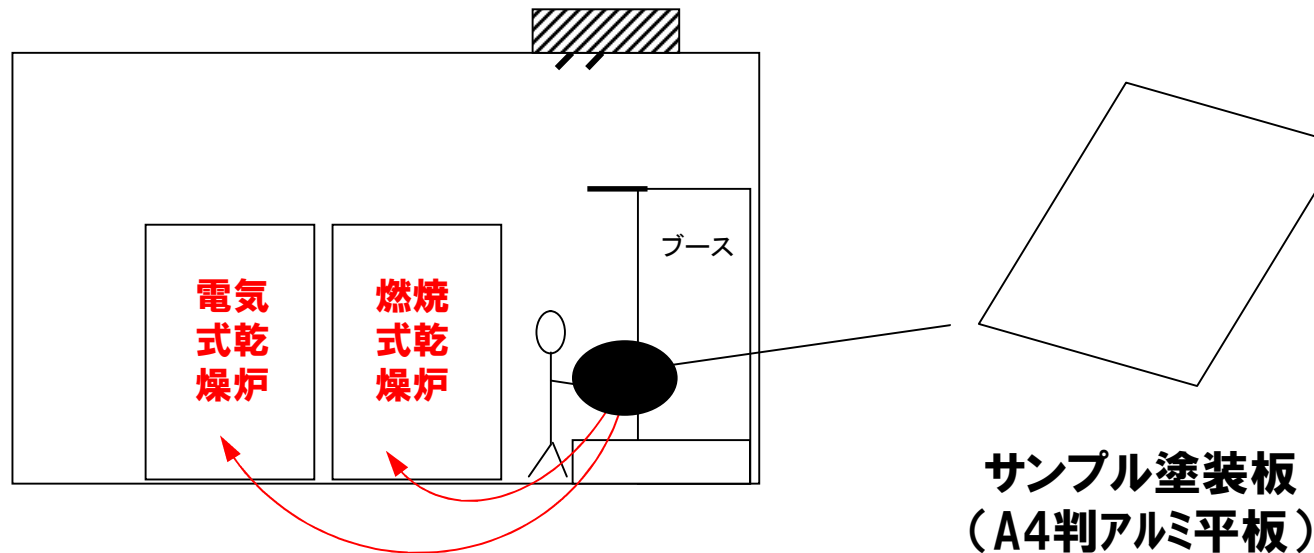


[結果]

Z	元素	元素名	ライン	A (cps)	ROI (keV)
20	Ca	カルシウム	Kα	7.702	3.54- 3.84
22	Ti	チタン	Kα	7.219	4.35- 4.66
26	Fe	鉄	Kα	13.735	6.23- 6.57

## 2.2 サンプル塗装板によるゴミ・ブツ調査

採取場所	電気炉内、ガス炉内
採取方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サンプル塗装板を実塗料で塗装。</li> <li>・それらを各乾燥炉内で焼き付け(各2枚 計4枚)。</li> </ul>
分析方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>① マイクロ스코ープ(形状分析)</li> <li>② 蛍光X線(元素分析)</li> </ul>

