

ラシヒリング充填塔の同伴飛沫除染性能について

京大原子炉 京大工* 正員 工博 筒井天寿 工博 金川昭
正員 下洞一邦 学生員* 多田東臣

放射性廃液を蒸発処理する場合、処理装置の除染性能を向上させるため同伴飛沫を効果的に蒸気流から分離する事が重要である。我々は充填塔型飛沫分離器の飛沫除染特性を得る目的で、塔径 12mm の充填塔装置に、 $1/2$ 磁製ラシヒリング(RR)を充填し、充填層厚 S 、蒸気空塔速度等が塔の除染係数 $(DF)_H$ に及ぼす影響を調べ、その除染性能の解析を行なった。

[I] 実験装置の概要と実験方法

塔内径 12mm 、塔高 $S=90\text{cm}$ の実験装置の概要をFig.1に示す。飛沫の発生には多孔板装置(孔径 1.2mm 、塔高 10mm 、孔面積/側面積 $=0.05$)を用いた。すなわち板上にTracer液(ウラン=水溶液 $5.0 \times 10^4 \text{ppm}$)を流し、上昇蒸気流で bubblingさせ Tracer液の微小液滴を蒸気流に同伴させた。

(実験1. 充填層による同伴飛沫の除染)

充填層高 $H=0, 10, 20, 30, 40\text{cm}$ のそれぞれについて蒸気空塔速度 $V_0(\text{m/s})$ を変数として、充填層の除染係数を測定した。

(実験2. 同伴飛沫の粒径分布測定)

空気水系で塔頂部を通過する空気流中の同伴飛沫分布を調べた。飛沫の捕集は Cascade Impactor を用い、飛沫の計数は顕微鏡法による。

[II] $(DF)_H$ の定義

凝縮液中に移行する飛沫量 E_H (g/h)を(1)式で、充填層による飛沫除染係数 $(DF)_H$ を(2)式で定義する。
 $E_H = G \lambda / \lambda_0$ …(1) $(DF)_H = E_0 / E_H$ …(2) ここで G は凝縮液量(g/h)、 λ は凝縮液のTracer濃度(ppm)を示す。 $(DF)_H$ につけた添字 H は充填層厚に対応する。

[III] 実験結果と考察 (充填層の飛沫除染係数)

この実験装置において空塔速度、及び塔高を変えた場合についての同伴飛沫量を得るため、

$H=0$ の場合について、(i) $S=90$ で V_0 を変えた場合
(ii) $V_0=0.9$ で S を変えた場合について E_0/G を測定した。結果をFig.2, Fig.3に示す。

$S > 50$ で E_0/G の値は塔高にほとんど影響されないこと、 $S=90$ の場合 $0.6 < V_0 < 1.6$ で E_0/G の値は通常の蒸発罐における値($\sim 10^4$)と同程度であることがわかった。

Fig.4は $1/2$ 磁製RRを $A=30$ の位置で 10cm 充填し、充填層上の高さ $B(\text{cm})$ を変えた場合の結果と $A=50$ に 10cm 充填した場合の E_0/G を示したものである。いずれの場合も、 E_0/G の値はほぼ等しく、充填層を通過した飛沫量は B に関係しないこと、塔高が同一ならば充填層の位置は除染係数にほとんど関係しないことがわかる。

Fig.5に $1/2$ 磁製RRを不規則充填した場合の $(DF)_H$ を示す。

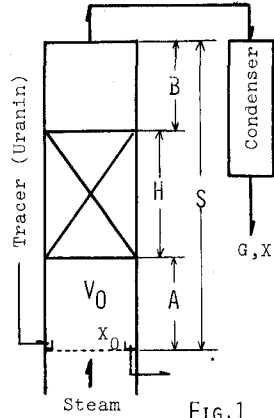


Fig.1

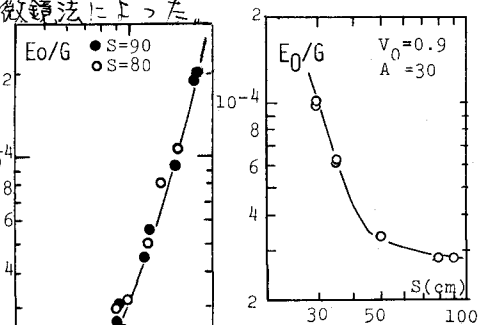


Fig.2

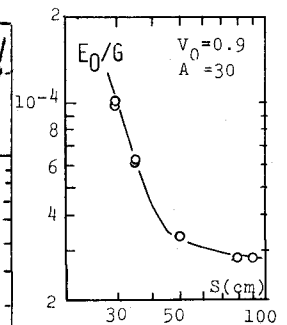


Fig.3

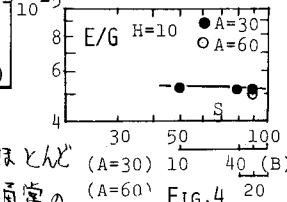


Fig.4

(DF)_Hの値は V_0 が大になる程、 H が大になる程大きくなるが、充填層高に応じて $V_0=0.9 \sim 1.3$ (%) でほぼ一定値となり捕集限界を示す。 $0.8 < V_0 < 1.2$ の範囲では、(DF)₀ は $H \geq 20$ と比較して低く、充填層厚の影響を示している。Fig.5に充填物の種類を変えて $A=30$ の位置で測定した(DF)_Hの値を示す。空隙率、表面積、充填個数が影響していることがわかる。

