

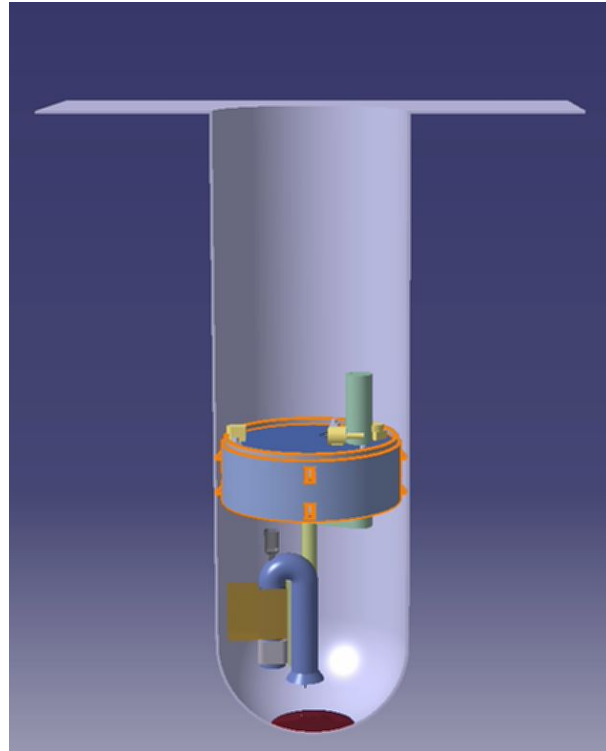
研究活動

⑦デブリ取出時の未臨界確保方策

東京都市大学 大学院 共同原子力専攻
工学部 原子力安全工学科
高木 直行



POST-ACCIDENT DEFUELING PROCEDURE AND ITS CRITICALITY SAFETY EVALUATION OF THE FUKUSHIMA-DAIICHI NUCLEAR POWER PLANTS



Designed by SOLcreati

PHYSOR 2014 International Conference

"The Role of Reactor Physics toward a Sustainable Future"

Call for Papers

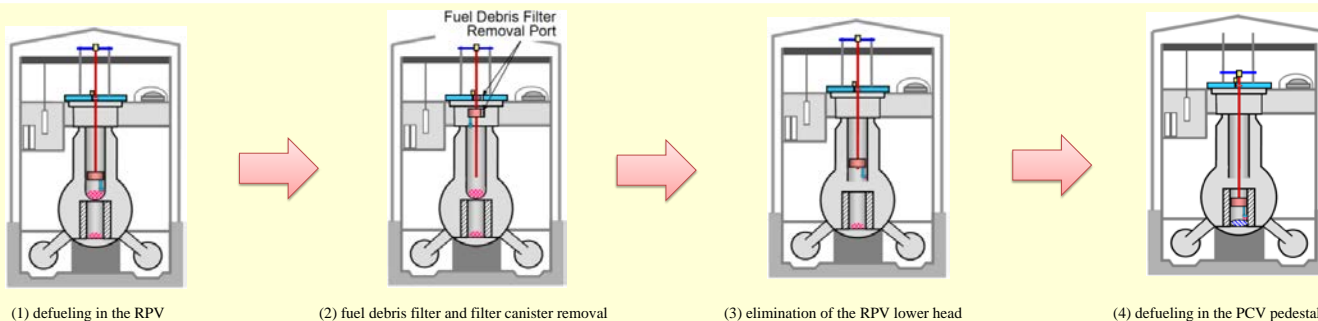
The ANS Reactor Physics Topical Meeting is returning to Japan after 18 years. It will be held in Kyoto, which is one of the most historical and beautiful cities in Japan. The technical program will meet the high standards of recent PHYSOR meetings (Interlaken 2008, Pittsburgh 2010 and Knoxville 2012), including timely and relevant special topics. Students will be actively involved in all technical events and activities. Exciting workshops and technical tours will be also offered.

Important Dates

December 20, 2013	Submission of Full Papers
April 26, 2014	Notification of Acceptance
June 28, 2014	Final Paper Submission

<http://physor2014.org>
28th Sep. - 3rd Oct. 2014
The Westin Miyako, Kyoto, Japan

