

1 はじめに

石油の代替エネルギーとして石炭への転換が、電力、セメント、製紙等の大口消費を中心に進められている。石炭は世界的に広く賦存し埋蔵量が豊富であり、また我国とは親密な国からの輸入が可能であり、国内炭はあまり望めないものの外国炭の安定供給が期待されている。ところが、石炭は過去の変遷からも判るように石油に比べ厄介な問題が多く、その一つとしてハンドリングにおける粉じん飛散の問題がクローズアップされている。熊谷組では石炭粉じん（以下炭じんと称す）の飛散を防止するための研究を行っているが、本発表では炭じんがどのように飛散し、濃度、沈着量がどう分布するかをシミュレートする手法について報告する。

2 基本計算式

自動車や煙突から排出されたガスの拡散モデル式として(1)のブルーム式が知られている。

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_e}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H_e}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1)$$

上式は拡散方程式より設定条件を基に解かれたものである。炭じんの飛散も基本的には(1)式と同じであるが大きく異なる点は次の二点が挙げられる。

ここで C : 物質濃度
 σ_y, σ_z : y, z方向の拡散幅
 u : x方向の風速
 Q : 汚染物質排出量

- ①飛散した炭じんは大気中に浮遊するが、自重のため時間が経過すると落下する。
- ②一度落下した炭じんは地表面で反射せず沈着する。

(1)式より、さらにz方向の濃度最大地点を $z = H_e$ とし、ストークスの式より求まる落下速度を v_s とし①②の条件をあてはめると炭じんの飛散式(2)が求まる。

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_e+v_s x/u}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (2)$$

(1)式、(2)式を図で表現すると図-1、図-2となる。

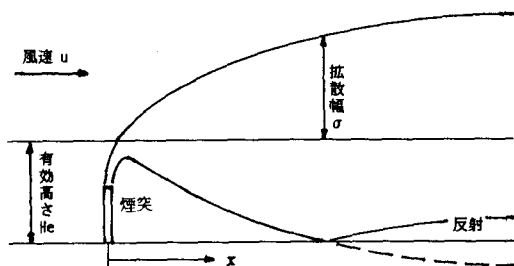


図-1 ガスの拡散

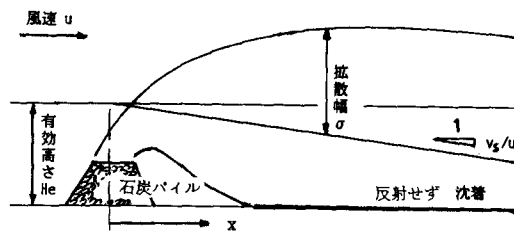


図-2 炭じん飛散

以上のように炭じん飛散の基本式は(2)としたが、これは点源からの飛散であり、ベルトコンベアのような線源からの飛散や、広い面積をもつ貯炭パイルからの飛散には(3)、(4)式を用いる。またスタッカ等を使って高い所から落下中の飛散には、落下高さHにより積分した(5)式を用いる。

- | | | |
|-------------|---------------------|-----|
| 線源からの飛散 | $\oint C(x,y,z) dL$ | (3) |
| 面源からの飛散 | $\oint C(x,y,z) dS$ | (4) |
| 落下中の石炭からの飛散 | $\oint C(x,y,z) dH$ | (5) |

3 炭じん飛散シミュレート

炭じん飛散による周辺地域への影響を評価するには、濃度と沈着量との二通りの方法がある。濃度の予測は(6)式により求められ、また沈着量は(7)式によりもとめられる。

$$C = \sum C_i \tag{6}$$
$$W = \sum W_i = \sum v_{si} \cdot C_i \times 3600 \tag{7}$$

ここに、
 C : 全粒子の炭じん濃度
 W : 1時間の全粒子の炭じん沈着量
 W_i : 1時間の粒径 i の炭じん沈着量
 v_{si} : 粒径 i の炭じん落下速度

