

# 除塩フィルタの塩素ガス濃度検証試験結果について

## On verification test result for chlorine gas concentration with desalination filter

正会員 松江 昭彦 (株ユニパック) 正会員 門 久義 (IAQ 先端技術研究所 副所長)  
 ○伊藤 和哉 (株ユニパック)

A field test was carried out on a desalination filter (pre-main integrated cleaning and regeneration filter) used for outside air treatment. We challenged a new attempt to measure the chlorine gas concentration as a method for comprehensive evaluation of desalination filters. As a result, we succeeded in collecting on-site data using the chlorine gas concentration as a numerical value. At the same time, the power saving effect due to the low-pressure losses of the filters was measured.

### 1. 緒 論

海に囲まれた日本の空調システムにおいて沿岸部の建造物では機械や資材について塩害対策品が求められる。その一つとして外気処理に用いられる除塩フィルタは空調機の塩害からの保護や生産設備や室内環境を守る役割を果たしている。

除塩フィルタの性能評価方法は日本空気清浄協会により JACANo. 49-2009 に記されている。フィルタ上流側の海塩粒子の代表的粒径分布モデルを提示し、大気塵の初期粒径別効率を求め、海塩粒子の粒径分布に対する除塩フィルタの初期塩分捕集率を計算によって求め評価としている他、フィルタに捕集された海塩粒子の再飛散試験方法について参考として提案している。

この性能評価方法にもとづき数多くの除塩フィルタが市販されているが、フィールドでの性能評価を行った事例は見当たらない。また除塩フィルタの性能評価は海塩粒子に対する捕集効率を示すものであり、塩素系ガス濃度への効果に対して評価した事例は少ない。今回は除塩フィルタの性能評価として塩素系ガス濃度の計測を行い、実機でのデータ採取を試みた。

評価対象としての除塩フィルタはプレメイン一体型洗浄再生フィルタで、一般的な 90% の海塩粒子捕集効率を有するものと比較した。併せて低圧力損失による電力削減効果を実測した。

### 2. プレメイン一体型洗浄再生フィルタの海塩粒子捕集効率

#### 2.1 JACANo. 49-2009 による性能評価

まず始めに JACANo. 49-2009<sup>1)</sup> の塩害防止フィルタ性能評価方法指針に基づき海塩粒子捕集率を算出、表-1 に示す通り海塩粒子捕集効率は 80.5% を有することを確認した。

海塩粒子頻度 (代表粒径分布モデル) 図-1 参照

$$\Delta M_{Xn-Yn} = \{ \log N(Yn, MMD, \sigma g) - \log N(Xn, MMD, \sigma g) \} \times 100$$

ここに、MMD (質量中位径) : 4.1 μm

Σg (幾何標準偏差) : 1.7

海塩粒子捕集率

$$\eta_{salt} = (\eta_{X1-Y1} \times \Delta M_{X1-Y1} + \eta_{X2-Y2} \times \Delta M_{X2-Y2} + \dots + \eta_{Xn-Yn} \times \Delta M_{Xn-Yn}) / 100$$

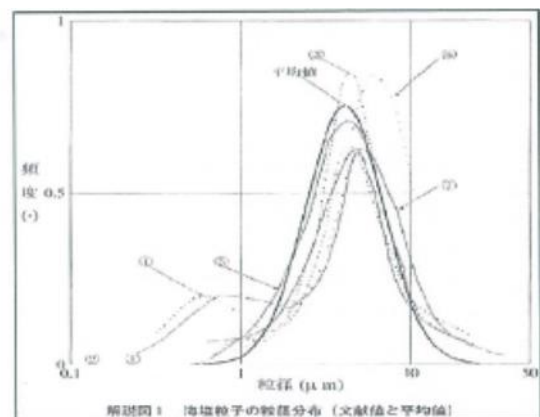
ここに、η<sub>salt</sub> : 海塩粒子捕集率 (%)

