

亜硫酸ガス除去に関する実験的研究（第2報）

小林 昌 弘
宮 路 栄 二

§ 1. 序

研究所研究報告「亜硫酸ガス除去実験そのⅠ，そのⅡ」および、「研究所報 Vol. 18」において報告した結果¹⁾，エアワッシャの噴霧水温（以下 θ とする）の相違による除去効率の低下が考えられた。前報までの実験は $\theta = 3 \sim 7^\circ\text{C}$ とかなり低温であった。亜硫酸ガスの水に対する溶解度は θ が低いほど大きく、 $\theta = 0^\circ\text{C}$ と $\theta = 20^\circ\text{C}$ を比較するならば、後者での除去効率は約 $\frac{1}{2}$ になることが予想される。

今回の実験の目的は、

- 1) θ の相違による除去効率の比較
- 2) 難溶性ガス（炭酸ガス使用）による除去効率の調査
- 3) 粉塵捕集効率の測定
- 4) 本設用エアワッシャの基礎データ収集

である。

§ 2. 実験装置および実験方法

実験装置は図-1に示してあるように、前回までの報告と同じものを使用している。

測定機器、および測定方法は、

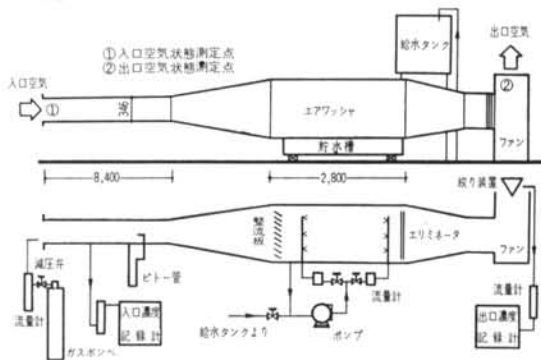


図-1 実験装置概略図

亜硫酸ガス：導電率法による自動記録計

炭酸ガス：赤外線ガス分析計

粉塵類：テープエアサンプラーによる吸光度法

窒素酸化物：ザルツマン法による吸光度測定法

その他、打点式自動平衡記録計、微圧計、ピトー管、流量計、比色計などである。

測定は実験装置の入口、出口濃度を同時測定することを第1条件としたが、炭酸ガスについては分析計が1台のため、入口、出口濃度を交互に測定することによって除去効率を求める。風量はJ I S 8330により測定し、その調節は Fan 回転数を変化させ、所定の風量により実験する。実験したワッシャの型式を図-2に示す。

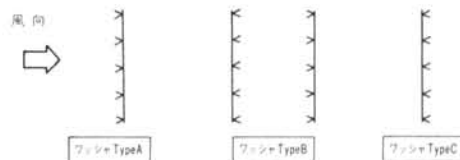


図-2 ワッシャ実験型式

§ 3. 実験結果および考察²⁾

3.1 亜硫酸ガスについて

実験装置は水温コントロール設備が取り付けられていないため、図-3 A～Cに例示するように測定中は水温を一定に保つことができなかつた。しかし、水温の低下はわずかであり、 $\theta = 20^\circ\text{C}$ での実験目的は達成されたと考える。測定結果の一覧を表-1～表-3に示す。

前回までの結果から推察して、ワッシャ Type B で除去効率が最大となり、次に Type A, Type C と低下していくものと考えられた。また、溶解度係数は θ が 20°C であるため前回の約 $\frac{1}{2}$ 、したがって除去効率も $\frac{1}{2}$ 程度下がると考えられた。しかし、結果は図-4～図-7に示すように、全体としての除去効率低下の傾向はあるが、 $\theta = 3 \sim 7^\circ\text{C}$ の実験とほとんど同じといえる。また、