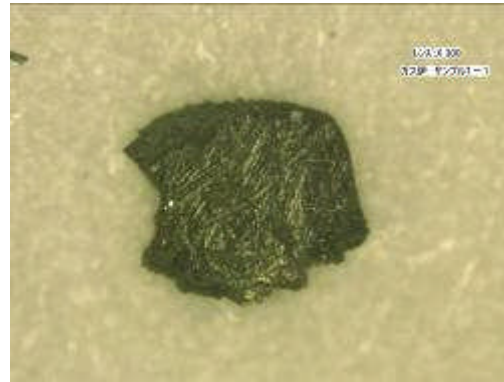


# ① マイクロスコープ観察結果 【サンプル塗装板】

ガス炉



x175



x300



x300

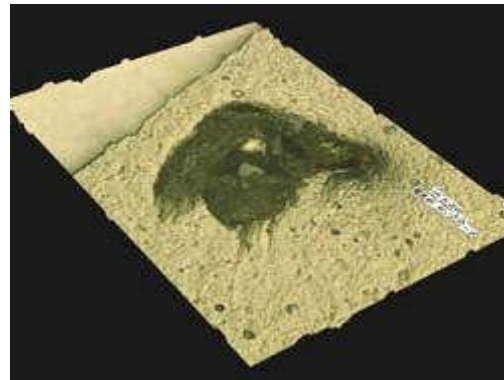
炭化した塗料

繊維

電気炉



x300



x300



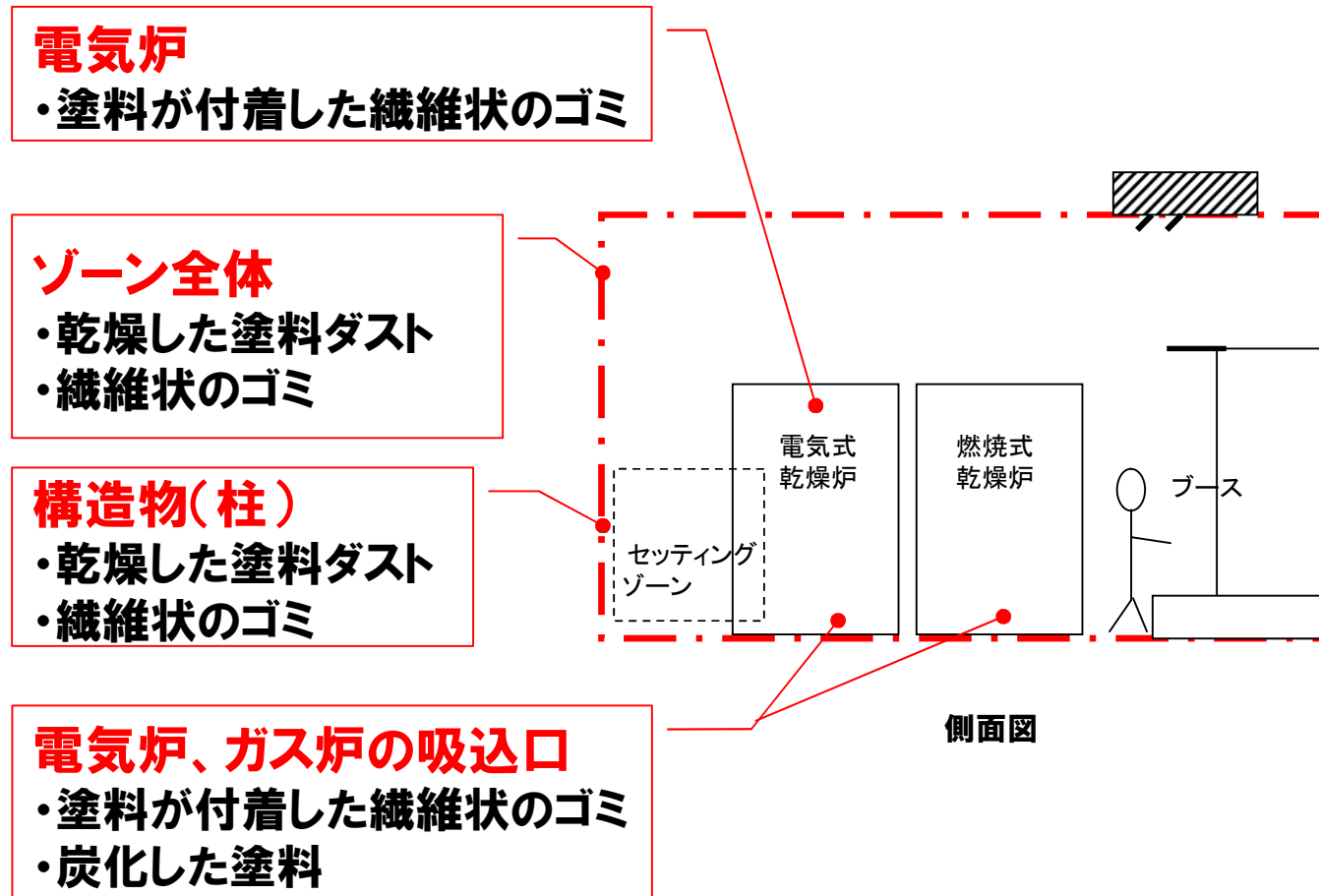
x1000

## ② 蛍光X線分析結果 【サンプル塗装板】

サンプル板	乾燥	Fe	Ti	Zn	Si	Ba	V	Al	Cd	Cr	Ca	Mn	Ce	評価
1-1	電気炉	○	○								○			主なブツは <b>塗料炭化物</b> 。 その他のブツは <b>繊維類</b> 。
1-2	電気炉	○	○	○		○	○			○				主なブツは <b>塗料炭化物</b> 。
2-1	ガス炉	○	○			○	○				○			主なブツは <b>塗料炭化物</b> 。
2-2	ガス炉										○			明らかに <b>繊維</b> 。繊維色が青色のものは作業服の繊維と考えられる。

**サンプル塗装板上のゴミブツの正体はほとんどが  
『塗料炭化物と繊維』**

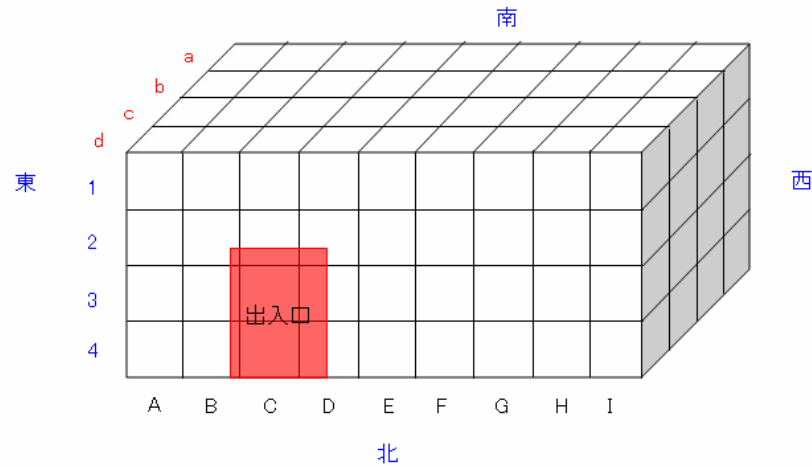
## 2.3 塗装ゾーン内のダストの傾向



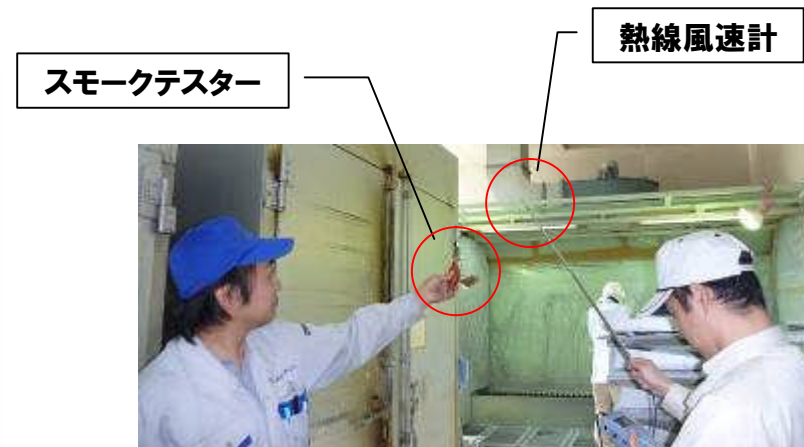


## 2.4 塗装ゾーン内の空気流れ調査

採取位置	塗装ゾーンを144セクション(4x4x9)に区切り、その各々の風向・風速を測定した。
測定機器	風向: スモークテスター 風速: 熱線流速計 (カノマックス製アネモマスター 6034)