ΔM<sub>Xn-Yn</sub> : 粒径区分内の海塩粒子頻度 (%)

η<sub>Xi-Yi</sub> : 粒径区分 (Xi-Yi) 内の海塩粒子捕集率 (%)

表-1 海塩粒子捕集率

X(μm): 粒径区分の下限值	Y(μm): 粒径区分の上限値	粒径別捕集率 %	海塩粒子頻度 %
0.3	0.5	16.2	0.004
0.5	0.7	15.7	0.04
0.7	1	23.6	0.35
1	3	52.7	27.4
3	6	87.6	48.5
6	-	99.0	23.7
海塩捕集率 %		80.5	



解説図4 海塩粒子の粒径分布 (文献値と平均値)

図-1 海塩粒子の粒径分布 (JACANo. 49-2009 より抜粋)

### 3. 実験装置及び方法

#### 3.1 試験場所及び試験対象空調機

試験場所は関西国際空港にて実施、試験対象空調機は同能力を有する AC-3-1, AC-3-2 (3 階展望ホール系統) で行った。試験対象空調機の概要を図-2 に示し、空調機の仕様は表-2 に示す。

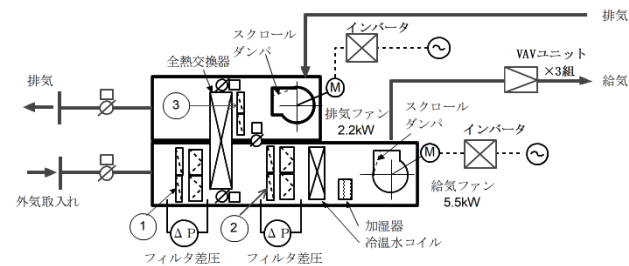


図-2 試験対象空調機 (AC-3-1, 3-2 共通)

表-2 試験対象空調機仕様

系統	AC-3-1	AC-3-2
給気風量	5,900 m <sup>3</sup> /h	5,900 m <sup>3</sup> /h
全静圧 (機外静圧)	1,260Pa (450Pa)	1,260Pa (450Pa)
電動機	5.5Kw (3φ200V4P)	5.5Kw (3φ200V4P)
排気風量	5,290 m <sup>3</sup> /h	5,290 m <sup>3</sup> /h
全静圧 (機外静圧)	740Pa (340Pa)	740Pa (350Pa)
電動機	2.2Kw (3φ200V4P)	2.2Kw (3φ200V4P)
全熱交換器	回転式	回転式

#### 3.2 供試フィルタ

##### 1) 除塩フィルタ

名称：プレメイン一体型洗浄再生フィルタ

サイズ：600W×600H×150D

定格流量：56 m<sup>3</sup>/min

平均捕集効率：60%以上 (比色法)

海塩粒子捕集効率：80% (JACANo. 49-2009)

初期圧力損失：110 Pa 以下 最終圧力損失：280 Pa

##### 比較対象

名称：対象プレフィルタ

サイズ：610W×610H×25D

定格流量：56 m<sup>3</sup>/min 平均捕集効率：82% (重量法)

初期圧力損失：90 Pa 以下 最終圧力損失：200 Pa

名称：対象除塩フィルタ

サイズ：610W×610H×150D

定格流量：56 m<sup>3</sup>/min 平均捕集効率：90% (比色法)

海塩粒子捕集率：90%

初期圧力損失：120Pa 以下 最終圧力損失：300Pa

##### 2) 中性能フィルタ

名称：プレメイン兼用型洗浄再生フィルタ

サイズ：600W×600H×65D

定格流量：56 m<sup>3</sup>/min 平均捕集効率：65% (比色法)

初期圧力損失：50 Pa 以下 最終圧力損失：280 Pa

##### 比較対象

名称：対象プレフィルタ

サイズ：610W×610H×25D

定格流量：56 m<sup>3</sup>/min 平均捕集効率：82% (重量法)

初期圧力損失：90 Pa 以下 最終圧力損失：200 Pa

名称：対象中性能フィルタ (一般品)