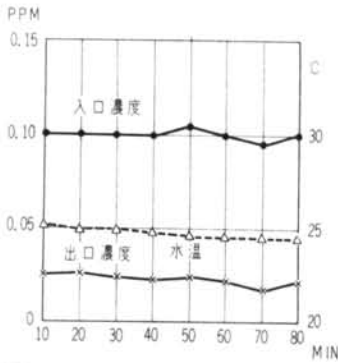


図-3 A 亜硫酸ガス除去実験
(No. 710812 No. 3 Type A)

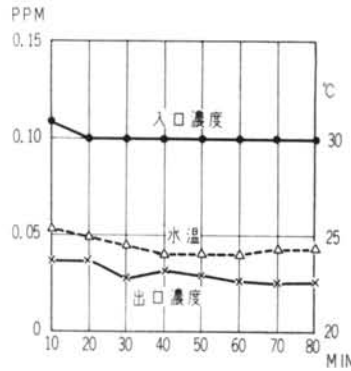


図-3 B 亜硫酸ガス除去実験
(No. 710809 No. 2 Type B)

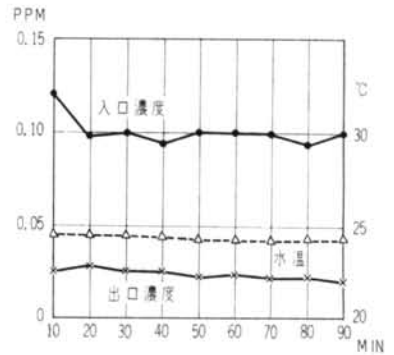


図-3 C 亜硫酸ガス除去実験
(No. 710823 No. 2 Type C)

項目	実験No.					
	710812 No. 1	710812 No. 2	710812 No. 3	710813 No. 1	710813 No. 2	710813 No. 3
型式	Type A	"	"	"	"	"
空気入口温度 ℃	28.9	29.8	29.0	29.3	29.9	29.5
循環水量 kg/min	90	90	90	90	90	90
ワッシャ平均 風速 m/s	0.762	1.0478	1.334	1.488	1.738	1.860
風量 m ³ /min	45.7	62.87	80.06	89.3	104.3	111.6
入口濃度 ppm	0.1000	0.1001	0.1124	0.1030	0.1010	0.1015
出口濃度 ppm	0.0275	0.0229	0.0291	0.0311	0.0260	0.0289
除去効率 %	72.5	77.2	74.0	69.8	74.0	70.9
G/L	0.60	0.81	0.96	1.16	1.34	1.44

表-1 測定結果一覧表

Type Cの方がType Aよりも効率がよくなっている。これらの原因は、はっきりしないが、ガスの濃度がppmオーダーと微量であり、この程度のガス量では溶解量は θ に関係しないためと考えられる。

第2番目の特長は噴霧水量の差によって、除去効率に大きな差はなく、ワッシャ内平均風速が2 m/secでも65%以上の除去が可能であることである。このことは理論計算での水・空気比による除去効率の差に反するが、微量の溶解性ガスでは理論式をあてはめるのが難しく、温度、水量などにあまり関係せず、ガス・水の平衡まで溶解するものと推察される。

除去効率が65%以上ということは、0.1 ppm程度の入口濃度では出口濃度は0.035 ppmであり、通常大気中の濃度以下、大気汚染環境基準値0.05 ppm以下となり、かなりの清浄空気となる。

噴霧水の温度差による除去効率の相違があまりないと

項目	実験No.					
	710818 No. 1	710818 No. 2	710819 No. 1	710819 No. 2	710823 No. 1	710823 No. 2
型式	Type C	"	"	"	"	"
空気入口温度 ℃	24.3	25.3	24.8	24.8	26.8	27.5
循環水量 kg/min	90	90	90	90	90	90
ワッシャ平均 風速 m/s	0.725	1.0497	1.492	1.527	1.672	1.860
風量 m ³ /min	43.5	62.98	89.5	91.6	100.33	111.6
入口濃度 ppm	0.0984	0.0952	0.1004	0.1065	0.1298	0.1007
出口濃度 ppm	0.0224	0.0196	0.0200	0.0191	0.0288	0.0237
除去効率 %	73.0	77.4	79.0	81.1	77.2	76.1
G/L	0.57	0.83	0.99	1.19	1.31	1.45