Defueling procedures



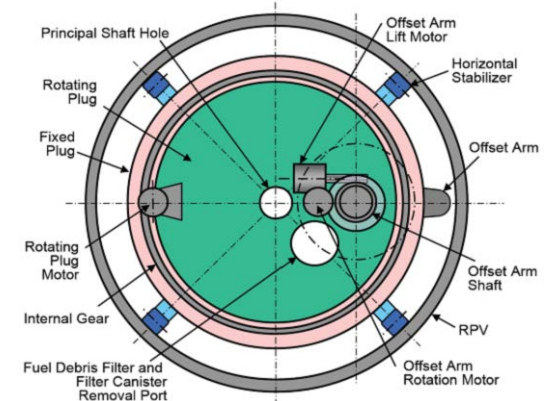
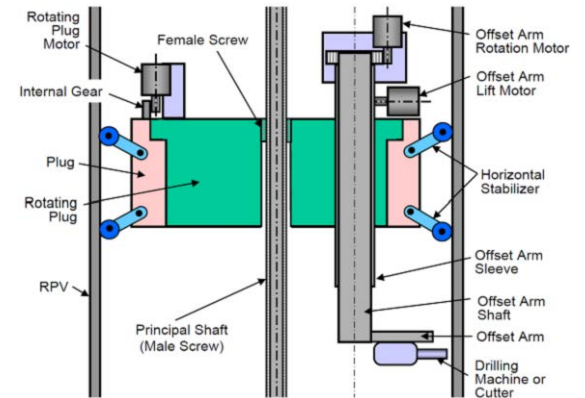
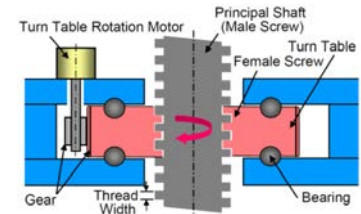
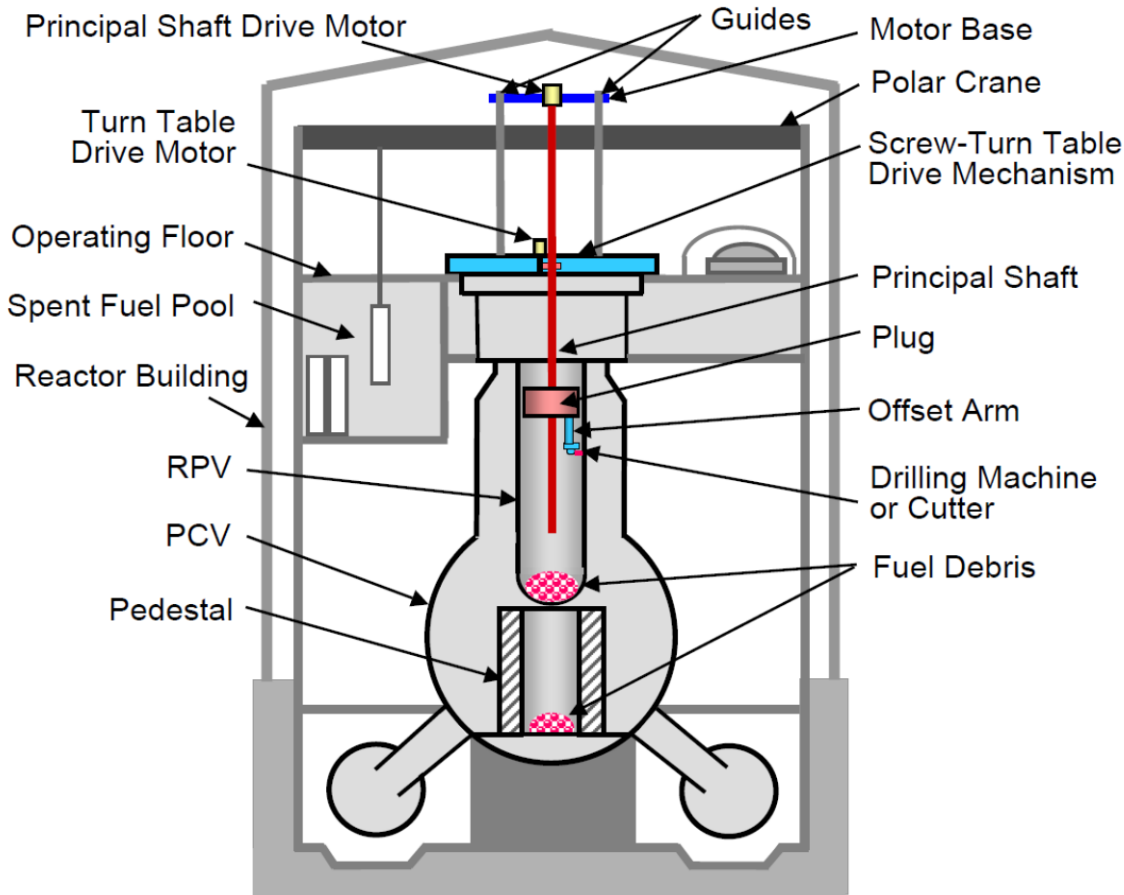


Figure Rotating Plug Defueling System (RPDS) featuring easy access to a deep vessel bottom, to remove fuel debris accumulated at the bottom of RPV and PCV pedestal.

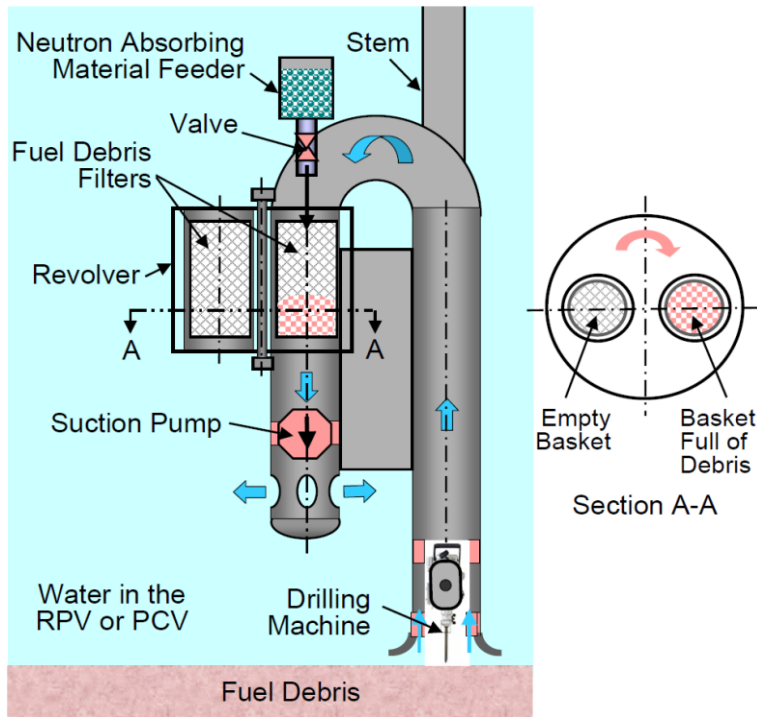


Figure. Vacuum-cleaner-type debris suction device.

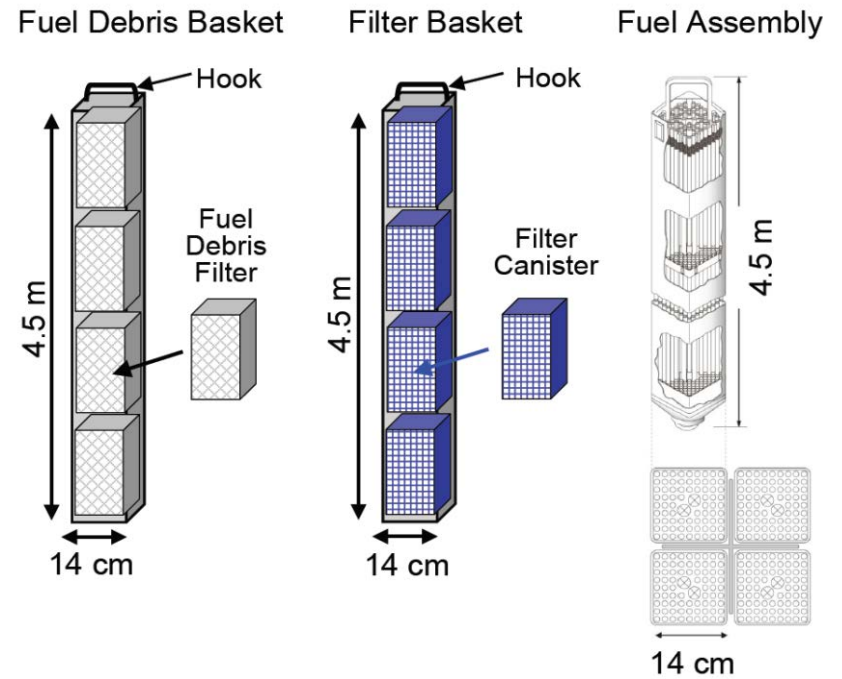


Figure. Fuel debris basket and filter basket

⑦デブリ取出時の未臨界確保方策

- 平成26年度 燃料デブリの臨界性評価に必要な条件の検討と予備解析
- 平成27年度 燃料デブリの臨界性評価に特有な解析手法とその予測精度検討
- 平成28年度 デブリ取出時に想定される種々状況下での臨界性評価
- 平成29年度 デブリ形態に応じた適切な臨界防止方策の検討
- 平成30年度 デブリ取出時の臨界防止方策の有効性評価