1時間の沈着量 W が、気象条件、発生源条件等の1時間の各パラメータとしてもとめられると、これを沈着する期間全てについて加え合わせるにより、その期間中に沈着する量が求まる。飛散に關与するパラメータには、炭種（比重、湿分、粒径分布）、取扱量、作業時間、発生源、発生源の作業モード、気象（風速、風向、大気安定度、日射量）等がある。例として表-1の性状をもつA、B2種の石炭について、炭じん飛散シミュレート図を示す。また図-5はB炭の風下距離と炭じんの粒径分布を示したものである。

表-1 石炭の粒径分布 （「石炭利用技術マニュアル」より抜粋）

粒 形	D (μm)	10	15	25	35	50	75	100	150	200
A 炭	落下速度(cm/s)	0.15	0.34	0.93	1.75	3.6	7.6	12.5	23	35
	γ=0.5g/cm ³ 重量分率(%)	0	0.77	1.38	1.0	1.46	1.54	0.85	1.46	1.54
B 炭	落下速度(cm/s)	0.3	0.68	1.85	3.5	7.2	15.2	25	46	70
	γ=1.0g/cm ³ 重量分率(%)	0	0.09	0.16	0.16	0.16	0.16	0.38	0.43	0.45

表-2 飛散パラメータ

石炭取り扱い量	500 t/h
作業時間	1 h
発生源種類	スタッカ1機（落下高 H=15m）
発生源位置	X = 500m , Y = 1000m , Z = 7.5m
発生源運転t-f	定常
風速	5 m/s , 100 %
風向	北風 , 100 %
大気安定度	D , 100 %

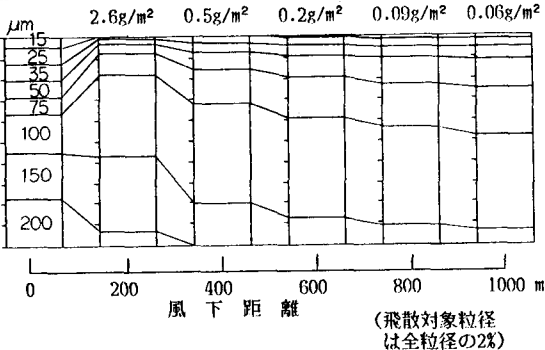


図-5 B炭の風下距離と粒径分布

4 まとめ

以上述べたように、炭じんの飛散シミュレートを行い沈着量の分布を求める事が出来た。また炭種により分布が異なることや、炭じんの粒径により飛散距離が異なる事が確認出来た。今回の発表はシミュレート方法についてのみであるが、既に本研究では実測を行いシミュレートの精度を確認しており、これについては次期機会にて発表する予定である。

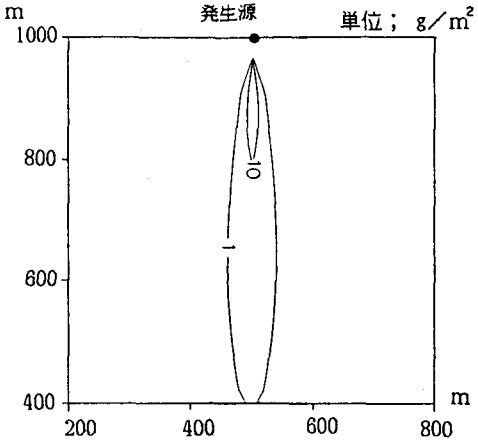


図-3 A炭の炭じん沈着量

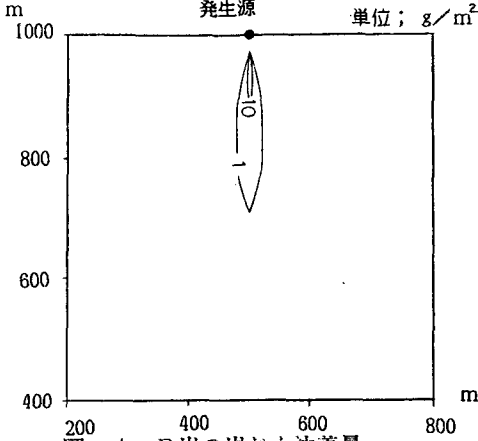


図-4 B炭の炭じん沈着量