Table 1 に比較に用いた充填物の直径(D , cm) と空隙率をを示す。

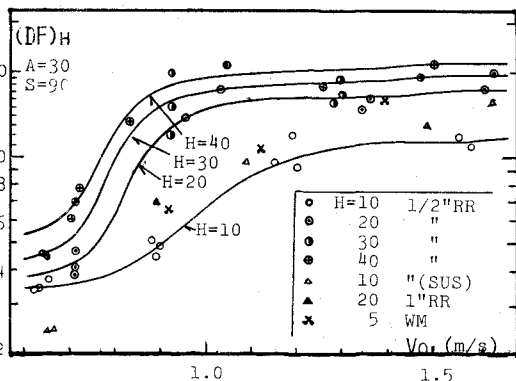


FIG.5

(懸沫の粒径分布) $H=0$ $V_0=0.5$ の場合の同伴懸沫の個数分布と重量分布をFig.6に示す。同伴懸沫の大部分は 15μ 以下であるが、懸沫量としては数%であり、これは水蒸水-水系で実験したF.H.Garner等⁷⁾の結果とよく一致する。

TABLE 1

1/2"RR	$\phi=0.64$	$D=1.27$ cm ϕ
1"RR	$=0.73$	$=2.54$
1/2"RR(sus)	$=0.84$	$=1.20$
WireMesh(WM)	$=0.95$	$=250\mu$

[IV] (DF)_Hの推定についての考察

同伴懸沫の粒径分布を N 、懸沫の粒径を δ 、密度を ρ とする。 $\delta \sim \delta + d\delta$ に属する懸沫の数を $Nd\delta$ とすれば単位時間あたりの E_0 は $E_{0c} = \rho \int_{\delta_{min}}^{\delta_{max}} \delta^3 N d\delta \dots (13)$ となる。 δ_{max} 、 δ_{min} はそれぞれ同伴懸沫の最大径及び分離可能な限界粒径を示す。同伴懸沫はすべて慣性捕集されると仮定し、懸沫の粒径毎の衝突効率 E_H を考慮すると、充填層を通過する懸沫量 E_H は

$$E_{Hc} = \rho \int_{\delta_{min}}^{\delta_{max}} \delta^3 (1 - E_H)^n N d\delta \dots (14) \text{ で表わせる。}$$

ここで n は充填層厚等により定まる定数とある。^{(2) (3) (4)}

式より $(DF)_{Hc} = E_{0c} / E_{Hc} \dots (15)$ が成立する。

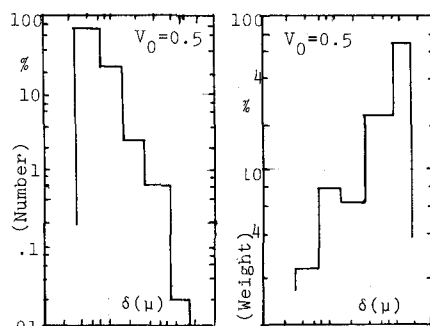


FIG.6-1

FIG.6-2

($H=10$ についての計算例) E_H の値については、C.N.Davies⁸⁾が Stokes の粘性抵抗を受ける微小粒子について理論的に導いた、シリンダーへの衝突効率と Re 数との関係が適用でき、 N については対数正規分布で近似できることが懸沫の粒径分布の実験から推定できるので、 5μ を 50% 径とし 150μ 以上の粒子を 0.01% とする対数正規分布を考える。 E_{0c} を(13)式より求め、実測値 $(DF)_0 = 6.6$ ($V_0=1.0$) より(14)式を満足する n として $n=5.5$ を得た。この値を用いて $V_0=1.21$ 、 1.47 の場合の $(DF)_{0c}$ を求めると、 9.5 、 12.1 となり、実測値 $(DF)_0 = 12$ 、 11 と比較的良好一致を示す。ここで添字 c は計算式による値を示す。

[V] 結び (1) 同伴懸沫量の約 90% は充填層の下端より数 cm 以内で捕集される。充填層厚 20 cm の場合 $(DF)_{20} \approx 17$ で、充填層をそれ以上厚くしても特に大きな除沫効果は期待できない。(2) 塔内での充填層位置は (DF) にほとんど影響しない。(3) ある充填層についての (DF) の実測値から n が求まると空塔速度に対応する (DF) の近似値は同式により推定できる。

[文献] ① F.H.Garner 他 Trans. Instn. Chem. Engrs 32 222 (1954) ② C.N.Davies 他 Proc. Roy. Soc. A 234 269 (1956)