

### 背景

- 事故時における福島第一原子力発電所1~3号機の炉内燃料のうち、全体の1/6~1/4にあたる1サイクル目(1年目)燃料の中には、新燃料に含まれる可燃性毒物ガドリニウム(Gd)が燃焼しきらずに残留している
- Gdを含む燃料が溶融・分散・混合して燃料デブリ内に分散することによって、燃料デブリの臨界リスクが潜在的に低減されている可能性がある

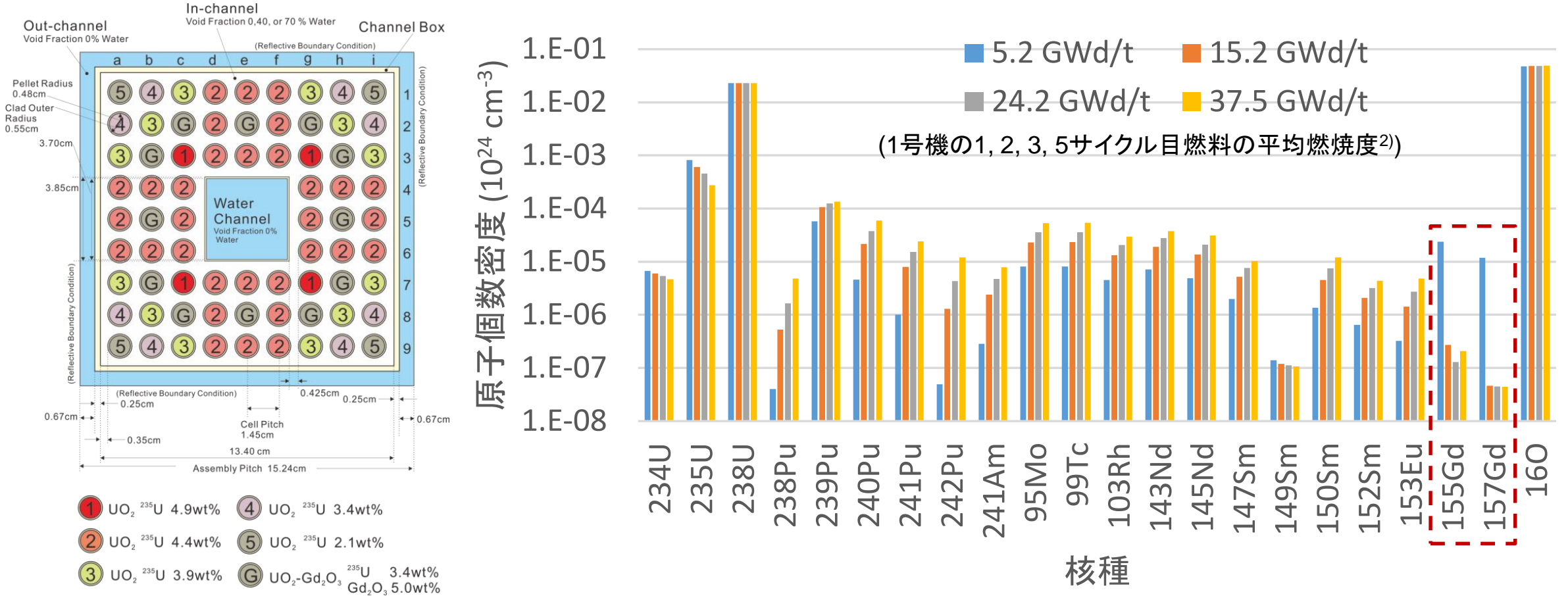
### 目的

- 燃焼度の異なる複数の燃料集合体が混合した場合の燃料デブリの臨界特性を解析することにより、燃料デブリの臨界性に対する1サイクル目燃料に含まれるGdの影響を確認する

