



令和4年度
原子力規制庁技術基盤グループ-原子力機構安全研究・防災支援部門
合同研究成果報告会

シビアアクシデント研究グループ紹介

令和4年11月22日

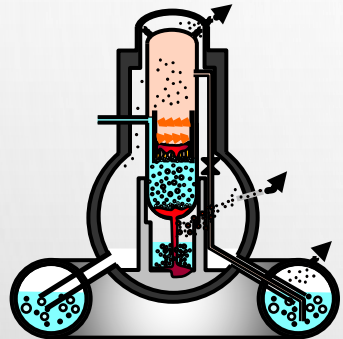
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究・防災支援部門 安全研究センター
シビアアクシデント研究グループ

城戸 健太郎

取り組んでいる研究の全体像

目標・目的

シビアアクシデントにおける重要現象に係る知見を取得するとともにソースターム評価手法を改良し、影響緩和対策の効果を考慮したソースタームを不確かさを含めて評価する



効率的な
不確かさ低減

不確かさ
要因の抽出

これまでに得た知見・成果

新技術(事故耐性燃料、小型モジュール炉等)

新たな対策の考慮

SA時の重要現象に関する知見の拡充

- ・実験、国際協力、機構内外連携で得られる知見
- ・今後加速される1F試料採取により得られる知見

知見

個別現象に関する評価手法の高度化

- FP化学挙動、エアロゾル挙動、熔融炉心挙動、水素燃焼等を扱う個別解析コード

手法

ソースターム評価手法の高度化

- SA総合解析コード THALES3
- 動的確率論的リスク評価(PRA)ツール RAPID

手法

ソースターム評価手法の活用

- ・感度解析／不確かさ評価
- ・影響緩和対策の効果を考慮した評価及びレベル3PRAや防災への活用
- ・シミュレーションに基づく動的PRAへの活用
- ・1F事故進展やFP分布評価に活用

