参 考 資 料

湿り排ガス中のばいじん濃度測定における問題点 とその考え方

On the Problem in Measurement of Dust Concentration in Wet Flue Gas

田 森 行 男*

Ikuo Tamori

1. はじめに

一時減少傾向のみられた都市大気中の浮遊粉じんは、図1¹⁾にみるようにここ数年再び増加現象を示している。この浮遊じんと亜硫酸ガスその他の有害ガスとが共存して、人体への悪影響を相乗させることが認識されだして、ばいじん、粉じんへの対策は一層強く叫ばれることになった。

1971年6月、法改正に伴い改定された「大気汚染防止法施行規則」（以下「施行規則」と略称）では、従来の各発生施設におけるばいじん排出基準の値が約1/3~1/10に規制強化され、加えて、大気汚染が強度に進行している大都市では、さらに厳しい特別排出基準が定められた。また、従来はなかった粉じん——物の破碎、選別等に伴い発生するもの、原料ヤード等から飛散するもの——についても、新たに構造、使用、管理に関する規制が加えられることになった。

こうした法規制強化に伴い、ばいじん濃度測定に対す

図1 東京都内3カ所の浮遊じん濃度の経年変化¹⁾

昭和46年10月22日受理

* 工業技術院 公害資源研究所 (〒115 東京都北区浮間町4-26)
TEL 03-960-7151

る関心は高まり、従来の測定法に対する異議もいろいろ唱えられている。表題の湿り排ガス中のばいじん濃度測定法についての異議もその1つである。すなわち、現在の排出基準はノルマル状態における**かわき基準**で規定されているが、たとえば湿式集じん処理後の排ガス測定では、水分百分率がきわめて高いので、ばいじん濃度としては実際よりもきわめて高い値となったり、値の変動が大きい結果となることがある。この問題について若干検討したのでここに紹介し、あわせて測定法についての私見を述べたい。

2. 現行の表示法とその法的根拠

2.1 大気汚染防止法と同施行規則

大気汚染防止法の第3条では、「排出基準は、ばい煙発生施設において発生するばい煙について、厚生省令、通商産業省令で定める」とし、この規定に従い「施行規則」の第4条では、「……ばいじんの排出基準は、温度が零度であって、圧力が1気圧の状態に換算した排出ガス1立方メートルにつき、別表第2の第2欄に掲げる施設の種類および同表の第3欄に掲げる規模ごとに同表の第4欄に掲げるばいじんの量とする。」(傍点は筆者)とした。さらに同第15条第3項で「ばいじんに係るばい煙濃度の測定は、別表第2の備考に掲げる測定法により、2月を越えない作業期間ごとに1回以上(ばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出される排ガス量が毎時40,000立方メートル未満のばい煙発生施設に係る測定については年2回以上)行なうこと。」としている。そして「別表第2の備考」ではばいじん量は、「……ばいじん量は、規格Z 8808に定める方法により測定される量として表示されたものとし、……」(傍点いずれも筆者)となっている。

すなわち、「施行規則」では、0℃、1気圧のノルマル状態を基準とした排ガス1m³あたりのばいじん量として表わされることだけを規定し、以下の細目はJISの規定、「煙道排ガス中のばいじん量の測定方法」に譲って

いる。

2.2 JIS Z 8808

この JIS の、「第9章 ばいじん濃度の計算」を少し紹介しよう。

「9.1 かわき排ガス中のばいじん濃度

基準状態（0℃，気圧760mmHg）に換算したかわき排ガス 1m³ に含まれるばいじんの質量で表わし，つぎの式によって求める。

$$W = \frac{m}{V_N'} \quad \text{.....(1)}$$

ここに，W：かわき排ガス中のばいじん濃度（g/Nm³）

m：捕集したばいじん質量（g）

V_{N'}：基準状態における吸引したかわきガス量（Nm³）

なお，ここで V_{N'} としているのは，次式で計算できる。

$$V_{N'} = V \times \frac{273}{273 + \theta_m} \times \frac{P_a + p_m - P_v}{760} \times 10^{-3} \quad \text{.....(2)}$$

ここに，V：吸引した湿りガス量（湿式ガスメータの読み）(l)

θ_m：ガスメータにおける吸引ガス温度（℃）

P_a：大気圧（mmHg）

p_m：ガスメータにおけるガスのゲージ圧（mmHg）

P_v：θ_m の飽和水蒸気圧（mmHg）

すなわち，JIS において，normal base に加えて dry base を規定しており，「施行規則」の排出基準値はその別表第2の備考の叙述により，いずれもこの dry base の規定に従うことになる。

