

AWガス洗浄装置による排ガス処理事例

Applications of the AW Gas Absorber to Waste Gas Treatment Systems



(気)生産部 技術第1課
 桜山 和成
 Kazushige Hinokiyama

With the stabilization of industrial growth, the selection of more economical and more efficient facilities is recently under consideration for removing hazardous gases, malodorous gases, and particulate matters. From this point of view, this paper presents relatively unique operational data obtained on gases and particulate matters treated by a packed column. Outlined here are data on the removal of gaseous phosgene and gaseous bromine under high-vacuum operating conditions, the removal of various malodorous substances by aerated water, and the removal of particulate matters discharged from a fertilizer production process.

まえがき

産業の高度成長が安定期にはいと、設備投資が見直され、より経済的かつ効果の高い装置が要求されてきている。現在、ガス吸収装置としては充填塔、スプレー塔、気包塔（モレタナ塔）及び吸着塔等があるが、コンパクトで圧力損失が小さく、かつ高性能な充填塔の採用が増加している。また、集じん装置には電気集じん機、イオンスクラバー、バグフィルター、ベンチユリースクラバー、ジェットスクラバー、ロートクロン、充填塔及びサイクロン等が用いられているが、物質の粒子径が比較的大きい（ $2\sim 3\ \mu\text{m}$ 以上）場合には、据付面積及び圧力損失が小さく、かつ建設費の安価な充填塔の検討が有効と考えられる。

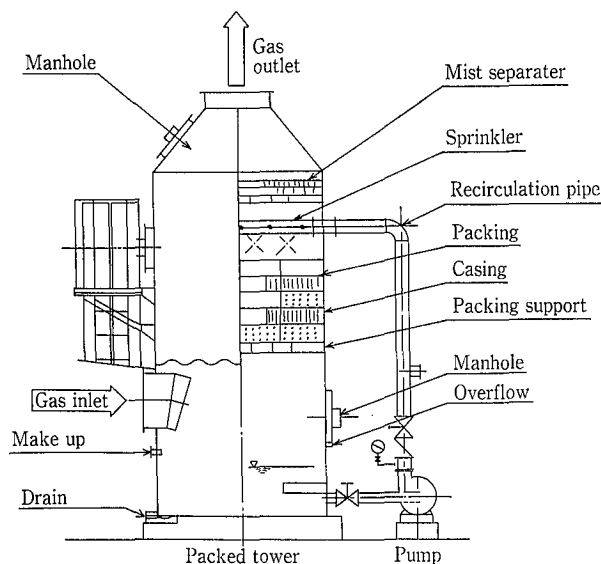
本報では、このような観点から、AWガス洗浄装置（充填塔）を用いた有害ガスの除去及び集じん事例について述べる。

1. AWガス洗浄装置の概要

弊社では冷却塔に用いられているフィルム形充填材の高い気液接触効果に着目し、充填材表面積及び空間率を高めた薄板状充填材を開発した。この充填材を組み込んだのがAWガス洗浄装置で、その構造を第1図に示す。なお、参考までに充填材（スーパーパック）の特性を第1表に示す。

AWガス洗浄装置では、ガスと吸収液とが充填層で向流接触し有害物質が除去され、ミストセパレーターにより気液分離後排出される。循環水は固形物質及び塩分濃縮抑制の目的で少量系外へ排水させる必要があるが、充填材及び散水ノズルが閉塞しにくい構造であるために、排水量の極小化を図ることが出来る。

処理ガス量 $500\ \text{m}^3/\text{min}$ 、入口アンモニア濃度 $5\ \text{ppm}$ で、処理後濃度 $0.1\ \text{ppm}$ にする場合の各種充填材を用いたガス洗浄装置の性能比較を第2表に示す。但し、塔径及び洗浄水量は同一とする。第2表から、スーパーパックを用いたAWガス洗浄装置は他と比較して充填高さで $1/2$ 、圧力損失は $1/3$ となり省エネルギー化が図れることが認められる。また、第2図に $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系の HOG 比較を、第3図に圧力損失比較を示す。図から、 HOG 及び圧力損失ともに小