### 燃料デブリのモデル化

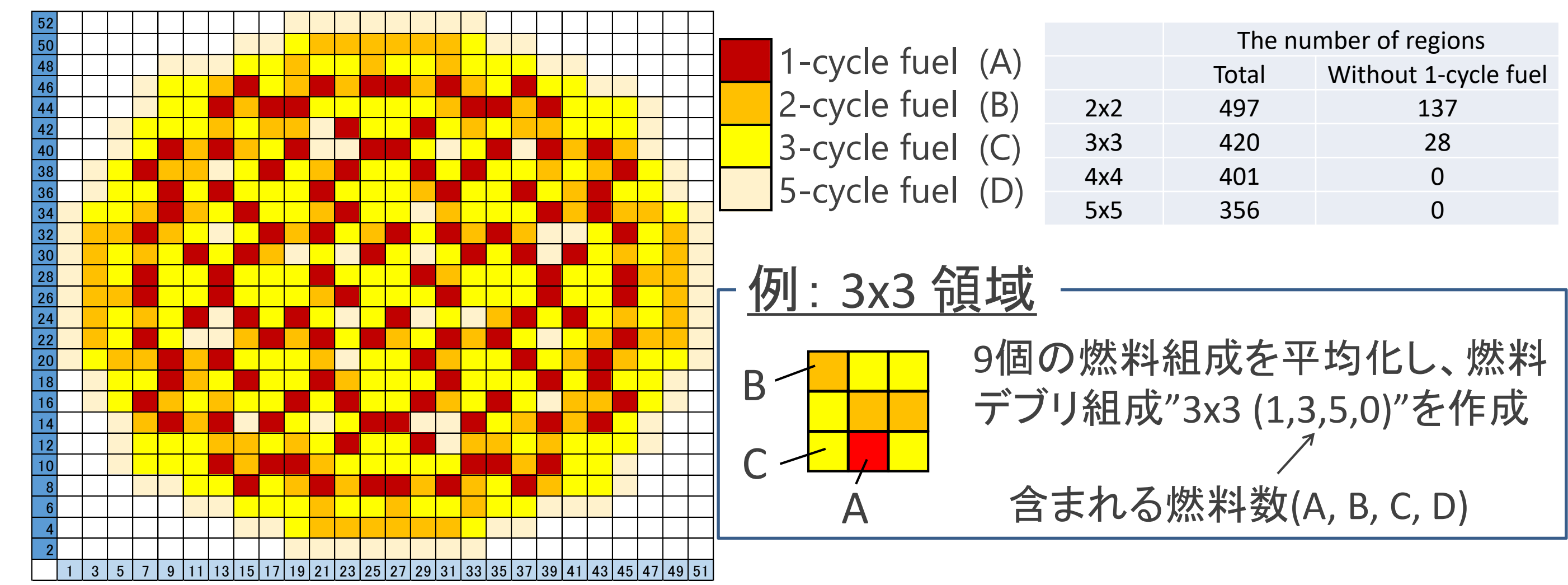
#### ● 燃焼計算コードによる核種組成解析

- SWAT4.0を用いてSTEP3燃焼燃料<sup>1)</sup>の核種組成を計算
- 燃料(構造材除く)の核種組成を集合体単位で平均化