平成27年度 燃料デブリの臨界性評価に特有な解析手法とその予測精度検討

燃料溶融プロセスの違いにより燃料デブリの均質性、サイズ、形状にはばらつきがあることが予想される。また多数の粒子状デブリの空間位置を確率的に定めた場合と、任意に配置した場合には、臨界解析の結果に違いが生じることが分かっている。燃料デブリ特有の問題を踏まえ、臨界解析の妥当性や予測精度を調べるとともに、より高い精度で臨界解析を行うための解析手法を検討する。

1. 燃料デブリ臨界性評価に特有な課題の抽出
2. 解析方法と臨界性評価結果の相関検討
3. 燃料デブリ臨界性予測精度評価と精度改善策の検討

デブリ臨界性評価に特有な課題

- 課題
 - 燃料デブリの均質性、サイズ、形状にばらつき
 - 燃料デブリの空間位置の定め方によって臨界解析結果に差異
- デブリ空間配置と臨界解析結果の相関について検討
 - 完全均質(溶液)
 - 球形固体デブリ
 - 正方格子状に配置
 - 面心立方格子状に配置
 - 確率論的に定められた空間に配置
 - ランダム配置(乱数により空間座標を決定)
 - モンテカルロ計算コードMVPの確率論的幾何形状モデル(Statistical Geometry Model: STGM)を用いた配置

解析解法と臨界性評価の結果の相関検討

- 計算モンテカルロコードMVPの確率論的幾何形状モデル(Statistical Geometry Model: STGM)を用いた燃料デブリの臨界性評価の妥当性について検討
 - 3種のモデルのk-inf.を評価
 - ① 水雰囲気中に粒子状デブリが存在する体系
 - ② 固体デブリの空孔に水領域が存在する体系
 - ③ STGMを二重に適用した体系

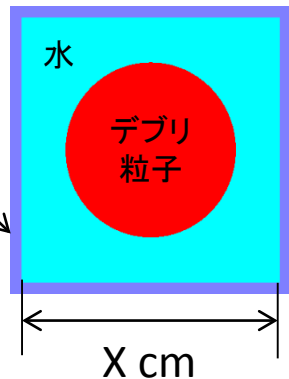
表 計算条件

デブリ組成	3.5%濃縮UO ₂
水およびデブリ温度	293K
計算コード	MVP
核データライブラリ	JENDL-4.0
ヒストリー数	5,000
バッチ数	130
捨てバッチ	30