評価結果

成果物

他機関・他部門との連携
課題提示・研究支援

原子力規制庁

規制支援

協力

電力、メーカー、
大学、研究機関

コードの普及

協力

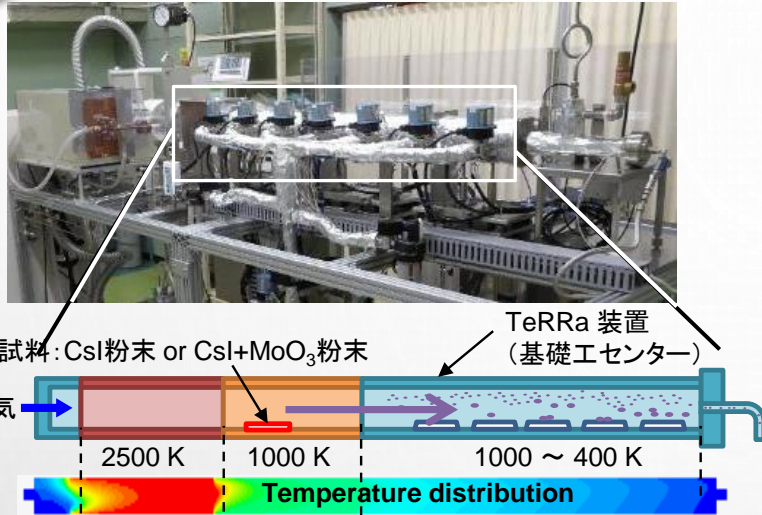
JAEA内
原子力科学研究部門
福島研究開発部門

知見

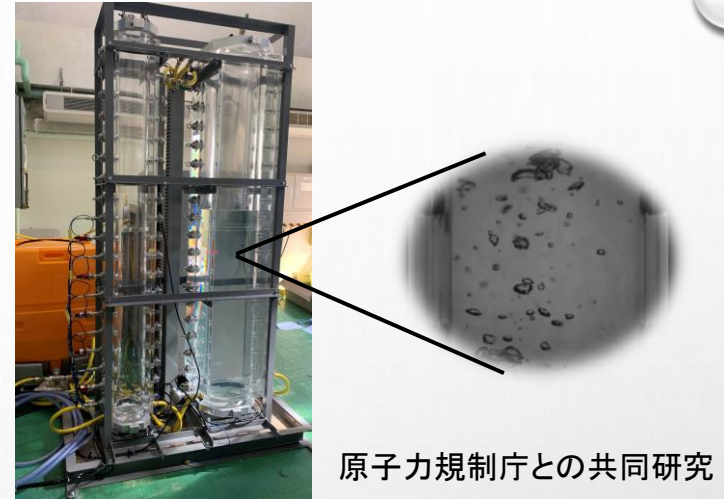
OECDプロジェクト
(1F関連を含む)

◆ ソースターム評価技術の高度化

Cs-I-B-O-H系及びCs-I-Mo-O-H系に対する加熱/沈着実験

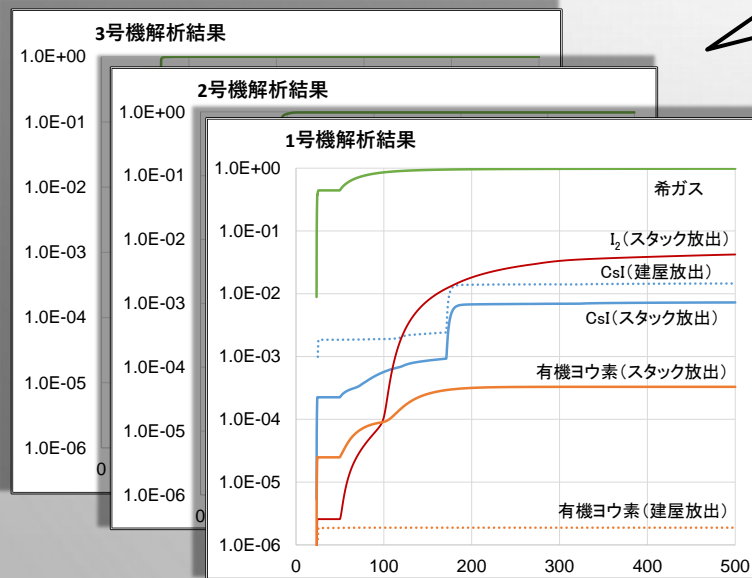


ヨウ素再移行に係るプールスクラビング実験



THALES2コードによる1F事故のソースターム解析

原子炉内の初期量に対する放出割合



地震による原子炉停止後の経過時間 (時間)

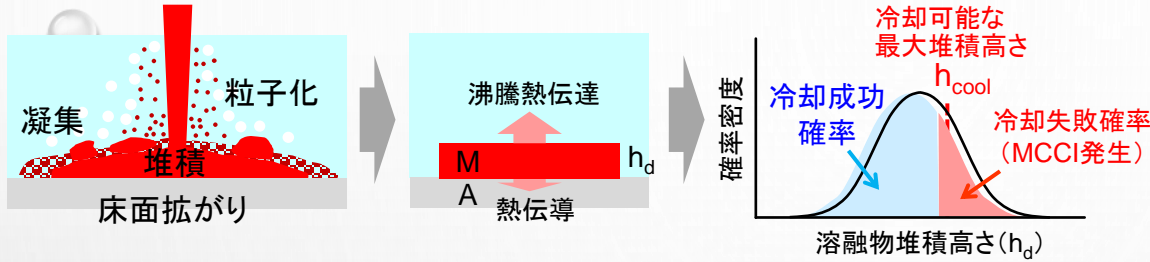
I_2 の放出量を機構論的に評価すると、 I_2 を考慮しない場合よりヨウ素の環境放出が増大

