

# シビアアクシデント研究グループ

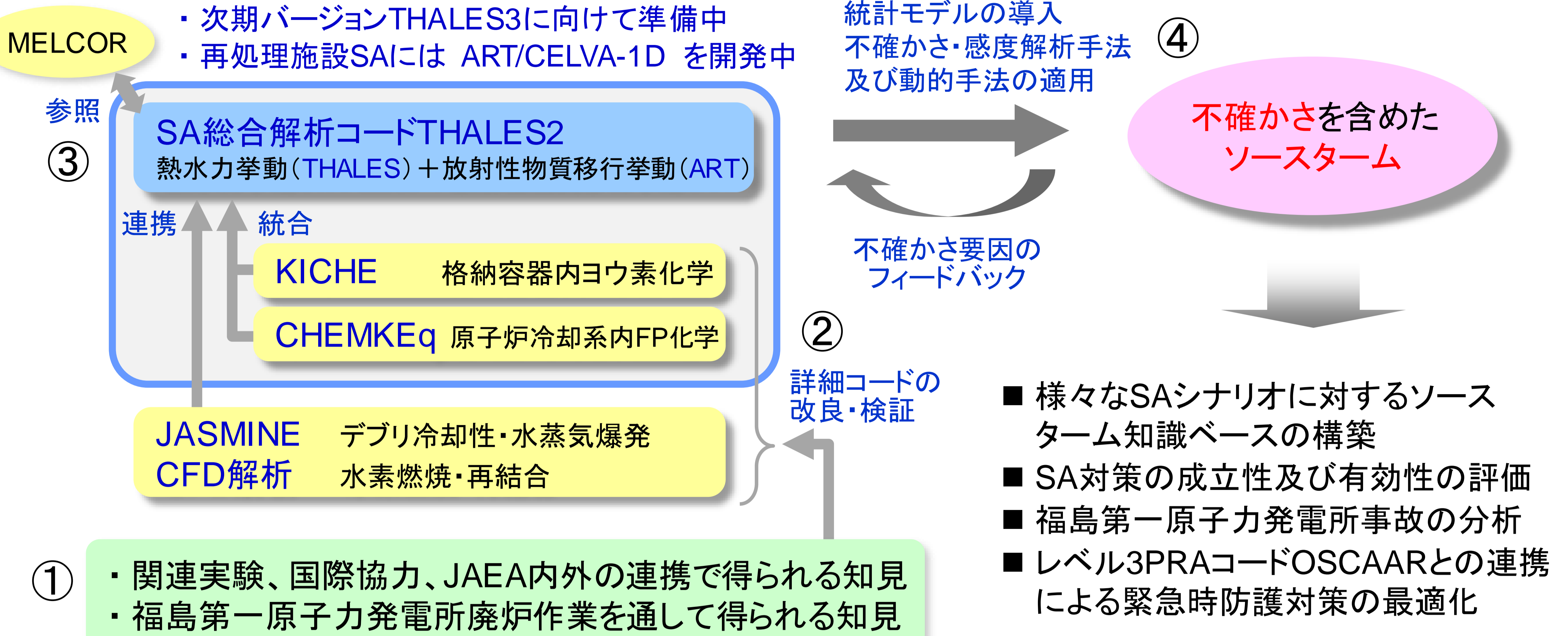
—リスク評価技術の高度化及びその不確かさの低減に向けて—

## シビアアクシデント評価に関する研究

【目的】 不確かさ及び感度解析を含めたソースターム評価手法の高度化

【進め方】

- ① 実験、国際協力、機構内外連携による技術的知見の取得
- ② 個別の重要現象を評価するための解析コードの整備
- ③ 知見及び成果のシビアアクシデント(SA)総合解析コードへの集約
- ④ SA総合解析コードを活用したソースターム評価