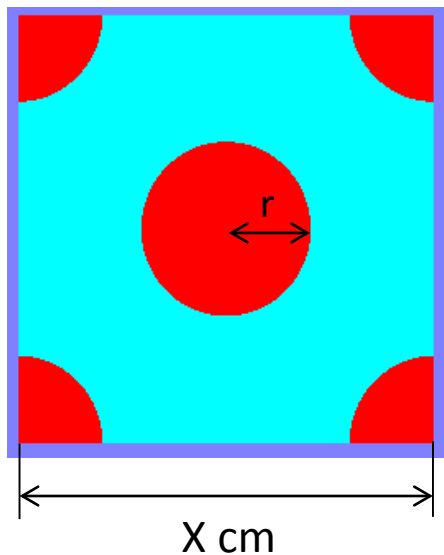
①水霧団気中に粒子状デブリが存在する体系

3モデルでは、水領域中のデブリ体積割合は等しい。

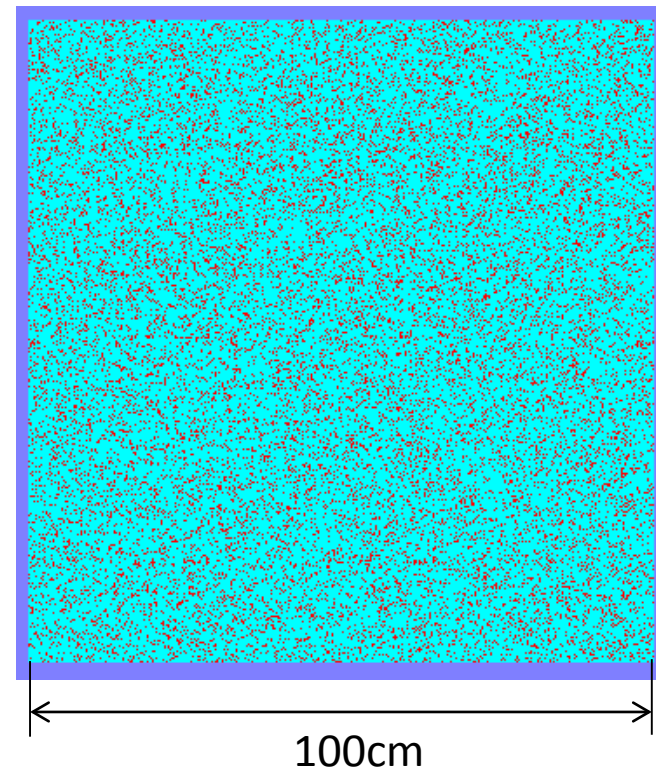
立方格子配置



面心立方格子配置




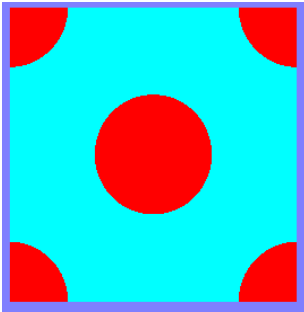
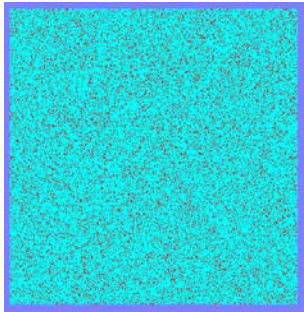
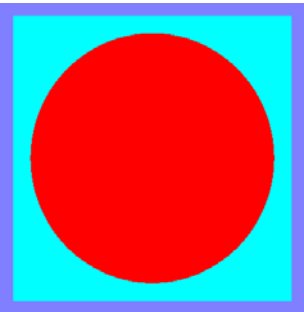
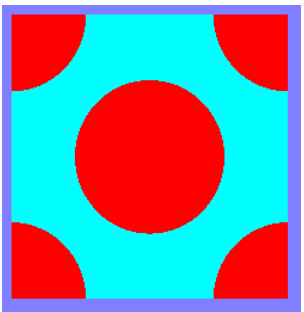
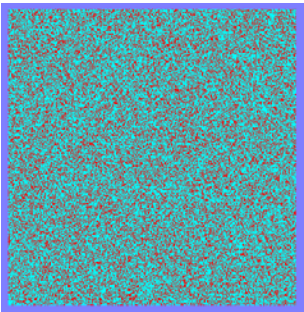
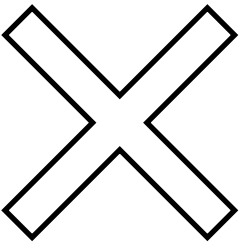
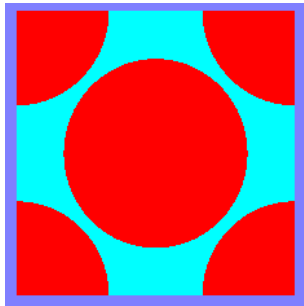
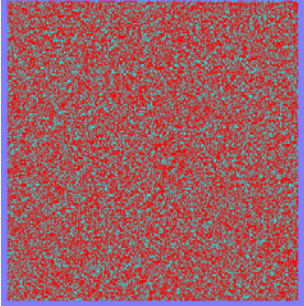
STGM



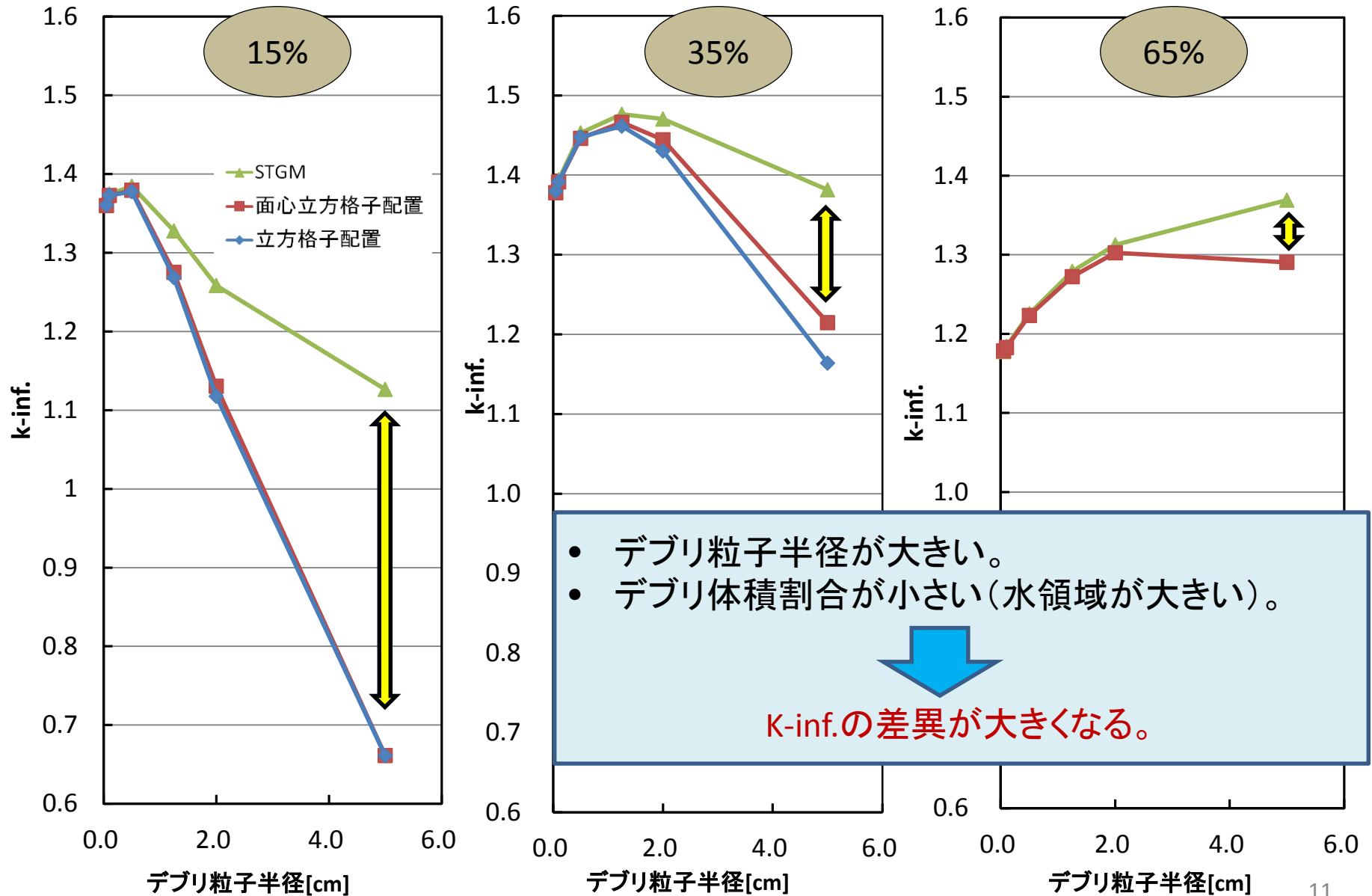
水領域(立方体)の一辺長さ x は、デブリ体積割合を維持するためデブリ粒子半径 r に応じて変更。

