

溶脱による変質を考慮した汚染コンクリート廃棄物の合理的処理・処分の検討

(4) 汚染水中のコンクリートにおける放射性核種濃度分布の計算手法の開発

Study on Rational Treatment / Disposal of Contaminated Concrete Waste Considering Leaching Alteration

(4) Development of Calculation Method for Radionuclide Concentration Distribution in Concrete in Contaminated Water

*西野将平¹, 川崎大介¹, 柳原敏¹

¹福井大学

汚染コンクリート中の放射性核種の濃度分布の推定のために、コンクリート中の放射性核種の拡散をランダムウォーク粒子追跡法を用いて模擬する計算手法を開発した。

キーワード:ランダムウォーク粒子追跡法, 福島第一原子力発電所, コンクリート, 統計誤差, 放射能濃度分布, モンテカルロ法, 拡散

1. 緒言 福島第一原子力発電所の廃炉では大量に発生する放射性廃棄物の発生量の推定やその低減方策の検討が重要である。原子炉建屋内の汚染されたコンクリート構造物中の放射能濃度が不均一な場合、表面の除染や高濃度領域の切断といった処理による廃棄物量低減やレベル低減策が考えられる。このような処理方法の検討に当たっては、現状では解析計算に基づくコンクリート中の放射性核種の濃度分布の推定が必要である。

本研究では滞留水に晒されたコンクリート中の放射性核種の拡散を、不均一媒体中のランダムウォーク粒子追跡法を用いて模擬する計算手法を開発した。ランダムウォーク粒子追跡法では特定の領域内に存在する粒子の数から核種濃度を算出するが、この粒子数が少ないほど濃度の相対標準誤差は大きくなる。全ての領域において指定した相対標準誤差となるような統計誤差低減アルゴリズムを開発することを目的とした。

2. 計算手法 放射性物質を含む滞留水に片側表面が晒されたコンクリート壁を想定し、核種の拡散及び吸着をモデル化した。コンクリート表面における瞬間的なパルス状の核種の侵入に対する核種濃度分布の応答を、ランダムウォーク粒子追跡法を用いて取得した。

ランダムウォーク粒子追跡法における、ある低濃度領域 k の核種濃度の相対標準誤差 RSE は、領域内の粒子数 n を用いて、 $RSE \approx 1/\sqrt{n}$ と表される。従来の手法(図(A))では粒子数 n の少ない低濃度の場合に RSE が大きくなる。そのような領域で RSE を低減するには粒子数 n を増やす必要がある。そこで、粒子がより低い濃度の領域に移動すると粒子1個当たりの質量を減らすとともに粒子数を増やし、また高い濃度の領域に移動すると粒子1個当たりの質量を増やすとともに粒子数を減らすアルゴリズムを導入した。濃度に関わらず各領域での粒子数を一定にすると(図(B))、全ての領域において同じ RSE で濃度を推定することができる。拡散シミュレーションにおける空間と時間を複数の時空間領域に分け、領域ごとの粒子1個当たりの質量 m_k をあらかじめ設定しておくことにより、このような計算が可能となる。適切な質量 m_k の設定には、前もって濃度分布を推定する必要があり、以下の手順で段階的にランダムウォーク粒子追跡計算を行った。

- (1) 全領域における粒子の質量を統一し、ランダムウォーク粒子追跡法により濃度分布を得る。
- (2) 前ステップで得た濃度分布に基づき領域毎に粒子1個当たりの質量 m_k を設定し直す。
- (3) 設定された粒子の質量に基づき再度ランダムウォーク粒子追跡法により濃度分布を得る。
- (4) 全ての領域において期待された相対標準誤差が得られるまで(2)~(3)を繰り返す。

この濃度分布を滞留水中の濃度の時間変化に基づく境界条件に従って重ね合わせることにより、コンクリート中の核種濃度分布を得た。

3. 結言 汚染コンクリート中の核種濃度分布の計算において、指定した相対標準誤差で濃度を取得する手法を開発した。相対誤差低減の効果については計算例とともに本発表にて報告する。

*Shohei Nishino¹, Daisuke Kawasaki¹, Satoshi Yanagihara¹

¹Univ. of Fukui

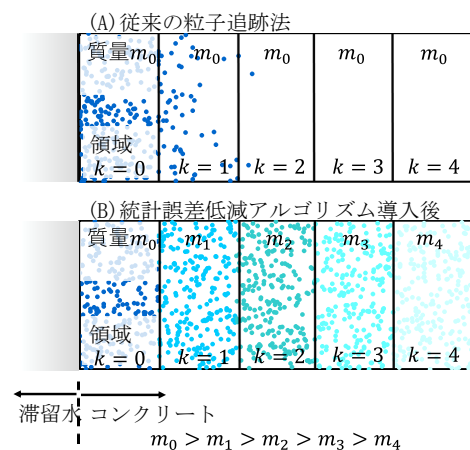


図 統計誤差低減の考え方