サイズ：600W×600H×65D

定格流量：56 m<sup>3</sup>/min 平均捕集効率：65% (比色法)

初期圧力損失：70Pa 最終圧力損失：300Pa

#### 3.3 測定機器

塩素系ガス濃度の測定には富士通クオリティ・ラボ株式会社製のエコチェッカIIを使用した。図-3 に計測器写真を示す。本製品は大気中の腐食性物質の有無と腐食度合いを金属クーボンの実際の腐食から、蛍光 X 線分析を用いて目安濃度換算の分析結果を求められる。測定は塩素系ガス・亜硫酸ガス・硫化水素ガスが計測可能である。



図-3 エコチェッカ写真

#### 3.4 試験方法

##### 1) 供試フィルタ

条件を揃えるために、新品フィルタを使用した。

##### 2) 塩素ガス濃度の計測

除塩フィルタの1次側 (OA 取入) と2次側・中性能フィルタ流出側のSA側3箇所それぞれエコチェッカを設置した。図-4 に測定箇所を示す。

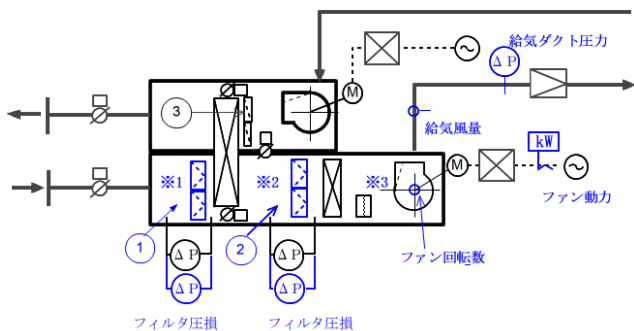


図-4 測定項目・測定位置

(青色表記は測定機等を示し、※印は除塩性能測定位置を示す)

### 3) 測定スケジュール

2018年4月3日～4月17日の期間での測定スケジュールを図-5に示す。AC-3-1に対象プレフィルタと対象除塩フィルタ、AC-3-2にプレメイン一体型洗浄再生フィルタをそれぞれ取り付け、1週間連続測定を実施した。条件を揃えるためフィルタ及びエコチェッカを入替えて更に1週間連続測定を行った。

空調機	4月3日	4月4～4月9日	4月10日	4月11～16日	4月17日
	測定器取付 ト測定	スポット 連続測定 第一週	スポット測定	連続測定 第二週	
AC-3-1	フィルタ交換	Ea1 →	フィルタ交換 チューニング	Eb2 →	測定器撤去 原状復帰
AC-3-2	フィルタ交換 チューニング	Eb1 →	フィルタ交換 チューニング	Ea2 →	

→Ea1, Ea2 : 対象フィルタ      →Eb1, Eb2 : 洗浄型フィルタ

図-5 測定スケジュール

### 4. 試験結果

金属類の腐食に関わるガスとしては、硫黄化合物である亜硫酸ガスと硫化水素、そして塩素系ガスがある。二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  は火山活動により産出され、石炭や石油が多量の硫黄化合物を含んでいるために、これらを燃焼することで発生する。そして水と反応して亜硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_3$  を生成する。硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  は、海底火山の熱水噴出孔付近や石油化学工業などで生成され、さらに下水処理場、ごみ処理場などにおいても、硫黄が嫌気性細菌によって還元され硫化水素が発生する。

日本の化学工業では、1970年頃から環境保全に取り組み、大気汚染の対象となる硫黄酸化物  $\text{SO}_x$  や窒素酸化物  $\text{NO}_x$  などは大幅に削減されている。その為、常時噴煙をあげている火山の近くでない限り、大気中に硫黄化合物が含まれている可能性は非常に低いと考えられる。

一方、塩素ガスは、非常に反応性が高く、多くの金属や有機物と反応し塩化物を形成する。地球上においては比較的多く存在し、鉱物やイオン、気体などとしてマントルに99.6%、地殻に0.3%、海水に0.1%が保有されてい