## —最近の研究活動の紹介—

### シビアアクシデント総合解析コード THALES2 の改良

THALES2: SA時の複雑で多様な物理的・化学的現象や工学的安全設備の作動を模擬し、事故進展及びソースターム等の事故影響を評価

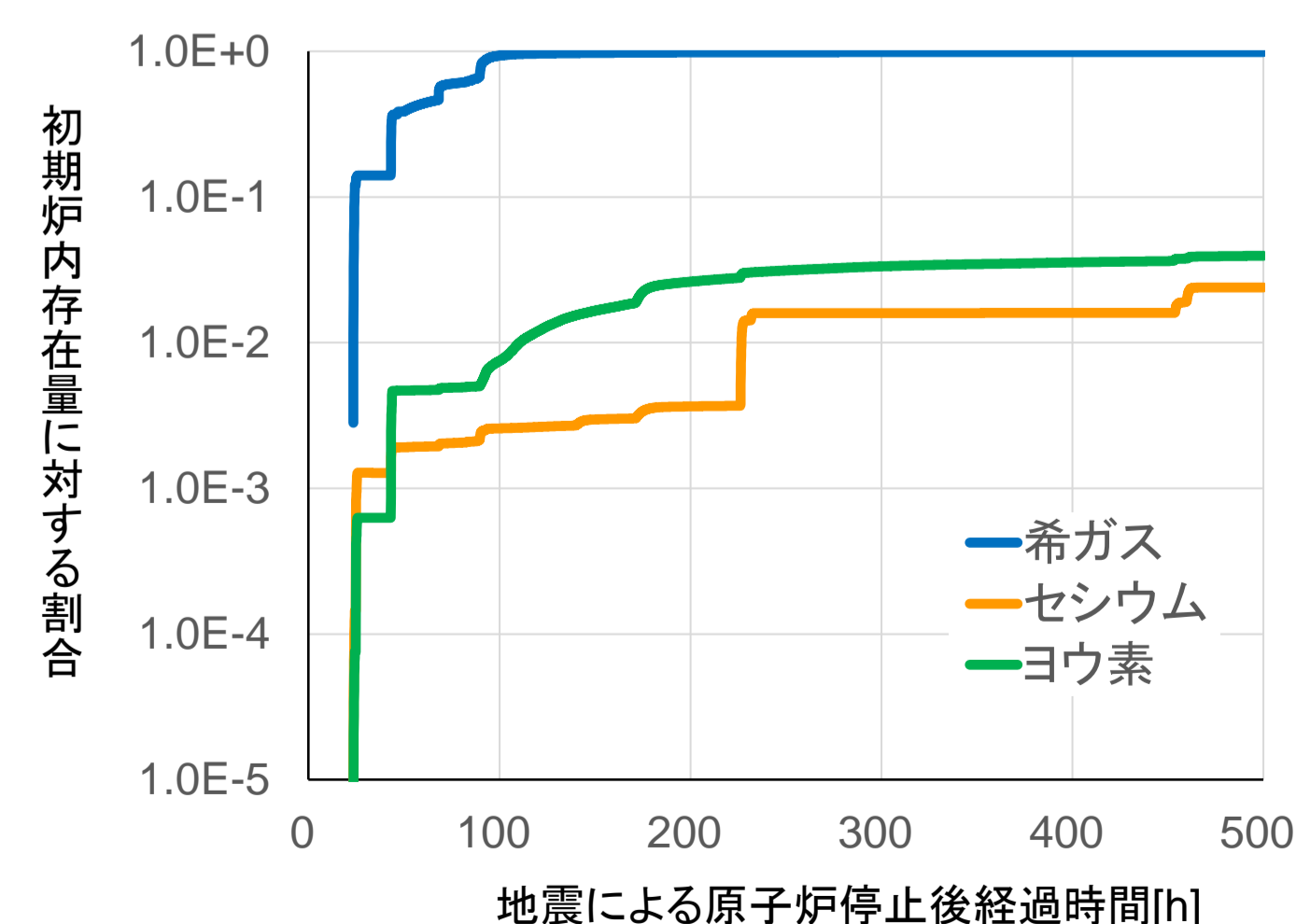
### 福島第一原子力発電所事故ベンチマーク解析への応用\*

\*本活動は日本原子力研究開発機構令和2年度理事長表彰 研究開発功績賞を受賞

気相中に移行しやすい分子状ヨウ素や有機ヨウ素の液相内における生成を考慮するTHALES2の特徴を生かし、1F事故の事故進展の探求及びSAコードの高度化を目指した国際研究プロジェクトOECD/NEA 1F事故ベンチマーク解析(BSAF)プロジェクトに参加(本プロジェクトには11か国18機関が参加)

