

2000年5月26日

JCO沈澱槽漏洩中性子スペクトル計算結果

今中哲二

imanaka@rri.kyoto-u.ac.jp

JCO事故による中性子の影響評価計算をすすめる手はじめとして、沈澱槽から漏洩した中性子の線源スペクトルと方向分布を計算してみた。「固有値問題」の計算に少々てまどったが、なんとか計算できたのではないかと考えている。

今後、方向分布をもつ線源スペクトルを点線源として扱うことにより、転換試験棟内外での中性子計算が（時間的に）容易になるものと期待される。

◇ 計算方法

3次元モンテカルロ計算コード MORSE を用い、沈澱槽の形状を円柱と円筒を組み合わせてモデル化し、溶液中で核分裂スペクトルをもつ中性子を発生させる。漏洩してくる中性子を、沈澱槽の中心から半径5mの球面で count し、そのエネルギーと座標から、方向別（垂直方向余弦 $-1.0 \sim 1.0$ を均等に 10 分割）の漏洩スペクトルを求めた。断面積データはすべて、ENDF/B4 ファイルからエネルギー44 群で作成した。

◇ 計算

- ・PSRC00 シリーズ：形状は、半径 22.5cm 高さ 28cm（容積 44.5 L）の水円柱のみ。水中でランダムに均一に中性子を発生させた。これまでの今中の計算では、このモデルを線源とし、周囲にコンクリート円筒を配置して JCO 周辺の中性子線量を計算した。
- ・PSRC01 シリーズ：形状は PSRC00 と同じ。水のかわりに硝酸ウラニル水溶液（濃縮度 18.8%、ウラン濃度 370g/L）の円柱を設定。溶液中でランダムに中性子を発生。硝酸ウラニルの比重は 1.515 とした。
- ・PSRC12 シリーズ：形状と溶液組成は PSRC01 と同じ。中性子発生はランダムではなく、臨界状態の分布で発生させた（固有値計算問題）。

注：PSRC00 と PSRC01 は、媒質が核分裂を起こさない「固定線源問題」である。「固有値」とは、原子炉の臨界方程式に現われる固有値のことで、中性子の増倍係数 k 値と密接に関連している。固有値計算モードでは、ウランに核分裂を起こさせながら中性子を発生させて k 値を求める。核分裂密度の空間分布が臨界状態に近くなるため、沈澱槽からの漏洩スペクトルを求めるには「固有値計算問題」の方がベターであろう。

- ・PSRC20 シリーズ：PSRC12 に加えて、沈澱槽の周囲に厚さ 3mm の SUS 容器を配置（外径 22.8cm 内径 22.5cm で高さ 61cm の円筒、上面と下面も厚さ 3mm の SUS）したもの。
- ・PSRC21 シリーズ：PSRC20 にさらに、沈澱槽下部の周囲に冷却水ジャケット（厚さ 2.2cm の円筒で高さ 35cm、底面も 2.2cm）とその周りの SUS（厚さ 3mm）を加えた。

◇ 計算結果

表 1 沈澱槽からの漏洩率（発生中性子 1 ヶ当り）

計算シリーズ	PSRC00	PSRC01	PSRC12	PSRC20	PSRC21
沈澱槽モデル	水のみ	硝酸ウラニル 溶液のみ	硝酸ウラニル 溶液のみ	硝酸ウラニル +SUS	硝酸ウラニル +SUS+水+ SUS
発生モード	均一発生	均一発生	臨界分布	臨界分布	臨界分布
漏洩率	0.582	0.492	0.349	0.339	0.286
増倍係数：k 値	—	—	0.943 ± 0.002	0.952 ± 0.002	0.991 ± 0.003