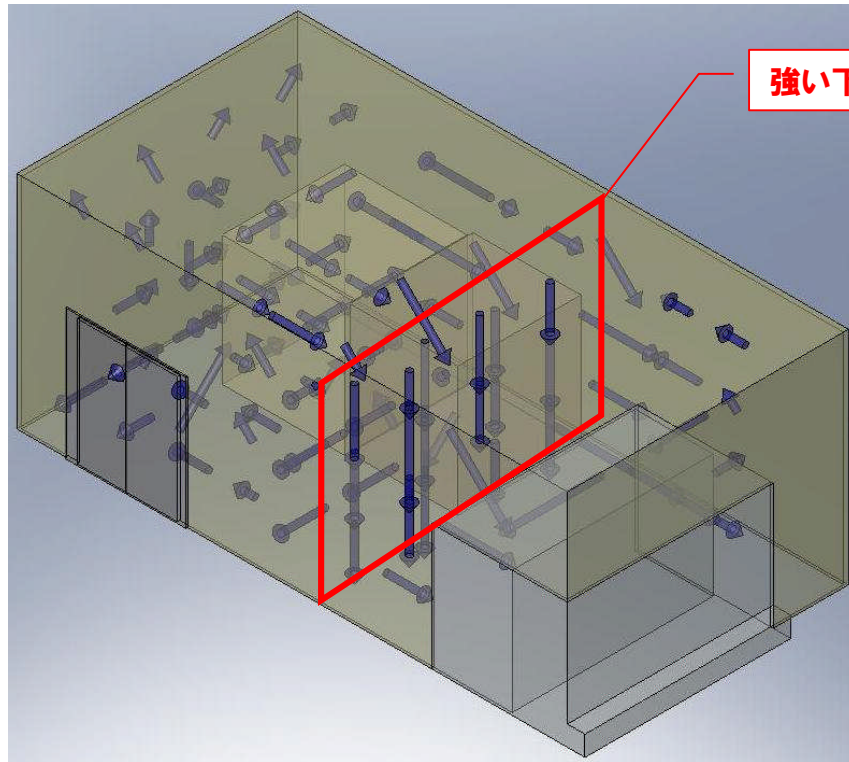


測定セクション



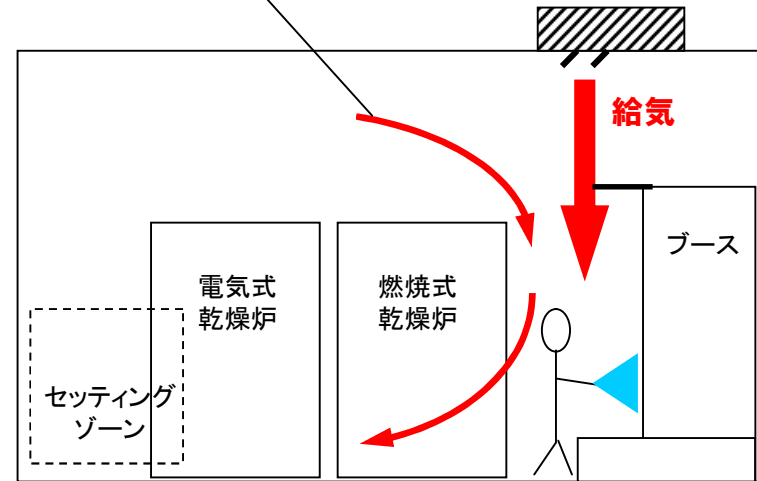
測定の様子

## 風向・風速測定結果



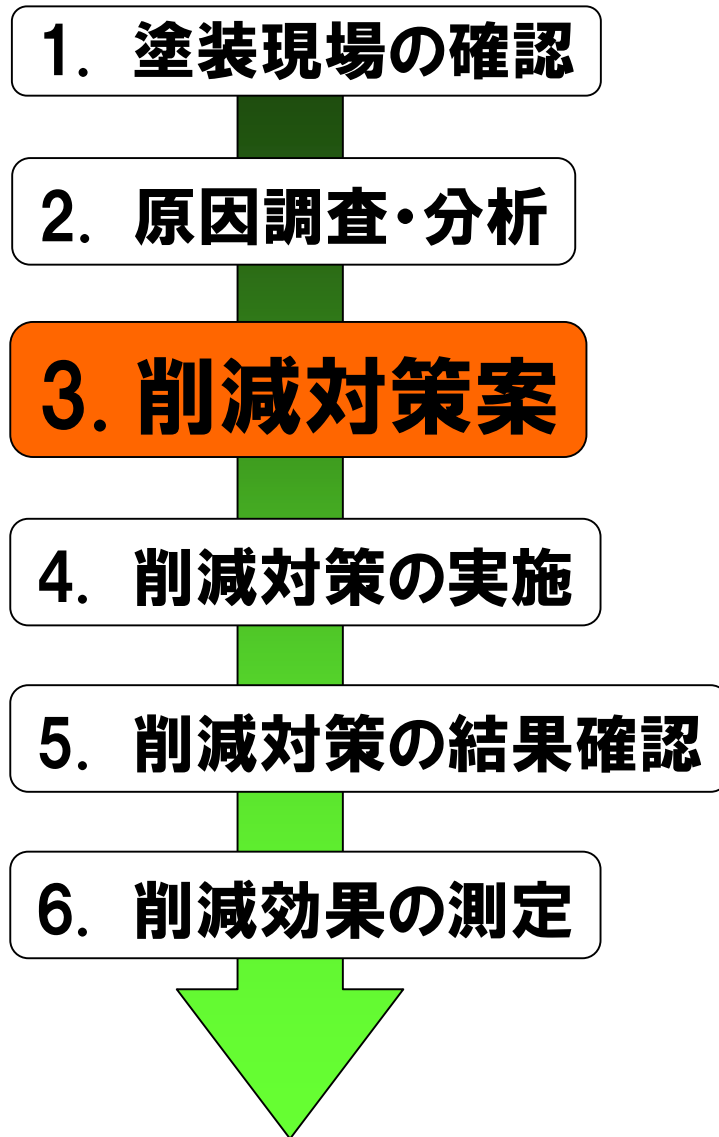
強い下降流

強い給気下降流に引き寄せられた  
随伴気流がある。



風の流れ(側面図)

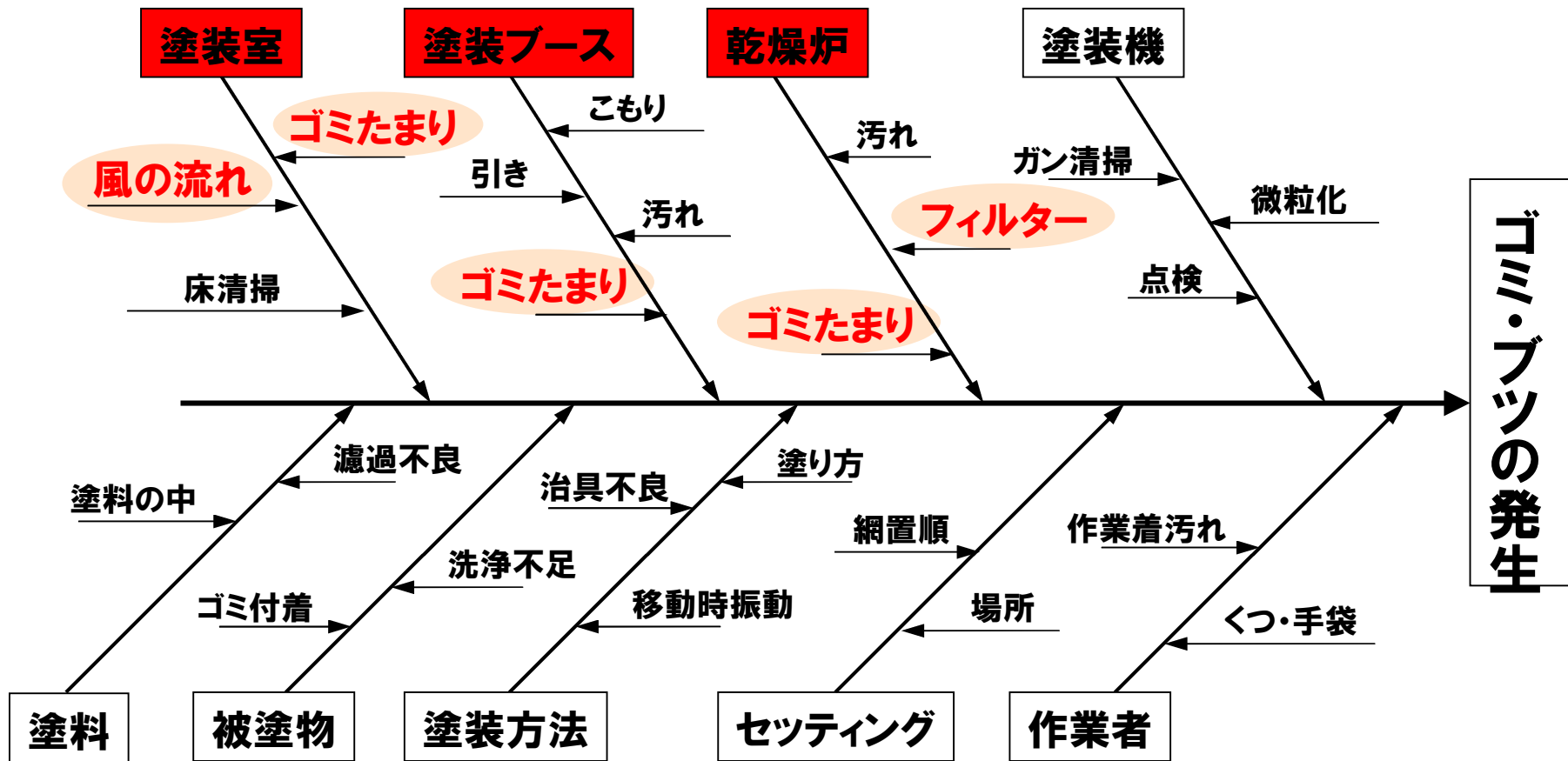
風向・流速の測定値を3Dモデルで可視化した結果。  
※ 矢印の長さは流速を表す。