デブリ体積割合に応じて、一辺 100cm の水領域中に半径 r のデブリ粒子を分散。

①水霧団気中に粒子状デブリが存在する体系

	正方格子配置	面心立方格子配置	STGM
デブリ体積割合 15%			
デブリ体積割合 35%			
デブリ体積割合 65%			

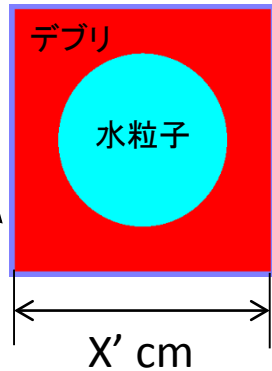
①水霧団気中に粒子状デブリが存在する体系



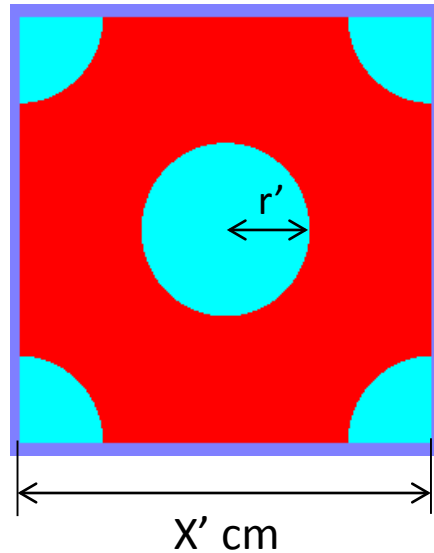
②固体デブリの空孔に水領域が存在する体系

3モデルでは、水領域中のデブリ体積割合は等しい。

立方格子配置

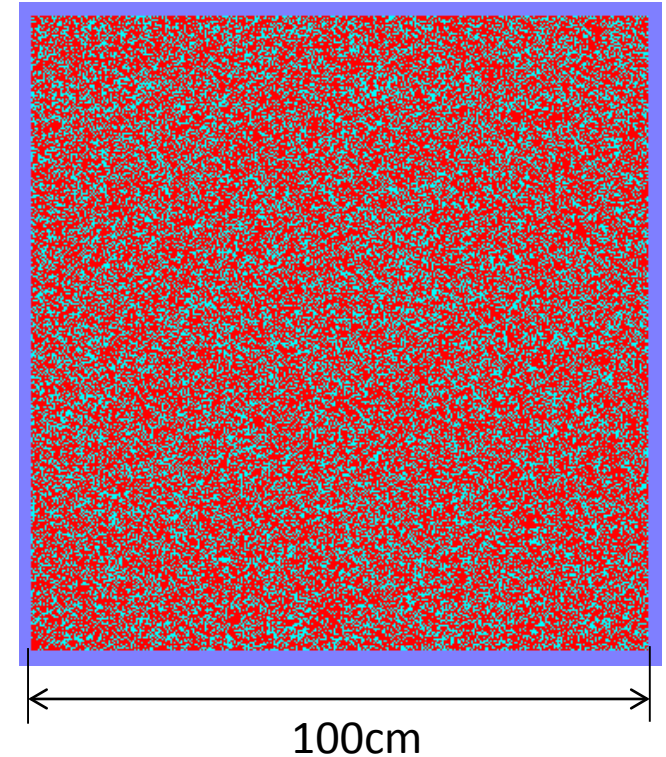


面心立方格子配置



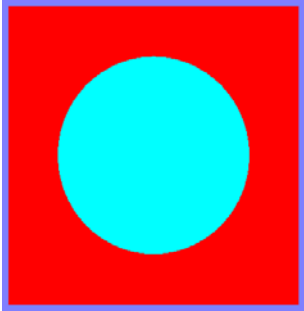
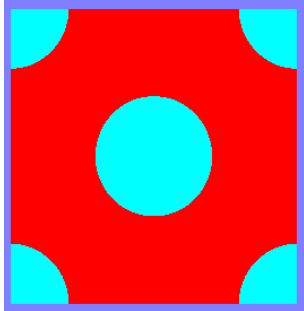
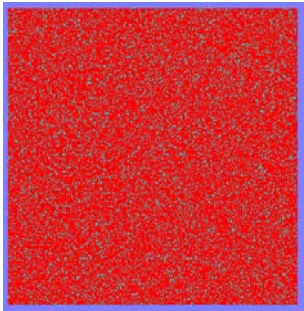
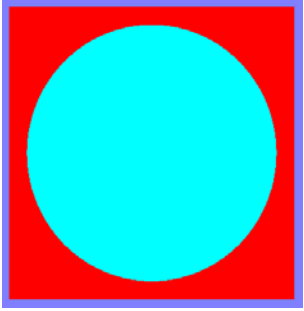
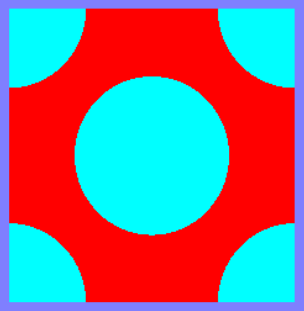
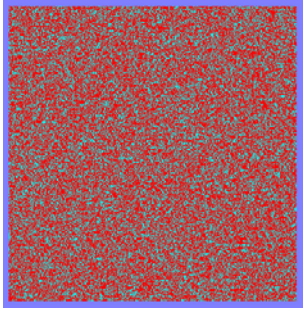
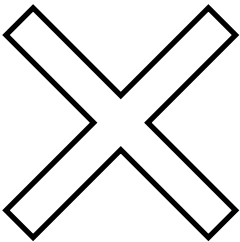
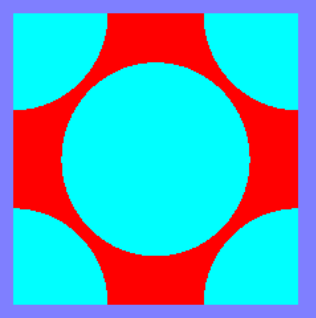
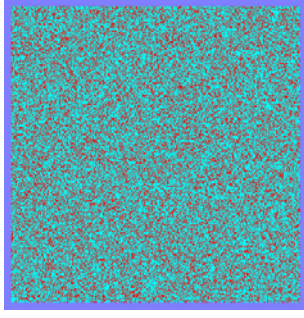
デブリ領域(立方体)の一辺長さ x' は、水体積割合を維持するためデブリ粒子半径 r' に応じて変更。