る。その為、海岸付近においては塩素系ガスによる金属の腐食が促進される可能性が高くなる<sup>2)</sup>。

本研究においては、亜硫酸ガスと硫化水素ガス、そして塩素系ガスに対するフィルタ性能を検証した。大気濃度は、亜硫酸ガスが1～9 ppb、硫化水素ガスが3～10 ppbと10 ppb以下であり環境省の環境基準値40 ppbを十分に下回っていた。したがって、本報告では塩素ガス濃度に対する除塩性能のみを説明する。

### 4.1 塩素ガス濃度測定結果

塩素ガス濃度測定結果を図-6に示す。除塩フィルタの1次側(0A取入)では共に塩素系ガスの目安濃度は20～30ppbに対し、除塩フィルタ2次側ではプレメイン一体型洗浄再生フィルタが11～17ppb、対象除塩フィルタが5～12ppbに減少した。中性能フィルタ流出側では共に1～6ppbまで濃度が下がる結果となった。

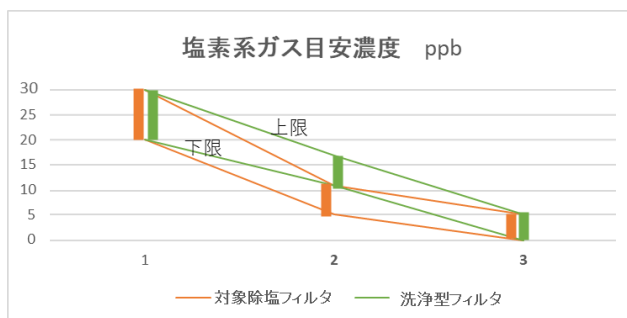


図-6 塩素ガス濃度測定結果

### 4.2 塩素濃度測定結果 (別現場での測定事例)

関西国際空港での検証と同様に、対象除塩フィルタとプレメイン一体型洗浄再生フィルタの塩素ガス濃度を、同計測器エコチェッカを用いて外気取入と除塩フィルタ通過後・SAの3箇所測定を行った結果を図-7に示す。

除塩フィルタの1次側(0A取入)ではプレメイン一体型洗浄再生フィルタ側が塩素目安濃度13～16ppb、対象除塩フィルタ側が6～11ppbと差が出た。除塩フィルタ2次側では共に目安濃度が0～5ppbまで、SA側でも同数値の結果となった。

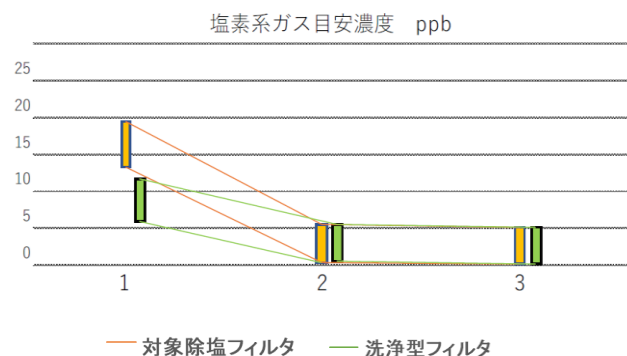


図-7 塩素ガス濃度測定結果 (千葉県幕張)

## 5. 空調機送風動力の電力削減効果

### 5.1 電力削減効果の検証

供試中性能フィルタの低圧力損失性能については、既報告<sup>3)</sup>済みであるが、今回に用いたプレメインー一体型洗浄再生フィルタの省エネ性能についても検証をした。

### 5.2 検証方法

給気ファンの動力(連続測定の平均値)より省エネ効果を算出した。

$$\text{省エネ効果} = 1 - (\text{低圧損フィルタの平均ファン動力 } E_b) \div (\text{従来型フィルタの平均ファン動力 } E_a)$$