第1図 AWガス洗浄装置
 Fig. 1 AW gas absorber

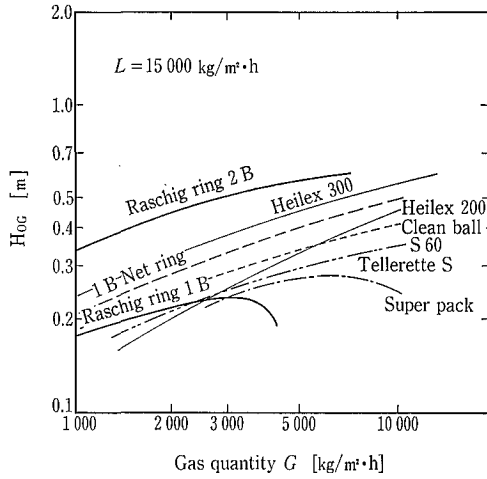
第1表 各種充填材特性比較
 Table 1 Characteristic comparison between various packings

Packing	Surface area [m^2/m^3]	Free volume [%]
Super pack	390	95
Heilex 200	100	93
Heilex 300	75	95
Raschig ring 2B	93	74
Raschig ring 3B	62	74
Tellerette S	185	81.6
Tellerette L	102	88.6
Net ring	164	86
Polytroon A	88	92
Polytroon B	100	91.1
Intalox saddle	256	77.5

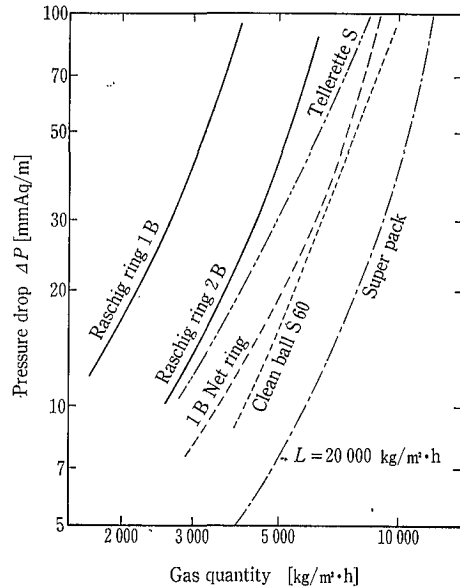
第 2 表 各種充填材性能比較

Table 2 Performance comparison between various packings

Packing	Gas quantity (m ³ /min)	Tower diameter (mmφ)	Water quantity (ℓ/min)	Gas inlet (ppm)	Gas outlet (ppm)	NoG	HOG (m)	Packing height (m)	Pressure drop (mmAq)
Super pack	500	2 150	1 210	5	0.1	4.71	0.21	990	50
Heilex 200							0.36	1 700	75
Tellerette S							0.31	1 460	176
Raschig ring 1½B							Flooding		
I ball							0.29	1 370	66
Net ring 1B							0.40	1 890	397



第 2 図 NH₃-H₂O 系 HOG 比較
Fig. 2 Comparison of NH₃-H₂O system HOG



第 3 図 圧力損失比較
Fig. 3 Comparison of pressure drop

さいことが分かる。このことは、ガスの除去性能及び省エネルギー効果が高いことを意味する。

2. ガス吸収及び集じん原理

2.1 ガス吸収原理

充填塔の任意断面と塔頂間での物質収支は、(1)式の通りである。

$$G_{M1} \left(\frac{y}{1-y} - \frac{y_2}{1-y_2} \right) = L_{M1} \left(\frac{x}{1-x} - \frac{x_2}{1-x_2} \right) \quad (1)$$

x, y の値が充分小さい場合には、(2)式で近似出来る。

$$G_{M1}(y-y_2) = L_{M1}(x-x_2) \quad (2)$$

$$\text{一方、} N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{y_1}{y_2} \frac{y_{BM}}{(1-y)(y-y^*)} dy \quad (3)$$

$$Z = H_{OG} \cdot N_{OG} \quad (4)$$

希薄ガスの物理吸収の場合、(3)式は、(5)式で近似出来る。

$$N_{OG} = \frac{y_1 - y_2}{(y_1 - y_1^*) - (y_2 - y_2^*)} \ln \frac{y_1 - y_1^*}{y_2 - y_2^*} \quad (5)$$

また、アンモニアを硫酸で除去する化学反応の場合は、 $y^* = 0$ となり、(3)式は、(6)式のように簡略化される。

$$N_{OG} = \ln \frac{y_1}{y_2} \quad (6)$$

ここに、 G_{M1} : ガスのモル流量 [kgmol/h]
 L_{M1} : 液のモル流量 [kgmol/h]

y : 任意断面でのガス濃度 [molfraction]

y_2 : 出口ガス濃度 [molfraction]

x : 任意断面での液濃度 [molfraction]

x_2 : 吸収液入口濃度 [molfraction]

