

# クリーンルーム用導入エアの洗浄装置

Open air cleaning apparatus for clean room



(気)大気環境室  
檜山和成  
Kazushige Hinokiyama

当社は、クリーンルームへ取入外気の洗浄装置を最近数基納入し、稼働中である。従来、クリーンルームではケミカルフィルターとHEPAフィルターの組み合わせによりガス及び粒子状物質を除去していたが除去効率とフィルターの寿命の点で問題があった。本稼働装置は以上の2点を解決した画期的なものであり、その概要について述べる。

Shinko Pantec Co., Ltd. has recently delivered several open air cleaning apparatuses for the clean room, and they are being operated now.

Gas and particulate matter were conventionally removed by a combination of chemical filters and HEPA filters in case of the clean room, which posed a problem because of low removal efficiency and short life of the filters. These new apparatuses make an epoch in solving these two problems. This paper presents an outline of the apparatuses.

## Key Words :

クリーンルーム  
粒子汚染  
化学汚染  
イメージ作用力  
衝突効率  
慣性パラメーター  
クーロン力  
慣性力

Clean room  
Contamination by particulate matter  
Chemical contamination by gas  
Image force  
Collision efficiency  
Inertial parameter  
Coulomb force  
Inertial force

## まえがき

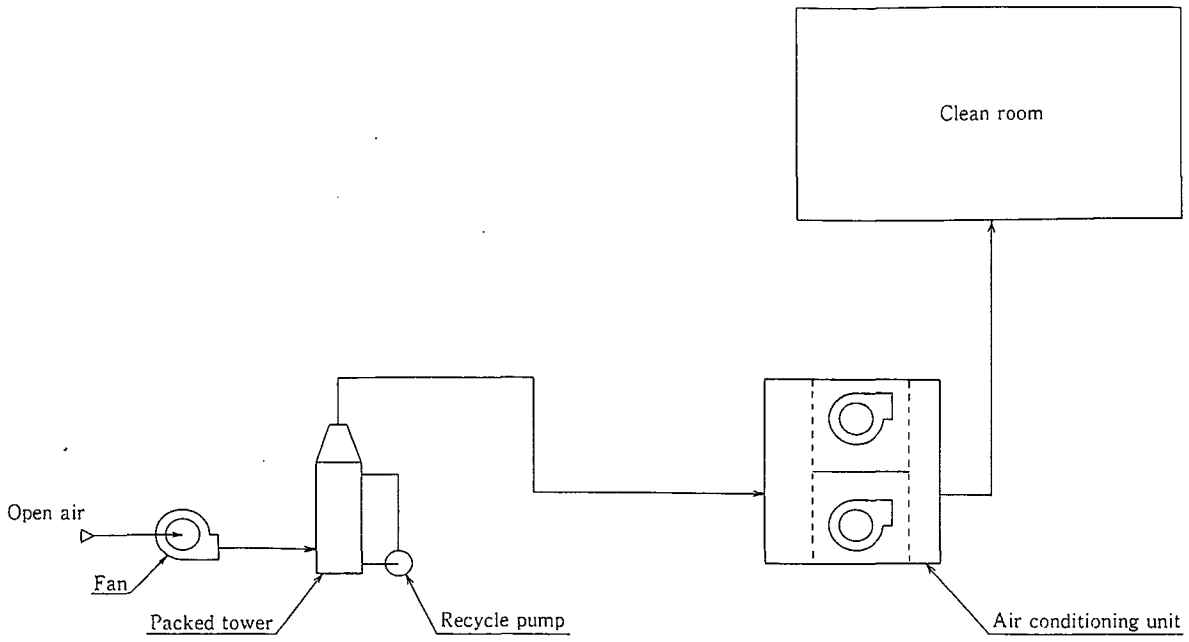
大気中には各種製造工場、廃棄物処理場(し尿、下水、ごみ等)、都市暖房、自動車及び海水の飛沫等から発生する塵埃、海塩粒子等の粒子状物質、硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素、塩素等の酸性ガス、アンモニア、トリメチルアミン等の塩基性ガス、キシレン、トルエン等の中性(有機)ガスが微量存在している。