- ・空調機 AC-3-1 での省エネ効果  $1 - E_{b2} \div E_{a1}$
- ・空調機 AC-3-2 での省エネ効果  $1 - E_{b1} \div E_{a2}$
- ・平均省エネ効果 = (平均削減電力)  $\div$  (一般フィルタの平均電力)

※AC-3-1 と AC-3-2 の運転条件が異なるため、空調機別の評価は行わない。

### 5.3 測定結果

図-8 に電力測定結果を示す。4月4日のデータが異常値を検出したため省エネ率は4月5日～4月10日の電力で算出した。

省エネ効果を表-3 に示す。AC-3-1 系統が 32.7%、AC-3-2 系統が 14.3%と算出され、平均で 20%～23%という結果になった。空調機系統による省エネ効果の違いは AC-3-1 と比較すると AC-3-2 は吐出圧が大きく、全圧力も大きくなる。省エネ効果はフィルタ圧損差と全圧力の比となるため、AC-3-2 は省エネ効果が小さくなった。

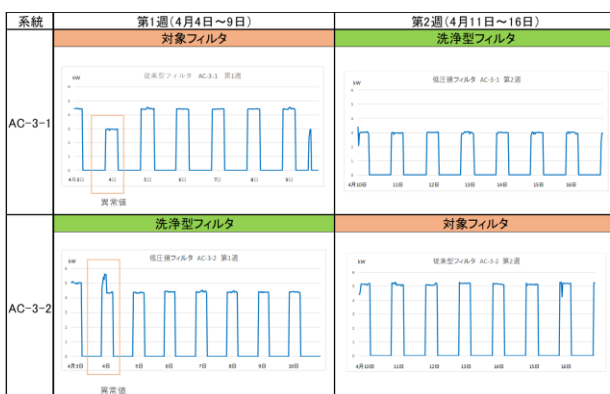


図-8 電力測定結果

表-3 省エネ効果 (空調機運転時の平均値)

系統	第1週(4月4日～9日)		第2週(4月11日～16日)		省エネ効果 %
	期間	平均動力	期間	平均動力	
AC-3-1	従来型フィルタ		低圧損フィルタ		32.7
	4月5日～10日	4.43	4月11日～16日	2.98	
	4月4日～10日	4.18			
AC-3-2	低圧損フィルタ		従来フィルタ		14.3
	4月5日～10日	4.42	4月11日～16日	5.15	
	4月4日～10日	4.47			
平均省エネ効果 %					22.8

## 6. 結論

本検証試験では除塩フィルタ性能をフィールドで性能評価することであり、海塩粒子の捕集効果ではなく塩素ガス濃度を測定するという新しい手法を用いた。

結果として塩素ガス濃度が除塩フィルタを通過後、既存のフィルタとほぼ同程度で、5ppb以下に減少していることを確認することが出来た。

ただしこの塩素ガス濃度の室内及び除塩フィルタ下流側設備への影響の度合いを推測するには至っていない。今後、この測定方法を用いると、空調機の熱交換器等、保護対象機器への腐食影響を推定できるようになる可能性もある。また、海塩粒子の潮解現象による再飛散への影響評価も今後の課題である。

以上のような観点より、除塩フィルタ性能の総合的な評価と更なる性能向上を目指していきたい。

空調機の動力削減効果については、AC-3-1 系統が 32.7%、AC-3-2 系統が 14.3%、平均で 20%～23%という結果になった。一方、動力削減効果は、空調機配管の全圧力損失に基づくことから、プレメインー一体型洗浄再生フィルタによる削減と共に、他の配管系の圧力損失を見直すことにより更なる削減効果を導くことも可能である。

## 参考文献

- 1) 日本空気清浄協会 JACANo.49-2009 塩害防止フィルタ評価方針
- 2) 丹野和夫 ターボ機械第 24 巻第 5 号 pp.257-261
- 3) 藤原孝行他 4 名 2011 年空気調和・衛生工学会大会講演論文集 pp.1559-1562