表-2 測定結果一覧表

項目	実験No.					
	710807 No. 1	710807 No. 2	710809 No. 1	710809 No. 2	710810 No. 1	710810 No. 2
型式	Type B	"	"	"	"	"
空気入口温度 ℃	28.7	30.0	28.9	28.8	28.7	29.7
循環水量 kg/min	180	180	180	180	180	180
ワッシャ平均 風速 m/s	0.732	1.031	1.333	1.457	1.613	1.893
風量 m ³ /min	43.9	61.85	79.99	87.4	96.77	113.6
入口濃度 ppm	0.176	0.166	0.097	0.1010	0.111	0.1017
出口濃度 ppm	0.059	0.036	0.037	0.030	0.033	0.0253
除去効率 %	80.0	80.3	62.9	70.4	71.1	74.5
G/L	0.29	0.40	0.51	0.57	0.63	0.74

表-3 測定結果一覧表

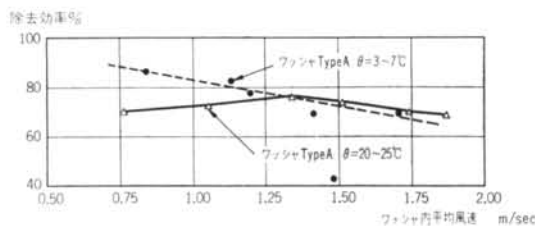


図-4 実験結果 (ワッシャType A)

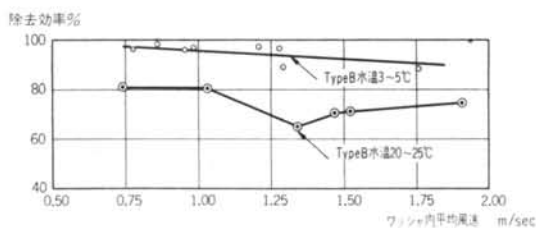


図-5 実験結果 (ワッシャType B)

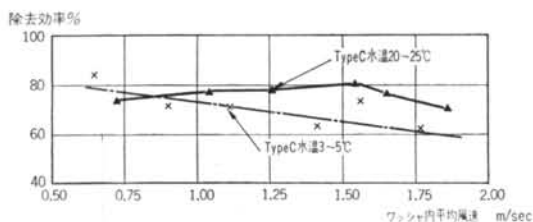


図-6 実験結果 (ワッシャType C)

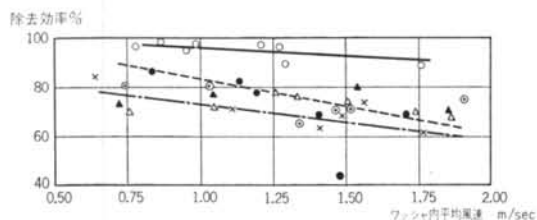


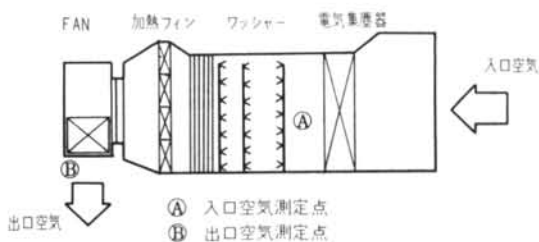
図-7 実験結果

いうことは、通常の市水、または、井水を使用してもよく、特に夏期では冷却水を使用する必要がなく、運転経常費が安価になる。

風速に関しては今回の測定結果によれば、平均風速が2 m/secでも除去効率65%以上あり、前回の報告で効率80%以上で、平均設計風速1.0~1.5 m/secとするのが望ましいと考えたが、設計風速2 m/sec、除去効率65%以上として、所要ワッシャ断面積を少なくするのがよい。