最近、半導体の高集積化、微細加工化の促進にともない、クリーンルーム設備の高清浄化と低コスト化の強い要望が

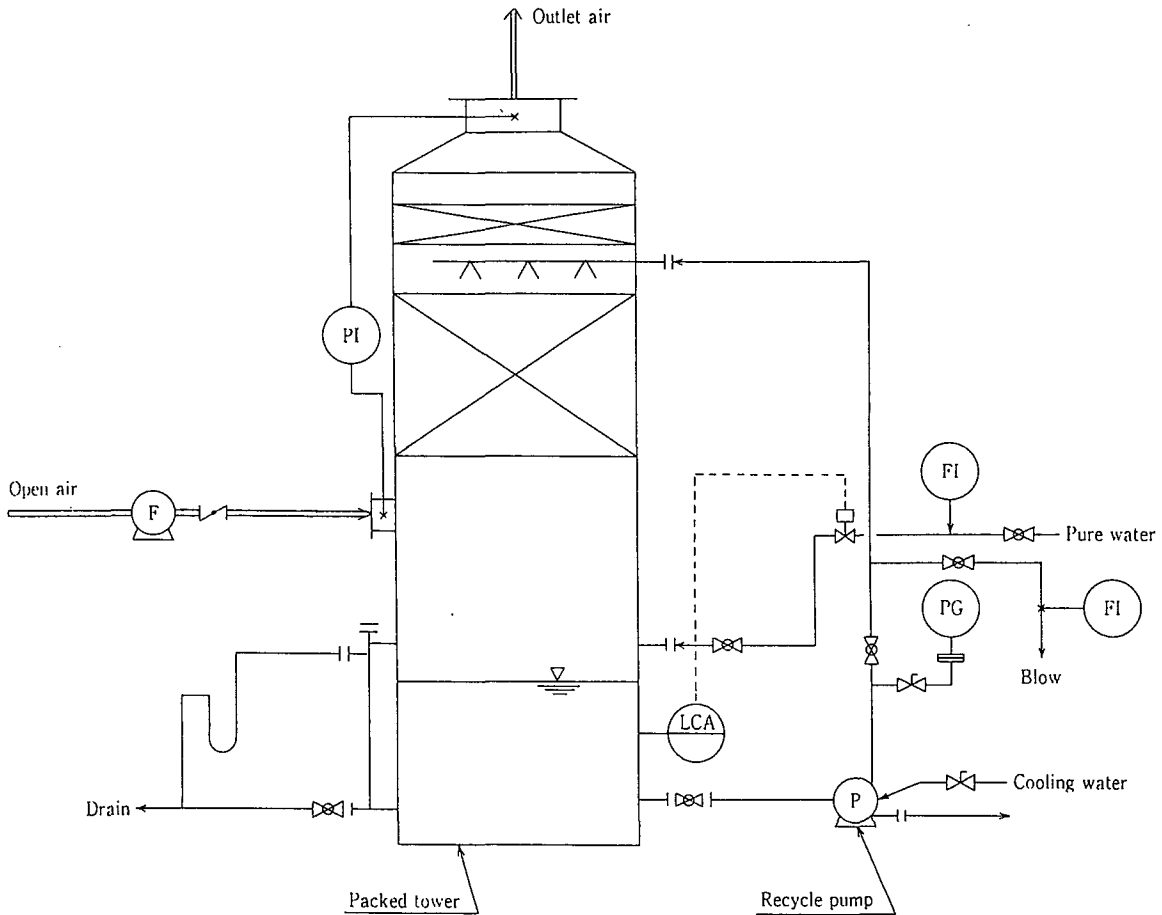
ある。

クリーンルームでは、ケミカルフィルター(吸着剤)による取入外気中のガス状物質の除去とHEPAフィルターやULPA等による粒子状物質の除去が行われているが、除去効率が悪く、フィルター寿命が短い等の問題点がある。