- 共通の境界条件に基づく解析の実施
- 1F事故進展を再現できる境界条件の探求

事故進展に関する様々な合意及び不確かな点の指摘

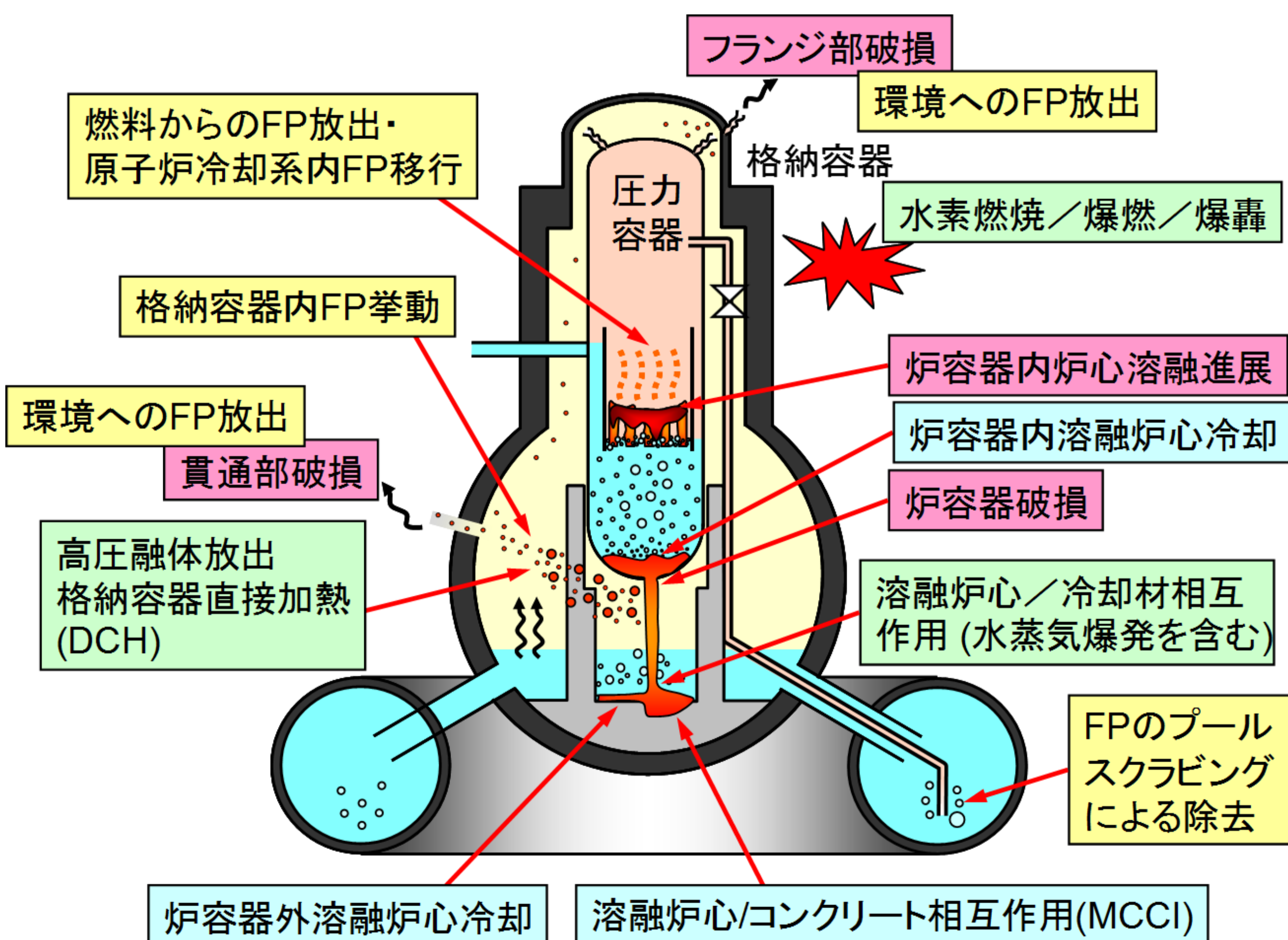


THALES2によるヨウ素の放出量は約250PBqであった。一方、多くの機関による大気拡散・移行解析コードに基づいた逆解析から得られたヨウ素の放出量(100~500PBq)であり、妥当な結果を得たといえる。

図 1~3号機から環境中に放出された主要FPの総量 (事故後3週間の解析結果)

事故進展の理解の深化のため、1Fの原子炉建屋および格納容器内情報の分析(ARC-F)プロジェクトを提案し、2019年より開始

### シビアアクシデント時の諸現象





# 格納容器内デブリ冷却性評価手法の開発\*

## シビアアクシデント時のMCCI

圧力容器破損時に格納容器内へ放出される炉心溶融物はコンクリート床面と接触し、溶融炉心コンクリート反応(MCCI)が発生  
MCCIは格納容器への脅威となるため規制基準で対策が求められる