しかしながら，そもそも JIS Z 8808 は，高温の燃焼排ガスを対象として作られて，後，機械的処理に伴う粉じんの濃度測定その他にも援用できることになったものであって，ここで問題にしているような水分量のきわめて多い場合のばいじんについては，想定していなかったのではないかという疑問が生まれる。

3. 現行の規定から生ずる問題

3.1 水分量がきわめて高い場合

水分量は，JIS Z 8808 では，volume base の百分率で規定している。つまり水分量 x_w は，

図2 排ガス中ばいじんの説明図

$$x_w = \frac{\text{水蒸気の容量} \times 100}{\text{かわきガスの容量} + \text{水蒸気の容量}}$$

で規定される。したがって，水蒸気の容量がきわめて大きい場合には，[実際の煙道，ダクト中の濃度よりも，dry base のばいじん濃度は濃縮された形となって，相当高い値として計算される。たとえば，図2，a) のような 10Nm³ のガス中に水分量が80%存在し，ばいじんは20gの量が均等に分布していたとする。a) の状態ではばいじん濃度は20/10=2g/Nm³である。一方のb) では，80%の水蒸気が完全に凝縮して，その中に含まれていたばいじんは20%の dry gas の中に移行した場合であり，ばいじん濃度は20/2=10g/Nm³ とはねあがる。この値は，煙道中のばいじんの実態を正しく反映していない，という異論である。

3.2 水滴によるばいじん濃度測定値の変動

水分量の測定は，一定量の排ガスを吸引して吸湿管に導き，水蒸気を完全に吸湿または凝縮させて，増加した分を秤量して計算する。したがって，水分が完全に気化している場合には，この方法ではかなりの精度で水分百分率をうることができる。ところが，気化しきれていないで，水滴（ミスト）を伴うガスの場合は問題である。1滴のミストでも吸湿管に混入するなら，その換算された蒸気量は相当大きい値になるからである。これを避けるため，いま JIS 化を準備中の「排ガスの試料採取方法」で例示している図3 e) および f) が活用できる。もっとも，これにしても，微小なミストの混入を完全に避けることはできない。この点ではむしろ，100℃以下の温度の排ガス中に水滴が混在している場合は，水分は飽和水蒸気圧に達しているものとみなし，測定によらずに計算によって水分量を求めてよいと考えられる。

湿式集じん装置後の排ガス中ばいじん濃度測定においては，しばしば値の変動の大きいことが報告されている。その理由としては，可溶性ばいじんの評価や，ばい

……(6)

図3 水分測定におけるダストの分離方法

じんを含んだ水滴のばいじんサンプラへの流入も影響しようが、上述の水分測定値の変動も大きい要因と思われる。

4. 表示法に関する考え方

4.1 従来のばいじん濃度 W に水分補正を施す方法

$$W' = \frac{m}{V_N} = \left(1 - \frac{x_w}{100}\right) W \quad \text{……(4)}$$

ここに、 V_N : 基準状態における吸引した湿りガス量 (Nm^3)

上式は(1)式の定義からあきらかなつぎの関係から求められる。

$$V_N' = V_N \left(1 - \frac{x_w}{100}\right) \quad \text{……(5)}$$

この考え方は、「施行規則」に規定する normal base には従っているが、JIS の dry base には従わず、wet base に基づくものである。図2の例でみるなら、a) の $2g/Nm^3$ の濃度そのままの形で表現されるものである。

4.2 排ガス中の状態そのもので表わす方法

$$W'' = \left(1 - \frac{x_w}{100}\right) \times \frac{P_a + p_s}{760} \times \frac{760}{273 + \theta_s} \times W$$

ここに、 p_s : 煙道ガスの静圧 (mmHg)

θ_s : 煙道ガスの温度 ($^{\circ}C$)

湿式処理後の排ガスは冷却されて、数十度といった低い温度になる場合が多い。とすれば、ことさら normal base に換算しないで、その排ガスの状態において表示した方が実態に即していないか、という考えによるもので、「施行規則」の normal base に従っていない。

4.3 排ガスが大気中に拡散する状態で表示する方法

$$W''' = \left(1 - \frac{x_w}{100}\right) \times \frac{P_a}{760} \times \frac{273}{273 + \theta_a} \times W \quad \text{……(7)}$$