#### ● 燃料装荷パターンを用いた核種組成の混合

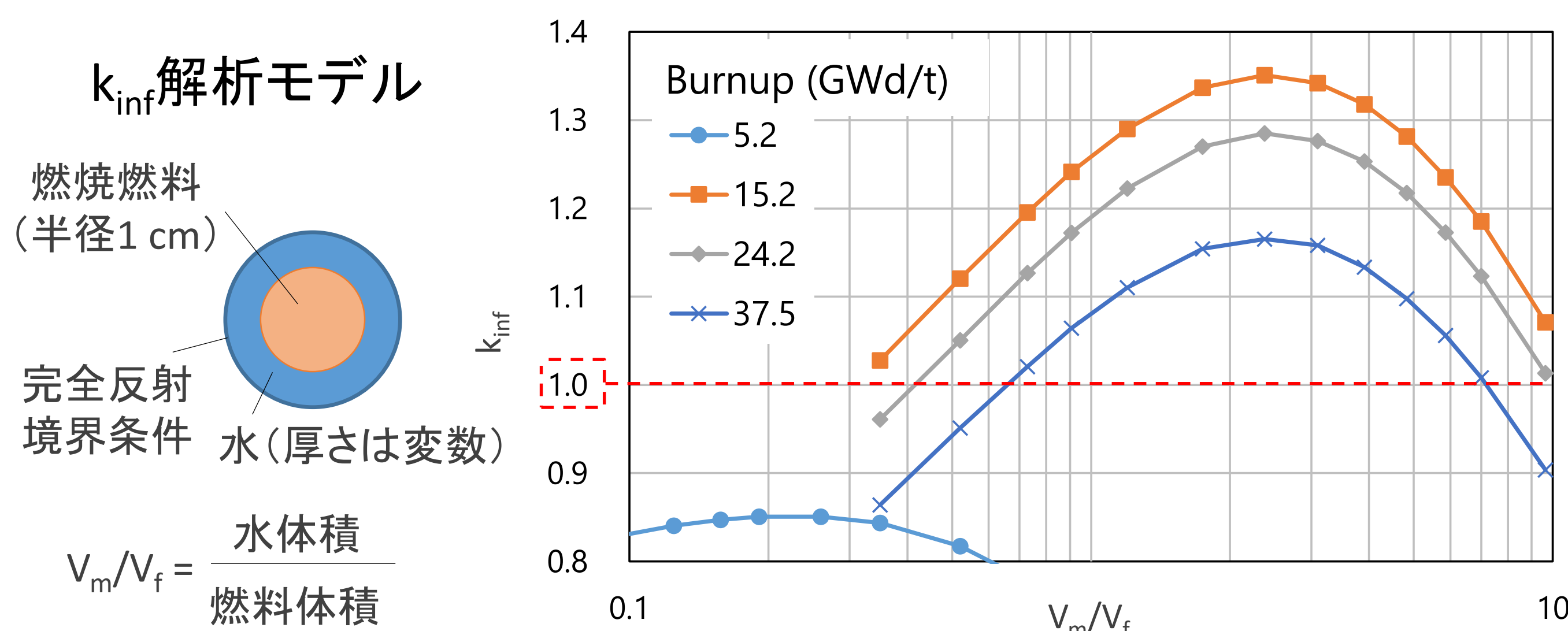
- 2号機の<sup>235</sup>U濃縮度分布に基づく仮想的な燃料装荷パターンを用いて、2x2~5x5領域の全パターンで混合組成を生成