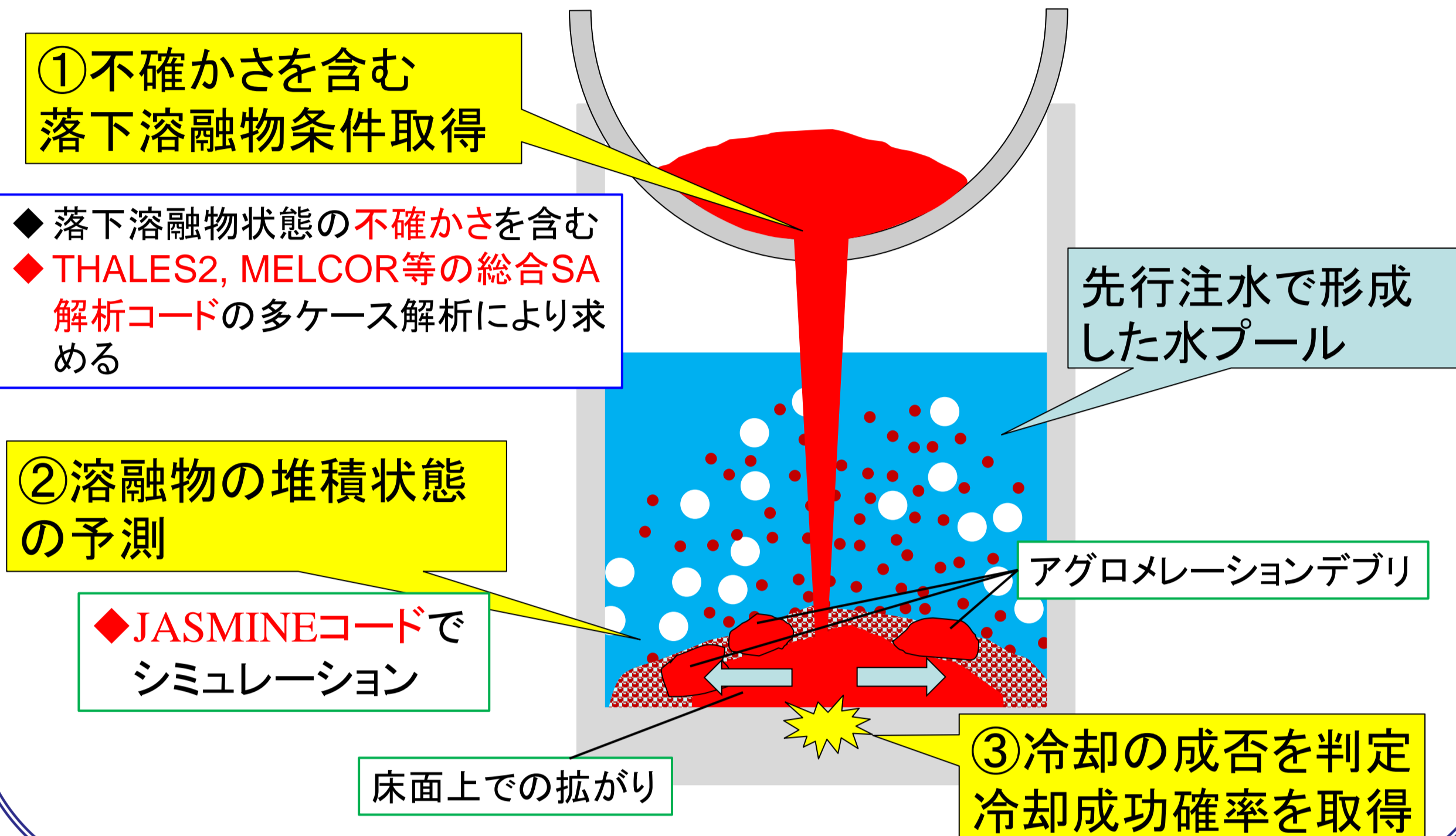
## 先行注水方策

MCCIを防止・緩和する目的で、格納容器内に予め注水し、水プールを形成する方策

床面に落下し、広がる溶融物と床面の接触面の温度がコンクリート溶融温度以下が維持できれば冷却成功(MCCI防止)