ここに、 θ_a : 大気温度 ($^{\circ}C$)

「施行規則」の normal base には基づかないが、大気の状態を base にする点は、大気汚染との関連で妥当にみえる。しかし、(7)式は排ガス中水分がそのまま蒸気として大気中に拡散した場合を想定しており、これは必ずしも実態に即しない。実態に合わせるには、そのときの大気湿度、温度との関連で凝縮する部分を正しくは握し、あわせてその凝縮水滴中のばいじんをも評価しなければならないが、これは実際上推定して式で表現することが不可能である。

4.4 現行表示法

(4)、(6)式の考え方は、湿式処理によって排ガス中に水蒸気を多量に加え、濃度を薄めたことを容認したことになり、大気汚染の抑制という基本的観点からは逆行するものである。

また、湿式処理後の排ガスの場合だけを、wet base にするとか、normal base をやめるなどと特別扱いにすることは、かえって無用の混乱を招くことになり、好ましくない。

5. 測定方法

湿式処理後の排ガス測定では、気化された水分量が多わめて多く、また往々にして大量の水滴が混在するため、JIS Z 8808の規定通りの測定が困難な場合が多い。サンプラとして、ダストチューブではきわめて抵抗が大きく、吸引量を十分に大きく取れないことがあり、セルローズ製ろ紙では、吸湿性が強く破損しやすいという問題がある。

そこで、筆者自身の経験から、つぎの方法を推奨したい。

図 4 ダストチューブによる測定装置の一例

5.1 ダストチューブ法

通常用いるダストチューブへのガラスウール充てん量を半分位に減らして抵抗を下げ、図4のようにSO₂吸収ビンの前にドレンキャッチャを設けて、ダストチューブ内の水分が吸引されるさいに、同伴される可能性のあるばいじん、および可溶性ばいじんをドレンキャッチャで捕集し、これを蒸発乾固して秤量に加える方法である。

ダストチューブ内のガラスウール充てん密度は、JISでは0.25g/ml程度、充てん長さは50~180mmと規定しているが、筆者らの実験的研究²⁾から、100mmの充てん長さとしても、大抵のばいじんは99%以上捕集できることが確かめられている。加えてこの場合には、ガラスウール中に保持される水分がばいじんの捕集率を高めるため、99%以上の捕集率は問題ないと考えられる。

5.2 円筒ろ紙法

筆者らはさきに、ばいじんのサンブラとして、ガラス繊維製円筒ろ紙の使用を提唱した³⁾。最近、普及の著しいガラス繊維製ろ紙の耐熱性と小さい吸湿性に着目した結果である。このガラス繊維製円筒ろ紙の背後に、円筒型金網を設けて補強することにより、ろ紙の破損を防止しつつ水分量の大きいガスを吸引することができる。この場合も、やはり図4のようにドレンキャッチャを設け、可溶性のばいじんもあわせ秤量することが望まし

い。

6. むすび

水滴が存在する排ガス中ばいじん量測定の問題点とその考え方について述べた。4で述べた幾つかの異なる考え方について紹介したが、広く検討していただき、御意見を寄せていただければさいわいである。もし筆者に、このうちのいずれを採用かをしいて問われるならば、これらの測定の本来の目的である大気汚染防止の観点からして、4.4の現行通りと答えたい。しかし、こうした混乱は、現行の排出基準が濃度規制であるところから生ずるのであって、全いおう酸化物の規制において一步前進したように排出総量規制でいくなら、こうした異議は起こらないであろう。

水滴の存在する場合のもう1つの大きな問題は、排ガス中にSO₃が存在する場合である。ガス中の水分と結合してH₂SO₄が生成した場合、実は5で述べた測定法では、硫酸がばいじんに加えられることになる。硫酸ミストは、一般のばいじん以上に危険な大気汚染物質であるから、ばいじんに加えられても構わないという論議もあるが、厳密にばいじんを評価する上では問題である。今後、ボイラ排ガス処理に、いおう酸化物をばいじんとあわせて処理する目的で、湿式処理法が普及することが予想され、このことは別に論ずべき重要な課題である。

引用文献

- 1) 昭和46年版 公害白書 大蔵省印刷局発行, 41, (1971)
- 2) 田森行男, 白沢忠雄; 粉体工学研究会誌, 8, 1, 8, (1971)
- 3) 田森行男, 小暮信之, 今上一成; 公害と対策, 7, 5, 435, (1971)