□ 関連する最近の成果

- Nanjo K., Ishikawa J., Sugiyama T., Pellegrini, M., Okamoto K., "Revolutionization of iodine by bubbly flow in the suppression pool during an accident", *J. Nucl. Sci. Technol.*, **59**, 1407-1416, 2022.
- Shiotsu H., Ito H., Maruyama Y., "Numerical analysis for FP speciation in VERDON-2 experiment; Chemical re-vaporization of iodine in air ingress condition", *Ann. Nucl. Energy*, **163**, p.108587_1 - 108587_9, 2021.
- Lind T., Pellegrini M., Herranz L. E., Sonnenkalb M., Nishi Y., Tamaki H., Cousin F., Fernandez M. L., Andrews N., Sevon T., "Overview and outcomes of the OECD/NEA benchmark study of the accident at the Fukushima Daiichi NPS (BSAF), Phase 2; Results of severe accident analyses for unit 3", *Nucl. Eng. Des.*, **376**, 111138_1 - 111138_12, 2021.

◆ 格納容器内溶融炉心冷却性評価技術の高度化

ある注水量(水位)に対する冷却成功確率の評価手法



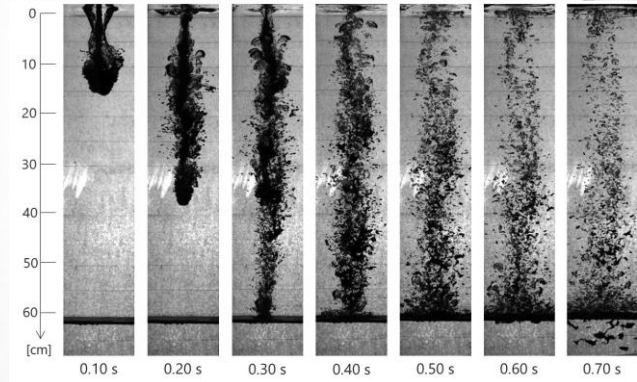
JASMINEにより評価

- ・冷却されにくい堆積物と凝集物の合計質量(M)
- ・床面拡がり面積(A)

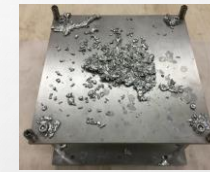
- ・単純形状に置き換えて堆積高さ(h_d)を評価
- ・界面がコンクリート溶融侵食温度に至らない最大堆積高さ(h_{cool})を評価