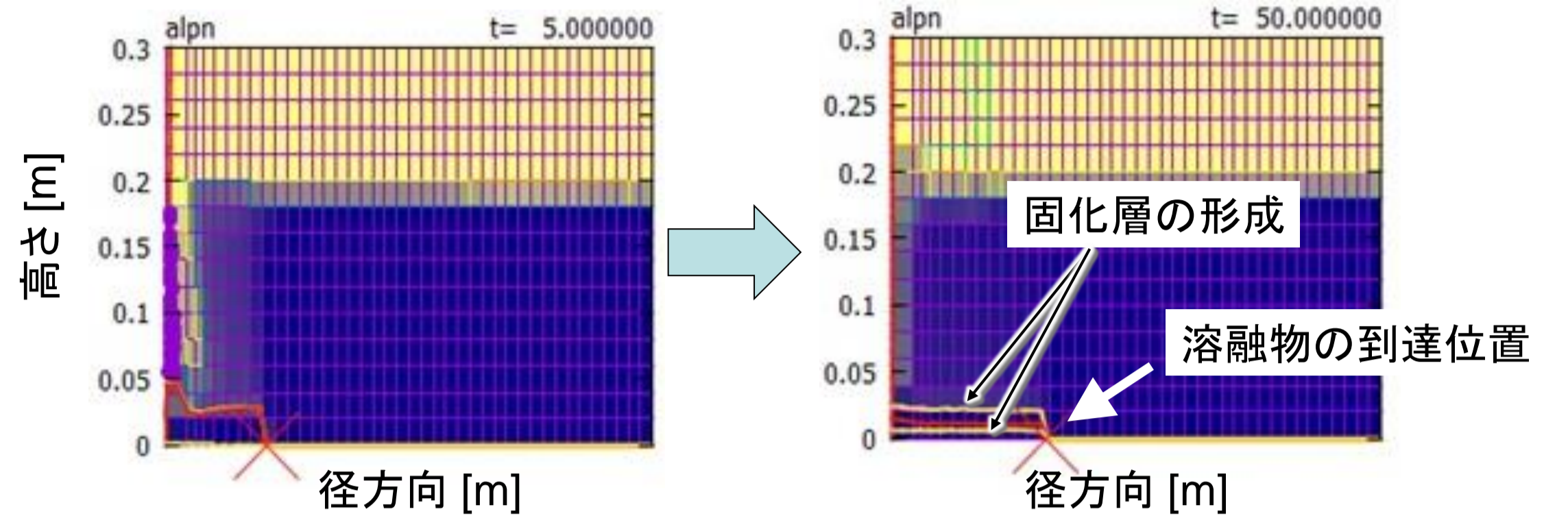
## 開発手法の概要\*\*

### ◆ 先行注水方策の有効性を確率論的に評価



## JASMINEコードの改良

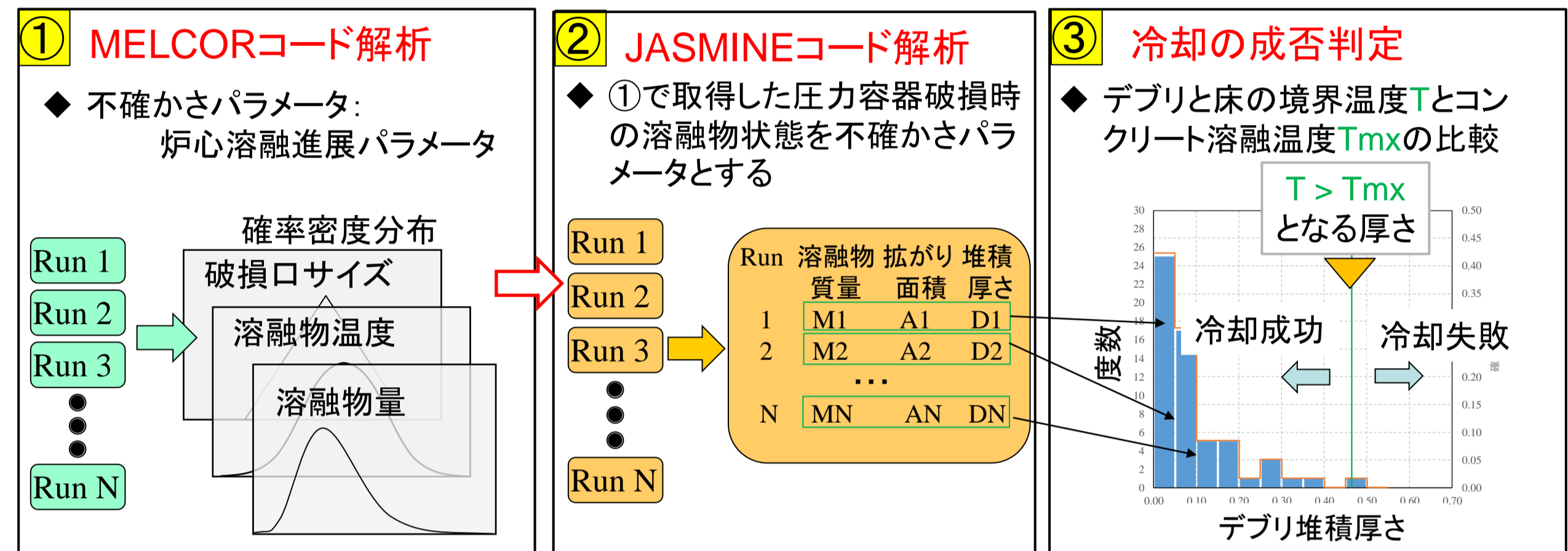
- 溶融炉心/冷却材相互作用解析コードJASMINEに以下の現象に係る評価モデルを追加
  - ・ 粒子化した溶融炉心の床面での結合(アグロメレーション)
  - ・ 格納容器床面における溶融炉心の拡がり挙動
- スウェーデン王立工科大学(KTH)で実施されたDEFOR-A実験及びPULiMS実験等の結果を用いてモデルの検証及び改良を実施



