



# 中瀬 正彦研究室



## 理学×工学×デジタル 革新的原子力エネルギーシステムの探求

科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所

<http://www.zc.iir.titech.ac.jp/~m.nakase/>

- ・新しい原子力エネルギーシステムの構築
- ・核燃料サイクル統合化・合理化、再処理・廃棄物
- ・福島復興・再生 (廃棄物処理・処分、燃料デブリ)
- ・アクチノイド、医療用RIの化学



2050年までのゼロカーボン社会実現に向け、世界的に原子力利活用が進められている。原子力は発電(革新炉、再エネ負荷追従)のみならず、カーボンフリー水素や燃料製造、医療用RI製造など様々な分野に活用されている。中瀬研では**原子力の多様な分野に、理学×工学×デジタルを組合せたアプローチ**により、廃棄物、福島第一原子力発電廃炉事業といった**原子力の諸課題を解決し、新しい原子力エネルギーシステムの構築**による社会変革を目指します。

### 革新的原子力システムの構築

■ 原子力DX

データ群 → データ統合 → デジタル技術 → 原子力システム

- データ群: 運転履歴/地質環境 (発電所, 再処理, 地層)
- データ統合: データベース構築 (運転履歴, 廃棄物, 保管, 地質環境, etc.)
- デジタル技術: アプリケーション (人工知能, センシング, 数値解析, 量子Comp, etc.)

■ 溶融塩高速炉の設計研究

- ✓ 再エネの負荷追従
- ✓ シビアアクシデントフリー

船舶用小型溶融塩高速炉

### 分離化学

■ アクチノイド化学

- 価数制御と抽出分離
- 溶液化学、錯体化学

III +3, IV +4, V +5, VI +6

■ ケモインフォマティクス

実験データ → データベース → 機械学習スキーム開発

文献 → 計算 → モデル構築

逆設計、新規抽出剤、溶媒探索

効率的な物質探索と実機適用；機械学習

- ① 実験計画法；ヒューマンインザループの適用
- ② 模擬元素からのアクチノイド分離挙動の推察
- ③ プロセス設計最適化 ⇒ サイクル評価と結節

- ✓ 試験管内の化学反応から、工学プロセスに展開
- ✓ 乾式再処理、電気化学的分離(展開予定)

### 福島復興・再生研究(廃棄物、デブリ)

■ 燃料デブリ/廃棄物対策

廃棄物固化～処分～安全評価を一貫して研究

単分散：ハイブリッド固化体

- 多様な廃棄物を単一のコンセプトにより処分を可能とする
- マトリクス特性により、安全評価が可能となる
- ALPS沈殿系廃棄物、スラリー廃棄物、腐銀吸着剤など

先端的分析 第一原理計算 放射線影響 核種浸出性 長期安定性

固溶体化：コンポジット固化体(人工岩石、SYNROCK)

- 燃料デブリ、ガラス固化体より頑強な固化体、ナチュラルアナログ

■ 固化体合成と物性評価

1次固化体 (RI含む)

マトリクス

熱間等方圧加熱(HIP)

スパークプラズマ焼成(SPS)

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, YSZ, Cu, Zr, SUS

■ 処分概念/安全評価

合理的な廃棄物処分シナリオ構築

- 廃棄物量、物性、被ばく線量、物量、処分場
- 原子力DXの活用した廃棄物管理、処分戦略

### 核燃料サイクル統合化研究

■ Nuclear Material Balance Code 4.0開発

- JAEAと共同で原子力発電シナリオの評価コードを開発・無償公開

世界No.1のユーザー数(120名以上、30機関)

- ✓ 原子力利用の将来シナリオの定量検討
- ✓ 原子力政策やR&D戦略の立案に活用
- ✓ 革新的原子炉の導入効果と戦略
- ✓ 核燃料サイクルの合理化
- ✓ 原子力学会における研究専門委員会
- ✓ ユーザーコミュニティNuMBACの運営

### 医療応用 ■ 標的α線療法、RIの医療利用

Treatment of cancers by <sup>225</sup>Ac-PSMA-617

がん細胞

錯形成部位

薬剤分子

複数回のα崩壊による高い薬効

- ✓ Ac<sup>3+</sup>やRa<sup>2+</sup>の錯形成部位の分子構造探索と最適化
- ✓ 迅速なAc/Ra精製技術 ⇒ ゲル液クロマトグラフィー
- ✓ 機械学習アプローチ
  - 化学的性質が類似したLa<sup>3+</sup>, Eu<sup>3+</sup>, Am<sup>3+</sup>, Ac<sup>3+</sup>との相関性
  - 転移学習
- ✓ 再処理におけるアクチノイド研究で得た知見の援用