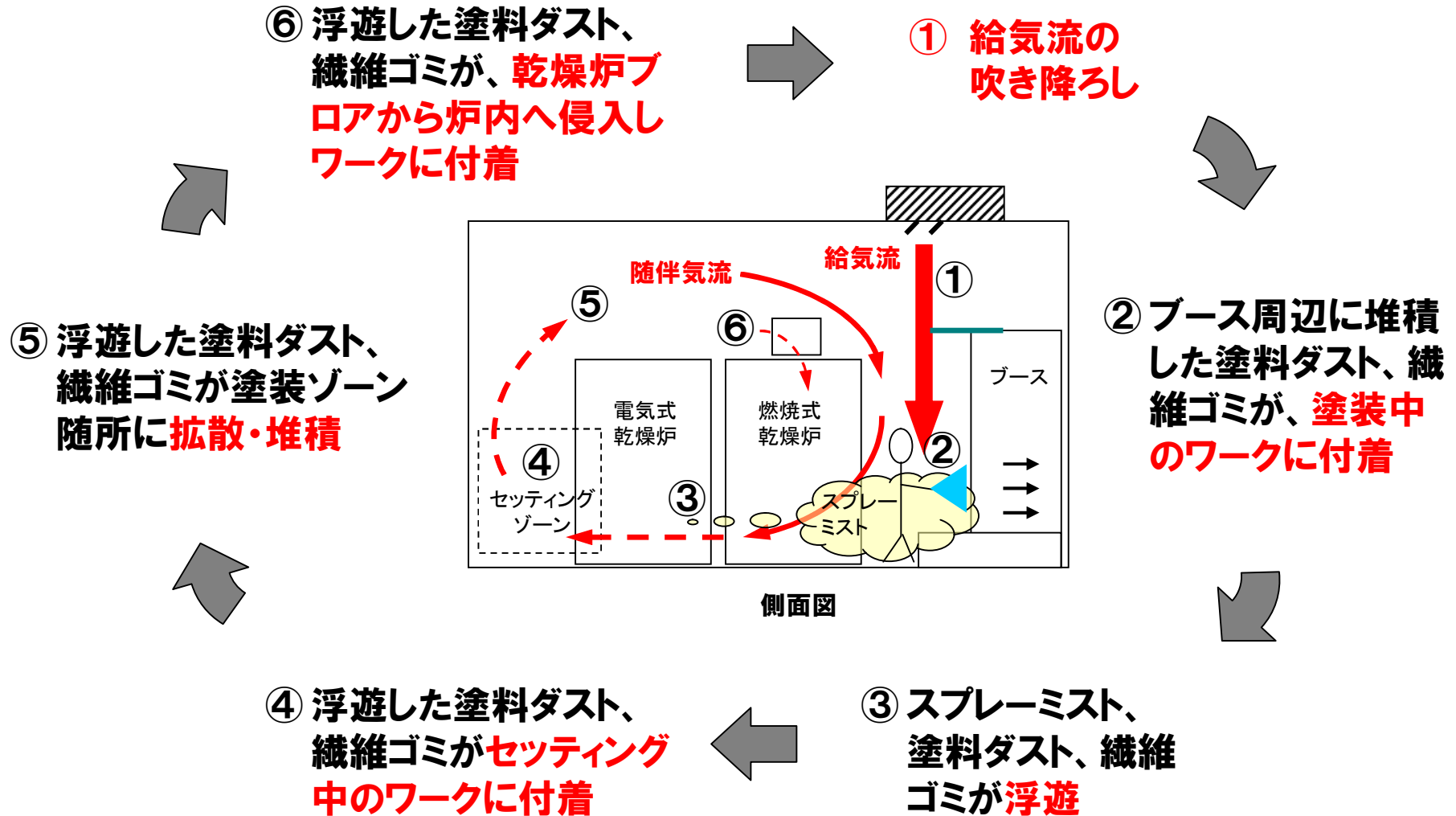
・ゴミブツ不良の発生原因を推定し、対策を決める。

# 3. 削減対策案

## 3.1 対策についてメンバーで検討



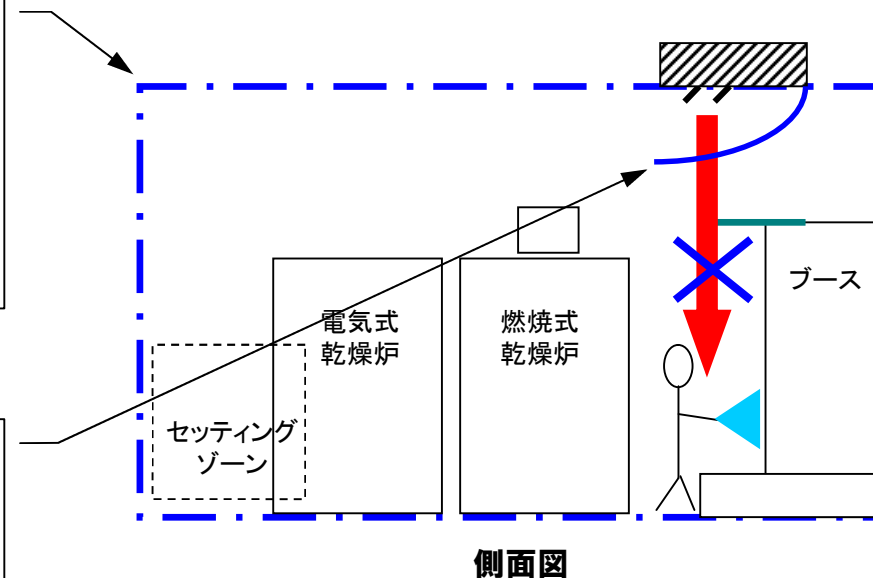
### 3.2 ゴミ・ブツ不良の発生プロセス推定

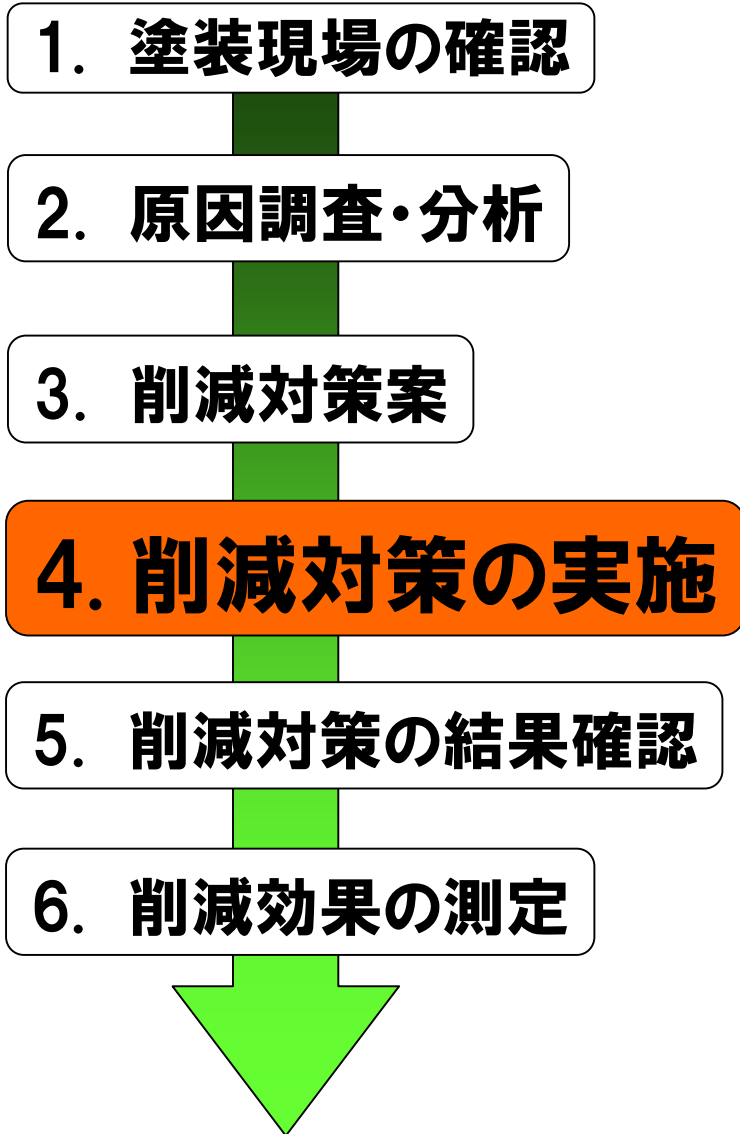


### 3.3 ゴミ・ブツ不良の削減対策案

① **塗装ゾーン全体の徹底清掃**を行い、堆積したゴミ・ブツの素を除去する。

② 給気口の吹出口に**風向偏向板**を設置し下降流を解消する。





- 塗装ゾーンの徹底清掃
- 給気口に風向偏向板を設置



## 4. 削減対策の実施

### 4.1 塗装ゾーンの徹底清掃（2010年9月18日）

#### ①ブリーフィング

手順、徹底の度合い、分担を周知。