PULiMS実験E-1解析例

## デブリ冷却性評価

### 冷却の成否判定手順の具体例



■ デブリ冷却性判定を実施し、構築した評価手法の成立可能性を示した

\* 原子力規制庁からの受託事業(シビアアクシデント時格納容器内溶融炉心冷却性評価技術高度化)で得られた成果の一部である。

\*\* T. Matsumoto, et. al., IMPROVEMENT OF EX-VESSEL MOLTEN CORE BEHAVIOR MODELS FOR THE JASMINE CODE, NTHAS10, Kyoto, Japan, (Nov. 2016), N10P1143

# 再処理施設における蒸発乾固事故解析手法の整備

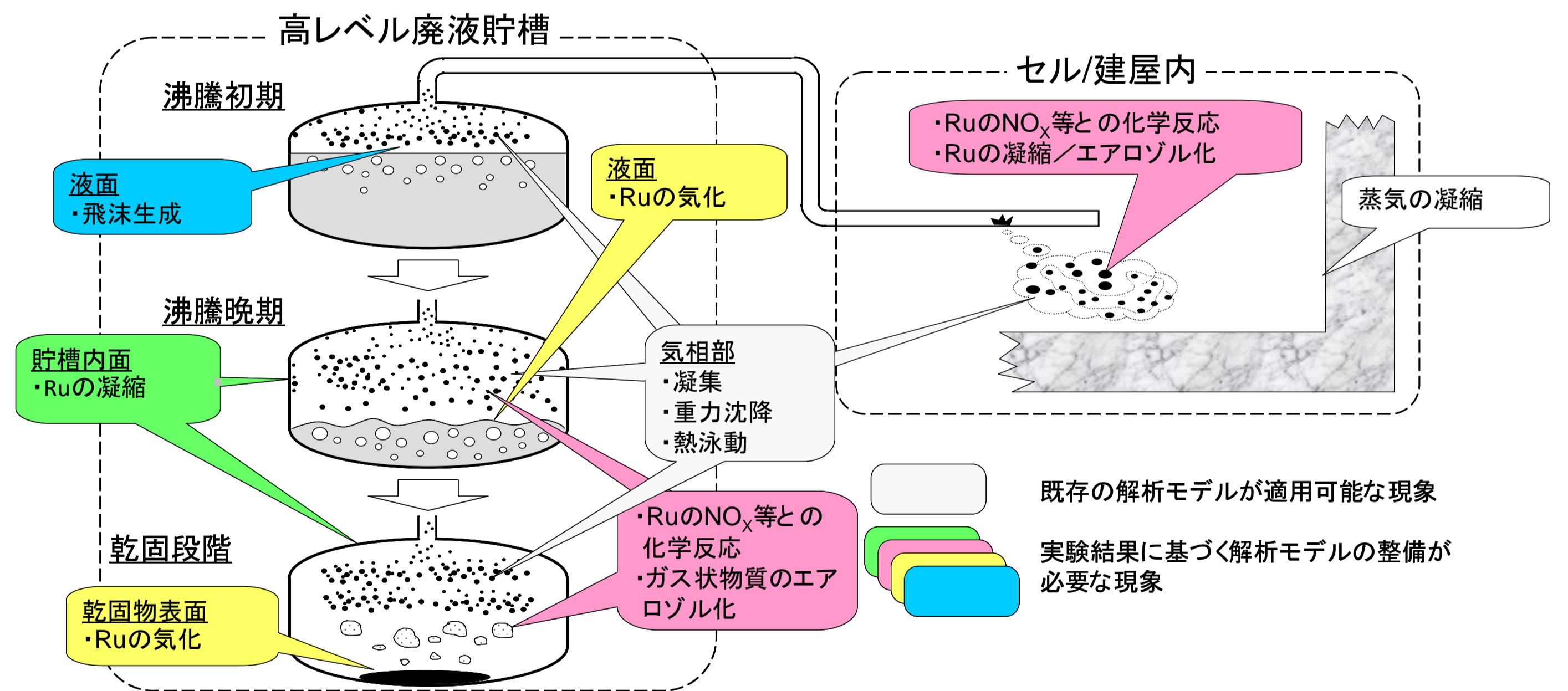
## 蒸発乾固事故(リスク上、最も重要)の特徴

- 沸騰により多量の水蒸気および硝酸蒸気の発生
- 放射性物質の硝酸塩の脱硝反応による $NO_x$ ガスの発生