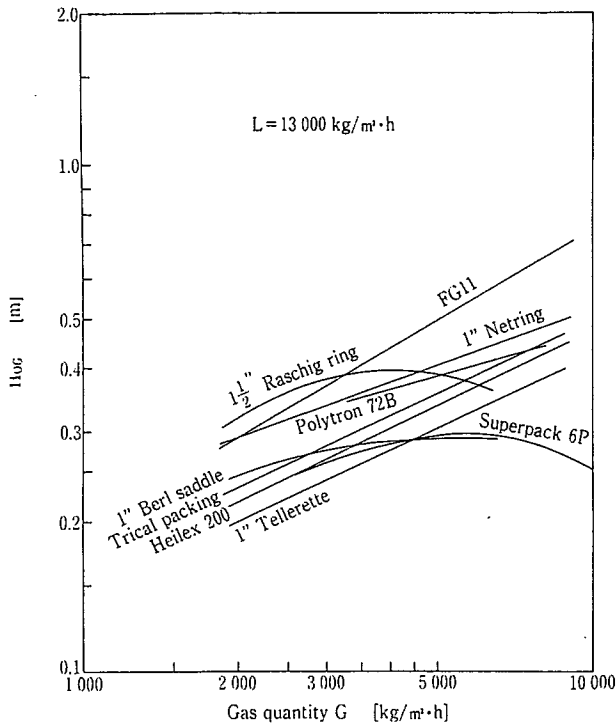
このようなことから、取入外気中のガス状汚染物質と粒子状物質の高除去率化とフィルターの長寿命化を目的とした高性能充填塔による洗浄装置を数基設置したのでその稼働例を紹介する。



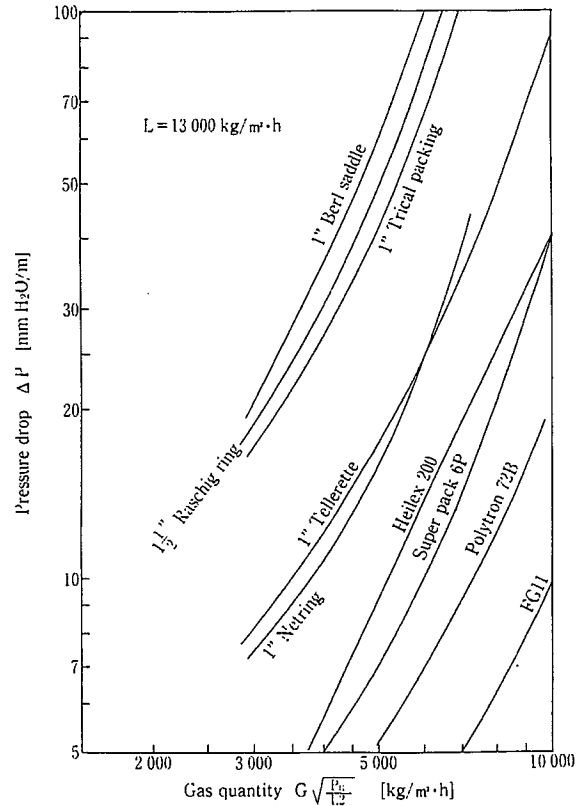
第 1 図 取入外気処理設備フローシート  
 Fig. 1 Flow sheet of equipment for the open air treatment