N_{OG} : 移動単位数

y_1 : 入口ガス濃度 [molfraction]

y^* : x に平衡なガス濃度 [= $m \cdot x$]

[molfraction]

$$y_{BM} = \frac{(1-y) - (1-y^*)}{\ln \frac{1-y}{1-y^*}} \quad (7)$$

m : 平衡線の勾配

Z : 充填層長 [m]

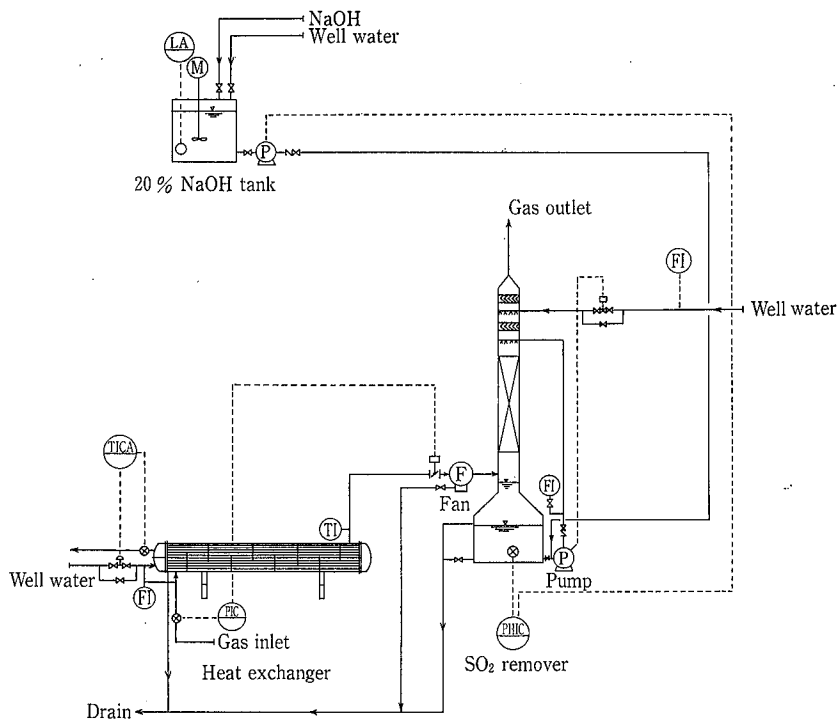
H_{OG} : 移動単位高さ [m]

$y_1^* = m \cdot x_1$, x_1 に平衡なガス濃度

[molfraction]

$y_2^* = m \cdot x_2$, x_2 に平衡なガス濃度

[molfraction]



第4図 反応機からの熱回収とSO₂ガス除去
Fig. 4 Heat recovery and SO₂ gas removal from reactor

2 集じん原理

充填塔による粒子状物質の主な除去機構は、慣性集じん作用であり、再飛散防止のために洗浄方式を併用して水中に粒子を捕捉する。この場合、慣性衝突効率とその影響因子として慣性パラメータPが最も重要である。Pが大きくなるほど捕集効率がよくなり、それを(7)式に示す。

$$P = \frac{D_p^2 \cdot u \cdot \rho_p}{18 \cdot \mu \cdot \gamma} \quad (7)$$

P : 慣性のパラメータ

u : 空塔ガス速度 [m/s]

γ : 障害物または噴流の断面半径 [m]

D_p : 粒子径 [m]

ρ_p : 粒子の真密度 [kg/m³]

μ : 気体の粘性係数 [kg/m·s]

1. 排ガス処理事例

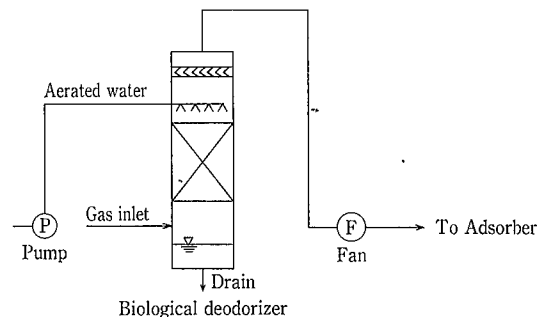
AWガス洗浄装置を用いた有害ガスの除去及び集じん事例について次に述べる。

1.1 反応缶排ガスからの熱回収とSO₂ガス除去例 (T製薬(株))