図 1 沈澱槽漏洩中性子スペクトル（PSRC00、PSRC21、fission）

図 2 方向別漏洩中性子スペクトル（PSRC21）

図 3 漏洩中性子の方向分布（PSRC21）

図 4 沈澱槽溶液内での核分裂密度分布（PSRC21）

以上

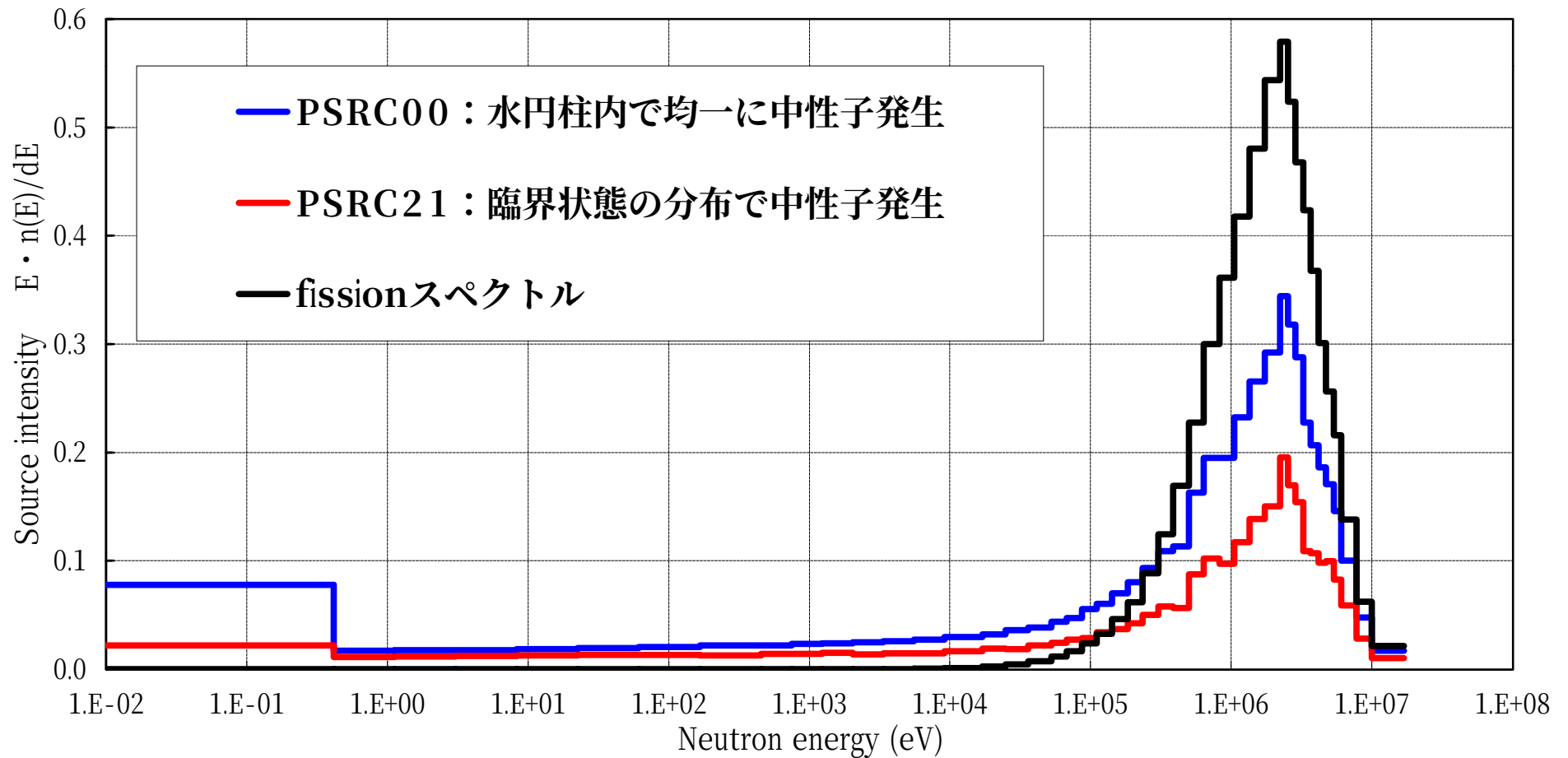