溶融物の質量、温度(過熱度)、組成、その他の条件の不確かさにより決まるh_dの確率分布より、冷却失敗確率を評価

筑波大学の装置による実験



粒子化した溶融金属の凝集データを取得



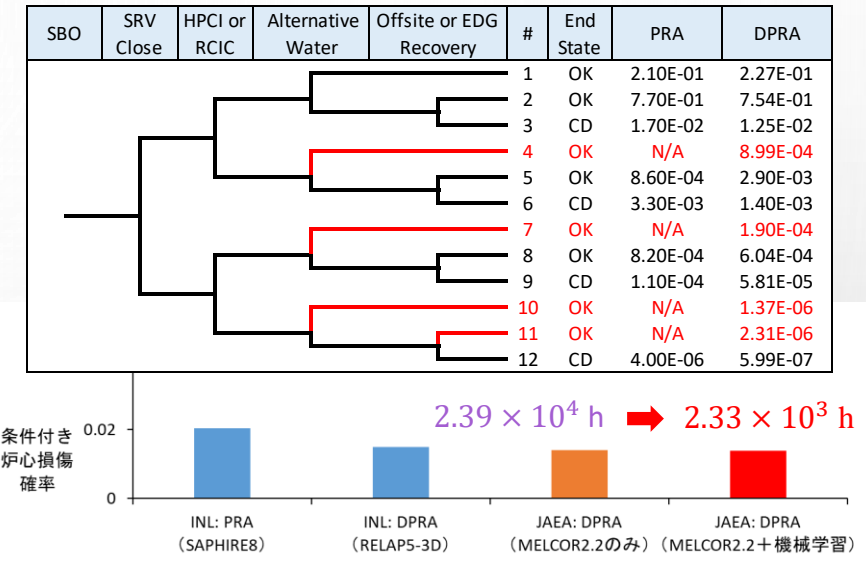
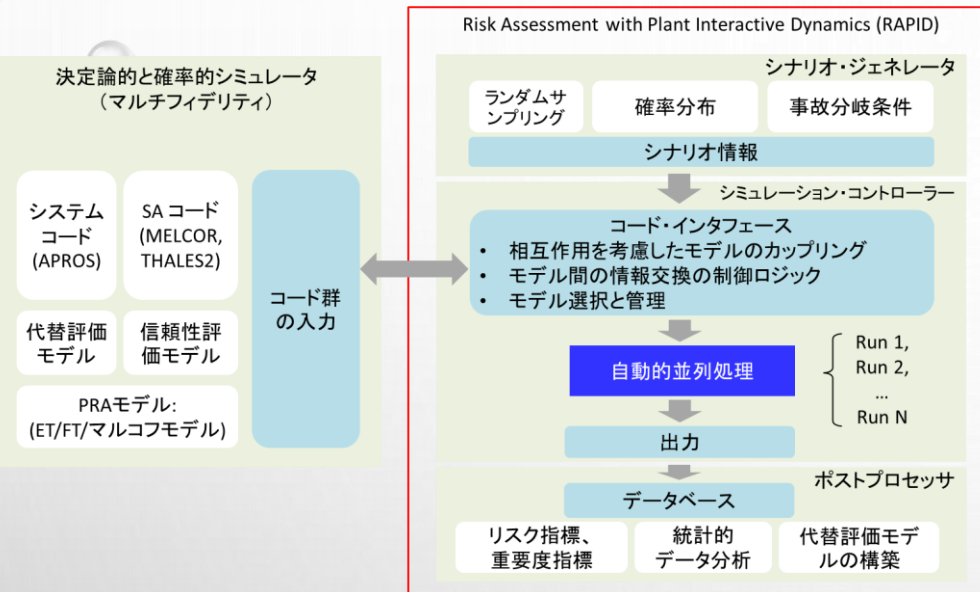
実験後の底面の様子

□ 関連する最近の成果

- Matsumoto T., Kawabe R., Iwasawa Y., Sugiyama T., Maruyama Y., "Improvement of JASMINE code for ex-vessel molten core coolability in BWR", *Ann. Nucl. Energy*, **178**, 109348_1-109348_13, 2022.
- Iwasawa Y., Sugiyama T., Abe Y., "Experiments of melt jet-breakup for agglomerated debris formation using a metallic melt", *Nucl. Eng. Des.*, **386**, 111575_1 - 111575_17, Jan 2022.
- Sahboun, N. F., Matsumoto T., Iwasawa Y., Sugiyama T., "Melt impingement on a flat spreading surface under wet condition", *Proceedings of Asian Symposium on Risk Assessment and Management 2021 (ASRAM 2021)*, 2021.
- Matsumoto T., Iwasawa Y., Sugiyama T., "Development of evaluation framework for ex-vessel core coolability", *Proceedings of Reactor core and Containment Cooling Systems, Long-term management and reliability (RCCS 2021)*, 2021.