第 2 図 取入外気処理装置フローシート  
 Fig. 2 Flow sheet of the open air treatment

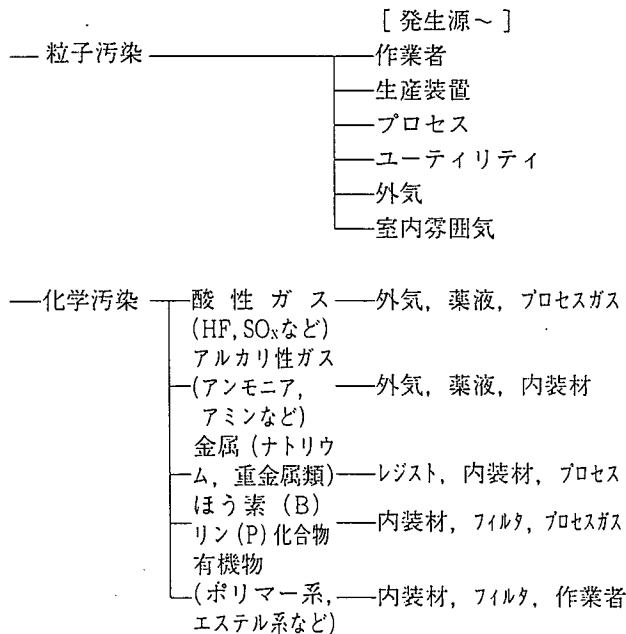


第 3 図 各種充填材の  $H_{OG}$  値  
Fig. 3  $H_{OG}$  value of tower packings



第 4 図 各種充填材の圧力損失  
Fig. 4 Pressure drop of tower packings

・ 充填塔によるガス及び粒子状物質の除去  
クリーンルームの清浄度低下要因例は次のとおりである。



これらの物質を抑制するため、充填塔による化学吸収と粒子状物質の除去原理について概要を述べる。

### 1.1 ガスの化学吸収

塩化水素、塩素等が気液接触し、液中の薬品との化学反応により化合物ができて、空気中から除去される現象を化学吸収という。

充填塔の断面積は、空気流量5000～12000 kg/m<sup>2</sup>·h、洗浄水量は、液流量10000～30000 kg/m<sup>2</sup>·hからそれぞれ決

第 1 表 各種充填材の特性

Table 1 Characteristics of tower packings

Packing	Surface area (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Free volume (%)
Super pack 6 P	390	95
Heilex 200	100	93
Heilex 300	75	95
2" Raschig ring	93	74
3" Raschig ring	62	74
1" Tellerette	185	81.6
2" Tellerette	102	88.6
1" Netring	164	86
Polytron A	88	92
Polytron B	100	91.1
Intalox saddle	256	77.5

められる。

充填高さ $Z$ とガス濃度の関係は(1)式の通りである。

$$Z = H_{OG} \cdot \ln \frac{Y_1}{Y_2} \quad (1)$$

$Z$  : 充填高さ (m)  
 $H_{OG}$  : 移動単位高さ (m)

$Y_1$  : 入口空気中のガス濃度 (モル分率)  
 $Y_2$  : 出口空気中のガス濃度 (モル分率)

$H_{OG}$  値は、充填材の種類により変化し、この値が小さい程充填材を低くでき、これを用いて充填材高さは入口濃度と出口濃度から算出できる。

### 1. 2 粒子状物質の除去

粒子状物質に作用する力には van der waals 力、クーロン力、イメージ作用力、慣性力等があるが、充填塔の場合、慣性力が主体となる。慣性集塵は、含塵空気を各種の障害物に衝突させ、あるいは含塵空気流の急激な方向転換を行い、空気中の粒子を除去するものである。

衝突効率(2)式の慣性パラメーターで表される。

$$\psi = \frac{d_p^2 \cdot \rho_p \cdot V_i}{18\mu \cdot D_C} \quad (2)$$

$\psi$  : 慣性パラメーター

$d_p$  : 粒子径

$\rho_p$  : 粒子密度

$V_i$  : 障害物に対する粒子の速度

$D_C$  : 障害物の直径又はノズルの直径あるいは幅

空気流が方向転換する場合、粒子の分離速度は(3)式で表される。

$$W_C \propto \frac{d_p^2 \cdot V_0}{R} \quad (3)$$

$W_C$  : 粒子の分離速度

$V_0$  : 周分速度

$R$  : 旋回半径

(2)及び(3)式から、粒子の衝突速度が大きく、旋回半径が小さいほど細かい粒子を分離捕集できることになる。

### 2. プロセスのフロー

第1図に取入外気処理設備のフローを示す。設置場所は工業地区で比較的海に近い。ファンで外気を取り入れ、充填塔でガス状物質と粒子状物質を除去し、高浄化された空気は空気調和機で所定の温湿度に調節されて、クリーンルームに送気される。