#### ②ブース

ケレン棒や皮スキで塗料カスを除去。



③ブース

スコッチブライトやブラシで丁寧にケレン清掃。



④ブース

強カバキュームクリーナーで吸塵。



⑤ブース

タクロスウェスで粘着拭きあげ清掃。



⑥ブース  
ミガキ完了



⑦ブース  
清掃前後



⑧ブース  
ビニール養生



⑨天井

粘着ローラーで粘着  
拭きあげ清掃。



⑩ガス炉

エアサンダー、スツ  
コッチブライトなどで  
ヤニを除去



⑪ガス炉

タクロスウェスで粘  
着拭きあげ清掃。  
その後、内面にビ  
ニール養生





⑫ガス炉

養生ビニールの上に  
ワニスを塗布



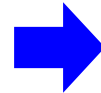
⑬ガス炉

温度を上げずに循環ファンを運転、浮遊ダストをワニスに吸着。15時間。



## 4. 2 給気口に風向偏向板を設置（2010年9月18日）

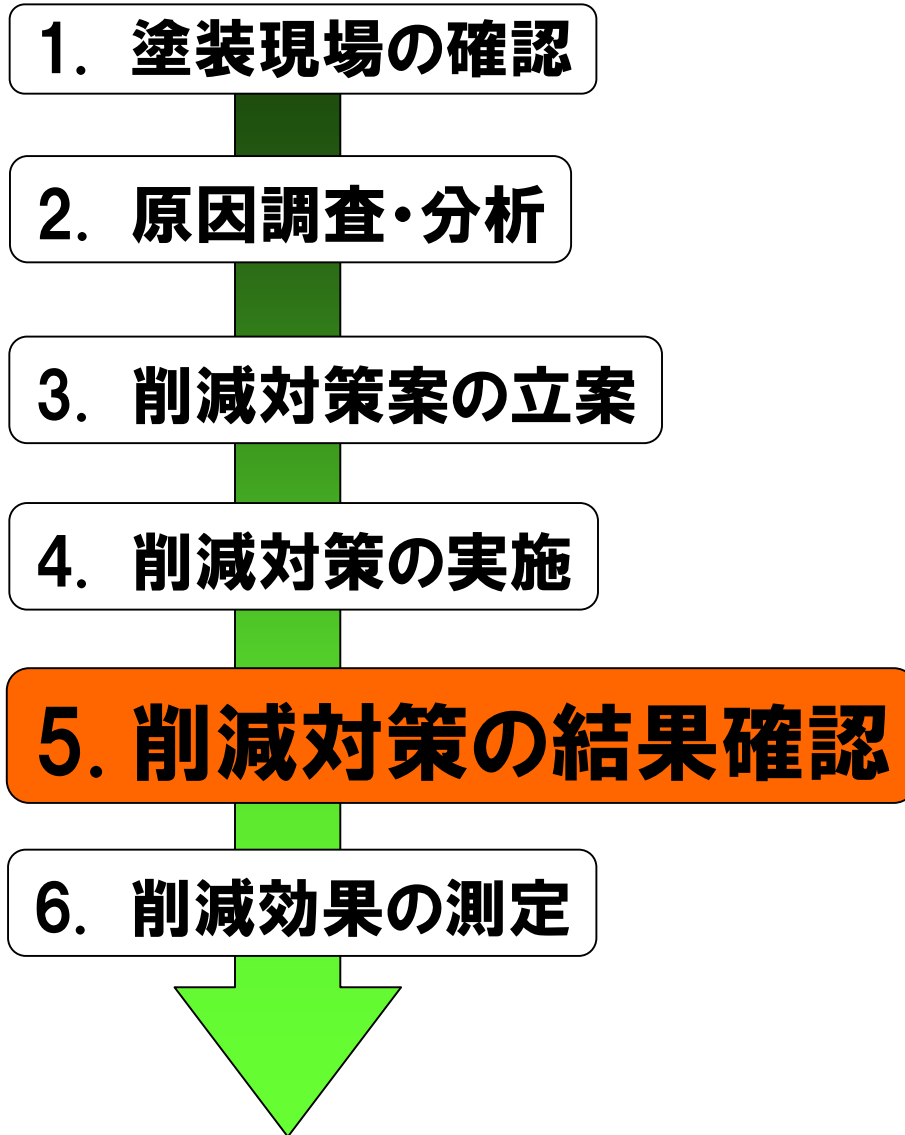
**設置前**



**設置後**



**風向偏向板**

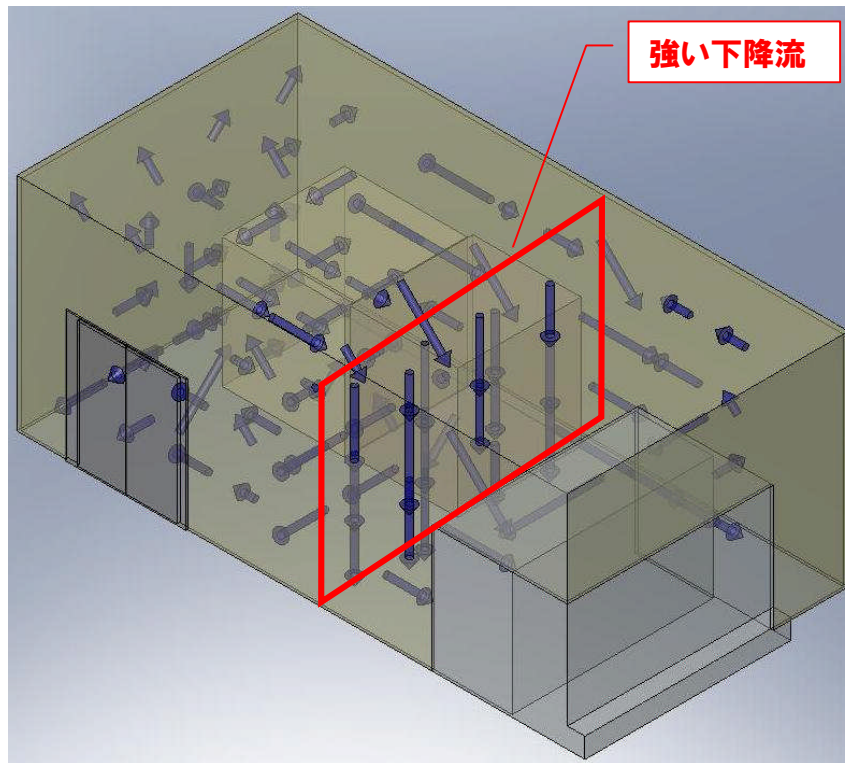


- 風向偏向板の効果
- 塗装ゾーンの徹底清掃の結果

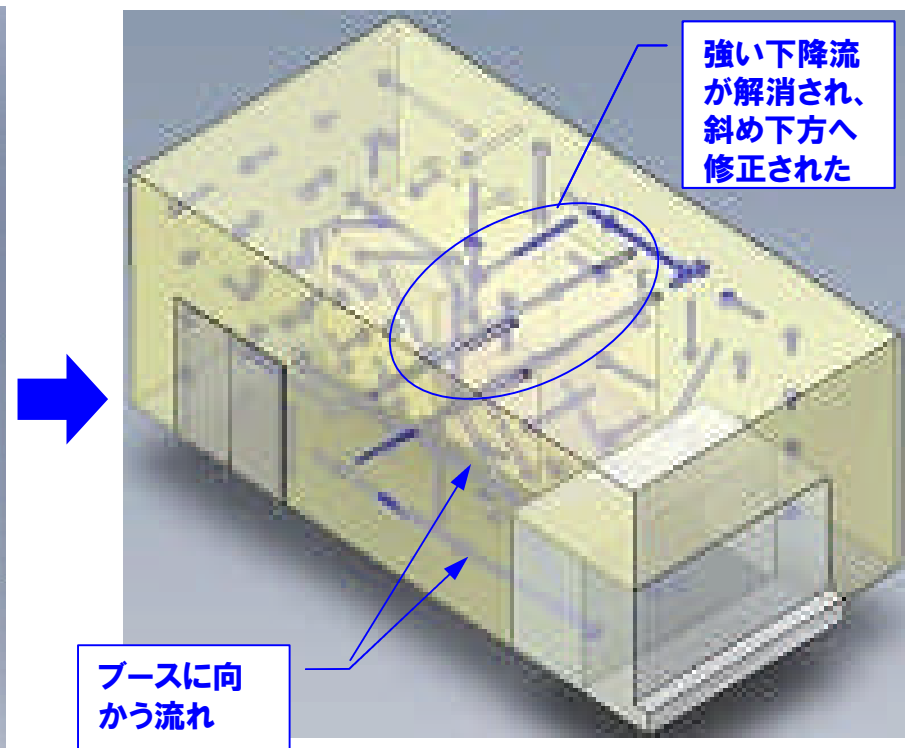
## 5. 削減対策の結果確認

### 5.1 塗装ゾーンの空気流れの変化

風向偏向板の**設置前**



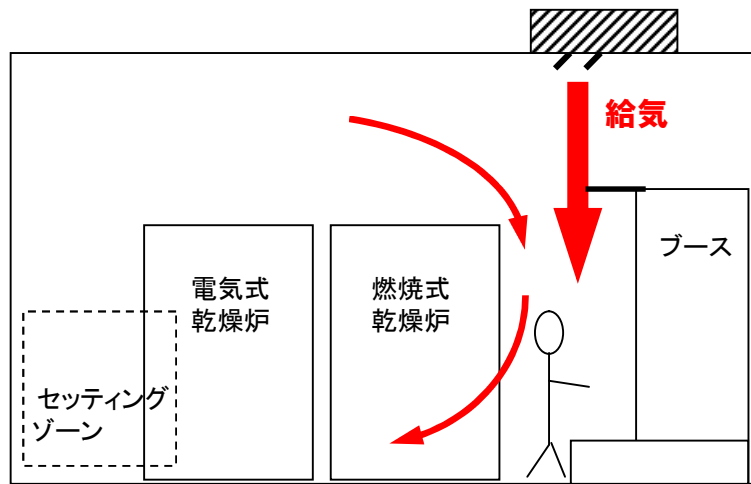
風向偏向板の**設置後**





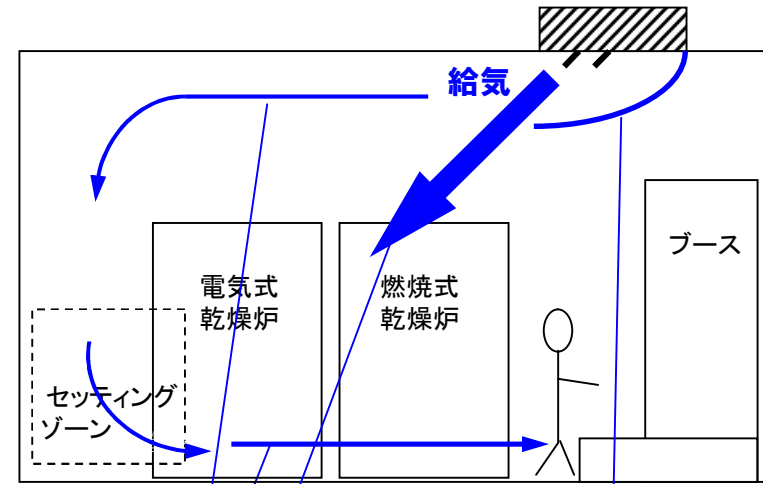
## 5.2 塗装ゾーンの空気流れの改善状況

風向偏向板の**設置前**



風の流れ(側面図)