STGM

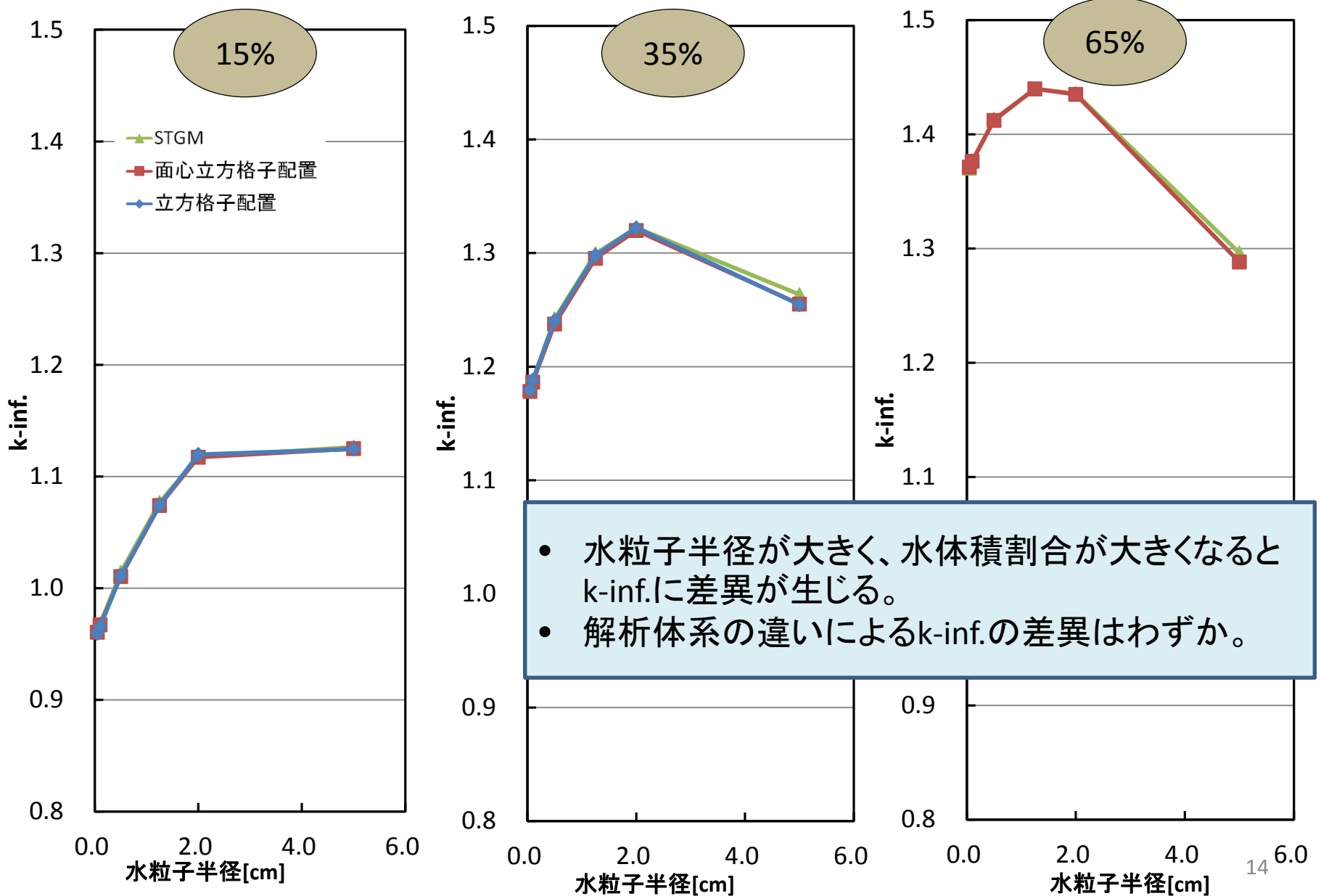


水体積割合に応じて、一辺100cmの水領域中に半径 r の水粒子を分散。

② 固体デブリの空孔に水領域が存在する体系

	正方格子配置	面心立方格子配置	STGM
水体積割合 15%			
水体積割合 35%			
水体積割合 65%			

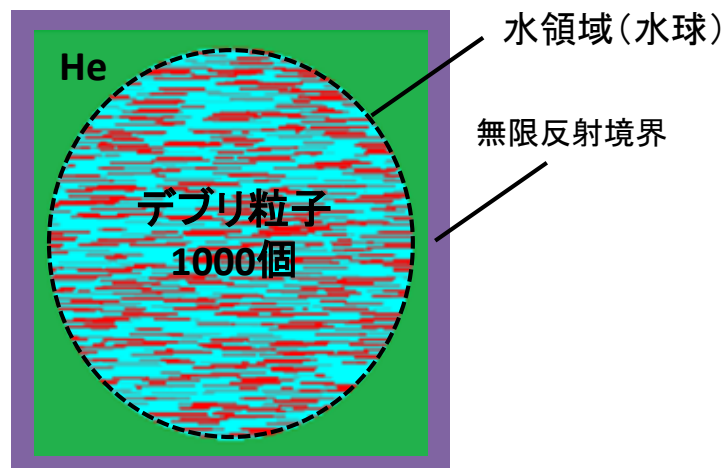
固体デブリ中の水粒子



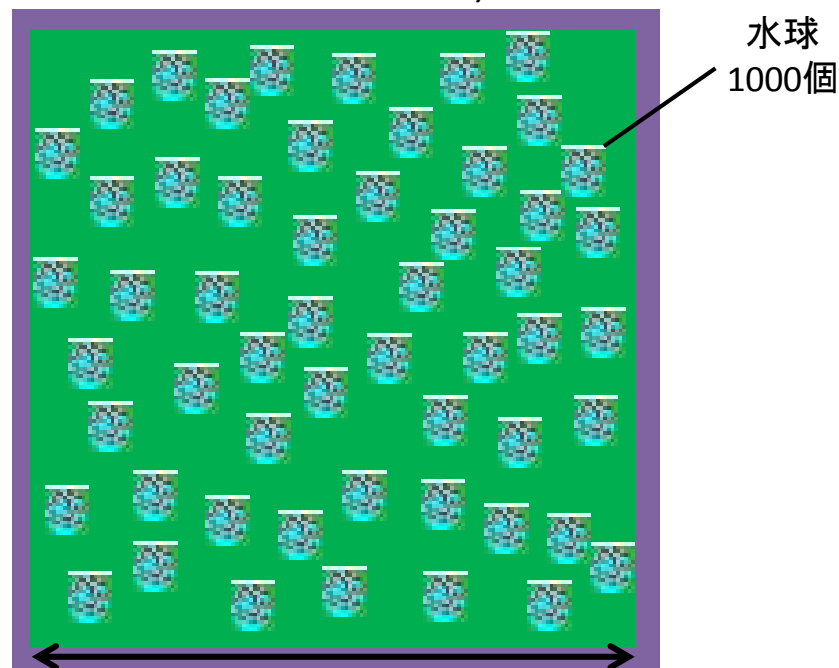
③STGMを二重に適用した体系

- He領域中の水領域(水球)の体積割合を15%と35%とし、それぞれ立方格子配置とSTGMにおいて臨界解析を行った。
- 水球中のデブリ体積割合は35%で固定した。
ただし、水球中に粒子が1,000個配置されるよう、デブリ粒子半径に応じて水球半径を調整した。