### 3. 本装置の概要

本装置は、高性能充填材を組み込んだ充填塔で有害ガス

と塵埃を除去することができ、その装置のフローを第2図に示す。外気はファンにより充填塔へ導入される。ここで、外気中の有害ガスはROブロー水、純水、あるいは、純水装置の排水中に含有しているアルカリ(Na, K)と化学的に反応し、化合物として水中に固定される。一方、外気中の塵埃は慣性衝突により同時に除去される。

補給水は純水で、充填塔循環槽水位計と連動して注入される。

排水量は6 m<sup>3</sup>/hであり、冷水塔の補給水として再利用される。充填塔の性能を決定づける最大のポイントは、組み込む充填材の選定である。第3図に各種充填材のNH<sub>3</sub>-水系での $H_{OG}$ 値、第4図に圧力損失及び第1表に特性の比較を示す。

第3図から、ガス流量G=9000 kg/m<sup>2</sup>・hの場合、 $H_{OG}$ 値は0.27 m~0.7 mの間に散在し、この値が小さいほど性能がよいことを意味する。第4図からG=7000 kg/m<sup>2</sup>・hの場合、圧力損失は8 mmH<sub>2</sub>O/m~200 mmH<sub>2</sub>O/mの間にある。第1表から、充填材の表面積は、62 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>~390 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>、空間率は74%~95%の間に散在している。表面積が大きい充填材は $H_{OG}$ 値が小さく、空間率が大きいものは圧力損失が小さいという関係がある。

総合評価として、各種充填材を組み込んだ充填塔の性能比較を第2表に示す。処理ガス量500 m<sup>3</sup>/min、入口NH<sub>3</sub>濃度=5 ppm、出口NH<sub>3</sub>濃度=0.1 ppm、充填塔直径=2150 φmm一定、洗浄水量=1210 l/min一定の条件で、充填高さや圧力損失の比較を行った。第2表の結果から、充填塔高さは990 mm~1890 mm、圧力損失は50 mm H<sub>2</sub>O~397 mmH<sub>2</sub>Oの間にあり、スーパーパック6Pが最も性能がすぐれていることから、この充填材を選定した。

### 4. 稼働装置の仕様

稼働装置の外形図を第5図に示す。設計条件、仕様及び主要部材は次の通りである。

#### 4. 1 設計条件

取入外気量 18000 m<sup>3</sup>/h

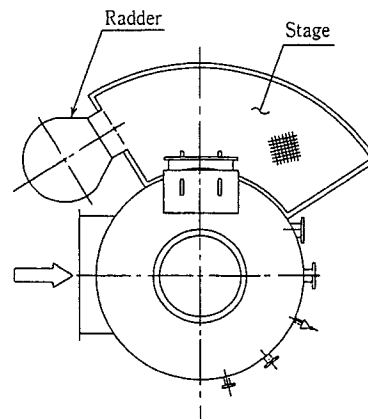
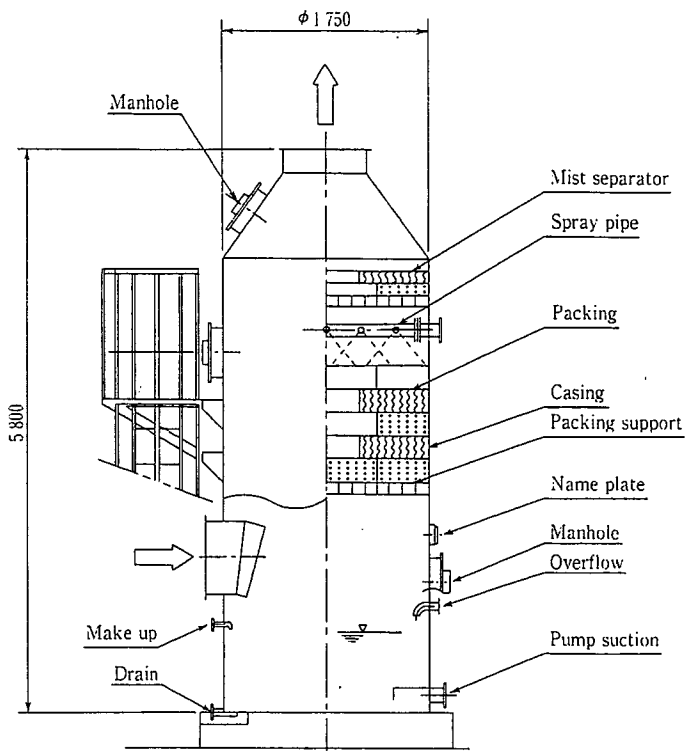
有害ガス 取入外気中濃度 (μg/m<sup>3</sup>) 処理後濃度 (μg/m<sup>3</sup>)

