プールスクラビング時の単一気泡径におけるエアロゾル物質輸送係数の評価

The effect of bubble diameter on aerosol mass transfer coefficient during pool scrubbing

*藤原 広太[1]，吉田 滉平[1]，門間 彩介[1]，金子暁子[1]
[1]筑波大

本研究では、プールスクラビングにおけるエアロゾルの除染現象の素過程として、単一気泡における物質輸送現象に着目して研究を実施した。本報では、前報で開発した固気液三相流解析コードを用い、気泡径がエアロゾル物質輸送係数に与える影響について評価した結果を示す。

キーワード：プールスクラビング、エアロゾル、除染

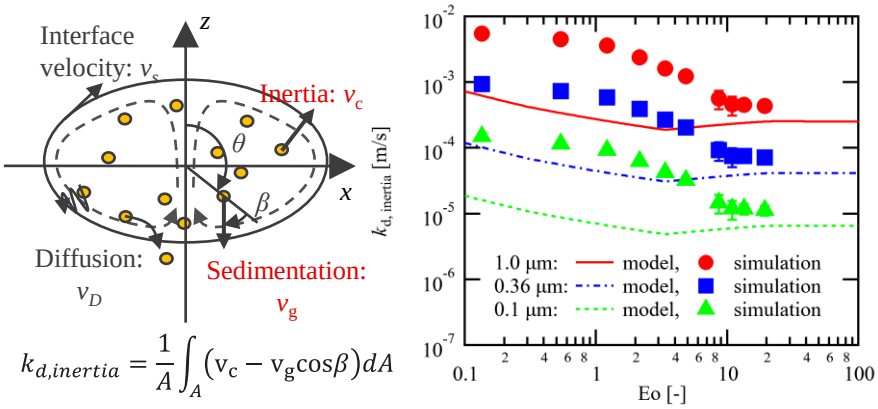
1. 緒言

原子炉のシビアアクシデント対策においては、プールスクラビングによるエアロゾル除去量を予測・評価することが求められている。しかしながら、既存研究では、プールスクラビング時に想定される固気液三相流における物質輸送現象のメカニズムを取り扱った例は非常に少ない。そこで、本研究ではプールスクラビングで生じる気泡流を構成する個々の気泡に着目し、単一気泡におけるエアロゾル輸送現象を評価した。本報では、前報で開発した固気液三相流コードを用いて、気泡径が物質輸送係数に及ぼす影響を評価する。

2. 解析結果

本解析では気泡運動が気泡内部の微粒子運動に及ぼす影響を評価するため、気泡のエトベス数 (Eo)については Sphere から Wobbling 領域にかけての $0.1 < \mathrm{Eo} \leq 20$、エアロゾルのストークス数 (Stk)については実機条件で想定される $1.0 \times 10^{-7} < \mathrm{Stk} < 1.0 \times 10^{-3}$ の領域において解析を実施した。解析結果のうち、エアロゾル径 1.0 μm、0.36 μm、0.1 μm の条件を代表値として、気泡径が物質輸送係数の慣性項に及ぼす影響について解析した結果を Fig. 1 に示す。シミュレーション結果と MELCOR 解析結果はともに高いエアロゾル粒径依存性を示した。一方で、シミュレーション結果においてのみ、小気泡が大気泡より高い物質移動係数をもつ傾向が得られた。全ての Eo 数領域で MELCOR が、シミュレーション結果を過小評価する傾向が得られた。

解析結果をもとに、気泡の内外で見られる流跡線、界面速度分布および圧力分布についてそれぞれ評価した。気泡径ごとの解析結果の比較からは、小気泡については表面張力により気泡内外で生じる流速の差が、大気泡については、気泡後流への渦放出にともなう界面変形が、それぞれ内部流動に大きな影響を与えていることを示した。また、気泡界面における局所物質移動係数を算出し、気泡内部におけるエアロゾルの輸送性能が、気泡変形に伴う内部流動の遷移に大きく影響を受けていることを示した。



(a) MELCOR model　(b) Comparison of simulation and analysis

Fig. 1 Effect of bubble diameter on mass transfer coefficient

謝辞

本研究は，令和 3 年度原子力施設等防災対策等委託費(スクラビング個別効果試験)事業の一環として行った。

*Kota Fujiwara[1], Kohei Yoshida[1], Sasuke Kadoma[1] and Akiko Kaneko[1].
[1]Univ. of Tsukuba.