

IV サイクロン分離器を用いた霧及び霧雨の採取について

Collection of Fog or Drizzle by use of Cyclone Collector

大 気 科 竹内 庸夫・大瀧 康彦*

(* 昭和56年4月1日 住宅都市部下水道管理課へ転出)

1 まえがき

当所では、酸性降雨の原因究明の一環として雨水の成分分析などを続けているが、酸性降雨による人体影響発生の事例の多くは非常に雨量強度の弱い霧や霧雨時であったことから、霧及び霧雨の採取を行い、その化学的性質を調べることが必要となっている。ところが、従来の雨水採取器ではこれらの採取が困難であるため、新たに霧及び霧雨の採取装置を試作し、若干の検討を加えたので報告する。

2 方 法

2.1 実験装置

従来、霧の採取法としては、主として金網等への凝集による方法¹⁾²⁾³⁾が試みられているが、ここでは粒径の大きい霧雨をも対象として、集じん装置として広く使われているサイクロン分離器(以下サイクロンと略す)を用いた霧粒の遠心分離による採取法を試みた。サイクロンの各部名称をFig. 1に示す。

サイクロンの設計に当たっては、接線型を採用し、また成分分析を行うことを考慮して、できるだけ多量の試料が採取できるように吸引能力の大きいハイボリュームエアサンプラー(以下H₁-Volと略す)を吸引部に用いることとした。本装置の形状をFig. 2に示す。H₁-Volの吸引能力は15m³/minであるので、それを集じん装置としてのサイクロンの適性操作条件上限である25m/sの入口流速に適合させることなどにより入口管の直径を30mmと決め、他の寸法は標準的な接線型サイクロンの寸法比に従った。採取した試料の移し替えやサイクロンの洗浄などに都合の良いように分解可能な構造とし、さらに材質は、分離採取状況が観察できるように透明アクリル樹脂とした。

実験装置の概略をFig. 3に示す。実験は霧を対象として行ったが、人工霧の発生には操作が簡単で、水滴の比較的細かい一様な微粒子化ができる超音波噴霧器を用いることとし、家庭用に市販されている加湿器(三菱重工SH-049JG、振動数1.65MHz)を使用した。吸引部としてはH₁-Vol(紀本電子)を使用し、スライダックにより流量を適宜調節した。チャンバーは小型のものゝ大型のものゝ二種類を用意した。小型チャンバーは容積が約120ℓで、これを用いた時はサイクロンの入口管だけをチャンバー内に差し込み、本体は外に置いた。大型チャンバーは容積が約900ℓで、この時はサイクロン本体とサイクロン出口に取り付けたガラスウ