風向偏向板の**設置後**



風の流れ(側面図)

②ゾーン内の空気流れが修正された

①給気方向が修正された

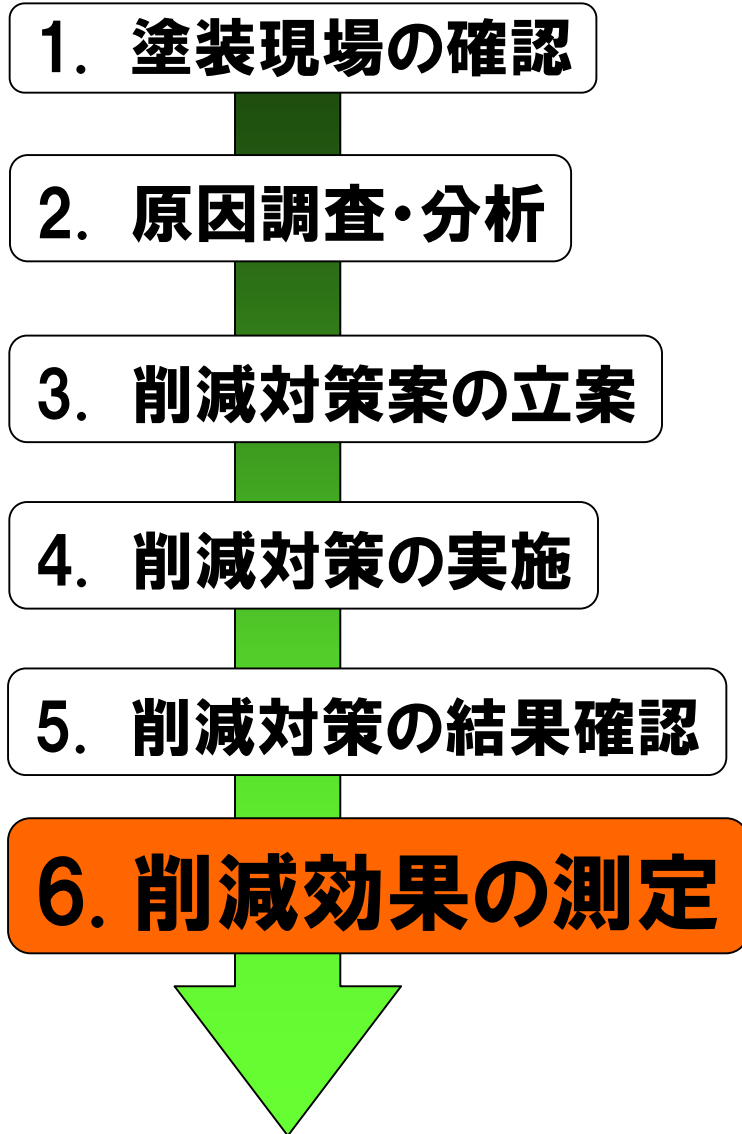
風向偏向板

### 5.3 塗装ゾーンの徹底清掃による改善確認

サンプル塗装板によるゴミ・ブツの採取を行い、有害なゴミ・ブツ数をカウントし、清掃前後で比較した。

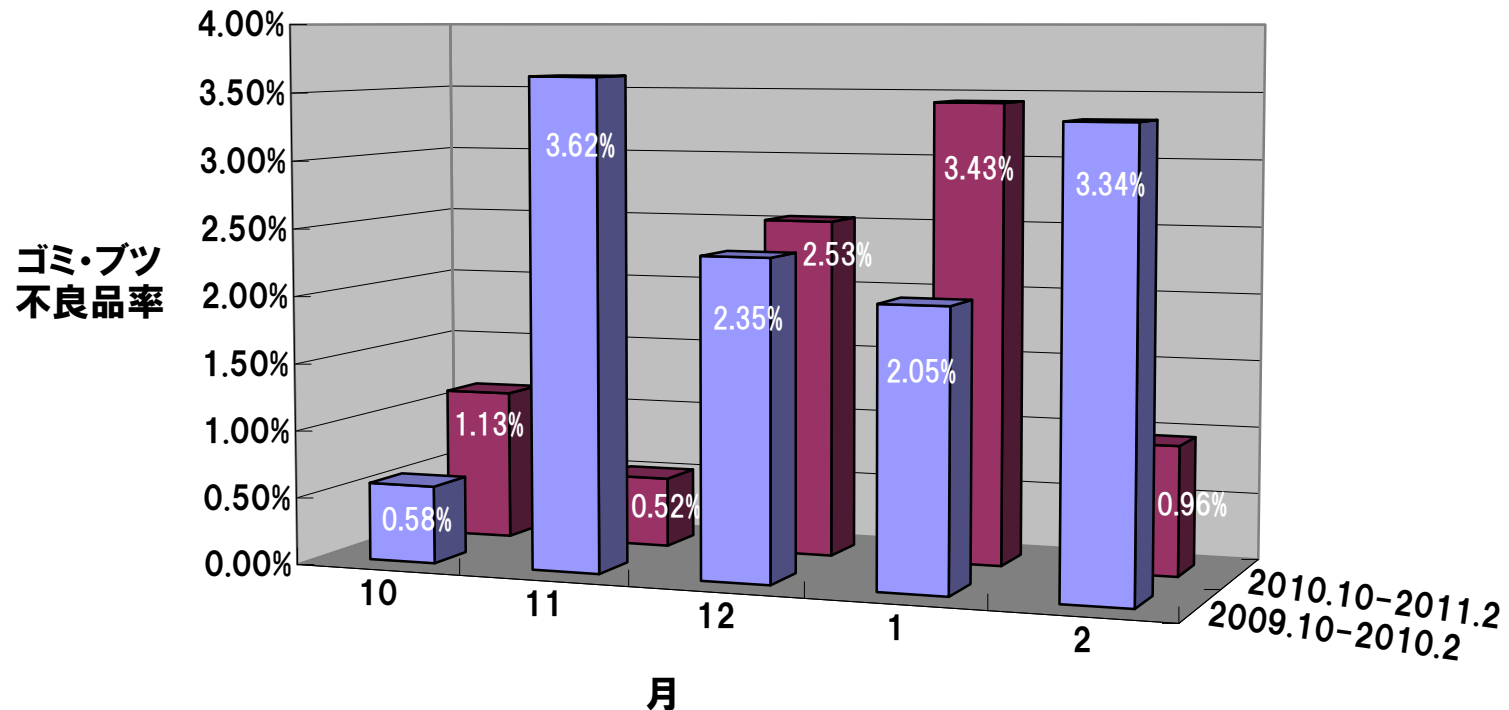
	清掃前	清掃後
電気炉	35点以上	15点
ガス炉	20点以上	5点

明らかに、清掃後のゴミブツ不良発生が少なくなった。



・ゴミ・ブツ不良率の削減状況

## 6. 削減効果の測定



10月～2月(5ヶ月間)のゴミブツ原因の平均不良率は

前年同期比で **2.3%** → **1.61%** (▲0.69ポイント)