### 臨界特性解析結果

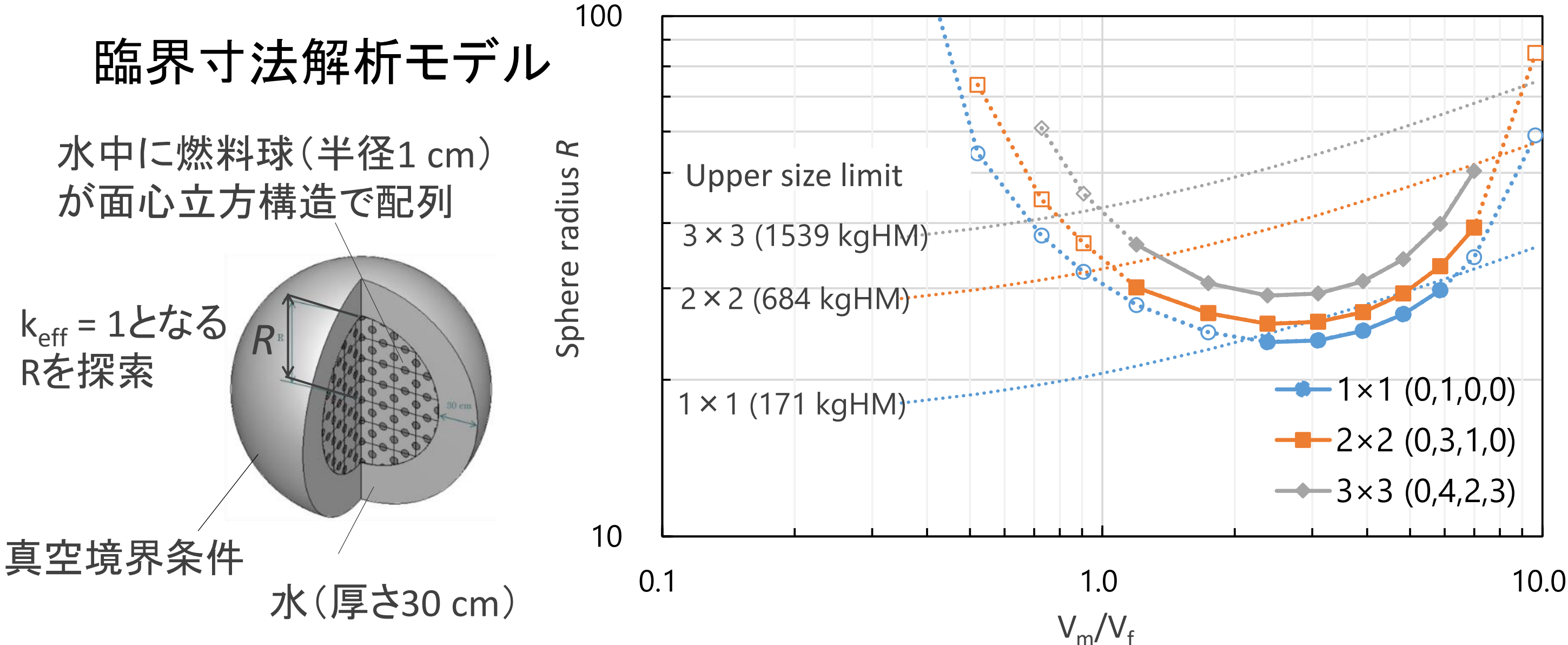
#### ● 1x1領域無限増倍率( $k_{inf}$ )