SO <sub>x</sub>	100	1
Cl <sub>2</sub>	50	25
NO <sub>x</sub>	20	15
NH <sub>3</sub>	50	5

第2表 各種充填塔の性能

Table 2 Performance of packed towers

Packing	Gas quantity (m <sup>3</sup> /min)	Tower diameter (mmφ)	Water quantity (l/min)	Inlet concentration (ppm)	Outlet concentration (ppm)	$N_{OG}$	$H_{OG}$ (m)	Packing height (mm)	Pressure drop (mmH <sub>2</sub> O)
Supar pack 6P	500	2150	1210	5	0.1	4.71	0.21	990	50
Heilex 200							0.36	1700	75
1" Tellerette							0.31	1460	176
1 1/2" Raschig ring							Flooding		
I-Ball							0.29	1370	66
1" Netring							0.40	1890	397



第 5 図 稼働装置  
Fig. 5 Operation apparatus

第 3 表 有害ガスの除去性能  
Table 3 Removal efficiency of noxious gases

Gas	Run	Inlet concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Outlet concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Removal efficiency (%)
SO <sub>x</sub>	1	140	2.0	98.6
	2	220	2.5	98.9
Cl <sub>2</sub>	1	4.0	0.5	87.5
	2	3.5	0.7	80.0
NO <sub>x</sub>	1	18.0	2.5	86.1
	2	7.5	1.5	80.0
NH <sub>3</sub>	1	3.5	0.8	77.1
	2	8.0	0.9	88.8

第 4 表 塵埃除去性能  
Table 4 Removal efficiency of dust

Run	Dust ( $>0.5\mu\text{m}$ )		
	Inlet concentration (pieces/ft <sup>3</sup> )	Outlet concentration (pieces/ft <sup>3</sup> )	Removal efficiency (%)
1	$1558 \times 10^2$	$282 \times 10^2$	81.9
2	$1632 \times 10^2$	$223 \times 10^2$	86.3
3	$1225 \times 10^2$	$150 \times 10^2$	87.8
4	$1429 \times 10^2$	$248 \times 10^2$	82.6

第 5 表 海塩粒子の除去性能  
Table 5 Removal efficiency of salt particle in the open air

Run	Inlet concentration (mg/m <sup>3</sup> )	Outlet concentration (mg/m <sup>3</sup> )	Removal efficiency (%)
1	0.0872	0.00665	92.4
2	0.1323	0.00886	93.3
3	0.0785	0.00679	91.4
4	0.225	0.00923	95.9
5	0.1130	0.00805	92.9

洗浄水量 700 l/min  
 洗浄水質 純水 ( $\text{Na}^+ = 0.12 \text{ mg/l}$ ,  $\text{K}^+ = 0.1 \text{ mg/l}$ ,  $\text{asCaCO}_3$ )  
 給水量 MAX. 6 m<sup>3</sup>/h  
 (純水中の  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  及び外気中の  $\text{NH}_3$  が水に溶解して、 $\text{SO}_x$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NO}_x$  との反応から算出)  
 排水水量 pH 6 ~ 8  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  10 mg/l  
 $\text{NaCl}$  2 mg/l  
 $\text{NaNO}_3$  0.2 mg/l  
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  10 mg/l  
 圧力損失 100mmH<sub>2</sub>O

