

単一球形気泡からのエアロゾル除去のスケーリング則

Scaling laws for aerosol removal from a single spherical bubble

*茂木 孝介¹, 久木田 豊¹, 柴本 泰照¹

¹ 原子力機構

既存のプールスクラビングによるエアロゾル除去モデルでは気泡内粒子濃度分布を考慮しておらず、除去速度の予測精度に影響を与えている可能性がある。本研究では Lagrangian 粒子追跡シミュレーションにより、気泡内粒子移行、濃度分布形成、除去速度時間変化についてスケーリング則が成立することを示す。

Keywords: Aerosol deposition, pool scrubbing, Lagrangian particle tracking

1. 緒言

プールスクラビングによるエアロゾル除去は、原子炉シビアアクシデント時に放射性物質の環境放出を抑制させる有力な手段の一つである。既存のプールスクラビング評価コードは Fuchs モデル[1]に基づいているが、これは集中定数モデルであって、気泡内の粒子濃度分布が除去速度に与える影響を無視していることが問題視されてきた（例えば[2]）。本研究では粒子移行に伴う濃度分布形成に着目し、Lagrangian 粒子追跡シミュレーションにより粒子除去過程を解析する。

2. 手法と結果

球形気泡が一定の速度で静止水中を上昇する状況を想定し、粒子は気泡内流れ（Hill の球形渦によって表す）により駆動され周回運動するものとする。粒子に働く力として流体抗力とブラウン力を考慮し、以下、気泡内の粒子座標を流線関数 ξ により無次元表示する [3]。 $\xi = 0$ は気泡表面、 $\xi = 1$ は渦中心を指す。Figure 1 は渦中心付近（ $\xi = 0.99$ ）を出発する粒子の軌跡をブラウン力=0 として簡易計算した結果であり、粒子径 $1\mu\text{m}$ 程度以下に相当する

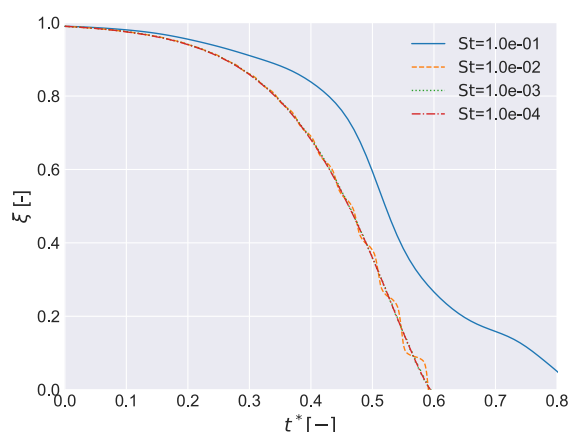


Fig.1 無次元表示した気泡内粒子軌跡

Stokes 数 ($St = \tau_p U_b / R_b$) 範囲では、無次元時間

$t^* = t \tau_p U_b^2 / R_b^2$ に対してほぼ同一の軌跡を描き、粒子移行挙動についてスケーリング則が成立している。時間の無次元化には粒子の終端速度代表値と気泡半径 R_b を用いている。ここで U_b は気泡上昇速度、 τ_p は粒子緩和時間である。粒子の移行が主として慣性（遠心運動）によって起こる条件においては、気泡内表面付近の粒子濃度は平均濃度より高くなり、このことが粒子除去速度に顕著な影響を及ぼす。ブラウン力を考慮した多粒子シミュレーションによれば、少なくとも粒子径 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$ の範囲で、粒子除去割合の時間変化についても上記の無次元時間によるスケーリング則が成立する。

参考文献

- [1] Fuchs, N.A., 1964. The Mechanics of Aerosols. Pergamon Press, New York.
- [2] Ghiaasiaan, S.M., Yao, G.F., 1997. Aerosol Sci. Technol. 26, 141–153.
- [3] Kronig, R., Brink, J.C., 1951. Appl. Sci. Res. 2, 142–154.

*Kosuke Motegi¹, Yutaka Kukita¹, and Yasuteru Sibamoto¹

¹JAEA