化学物質製造反応機から排出する水蒸気及びSO₂ガスを対策で、最初、シエルアンドチューブ型熱交換器により水蒸気を凝縮させ、その後、充填塔を用いSO₂ガスをNaOH溶液により反応除去する。そのフローを第4図に示す。

1.1.1 設計条件と諸元

入口ガス量	H ₂ O	2 300 kg/h,	SO ₂	37 kg/h
入口ガス温度	105 °C			
出口ガス量	SO ₂	0.35 m ³ N/h		
脱硫塔	200 φmm × 3 700 Hmm			



第5図 廃水処理槽からの排ガス処理
Fig. 5 Exhaust gas treatment of waste water treatment ponds

(水槽部500 φmm × 1 000 Hmm),
FRP製

NaOH貯槽
ポンプ 20 l/min × 15 m × 0.75 kW,
PVDF製

NaOH注入ポンプ 5 l/min × 10 m × 0.2 kW, PVC製
熱交換器 シエルアンドチューブ型,
SUS316L製

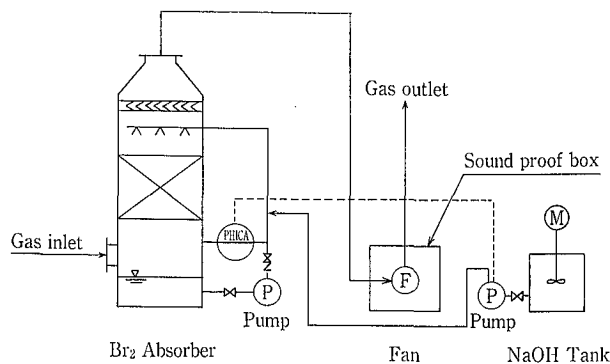
3.1.2 運転性能

1) 熱回収

蒸気量2 600 kg/h(100 °C) から、21 m³/h(91 °C) の温水が得られた。非凝縮ガスとして空気及びSO₂ガス存在下における総括伝熱係数は、620~700 kcal/m²·h·°Cであった。

2) 脱硫性能

ガス流量 3 040 kg/m²·h, 循環水量 20 000 kg/m²·h, 入口ガス温度70~75 °C 及び循環水 pH 値 7~12の条件下



第6図 反応機からの臭素ガス除去
Fig. 6 Removal of gaseous bromine from reactor

で、入口平均 SO₂ 109 000 ppm に対して、処理後は平均で 29 ppm となった。

入口及び出口の SO₂濃度を設計条件の単位で表すと、それぞれ 19.5 kg/h 及び 0.002 45 m³N/h と換算できる。これらから、設計条件を十分に満足する結果が得られたことが認められた。

前述の事例の他、有用物質の回収として H₂S を 20% Na₂S で、NH₃ を 10% NH₄OH、HCl を 30% 塩酸、尿素粉末を 10% 尿素として回収した事例等がある。

3. 2 廃水処理槽からの排ガス処理例 (K化学(株))

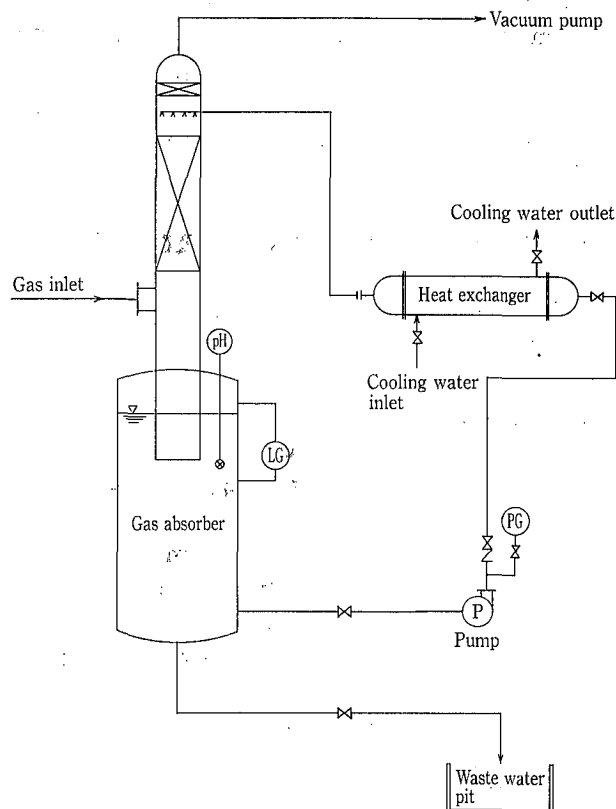
原水槽、調整槽、汚泥貯留槽、中和槽及び曝気槽より発生するガスのうち曝気槽を除くガス濃度は高く、これらを対象に、曝気槽処理水による生物脱臭塔を吸着塔の前処理として設置した。そのフローを第5図に示す。