3.2 事務所ビル空調用ワッシャによる除去測定

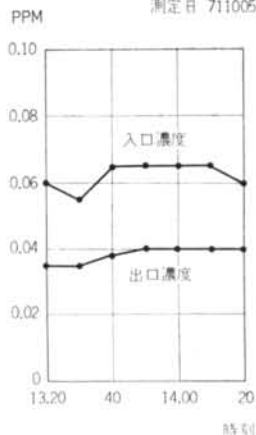
実際の設備による応用は昭和47年2月完成の建物に有害ガス除去用として施工中であり、精密測定結果については次回報告するが、予備実測としてある事務所ビルの



設計風量 1211m³/min ワッシャ断面積 9.8m² ノズル $\frac{3}{4}$ × $\frac{3}{4}$ ×260個

図-8 某事務所ビル空調機

測定日 711005



実験条件 3バンクワッシャー
水温 7.0°C

図-9 事務所ビルワッシャによる硫黄酸化物測定例

温度調整用のエアワッシャ(図-8)を使用して測定を行なった。結果を図-9に示す。これによれば入口平均濃度は0.068 ppmで、出口濃度は0.038 ppm、除去効率44%であった。

実験用エアワッシャと比べ効率が少ないが、これは温湿度調整用のワッシャのため、ノズル個数が少なく、単位体積中の数滴個数が少ないため、水・ガスの接触面積が減少しているのが原因と考えられる。

3.3 炭酸ガスについて

炭酸ガスは、通常の大気中に300~350 ppm含まれており、無害といわれているが多量であれば有害であり、3~4%で頭痛、目まいなど不快現象が生じる³⁾。ビル管理衛生法による基準値は1000 ppm以下となっているが、炭酸ガスが多いということは空気が汚染されている場合が多い。炭酸ガスの水に対する溶解性は非常に悪く、亜硫酸ガスの約1/80である。測定方法はガス分析計が1台のため、入口、出口濃度を同時測定することができず、交互に測定した。難溶性のガスといえども1000 ppm程度の微量であれば、数10%の除去は可能であろう

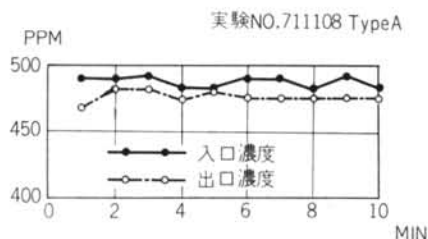


図-10 炭酸ガス除去実験結果

と考えたが、図-10の結果によれば効率は1~2%で、実験精度を考慮するならば、除去は単に水洗するだけでは不可能である。

3.4 粉塵について

粉塵はテープエアサンプラーで装置入口、出口の粉塵量を同時採取し、吸光度法により結果を求めた。捕集率はワッシャの実験型式による相違は明確といえず、Type Bでは図-11に示すように20~30%程度といえよう。ワッシャで粉塵類の捕集効率がよいということは、ノズルの目づまり、清掃回数が増加など不都合な問題が生じるため、ワッシャのみによる粉塵捕集を考えるのは適当といえず、プレフィルター、電気集塵機などによる捕集を考える。