◆ 動的な確率論的リスク評価手法の開発

従来PRAで取り扱えなかった、システム間相互作用、プラント状態、その他の時間要因に起因する影響を考慮できる動的リスク評価(DPRA)手法を開発

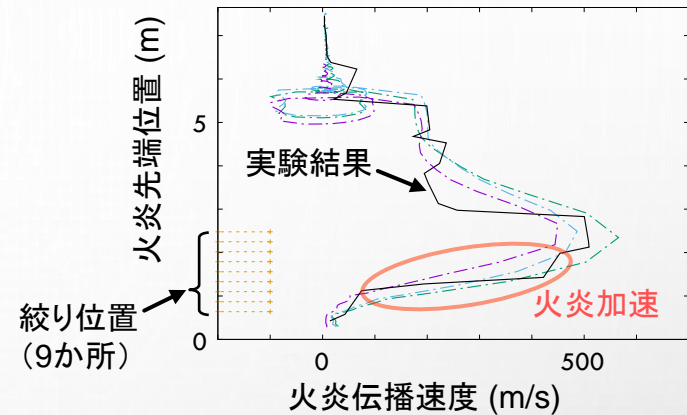
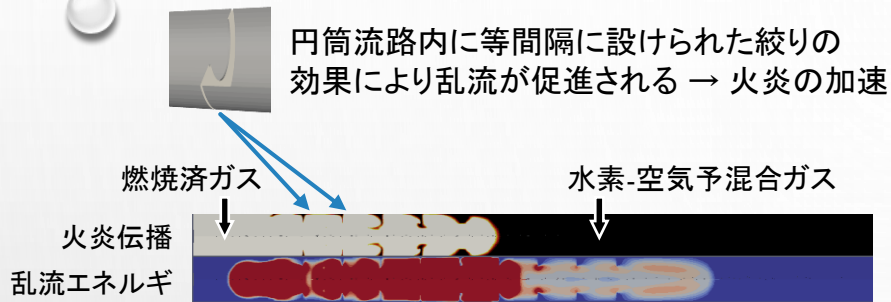


□ 関連する最近の成果

- Zheng X., Tamaki H., Sugiyama T., Maruyama Y., “Dynamic probabilistic risk assessment of nuclear power plants using multi-fidelity simulations”, *Reliability Engineering & System Safety*, **223**, 108503_1 - 108503_12, 2022.
- Tanaka Y., Tamaki H., Zheng X., Sugiyama T., “Enhancement of the treatment of system interactions in a dynamic PRA tool”, *Proceedings of 30th European Safety and Reliability Conference and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (ESREL 2020 and PSAM-15)*, 2195 - 2201, 2020.
- Zheng X., Tamaki H., Ishikawa J., Sugiyama T., Maruyama Y., “Severe accident scenario uncertainty analysis using the dynamic event tree method”, *Proceedings of 14th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM-14)*, 2018.

◆ 水素挙動評価技術の開発

化学反応を直接扱う代わりに、層流/乱流燃焼速度の相関式を用いる手法をETSON-ENACCEF実験の解析に適用し、乱流による火炎加速を再現



選定したモデル(相関式)によるばらつきが見られたが、実験結果を概ね再現

□ 関連する最近の成果

- [Bentaib A., Chaumeix N., Nyrenstedt, G., Bleyer A., Maas L., Gastaldo L., Kljenak I., Dovizio D., Kudriakov S., Schramm B., Motegi K, Velasco F. J. S., Otón-Martínez R. A., Danilin A., Gavrikov A., Jaseliunaite J., Povilaitis M., “ETSON-SAMHYCO-NET benchmark on simulations of upward flame propagation experiment in representative hydrogen-air-steam mixtures of severe accidents containments atmosphere”, *Proceedings of 19th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics \(NURETH-19\)*, 2022.](#)
- [Trianti N., Motegi K., Sugiyama T., Maruyama Y. “Computational study on the spherical laminar flame speed of hydrogen-air mixtures”, *Proceedings of 2020 International Conference on Nuclear Engineering \(ICONE 2020\)*, 2020.](#)
- [Motegi K., Trianti N., Matsumoto T., Sugiyama T., Maruyama Y., “CFD analysis of hydrogen flame acceleration with burning velocity models”, *Proceedings of 18th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics \(NURETH-18\)*, 4324 – 4335, 2019.](#)