- 沸騰による廃液の飛沫生成、ガス状Ruの発生

⇒ 貯槽を含めた施設内での熱流動状態および凝集、沈着等のエアロゾルの移行挙動解析が必要

## 施設外への放射性物質の移行量評価に必要なデータ

- 貯槽を含めた施設内の熱流動条件
- 飛沫同伴による不揮発性物質の移行
- ガス状Ruの発生量
- 気相中のガス状Ruの化学変化
- Ruの凝縮水への移行挙動



高レベル廃液貯槽の沸騰事故で想定されるエアロゾル等の生成、移行沈着現象

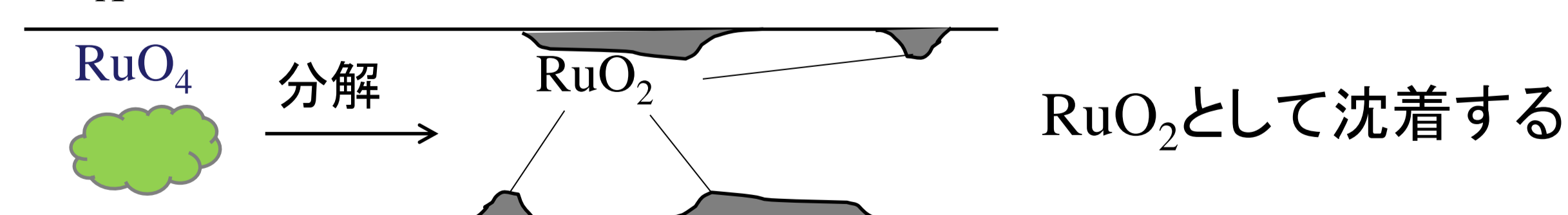
## 気相における $RuO_4$ の移行挙動の定量化に向けた量子化学計算

### ◆ $NO_x$ 存在下の長距離移行

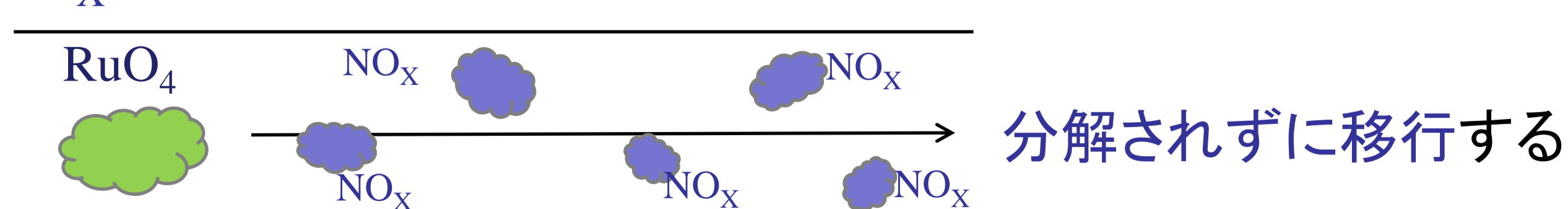
気体状Ru ( $RuO_4$ )は $NO_2$ ガス存在下で長距離に渡って移行する

(サイクル安全研究グループの最近の成果)

