

京都大学原子炉実験所 正員 筒井天尊  
同 正員 塚谷恒雄

## I. 目的

大気汚染問題では、汚染物が大気中へ放出されたときの様相を、大気拡散式によってモデル化して論ずる例が多い。すなわち多くの拡散式では汚染物の拡がりを変換型とし、地表面で汚染物は完全反射すると仮定している。しかし現実には、汚染物質のある部分は地表面において土壌や草木、家屋等によって吸着される。特にわが国で20~30%を占める降雨時には酸性の雨が降っている。全国的にも土壌のpHはかなりの低値を呈している。それで、汚染物が地表に沈着する場合の拡散式を次のように示した。

## II. 計算の方法

沈着速度  $v_g$  は  $v_g = w(x, y, 0)/\chi(x, y, 0)$  で示される。 $w, \chi$  は地表面  $(x, y, 0)$  での沈着量、濃度である。粒子の静止空気中での重力落下速度  $v_s$  と  $v_g$  の関係は、 $v_g = v_s$  ( $v_s$ : 大),  $v_g > v_s$  ( $v_s$ : 小) である。

沈着を伴った拡散式では、風下距離  $x$  における有効煙源強度  $Q(x)$  の変化が  $\partial Q(x)/\partial x = -\int_0^\infty w(x, y, 0) dy \dots (1)$  であるから、 $\chi(x, y, 0)$  に従来の正規型拡散式を代入して、 $Q(x)$  を(1)式から求めると次のようになる。

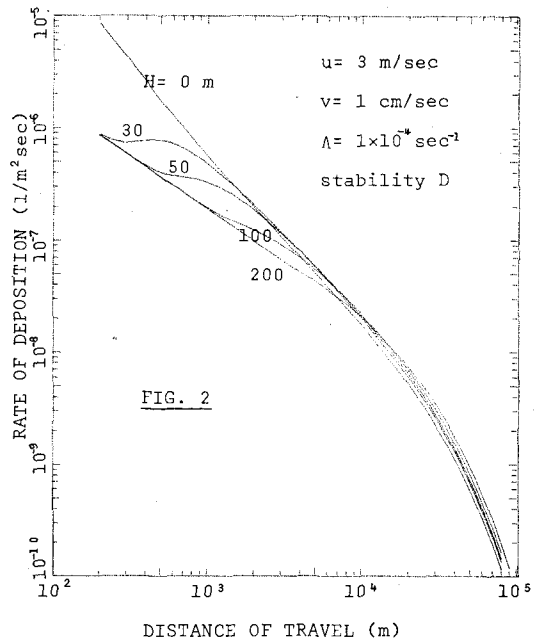
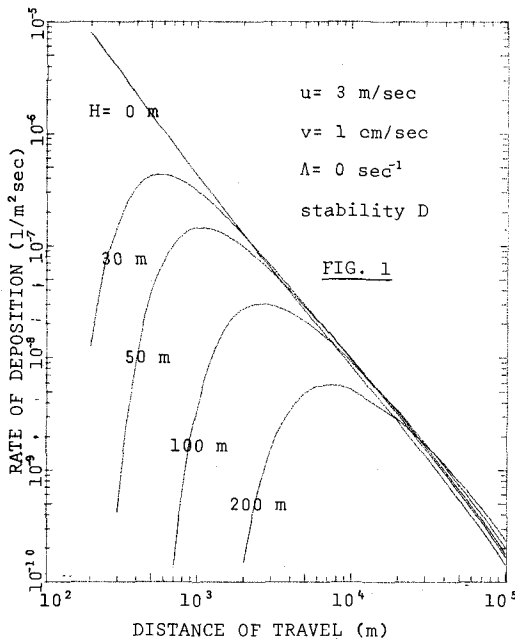
$$\frac{Q(x)}{Q_0} = \exp \left[ -\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{v_g}{u} \int_0^x \frac{1}{\sigma_x} \exp \left( -\frac{H^2}{2\sigma_x^2} \right) dx \right] \quad \dots (2)$$

(CHAMBERLAIN (1953) は有効煙源強度  $Q(x)$  を再び  $\chi(x, y, 0)$  に代入し(1)式より沈着率  $w_d$  [ $L^2 T^{-1}$ ] を求めた。

降雨時の沈着では、洗浄率  $\Lambda$  (単位時間に洗浄される粒子の割合) を用いて次のように沈着率  $w_r$  が求まる。

$$w_r(x, y, 0) = \Lambda \int_0^\infty \chi(x, y, z) dz = \Lambda \frac{Q_0}{\sqrt{2\pi} u \sigma_y} \exp \left( -\frac{\Lambda}{u} x \right) \exp \left( -\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \quad \dots (3)$$

角田 (1967) は降雨時の地表汚染評価に付いて、総沈着量を洗浄および直接沈着による沈着量の和として示した。



以上に述べた Chamberlain や冨田の式は、重力落下が無視できるような小さい粒子やガスなどが沈着する場合に有効である。重力落下速度  $U_g$  が無視できる場合には、冨田の式を修正して、沈着率は次のようになる。

$$w(x, y, 0) = \left[ \frac{U_g}{\pi u \sigma_y \sigma_z} f(x, U_g) + \frac{\Lambda}{\sqrt{2\pi} u \sigma_y} \right] \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \exp\left[-\frac{U_g}{u} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^x \frac{1}{\sigma_z} f(x, U_g) dx - \frac{\Lambda}{u} x\right] Q_0 \quad \dots (4)$$