デブリ粒子がSTGMで配置された
水球の立方格子配置

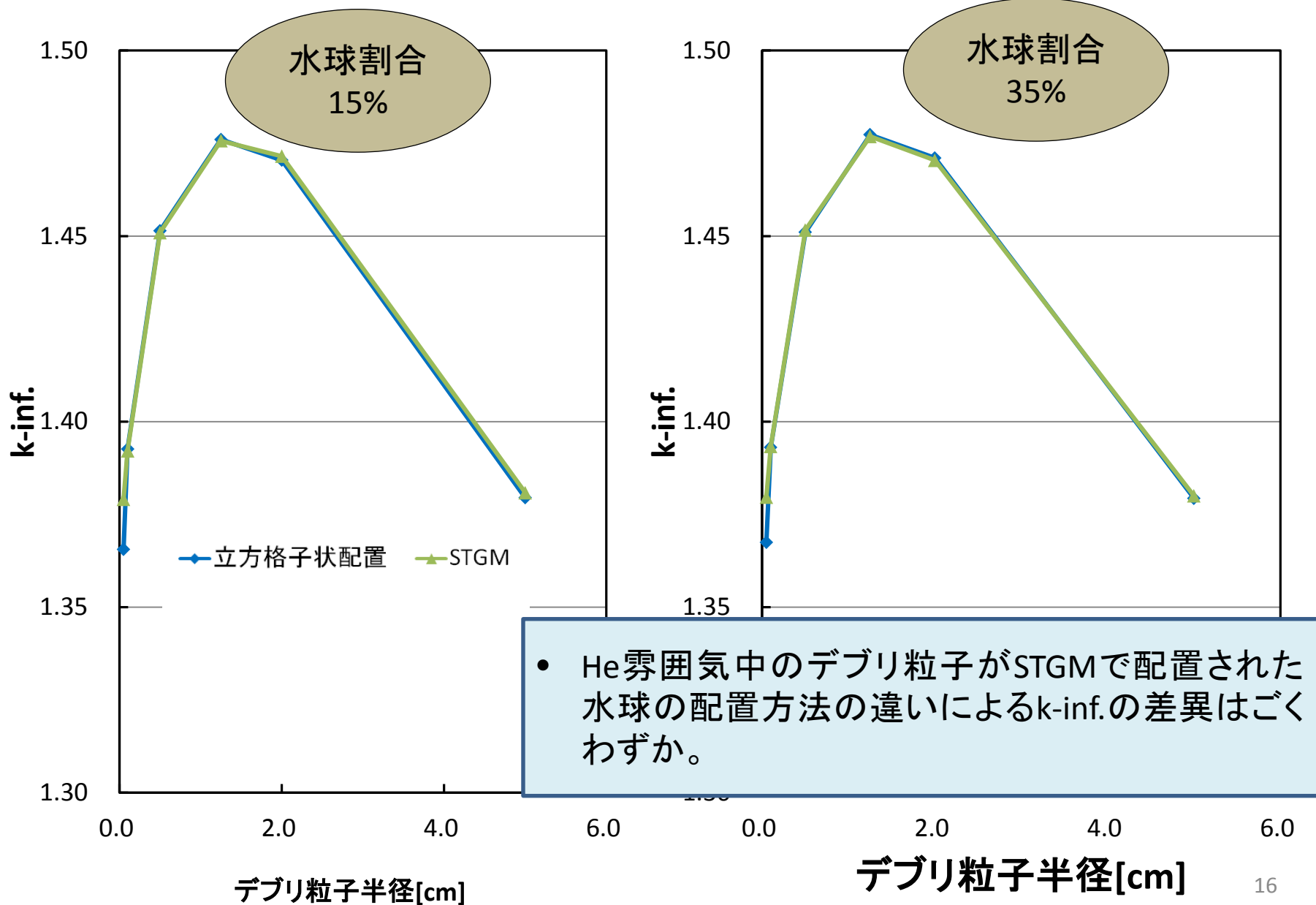


デブリ粒子がSTGMで配置された
水球のSTGM(二重STGM)