**▲30%のゴミブツ不良の削減が確認された。**

# 不良流出リスクの増大

- 得意先での発見 → 生産遅延
- エンドユーザーでの発見
  - 得意先へのクレーム
  - 損害賠償の発生 と 信用の失墜

## 納期の遅延

- 得意先への賠償責任
- 得意先からの信頼性喪失

# 現状の手直し方法のリスク

- サンディングをして再度上塗りを実施する
- 完成膜厚が標準よりかなり厚くなる
- 完成メーカーで組み立て時、ネジが入らない、締め付け時に割れが発生する等の不良発生
- 設置ユーザーで少しの接触で割れが発生しやすい。

**ゴミ・ブツ不良をはじめ、  
すべての不良を撲滅して**

**工業塗装の明るい未来を  
築いていこう！**




 ご参考

## 塗装室、ブース、乾燥炉 全体清掃手順例

No.	作業名	作業概要
1	準備作業	(1) 工具類・消耗品機器等を塗装室外に準備する。
		(2) 作業者にタイベック(紙つなぎ)・マスク・保護眼鏡を装備する。
		(3) 周辺通路を養生する。
		(4) 各制御盤のブレーカー及び主電源を「切」にし、制御盤に通電禁止札を貼る。
		(5) 塗装室内の棚及びハンガー・台車等不要物の搬出
2	壁面・天井清掃	(1) 粘着ローラーを用意し、延長棒を取り付け、天井より粘着清掃を行う。
		(2) (1)で実施した要領で壁面も粘着清掃を行う。
3	ブース外壁・ファン周りダクト外面清掃	(1) 皮スキ及び小箒を用意し、発塵しないよう掃除機によりスイープしながら清掃する。
		(2) 細かいブラシ等でダクトの継ぎ目及びブース外回り(ボルト・ナット部分)をこすりながらスイープ清掃する。
4	ブース内壁清掃	(1) ケレン棒を用意し、内壁にこびり付いている塗料カスを薄利する。
		(2) 足元のスノコ及びオイルパンを搬出し、塗装室外に持ち出し清掃する。
		(3) 塗装ブースの排気を回し、No.3・No.4のエリアで行った清掃部分をエアブローする。
5	窓枠・付帯設備の清掃	(1) 窓枠及び換気扇・設備制御盤等をケレン後スイープ清掃する。
		(2) 制御盤内の配線等はエアブローする。
6	乾燥炉上面・壁面清掃	(1) 皮スキ及び小箒を用意し、発塵しないよう掃除機によりスイープしながら清掃する。
		(2) 細かいブラシ等でダクトの継ぎ目及びブース外回り(ボルト・ナット部分)をこすりながらスイープ清掃する。
7	乾燥炉内清掃	(1) 古いフィルターを枠ごと外す。
		(2) 扉及び炉内内壁に固着したヤニをエアサンダー又はスコッチブライトによりケレン清掃する。
		(3) ケレンにより生じたダストをスイープ清掃すると共に、吸い込み口を炉内継ぎ目に沿わせ、継ぎ目に隠れているダストをスイープ清掃する。
8	床面清掃	(1) 掃除機によりスイープ作業を行う。

## ご参考

9	仕上げ清掃準備	(1) 作業者全員の装具を新品と取り替える。
		(2) 履物等の靴底を粘着清掃する。
10	壁面・天井仕上げ清掃	(1) 粘着ローラーを用意し、延長棒を取り付け、天井より粘着清掃を行う。
		(2) (1)で実施した要領で壁面も粘着清掃を行う。
11	ブース全体仕上げ清掃	(1) No.3・No.4で実施した作業エリアをタクロスウエスにて粘着拭き上げ清掃する。
12	窓枠・付帯設備の仕上げ清掃	(1) No.5で実施した作業エリアをタクロスウエスにて粘着拭き上げ清掃する。
13	乾燥炉上面・壁面仕上げ清掃	(1) No.6で実施した作業エリアをタクロスウエスにて粘着拭き上げ清掃する。
14	乾燥炉内仕上げ清掃	(1) No.7で実施した作業エリアをタクロスウエスにて粘着拭き上げ清掃する。
15	ブース内壁養生作業	(1) ブース内壁に養生用ビニールを全面的に貼り付け。
		(2) (1)で実施したビニールの上に簡単に剥がせるようもう1枚清掃用の養生を重ね貼りする。
16	乾燥炉試運転	(1) 外しておいた古いフィルターを取り付け、炉を閉め温度を上げずに一度空運転を行う。
		(2) 乾燥炉を止め古いフィルターを取り外す。
		(3) もう一度仕上げ清掃で実施したようにタクロスウエスにてダクト内部・炉内壁を粘着拭き上げ清掃を行う。
17	ダストキャッチャー準備	(1) 炉の内壁・扉内壁全体に養生ビニールを貼り付ける。
		(2) 養生ビニールの表面にローラーでワニスを塗布した状態で扉を閉める。
18	ダストキャッチャー作業	(1) 温度を上げずに循環ファンを回し、浮遊ダストを壁面に粘着させ、15時間空運転させる。
		(2) 翌日、養生ビニールを取り外し、もう一度仕上げ清掃で実施したようにタクロスウエスにてダクト内部・炉内壁を粘着拭き上げ清掃を行い、新品のフィルターを取り付け昇温を実施する。
19	空調チャンバー清掃	(1) 古いフィルターをひいた状態でチャンバー室内部内壁をタクロスウエスにより粘着清掃する。
		(2) 古いフィルターを取り外し、新しいフィルターを所定の位置にセットする。
20	床面清掃	(1) 一番奥のフロアから出口に向かって後退していく様に設備の仕上げ清掃で使用したタクロスウエスにて拭き上げていく。
21	全体仕上げ	(1) 設備を通常稼動している状態にし、もう一度装具を新品とし、内部の気になる箇所の清掃をタクロスウエスにより行う。
22	準備作業の復旧	(1) No.1で行った作業を復旧する。


 ご参考

## 全体清掃作業用品チェックリスト

工具	個数	チェック
強力バキュームクリーナー		
吸い込み口・剣先型・丸ブラシ型・T型		
長箒		
小箒		
ハンドブラシ		
歯ブラシ		
ケレン棒		
皮スキ		
エアーチッパー		
エアホース		
エアガン		
粘着ローラー		
エアサンダー		
デッキブラシ		
カッパギ(スクイジー)		
モップ		
カッター		
はさみ		
一般工具一式		

消耗用工具	個数	チェック
保護眼鏡		
防塵マスク		
タイベック(紙つなぎ)		
長靴		
ウエス		
タクロスウエス		
スコッチブライト		
エアサンダーペーパー		
養生用ビニール		
布テープ		
厚手ポリ袋		
モップスペア		
アルカリ洗剤		
ゴム手袋(厚手・薄手)		
ローラ刷毛用ローラー		
足裏清掃用粘着シート		

※ 各工具個数については、清掃規模及び人員数により変動しますので記載しておりません。