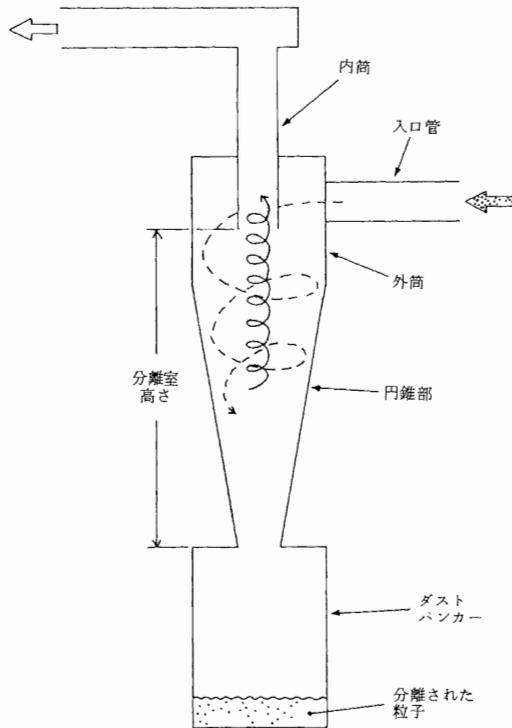


Fig. 1 接線型サイクロンの各部名称

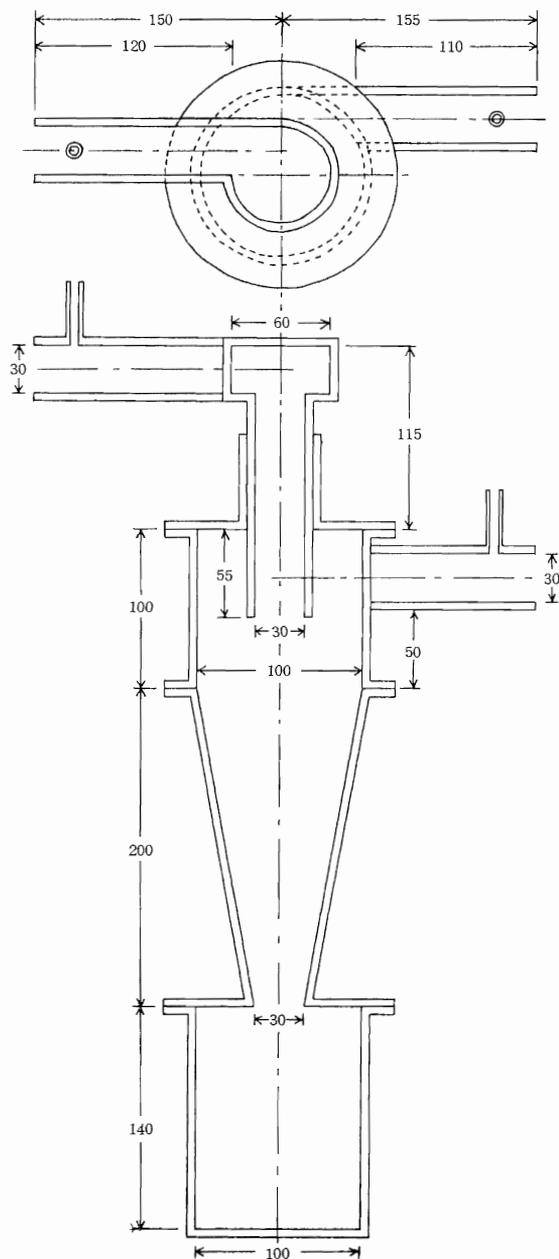
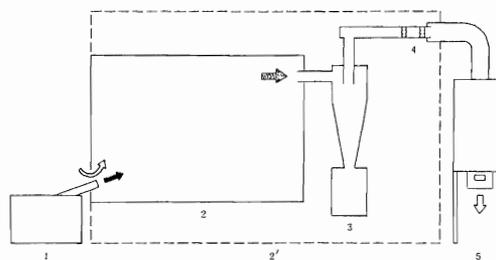


Fig. 2 試作した接線型サイクロン

ールによる二連のフィルターまでをチャンバー内に置いた。

2.2 実験方法

はじめにサイクロンの入口流速と圧力損失との関係を検討した。入口流速は、あらかじめルーツメーターを用いて作成したH1-Vol流量計較正曲線によりその時の



- 1 霧粒発生器
- 2 チャンバー(小型)
- 2' チャンバー(大型)
- 3 サイクロン
- 4 グラスウールフィルター
- 5 Hi-Vol

Fig. 3 実験装置

流量を算出し、これを入口温度で換算して求めた。

次に、加湿器によって霧粒を充満させたチャンバーから霧を吸引して、サイクロンによる霧粒の捕集効率を求めてみた。入口流速の範囲は、Hi-Vol流量計の測定下限と、サイクロン出口のグラスウールフィルターの抵抗による吸引能力上限から $8 \sim 13 \text{ m/s}$ とし、Hi-Volはスライダックにより任意の電圧に固定して作動させた。

霧粒採取後、ダストバンカー内にたまった水(a)は秤量びんに移し秤量、サイクロン内壁に付着した水(b)は厚手のろ紙(東洋ろ紙No.526)に吸い取り秤量、サイクロン出口のグラスウールフィルターに付着した水(c)はフィルターごと秤量した。捕集効率のめやすとしては、捕集率ではbの値の取り扱いに問題があることなどから通過率($c / (a + b + c)$)を使用することとした。

3 結果及び考察

3.1 サイクロンの入口流速と圧力損失との関係

実測した入口流速と圧力損失との関係をFig. 4に示す。

入口流速が大きくなる程、圧力損失も大きくなることがわかる。また、霧粒を含まない気流よりも霧粒を含む

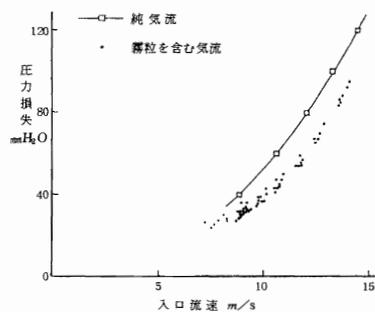


Fig. 4 入口流速と圧力損失の関係

気流の方が同じ入口流速に対し圧力損失が小さくなっており、これはダストを試料として用いた一般的なサイクロンの操作状況と同じである。

3.2 サイクロンの入口流速と霧粒の通過率との関係
 実測した入口流速と通過率との関係を Fig. 5 に示す。

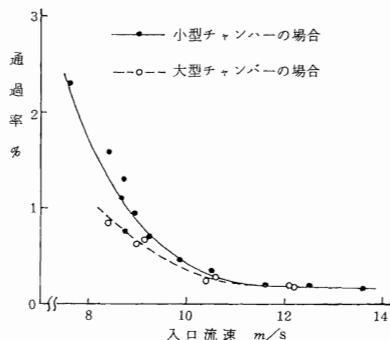


Fig. 5 入口流速と通過率の関係

ダストに対するサイクロンの集じん特性と同様に入口流速が大きくなる程通過率が減少していき、また通過率は非常に低い値となっている。

しかしながら、霧粒を含む気流が未飽和のままサイクロンに入るおそれがあり、入口流速が大きくなる程飽和度は低下し、サイクロン中での霧粒の蒸発やグラスウールフィルタに捕集した水滴の未飽和気流による蒸発のため、通過率は真の値よりも低くなるのが考えられる。