第 6 表 従来プロセスとの比較  
Table 6 Comparison with conventional process

Flow sheet	New process			Conventional process		
Performance of Gas and dust concentration in the open air	Inlet	Outlet	Removal efficiency (%)	Inlet	Outlet	Removal efficiency (%)
SO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	180	2.3	98.7	180	18	90.0
Cl <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	3.8	0.6	84.2	3.8	3.5	7.9
NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	12.8	2.0	84.4	12.8	5.1	60.2
NH <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	5.8	0.8	86.2	5.8	5.0	13.8
Dust (pieces/ft <sup>3</sup> )	1.5×10 <sup>5</sup>	2.3×10 <sup>4</sup>	84.7			
salt Particle (μg/m <sup>3</sup> )	127	7.9	93.8			
Running cost (yen/year)	2 000 000			15 000 000		

#### 4. 2 装置仕様

充填塔 型番	VSP-175 (0)	1 基
	1 750 φmm×5 800 Hmm	
循環ポンプ	700 l/min×15 m×3.7 kW	1 台
	SCS14製	
ファン	300 m <sup>3</sup> /min×130 mmH <sub>2</sub> O×11 kW	1 台
	SS400製	
循環配管	PVC製	

#### 4. 3 充填塔主要部材材質

本体	FRP製
散水管	PVC製
散水ノズル	ポリプロピレン製
充填材	PVC製
充填材受 (グレーチング)	FRP製
ミストセパレーター	PVC製
ミストセパレーター受 (グレーチング)	FRP製
歩廊及び梯子	SS400製

#### 5. 稼働結果

設定した1号機は1996年10月から稼働しているが、その運転及び性能テスト結果を第3～5表に示す。

稼働中の本装置は、取入外気量=18 000 m<sup>3</sup>/h、循環水量=700 l/min及び給水量=4 m<sup>3</sup>/hであった。

第3表から、ガスの除去率はSO<sub>x</sub>98.6～98.9%、Cl<sub>2</sub>80.0～87.5%、NO<sub>x</sub>80.0～86.1%及びNH<sub>3</sub>77.1～88.8%が得られた。

連絡先

檜山和成 気熱装置事業部  
(工学博士) 大気環境室  
参事  
TEL 078-232-8133  
FAX 078-232-8066  
E-mail k.hinokiyama@pantec.co.

第4表から、0.5 μm以上の浮遊塵埃の除去率は81.9%～87.8%となっている。

第5表から、海塩粒子については、外気中の濃度が0.0785 mg/m<sup>3</sup>～0.225 mg/m<sup>3</sup>において除去率91.4%～95.9%である。

前述から、設計条件となっている有害ガスの除去性能は満足される結果が得られた。なお、外気中の塵埃及び海塩粒子も90%程度除去されることが確認された。

#### 6. 従来プロセスとの比較

クリーンルーム取入外気中の有害ガスと塵埃の除去プロセスについて、本プロセスと従来との比較を第6表に示す。

第6表から、本装置を設置することにより、SO<sub>x</sub>、Cl<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、NH<sub>3</sub>、塵埃及び海塩粒子の除去効果に優れ、この結果、クリーンルームの高浄化と低コスト化に寄与することができる特長をもつ。

#### むすび

今後、本装置を組み込んだプロセスを採用することにより極めて清浄度が高く、かつ、維持管理費の安価なクリーンルームの完成が可能となり、ユーザーならびに関係各位のニーズにお答えできるものと確信する。

#### [参考文献]

- 鈴木道雄 他：スーパークリーンルーム、空気調和・衛生工学、71(7) pp.5-12、空気調和・衛生工学会、1997
- 檜山和成：AWガス洗浄装置による排ガス処理事例、PPM、95(9)、pp.77-83 (株)日本工業新聞社、1995