ここで

$$f(x, U_g) = \frac{1}{2} \left[ \exp\left(-\frac{(-H + \frac{U_g}{u} x)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(H + \frac{U_g}{u} x)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad \dots (5)$$

重力落下の影響は、風速 3 m/sec の場合、 $U_g$  が 1 cm/sec (相当粒子径  $18 \mu$ ) 以下では  $H=100$  m であれば  $X=600$  m ~ 60 km で 10% 以内となる。  $X < 5,000$  m では落下を考慮した (4) 式が大きい値をとり、それ以後では逆の関係となる。なおここで  $H$  は煙突の排出高さである。

放射性物質等の焼却処理後の大気中への放出では、汚染物は粒状分布をもった粒子群である。沈着速度  $v$  をもつ粒子の重量基準の分布密度を  $q(v)$  で表わす。  $q(v)$  は粒径と沈着速度の関係より求まる。このときの沈着率は

$$\bar{w}(x, y) = Q_0 \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \int_0^\infty q(v) \left[ \frac{v}{\pi u \sigma_y \sigma_z} f(x, v) + \frac{\Lambda(v)}{\sqrt{2\pi} u \sigma_y} \right] \exp\left[-\frac{v}{u} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^x \frac{1}{\sigma_z} f(x, v) dx - \frac{\Lambda(v)}{u} x\right] dv \quad \dots (6)$$

ここで  $\Lambda(v)$  は一定の降雨強度に対する沈着速度  $v$  の粒子の洗浄率である。

### III. 結果と考察

図 1 は、非降雨時における排出源各別の沈着率である。沈着率の値は、従来の拡散式の地表濃さに  $U_g$  を乗じたもので近似できる。  $H$  の効果は顕著である。

図 2 は、降雨時における排出源各別の沈着率である。降雨時 (降雨強度 0.25 mm/hr) には  $H$  の効果はなく、沈着率は全体的に均一値をとる。大気汚染対策に資するとされている高煙突方式は、降雨時にはやや速い結果を示す。

図 3 は、 $H=100$  m の場合の降雨による影響を示したものである。各洗浄率  $\Lambda$  に対応する降雨強度は、それぞれ 0.1, 0.25, 1.8, 4.3 mm/hr である。排出源近傍における沈着は、降雨によって激増する。但し、排出源近傍では、 $y$  方向の振りは少ないので、沈着の総量の差は図 3 に示されたほどではない。

図 4 は、非降雨時の場合の沈着速度の影響を示したものである。排出源近傍では沈着速度と沈着率は比例している。

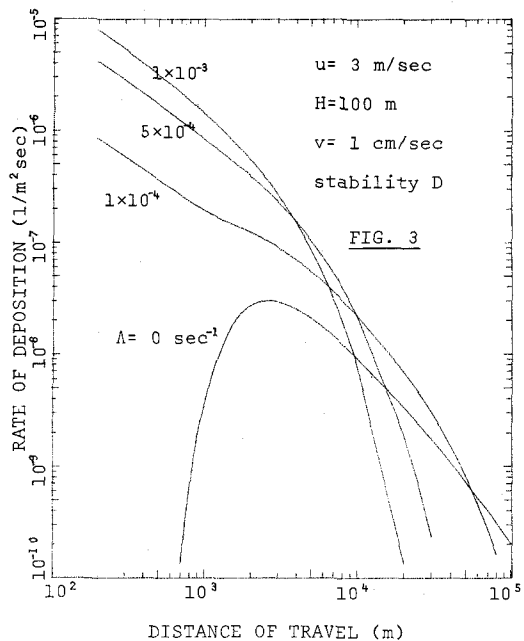


FIG. 3

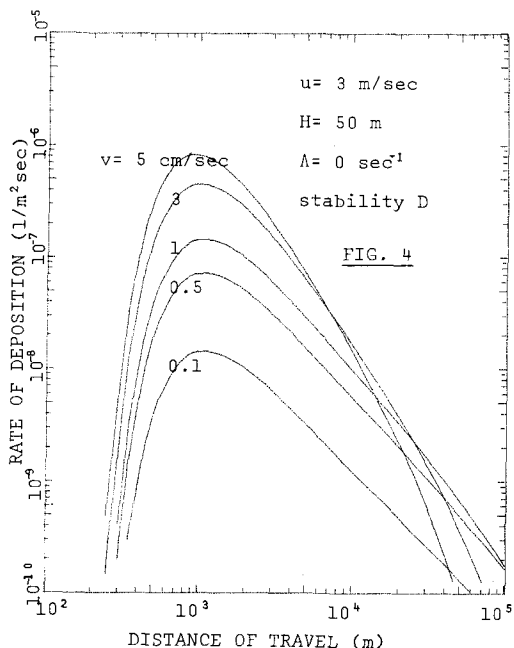


FIG. 4