これは小型チャンバーを用いた時に特に可能性が高く、同時にサイクロン本体がチャンバー外にあり、入口よりも2℃程度高い温度にさらされているため、気流の飽和度がサイクロン内で旋回中に低下するおそれもある。一方、大型チャンバーを用いた場合は、サイクロン内での旋回時間に比べてチャンバー内での滞留時間が十分大きいので、霧粒を含む気流の入口における飽和度は、小型チャンバーを用いた場合よりも上昇していると考えられる。この大小二種のチャンバーにおける実験結果は似た傾向を示しており、この入口流速の範囲で、それが大きくなる程通過率が減少していく傾向があるとみてよいであろう。

さらに、サイクロンの捕集効率は入口流速とともに粒子径によっても変化することがわかっており、先に述べた霧粒の蒸発という点とも関連して、入口における霧粒粒径及び入口と出口での気流の飽和度を考慮しなければならない。超音波噴霧器から発生した霧粒は平均粒径が概ね10～25 μm程度と考えられる⁴⁾⁵⁾が、サイクロンに達するまでに蒸発や衝突により粒径を変化させているため、操作中のサイクロン入口における粒径を測定す

ることは困難であり、また飽和度に関しても精密に測定することは困難であった。捕集効率を論ずる際にはこれらの項目の測定が必要ではあるが、サイクロン内での霧粒の凝集しやすさや再飛散現象の起こり難いことなどから考えて、霧粒はダスト以上の捕集効率となるのが推測でき、また通過霧粒が内筒壁へ付着することを見ても、本実験の低通過率を説明できると思われる。

ここで、サイクロンの旋回気流の遠心加速度から求めた限界粒子径に関する式(1)から計算した Fig. 2 のサイクロンについての入口流速と限界粒子径との関係を Fig. 6 に示す。

$$x_c = \sqrt{\frac{5.03 \mu A}{\pi \rho s u H c} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \dots\dots\dots(1)$$

(x_c	限界粒子径	μ	気流の粘性係数
	A	入口管断面積	ρs	粒子の密度
	u	入口流速	$H c$	分離室高さ
	D_2	内筒径	D_1	外筒径
	D_1	外筒径		

一般に霧の粒径は1～100 μm程度といわれ、霧雨ではそれ以上である⁶⁾。したがって、実際の霧及び霧雨についても本実験で行った入口流速程度で良好な捕集効率が得られると考えられる。厳密には本実験での霧粒粒径と実際の霧粒粒径との比較も行わなければならないが、実験結果及び多量の試料を採取する必要から考え、本実験における流速範囲の上限以上の入口流速で吸引することが実際の霧の採取には望ましいであろう。

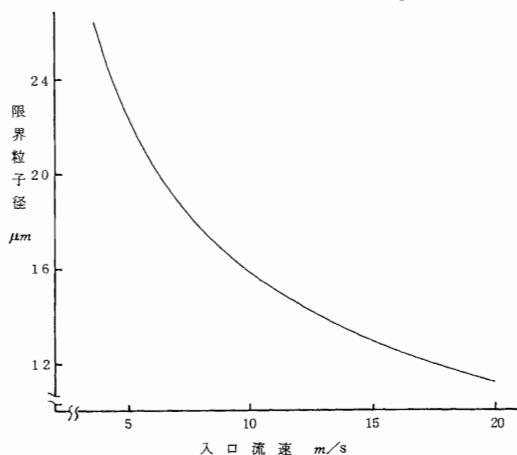


Fig. 6 入口流速と限界粒子径の関係

4 あとがき

霧及び霧雨の採取器としてサイクロンを試作し、室内試験を行った。この結果などから、水蒸気で飽和してい

る霧や霧雨についての捕集効率は良好と考えられる。問題は、野外での採取の際に分析に供するだけの試料量の採取が可能かということであり、マルチサイクロン形式の採取器なども検討する必要がある。一方、都市型の霧などのように気流が未飽和である場合は、一度遠心分離されてサイクロン内壁に付着した水滴が蒸発してしまうことが考えられるため、霧粒の量がかかなり多くないと採取はむずかしいと思われる。

今後、実際に野外での霧及び霧雨の採取を試みて、サイクロンによる採取の適否を調べる必要がある。

参 考 文 献

- 1) 環境庁大気保全局、湿性大気汚染検討委員会，昭和50年度湿性大気汚染調査結果報告書（1976）
- 2) 三宅泰雄，杉浦吉雄，降水の化学，地人書館
- 3) 大喜多敏一，気象研究ノート，13, 28(1962)
- 4) 千葉近，日本機械学会論文集，40, 2236(1974)
- 5) 日本環境衛生センター，湿性大気汚染調査(チャンパー実験)報告（1977）
- 6) 黒岩大助，大喜多敏一，気象研究ノート，10, 247（1959）