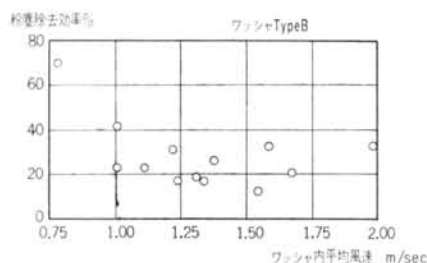


図-11 粉塵除去効率

3.5 窒素酸化物について

窒素酸化物は、大気中に自動車の排気ガス、工場燃焼

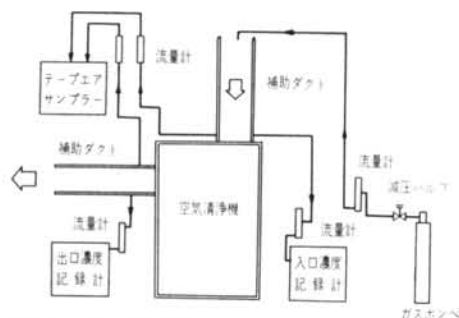


図-12 計測点概略図

ガスなどの影響で近年増加の傾向がある。大気中には主として NO_2 の形で存在しており、 NO は大気中の酸素と結合し NO_2 になるものが多い。また、これらは触媒として働き、光化学スモッグの原因となるといわれている。水に対する溶解度は NO の方が NO_2 よりも低く極めて微量である。単なる水による除去効率は非常に悪く測定結果では除去された形跡は認められなかった。 NO_2 の除去には NaOH 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液による固定が考えられる。これらについては実験中であり、次回詳しく報告する。

§ 4. 小型空気清浄機による汚染物質の除去

4.1 経過

当社においては昭和45年夏より、作業事務所に小型空気清浄機を数10台配置し、作業環境の改善に力を注いできた。しかし、その性能は亜硫酸ガスの除去率は90%以上であるが、気湿、風量など問題点があった。ここで報告するのは前記の問題点をなくし、当社およびメーカーとの共同開発による小型空気清浄機が完成したため、性能試験結果、およびモデル実験室での室内外の汚染度相関について測定したものである。

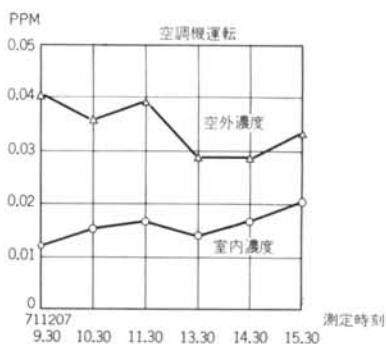
4.2 構造および測定結果

空気清浄機は各種フィルター、電気集塵機より成り立っており、水は使用していない。フィルター構成は空気入口側より、1)プレフィルター 2)小型電気集塵機 3)イオン交換樹脂含浸フィルター 4)活性炭フィルターとなっている。測定方法のフローグラフは図-12に示すが、総てガスは同時測定をしている。全フィルターを取りつけた場合の亜硫酸ガス除去率は表-4に示すように75%以上あり、出口濃度は平均して0.02 ppm とかなりの清浄空気となっている。この空気清浄機は100~200 m^2

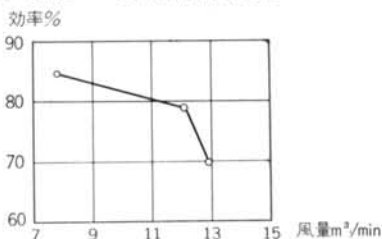
レンジ	項目	測定時間				ppm 平均入口 濃度	ppm 平均出口 濃度	% 除去効率
		10min	20	30	40			
1	ppm 入口濃度	0.093	0.090	0.093	0.100	0.0943	0.0213	77.4
	出口濃度	0.027	0.021	0.018	0.018			
2	入口濃度	0.096	0.098	0.075	0.100	0.0920	0.0185	80.0
	出口濃度	0.013	0.030	0.017	0.014			
3	入口濃度	0.085	0.095	0.095	0.090	0.0920	0.0199	76.4
	出口濃度	0.018	0.018	0.021	0.022			