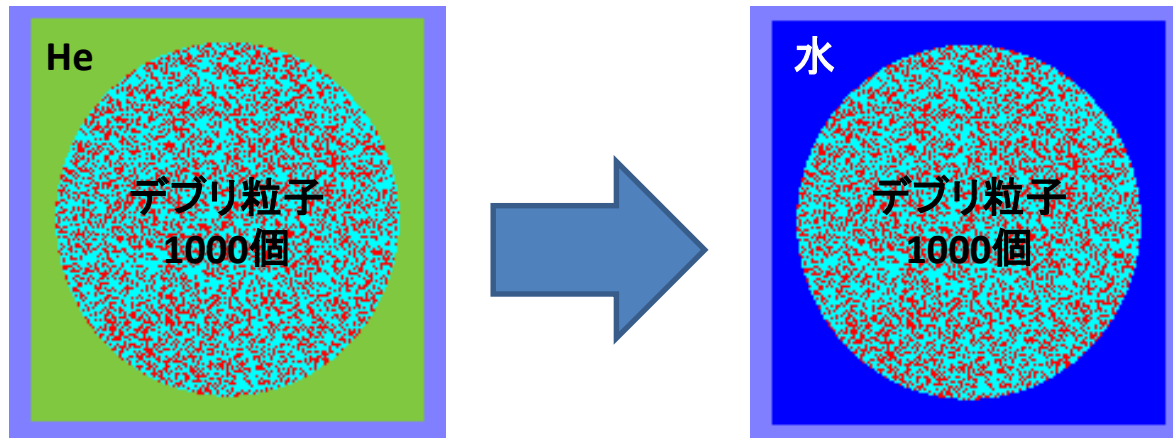


He領域直径は領域中の水球が1000個となるよう体積充填率に応じて変更

③STGMを二重に適用した体系

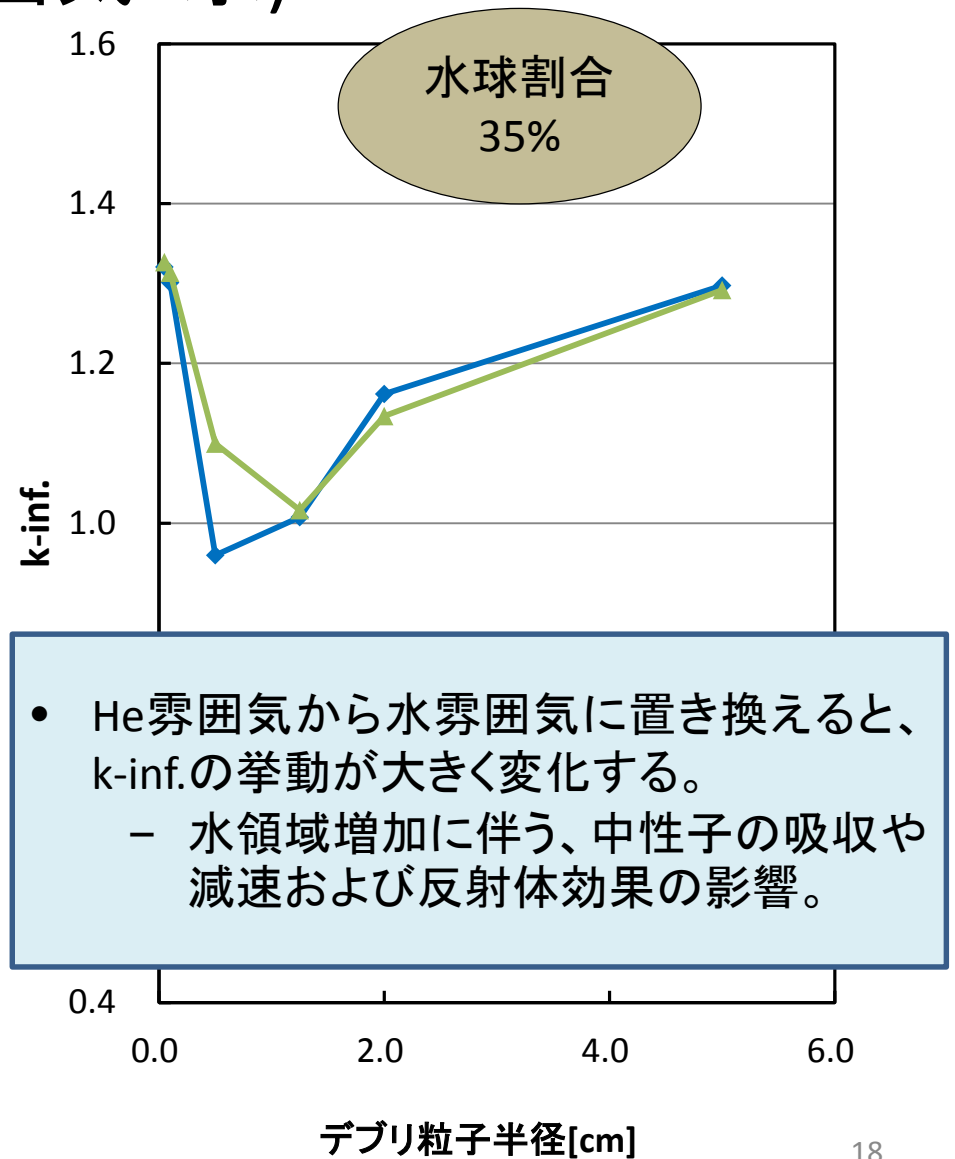
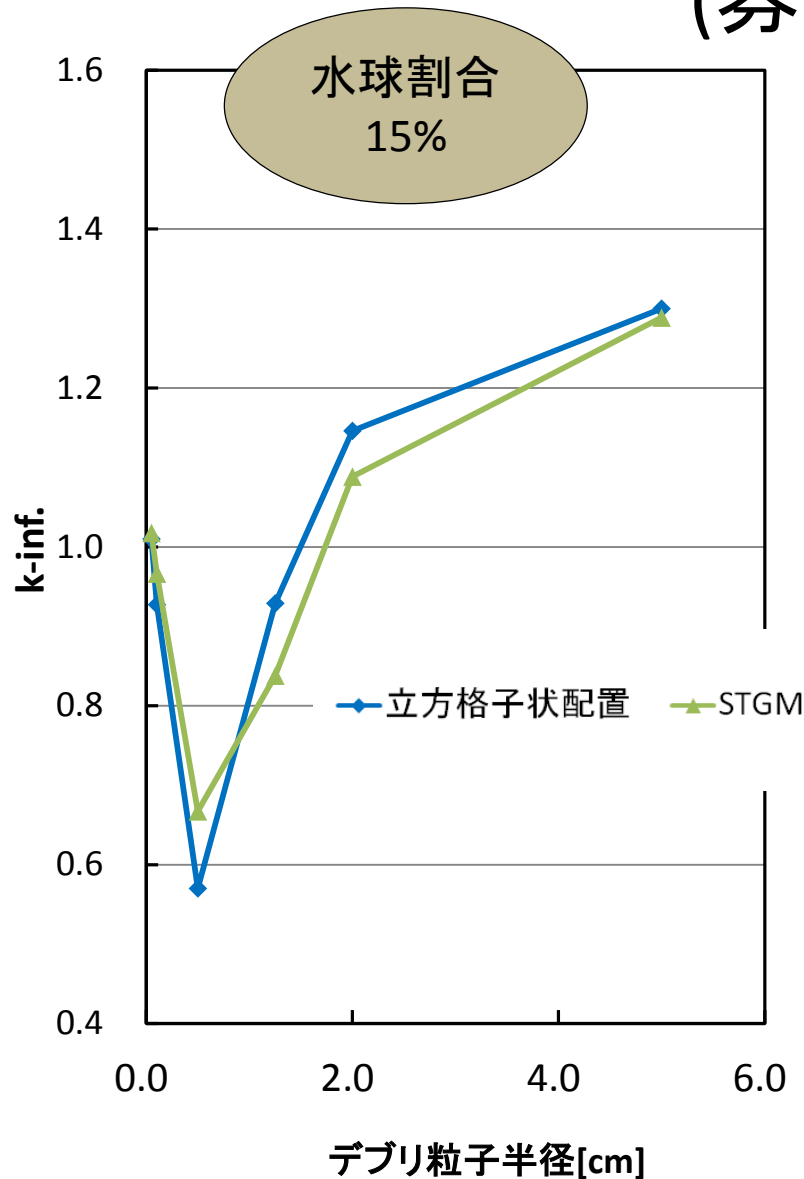


③STGMを二重に適用した体系 (雰囲気気：水)



- 水球の雰囲気気をHeから水に置き換え、立方格子配置およびSTGMによる臨界解析を実施した。

③STGMを二重に適用した体系 (雰囲気:水)



燃料デブリ臨界性予測精度評価と精度改善策の検討

計算モンテカルロコードMVPを用いて、臨界性評価を行う場合、

- 水雰囲気中に粒子状デブリが存在する体系
 - 解析体系の吟味が必要。
 - STGM⇒k-inf.は過大評価となる。
- 固体デブリの空孔に水領域が存在する体系
 - 臨界性評価の予測精度は高い。
- STGMを二重に適用した体系
 - デブリ取出し作業を考慮すると、水雰囲気体系が実用的。
 - 格子状配置およびSTGMの両解析とも、デブリ粒子径によって、k-inf.が大きく変動する。
 - 格子状配置およびSTGMの両解析のk-inf.の差異は大きくない。

まとめ

A) 水体积割合が大きいと格子状配置とSTGMのk-inf.の差異は大きくなる。

B) デブリ粒子半径が大きい(自己遮蔽効果が大きい体系)とk-inf.の差異は大きくなる。

C) STGMを用いるとk-inf.は過大評価となる。

D) He雰囲気中の二重STGM体系では、水球配置方法の違いによるk-inf.の差異はごくわずかである。

→ □ デブリ臨界解析評価では粒子配置方法の違いによってk-inf.に差異が生じる。

→ □ STGMを用いたデブリ臨界解析評価をもとにした、デブリ取出し作業には、合理化の余地がある。