- 1年目燃料のみ $k_{inf} < 1$  → 燃料が均質に混合した場合Gdの自己遮蔽効果が減少し中性子吸収が増大



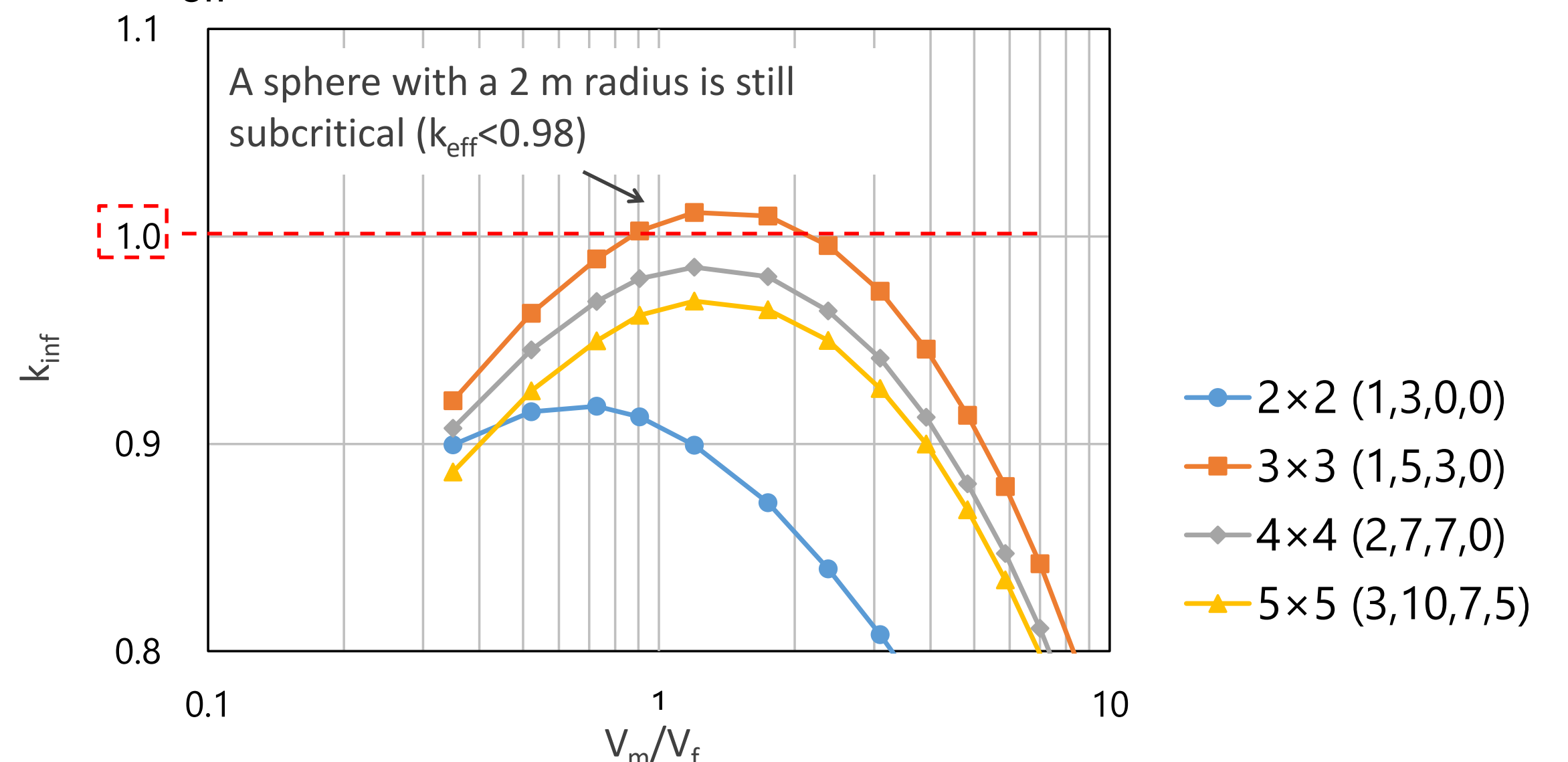
#### ● 1x1~3x3領域臨界寸法 - $k_{inf}$ 最大となるケース

- 1サイクル目燃料を含まない場合、最小臨界半径は20~30 cm
- 混合範囲によって燃料量の上限が存在  
→  $V_m/V_f < \sim 1$ では臨界量に達し得ないことが期待できる