硫黄酸化物、全フィルター取付、実験 No. 710920

表-4 空気清浄機除去実験



図一13 実験ルーム窒素酸化物測定例



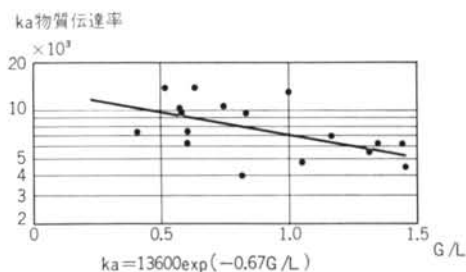
図一14 粉塵測定結果

程度の会議室、家庭用の空気清浄の目的で設計されており、室内空気の浄化度はすきまなどから浸入空気を考慮しても0.03 ppm程度に期待できる。窒素酸化物に対する除去は全フィルターを取り付けたとき、平均して50%程度の除去率であり、実験ルームでの測定結果例とよく一致している。図一13に結果を示すが、実験状態はモデルルーム内と外気の同時測定したものであり、空気清浄機は全外気量を浄化処理している。

粉塵類の捕集はプレフィルター、電気集塵機により除去しているが、その効率はよく70%以上である。測定結果を図一14に示す。風量により捕集効率が低下しているが、これは風量が多いと集塵機通過風速が速くなるためである。

5.3 考察

亜硫酸ガス除去にはフィルター構成により除去効果が変わるものと思ひ測定をしたが、その差は明確には現われなかった。原因は空気湿度により活性炭の除去効率が変化するためと考えられる。また、長期に渡っての除去効率低下は、使用時間1時間未満で75%、50時間で60%、100時間で50%程度になっており、活性炭フィルターの吸着力減少が明確に現われる。長期耐久測定により活性炭の使用限度を求める必要があるが、除去効率50%以下でフィルターを廃棄するならばその限度は100時間程度と



図一15 物質伝達率、水・空気比

なる。

粉塵類の除去は70%以上の捕集が可能であり、会議室などで使用するならば、電気集塵機の電極の清掃は月に1度で充分といえる。

窒素酸化物は室内外の変動相関がよく一致しているところもあるが、平均外気濃度は0.0343ppm、室内濃度は0.0192ppmで除去率41.2%となり、かなりの清浄度といえる。

モデルルームでの汚染相関については、換気回数測定とあわせて計測中であり、詳細については次回報告する。

また、活性炭フィルターの耐久測定は回数を重ね測定し、明確な使用限度を求める必要があり、今後の課題といえる。

§ 5. 結び

ワッシャによる亜硫酸ガスの除去はガス濃度が0.1 ppm程度であれば水温により除去効率があまり変わらず、65%以上あることがわかった。また、溶解性のガスであれば、単なる水道水でよく、薬剤による処理は必要としない。しかし、排水の排出には注意する必要がある。pH値が低い場合には排水規準に触れるため、中和するなど適当な方法が必要とされる。ワッシャによる汚染ガス除去の今後の課題は、難溶解性ガスの除去が問題であり、薬品による効率の良い処理をする必要がある。また、噴霧水を循環使用の場合は、最適水槽容量の決定が大切であり、この課題は実験と理論より考察を進める必要がある。今回、実験による物質伝達率の結果は図一15に示してあるが、この実験式による除去効率については次回報告する。

おわりに、本測定に協力して下さった設備部徳弘氏に深く感謝致します。

<参考文献>

- 1) 宮路, 小林他: “亜硫酸ガス除去に関する実験的研究 (第1報)” 清水建設研究所報 Vol. 18 pp. 62~67
- 2) 小林昌弘: “エアワッシャによる亜硫酸ガス除去実験” 清水建設研究報告 No. 71-1245
- 3) 堀口 博: “公害と毒・危険物” 三共出版 (昭46) pp. 277

[訂正]

前報 (所報 Vol. 18) 164ページの式 (12) を次のように訂正する.

$$\bar{\eta} = \frac{\epsilon_2 Q}{\alpha G (1 - \epsilon_1)} \left[1 - \exp \left\{ -\frac{L}{G} (1 - \epsilon_1) T \right\} \right] \times 100 \quad \dots (12)$$