#### □ $NO_x$ なし

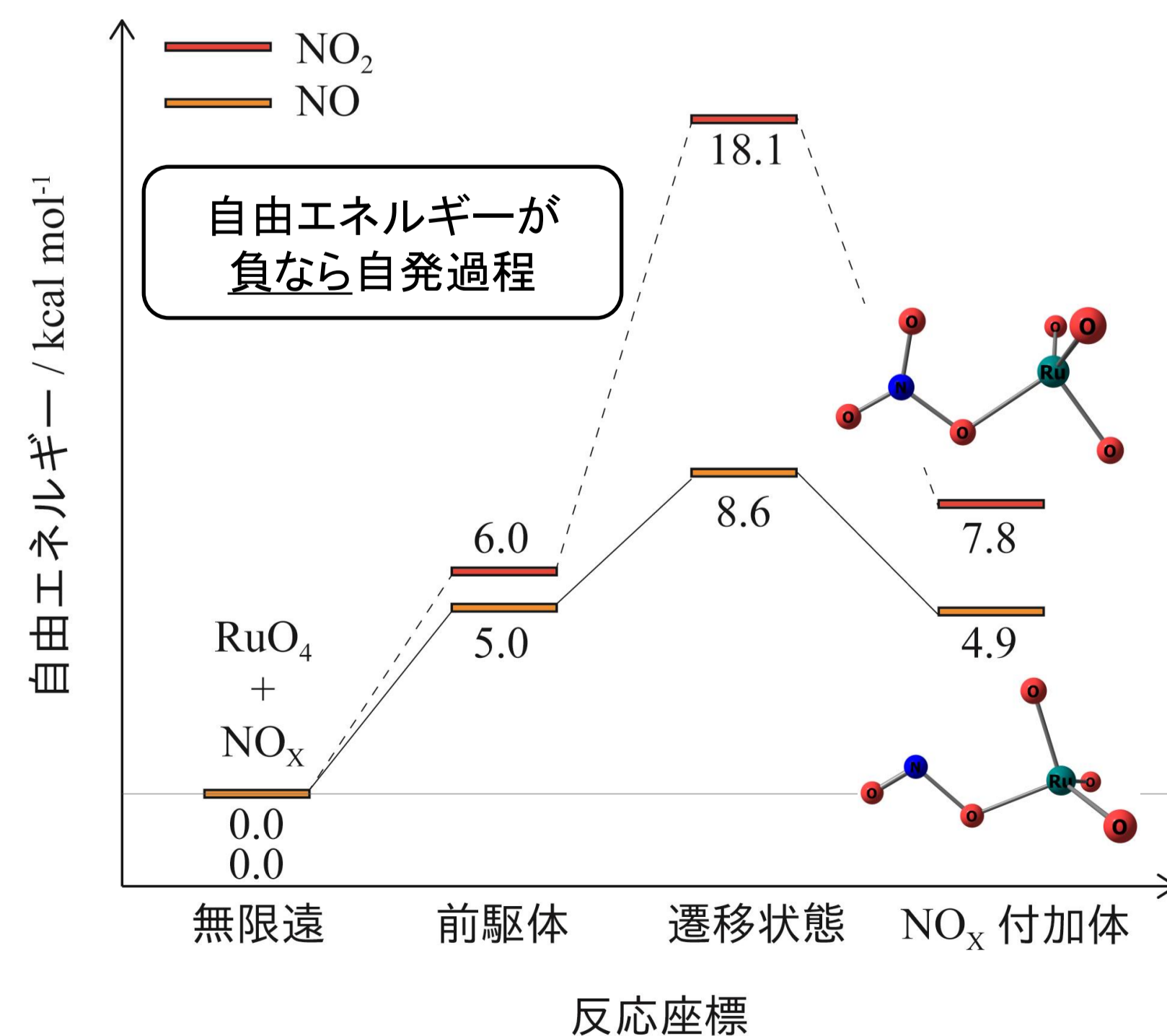


#### □ $NO_x$ あり



このメカニズムは解明されておらず、移行モデル構築の障害となっているが、実験的に分子レベルの情報を得るのは難しい

量子化学計算によって反応機構を検討する



構造最適化: DFT(UM06)  
Ru: LANL2TZ,  
O,N: aug-cc-pVTZ  
エネルギー評価: UM06  
Ru: cc-pVQZ-pp,  
O,N: cc-pVQZ

□  $NO_x$ の付加体は容易に形成されるが、安定化エネルギーは小さい

□ 自由エネルギーの観点では、これらの過程は自発的ではない

⇒  $NO_x$ は $RuO_4$ の分解を直接阻害しないことを明らかにした