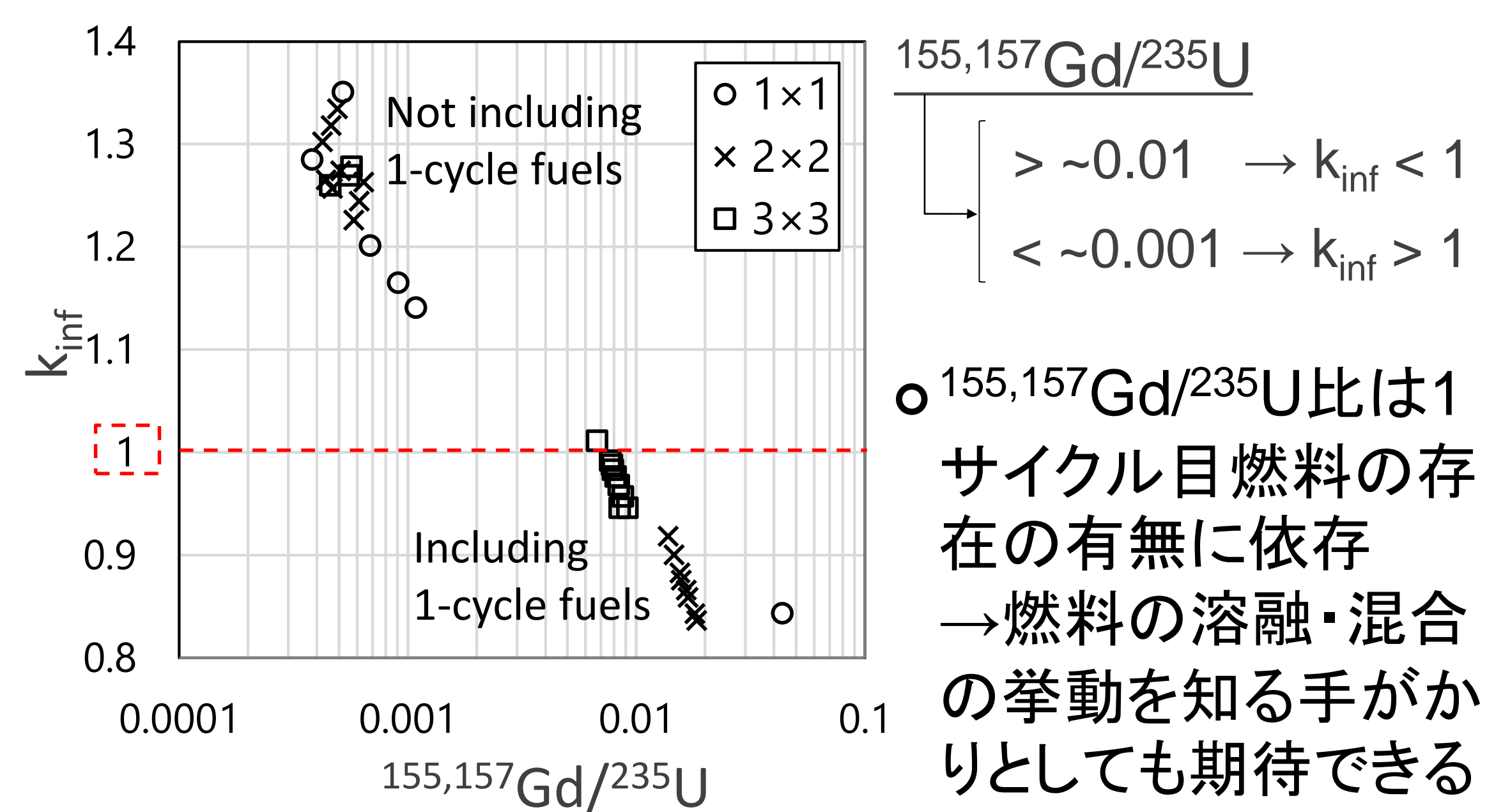
#### ● 2x2~5x5領域無限増倍率( $k_{inf}$ )

- 1サイクル目燃料を含むもので $k_{inf}$ 最大となるケース
- 3x3のみ $k_{inf} > 1$ となったが、有限体系(臨界寸法解析モデル)での解析では燃料領域半径 $R = 2$  mで $k_{eff} < 0.98$ であることから、現実的に未臨界となる



#### ● <sup>155,157</sup>Gd/<sup>235</sup>U比と $k_{inf}$ の関係

- $k_{inf}$ は燃料内の<sup>155,157</sup>Gdと<sup>235</sup>Uの原子個数比に依存
- 実測により燃料デブリ臨界特性を推定できる可能性



### 結論

- 溶融した燃料集合体同士が混合することを想定した場合、 $k_{inf}$ は<sup>155,157</sup>Gd/<sup>235</sup>U比に強く依存することが分かった
- 1サイクル目燃料を含む(自己遮蔽効果を有しない<sup>155,157</sup>Gdを含む)燃料デブリは未臨界となることが強く示唆される
- 燃料デブリ試料の<sup>155,157</sup>Gd/<sup>235</sup>U比測定が有益と考えられる
- 今後、溶融せずにペレットが散乱した(<sup>155,157</sup>Gdが自己遮蔽効果を有する)場合について検討する

### 参考:

- 1) K. Suyama, "OECD/NEA Burnup Credit Criticality Benchmark Phase IIIC, Nuclide Composition and Neutron Multiplication Factor of BWR Spent fuel Assembly for Burnup Credit and Criticality Control of Damaged Nuclear Fuel," OECD/NEA/WPNCs/EGBUC (2012).
- 2) 西原健司、他、"福島第一原子力発電所の燃料組成評価"、JAEA-Data/Code 2012-018、日本原子力研究開発機構 (2012).