3. 2. 1 設計条件と諸元

入口ガス量	60 m ³ N/min	
入口ガス温度	常温	
悪臭物質	入口濃度(ppm)	出口濃度(ppm)
トルエン	10	5
ピリジン	0.1	0.01
メタノール	5	0.5
アセトアルデヒド	2	0.1
I P A	40	0.4
アミン	0.2	0.02
アンモニア	2	0.2
硫化水素	1	0.1
生物脱臭塔	1 000 mmφ × 4 000 Hmm, FRP 製	
洗浄ポンプ	315 l/min × 15 m × 2.2 kW, SUS316 製	

3. 2. 2 運転性能

処理ガス量60 m³N/min、洗浄水量300 l/min 及び入口ガス温度30 °C における各物質濃度は、次の通りである。すなわち、トルエン、ピリジン、メタノール、アセトアルデヒド、I P A、アミン、アンモニア及び硫化水素は入口濃度がそれぞれ25 ppm、2 ppm、150 ppm、1 ppm、10 ppm、2 ppm、2 ppm 及び0.5 ppm に対し、出口濃度はトルエンが 13 ppm と高く、他の物質はすべて設計条件を満足する結果が得られ、吸着の前処理として有効であることが認められた。このように、設計条件での入口濃度よりも実測値が高いにもかかわらず、設計出口濃度を満足する結果が得



第7図 反応機からの排ガス中のホスゲンと HCl 除去
Fig. 7 Removal of phosgene and HCl contained in reacted exaust gas

られた。これは微生物によるガスの除去においては、吸着法と同様に入口濃度の変動に大きく影響されないことを意味する。また、トルエンは微生物による分解速度が遅い物質であることが分った。

3. 3 反応機から排出する臭素ガス除去例 (S化学(株))

反応機から発生する臭素ガスを NaOH 水溶液により除去する。そのフローを第6図に示す。

3. 3. 1 設計条件と諸元

入口ガス量	150 m ³ /min
臭素ガス	300 ppm
入口ガス温度	常温
出口臭素ガス濃度	75 ppm
洗浄塔	1 500 φmm × 5 000 Hmm, FRP 製
循環ポンプ	670 l/min × 15 m × 3.7 kW, SUS316 製
NaOH 注入ポンプ	51 l/h × 100 m × 0.2 kW, SUS304 製
ファン	150 m ³ /min × 600 mmAq × 30 kW, FRP 製

3. 3. 2 運転性能

処理ガス量158 m³/min 及び循環水量670 l/min の条件下で入口濃度が6.1 ppm、7.3 ppm 及び11.1 ppm のとき、出口においてそれぞれ2.2 ppm、1.8 ppm 及び 1.0 ppm で、平均除去率は80%であった。また、入口が13.9 ppm、18.8 ppm 及び17 ppm のとき、出口はそれぞれ1.0 ppm、1.3 ppm

及び1.8 ppm で、平均除去率は92%であった。入口濃度が3.1 ppm のとき、出口は2.8 ppm で、除去率は92%であった。同様に入口が189 ppm のとき、出口が3.4 ppm とより除去率は98%であった。このように臭素ガスの除去率は、入口濃度の上昇とともに80%→92%→98%と高くなる特性が認められた。

この原因については、現在検討中である。

4 反応機からの排ガス中のホスゲン及び HCl 除去例 (T化学(株))

真空 (40 Torr) 条件下で発生するホスゲン (COCl₂) 及び HCl ガスを NaOH 水溶液により除去する。そのフローを第7図に示す。

4.1 設計条件と諸元

入口ガス量 142.4 m³N/h, COCl₂ 212 kg/h, HCl 131 kg/h, 有機ガス 51 kg/h, 空気 1 kg/h
 入口ガス温度 40 °C
 出口条件 COCl₂ 1 ppm, HCl 1 ppm
 洗浄塔 700 mmφ × 5700 mm (循環槽1450 mm × 4550 mm), FRP ライニング製
 循環ポンプ 700 l/min × 18 m × 5.5 kW, PVDF 製
 熱交換器 シェルアンドチューブ型, SS400 製
 プロセス水 700 l/min 37 °C→33.8 °C

