

放射性物質によるコンクリート汚染の機構解明と汚染分布推定に関する研究
(15)阿武隈川の川砂利で作製したモルタルへの実汚染条件での Cs と Sr の見かけの
拡散係数

Study on the Radionuclide Contamination Mechanisms of Concrete and the Estimation of
Distribution of Radionuclides

(15) Apparent diffusion coefficients of Cs and Sr in the mortar and concrete made of river gravel from the
Abukuma River under the condition of real contamination

*山田 一夫¹, 村中 徳生², 檜森 恵大², 洞 秀幸³, 富田 さゆり³, 栗飯原 はるか⁴, 東條 安
匡², 細川 佳史⁵, 五十嵐 豪⁶, 丸山 一平⁷, 渋谷 和俊³

¹国環研, ²北大, ³太平洋コンサルタント, ⁴JAEA, ⁵太平洋セメント, ⁶名大, ⁷東大

Cs は川砂利と炭酸化ペーストへの吸着, Sr は Ca と置換・固定により浸透が遅延する。実汚染過程の再現では、非炭酸化飽水モルタルへの単純塩化物溶液からの浸透と比べ、Cs 浸透は遅延し、Sr 浸透は促進した。

キーワード：見かけの拡散係数、Cs、Sr、乾燥炭酸化、海水

1. 緒言 福島第一原子力発電所(1F)の廃炉では膨大な量の構造物コンクリートの処理・処分が必要で、その汚染深さと汚染濃度の情報が役立つ。筆者らは ¹³⁷Cs と ⁹⁰Sr に着目し、タービンピット地下など汚染水と接触したコンクリートへの浸透を検討してきた¹⁾。コンクリートへのイオン浸透を吸着を伴う空隙中の拡散現象と考え、現実の汚染状況を考慮した浸透実験を行い、単純化された実験と比較し、実際の汚染状況を推定する。

2. 考慮した要因と実験条件

2-1. 吸着 Cs はセメント水和物と相互作用しないが、Sr は Ca と置換固溶する。Cs, Sr とともに Ca 溶脱と炭酸化したセメントペーストに、Cs はある種の鉱物に、それぞれイオン交換により吸着する。そこで骨材として Cs 吸着能がない石灰石(LS)と Cs 吸着能がある 1F で使用された阿武隈川の川砂利粉の砕物(AG)、モルタルの状態として炭酸化の有無(健全、炭酸化)を考慮した。また、このイオン交換は競合イオンにより阻害される。現実の汚染は津波により 1 日海水に晒され、その後、海水に炉心の冷却水が加わった汚染水(初期汚染水)が作用し、海水中には Cs と Sr と競争吸着するイオンが存在するので、浸漬溶液もこの汚染を再現した。

2-2. 移動経路 拡散速度の評価には飽水状態で実験するが、現実には乾燥状態から水の移流を伴っている。そこで、試料は飽水状態もしくは 40℃60%RH の乾燥状態からの浸透とした。

2-3. 評価 事故直後の汚染水中の Cs 濃度は 3.5μM、Sr 濃度は 71μM と低濃度であるため、浸漬溶液に ¹³⁷Cs もしくは ⁹⁰Sr を添加し、約 1 年浸漬した後の試料の浸透断面をイメージングプレートに暴露し、濃度既知のセメントペーストと比較することで、濃度分布を測定し、画像解析により定量的浸透プロファイルを得た。

3. 結果 浸透プロファイルをフィックの拡散方程式にフィッティングして得た見かけの拡散係数 Da を表 1 に示す。LS 健全・飽水での Cs の Da は 3×10⁻¹² m²/s であり、Cs 吸着能がない

表 1 見かけの拡散係数(Da)の評価結果一覧

試料	溶液	Da(10 ⁻¹³ m ² /s)
石灰石・健全・飽水	単純塩化物(10 ⁻⁷ ~10 ⁻¹ M)	Cs - 30, Sr - 0.1
川砂利・健全・飽水	単純塩化物(Cs=3.5μM, Sr=71μM)	Cs - 1.0, Sr - 0.3
川砂利・乾燥炭酸化	海水 1 日+初期汚染水 ¹⁾	Cs - 1.9, Sr - 1.5
川砂利・健全・飽水	単純塩化物(10 ⁻¹ M, EPMA 測定)	Cs - 28, Sr - 3.5

ため濃度依存性もなかった。骨材を AG とすると 1×10⁻¹³ m²/s となり、乾燥炭酸化・履歴再現でも 2×10⁻¹³ m²/s であった。Sr は LS 健全・飽水では 1×10⁻¹⁴ m²/s、AG 健全・飽水では 3×10⁻¹⁴ m²/s と Cs よりも 1 桁小さかったが、乾燥炭酸化・履歴再現(海水 1 日+初期汚染水)では 2×10⁻¹³ m²/s と Cs と同程度となった。0.1 M のより高濃度の溶液では AG であっても Cs の Da は 1 桁増加し、実汚染の考慮が重要であることが示された。

参考文献 [1] K. Yamada, et al., J. Adv. Concr. Tech, 19, 756-770, 2021

謝辞 本研究は、文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 JPJA20P12345678 の助成を受けた。

*Kazuo Yamada¹, Norio Muranaka², Keita Himori², Hideyuki Hokora³, Sayuri Tomita³, Haruka Aihara⁴, Yasumasa Tojo², Yoshifumi Hosokawa⁵, Go Igarashi⁶, Ippei Maruyama⁷

¹NIES, ²Hokkaido Univ., ³Taiheiyo Consultant, ⁴JAEA, ⁵Taiheiyo Cement, ⁶Nagoya Univ., ⁷UTokyo