

MCCCE 法を用いたリチウム-7 濃縮技術開発 (6) 電場分布を考慮した模擬平板型流路内の数値シミュレーション

Li-7 Enrichment Technology Development by MCCCE Method

(6) Numerical Simulation in a Simulated Flat Type Channel under Electric Field

*堀口 直樹¹, 吉田 啓之¹, 北辻 章浩¹, 福森 麻衣², 長谷川 信², 岸本 忠史³

¹JAEA, ²アトックス, ³阪大

Li-7 濃縮実験におけるイオン挙動の把握のため、開発した電場下脈動流中のイオン挙動の数値シミュレーション手法を簡易化した平板型流路内イオン挙動に適用し、この挙動を数値的に調査した結果を報告する。

キーワード : Li-7 濃縮技術, MCCCE 法, 平板型流路, TPFIT-LPT, CFD, 分離係数

1. 緒言

PWR の水質管理には、Li-7 が濃縮された pH 調整剤が不可欠である。この国内供給網構築に向けて、我々はマルチチャンネル向流電気泳動(MCCCE)法による Li-7 濃縮技術[1]を開発している。濃縮実験[2]におけるイオン挙動を把握するため、CFD コード TPFIT-LPT[3]を用いて取得した流れ場と電磁場解析ソフトウェア EMSolution を用いて取得した電場の 3 次元データを元に、長時間のイオン挙動をシミュレーションする手法を開発した。今回、実験流路を簡易化した平板型流路内のイオン挙動に本手法を適用した結果を報告する。

2. 流動試験による脈動の流速データ取得方法

濃縮実験の脈動流の再現のため、簡易化した平板型流路(厚み 0.8 mm、幅 40 mm、長さ 50 mm)を製作し既報[4]と同じ配管系、計測手法で水単相脈動流の流速データを取得した。流速条件は一周期平均 0.4 mm/s で周波数 0.5 Hz である。脈動の周期性を利用し、複数周期を平均して代表的な一周期分のデータを取得した。

3. 数値シミュレーション手法

まず流路内を水単相脈動流かつ定常電場とし、イオン分布を無視した。次に代表流速データを入口境界条件に適用した TPFIT-LPT を用いて非定常流れ場の 3 次元データを取得し、EMSolution を用いた定常電流場解析により電場のデータを取得した。電場条件は、平板型流路を挟むバッファ部の始端と終端に配置した板状電極間で印加電圧 0 ~ 350 V とした。これらのデータを元に、質点粒子で模擬したイオンの運動をラグランジュ的に解いた。代表的な一周期の流れ場データを反復利用し計算負荷を低減したことで、イオン挙動の長時間評価を実現した。

4. 結果

数値シミュレーションの結果、本条件では流路中心軸上を通過する Li-7 イオンが脈動に伴い振動しながら約 150 秒かけて平板型流路を通過することを明らかにした(図 1)。また、同様に Li-6 の通過時間も求めて Li-7 との分離係数を計算した結果、実験[2]と同程度であったことから本手法の妥当性を確認した。

謝辞

本研究成果は、経済産業省資源エネルギー庁令和 4 年度「原子力の安全性向上に資する技術開発事業」の補助事業の一部として実施されたものです。また、JAEA のスーパーコンピュータ「HPE SGI8600」を利用して得られたものです。

参考文献

- [1] 福森ら, AESJ2022 春, 3I09(2022), [2] 岸本ら, AESJ2022 春, 3I10(2022),
[3] H. Yoshida, et al., ICONE2020-16393(2020), [4] 堀口ら, AESJ2022 春, 3I11(2022).

*Naoki Horiguchi¹, Hiroyuki Yoshida¹, Yoshihiro Kitatsuji¹, Mai Fukumori², Makoto Hasegawa², Tadafumi Kishimoto³

¹JAEA, ²ATOX, ³Osaka Univ.

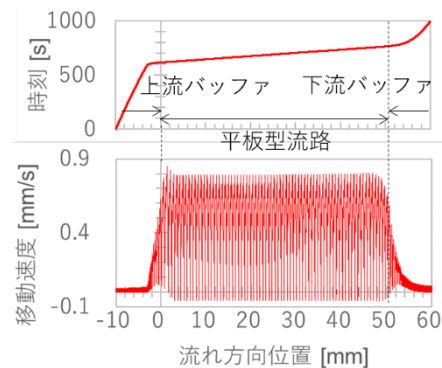


図 1 電場下脈動流中 Li-7 イオン挙動