4.2 運転性能

入口ガス量 164.4 m³N/h COCl₂=274 kg/h, HCl=144 g/h, 有機ガス=51 kg/h 及び空気 1 kg/h 及び循環水量 700 l/min において、ホスゲン及び HCl とともに出口平均直で1 ppm となり、ほぼ設計条件を満足する結果が得られた。

5 化成肥料粉じんの除去例 (S肥料(株))

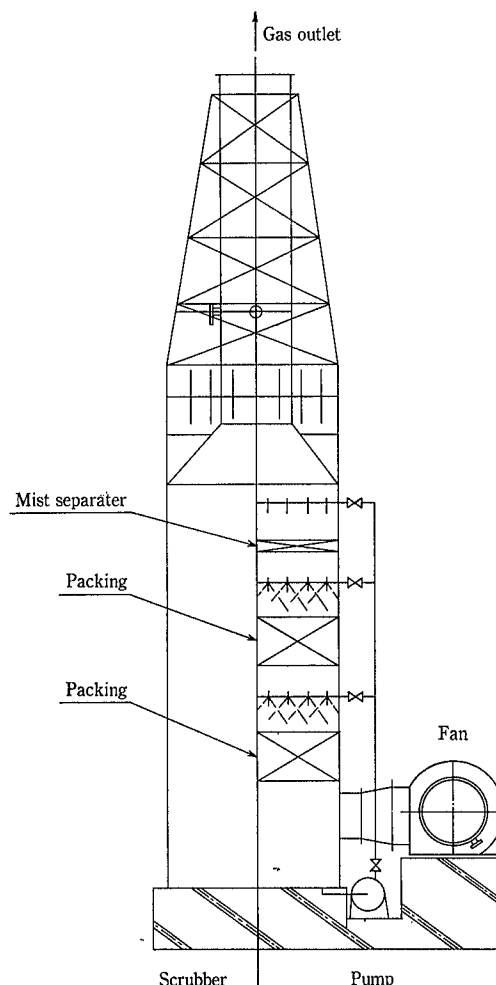
硫化アンモニウム、塩化アンモニウム、塩化カリウム、過りん酸石灰、植物性油かす及び尿素肥料製造工程より発生する粉じんを除去するもので、その装置の概要を第8図に示す。

5.1 設計条件と諸元

入口ガス量 1000 m³/min
 粉じん濃度 1 g/m³N
 入口ガス温度 40 °C
 出口粉じん濃度 100 mg/m³N 以下
 洗浄塔 3000 mm□ × 15000 mm, FRV 製
 循環ポンプ 180 m³/h × 15 m × 11 kW, SUS316 製
 ファン 1000 m³/min × 100 mmAq × 30 kW, FRP 製

5.2 運転性能

設計条件と同一のガス量及び循環水量 180 m³/h で測定した結果、製品名柄として粒状過りん酸石灰 (ニュートップ) の場合、入口 1.89 g/m³N が出口で 75 mg/m³N に、ユンドル特号 (高度有機 502) の場合、入口平均 0.092 g/



第8図 化成肥料粉じん除去
 Fig. 8 Removal of compound fertilizer particulates

m³N が出口で平均8.3 mg/m³N となった。同様に農協有機157の場合には、入口平均0.08 g/m³N が出口で12 mg/m³N となった。以上から、設計条件を満足していることが認められた。ただし、粒状過りん酸石灰の場合、ダスト粒子径が小さく、出口において水蒸気とは別にヒュームがかすかに目視された。

前述の他、粉じん除去例としては、塩ビ製造工程排ガス中のPVC粉じん、産業廃棄物焼却炉から排出されるダスト、食品添加剤製造工程からのDBO粉じん及びホーロー浴槽吹付ブースからの塗薬等がある。

むすび

AWガス洗浄装置 (充填塔) による有害ガス除去事例として4例ならびに集じん事例1例について、稼動実績をもとにその概要を述べた。今後は、パイロットテスト機を利用して、未経験の特殊ガス及び特に各種の粒子状物質の除去分野への拡大を図る予定である。