図1 JCO沈澱槽からの漏洩中性子スペクトル（発生中性子1個当たり）

PSRC00：水円柱モデルで均一に中性子を発生

PSRC21：（硝酸ウラニル溶液、SUS容器、水ジャケット）沈澱槽モデルの臨界分布で発生

fission：漏洩割合は、 $(2.06(\eta \text{ 値}) - 1 (\text{連鎖反応分})) / 2.06 = 0.515$ とした

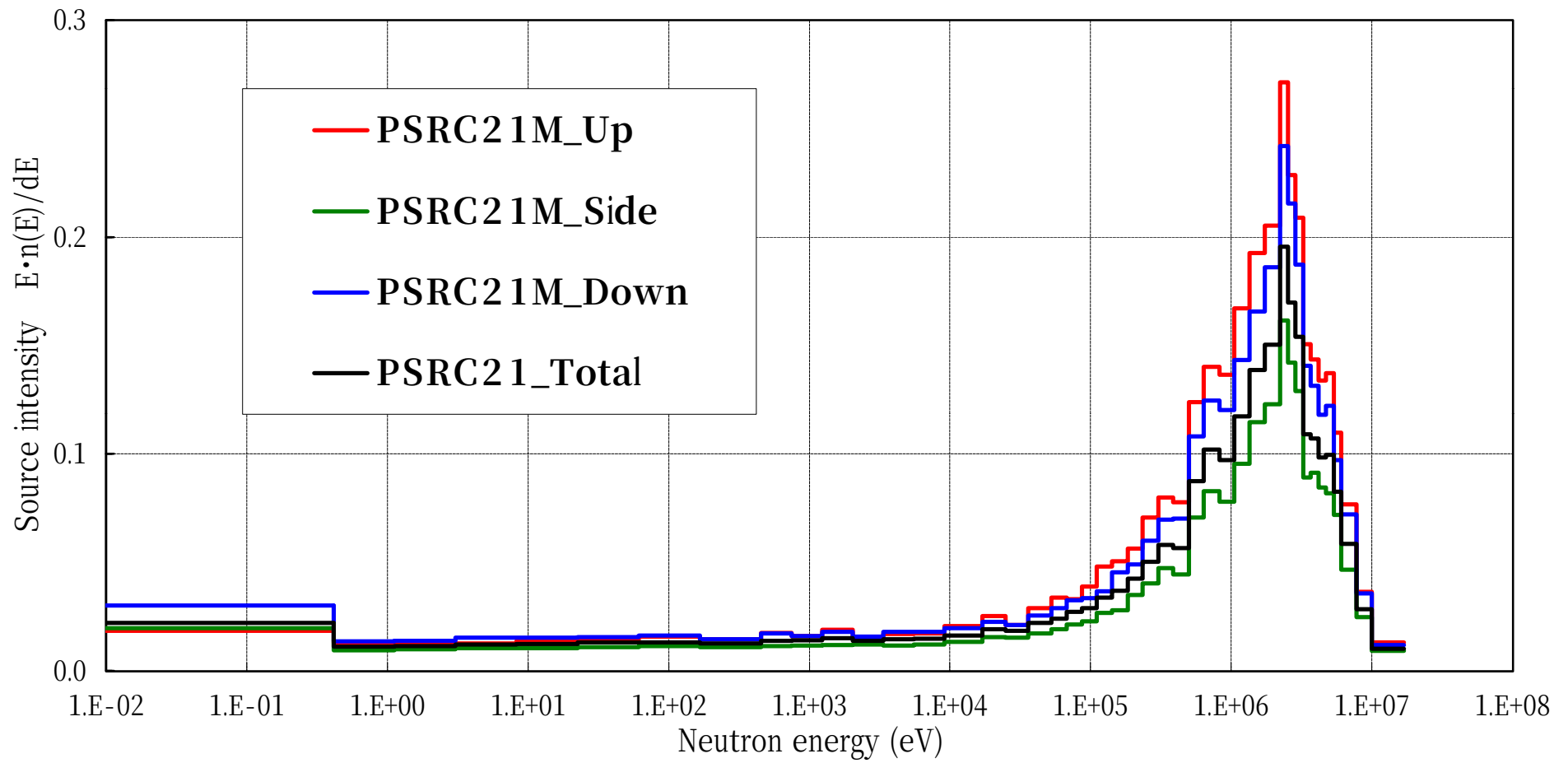
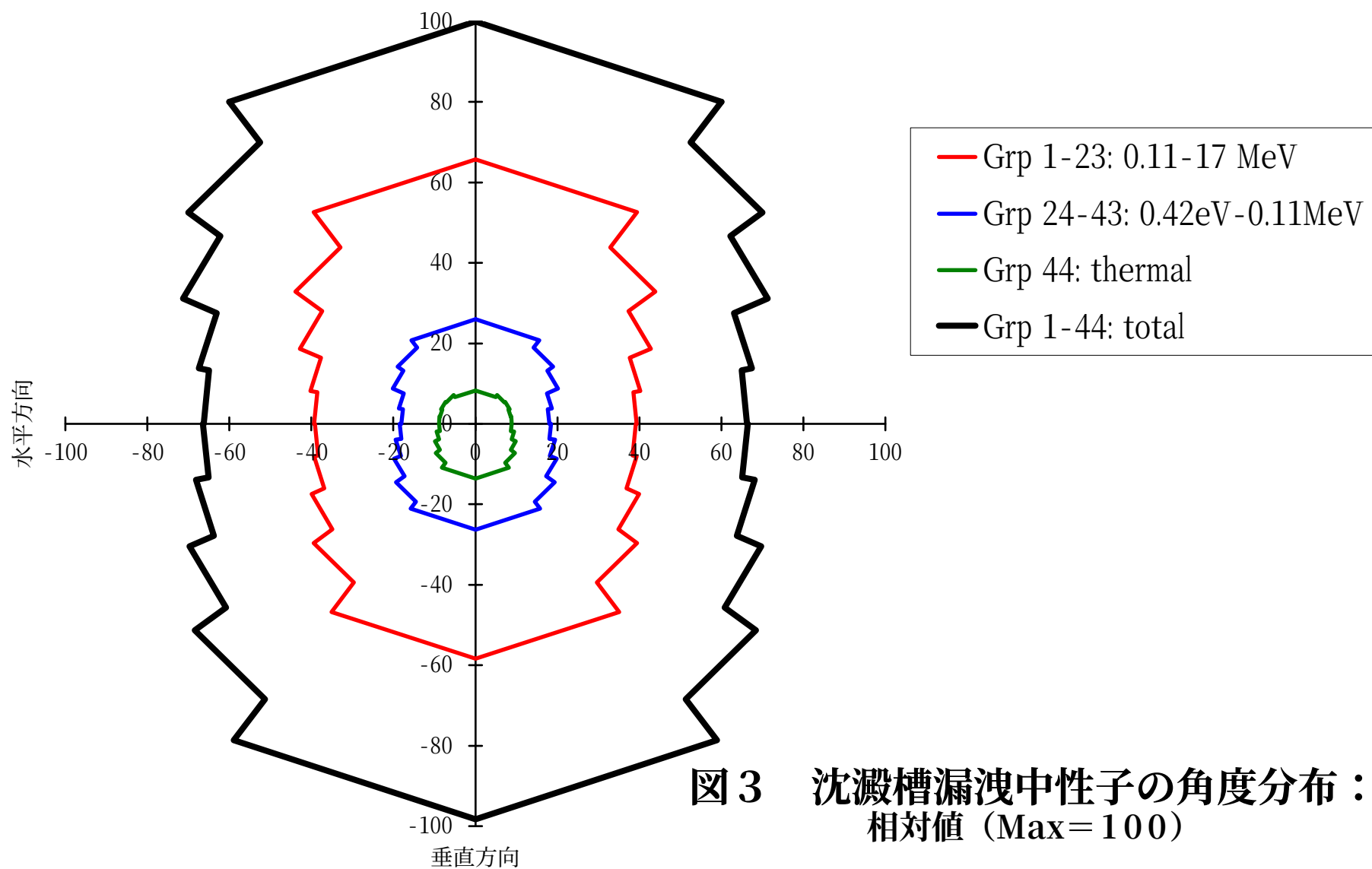


図2 JCO沈澱槽からの漏洩中性子スペクトル：PSRC21方向別
Up：上向き、Side：横向き、Down：下向き



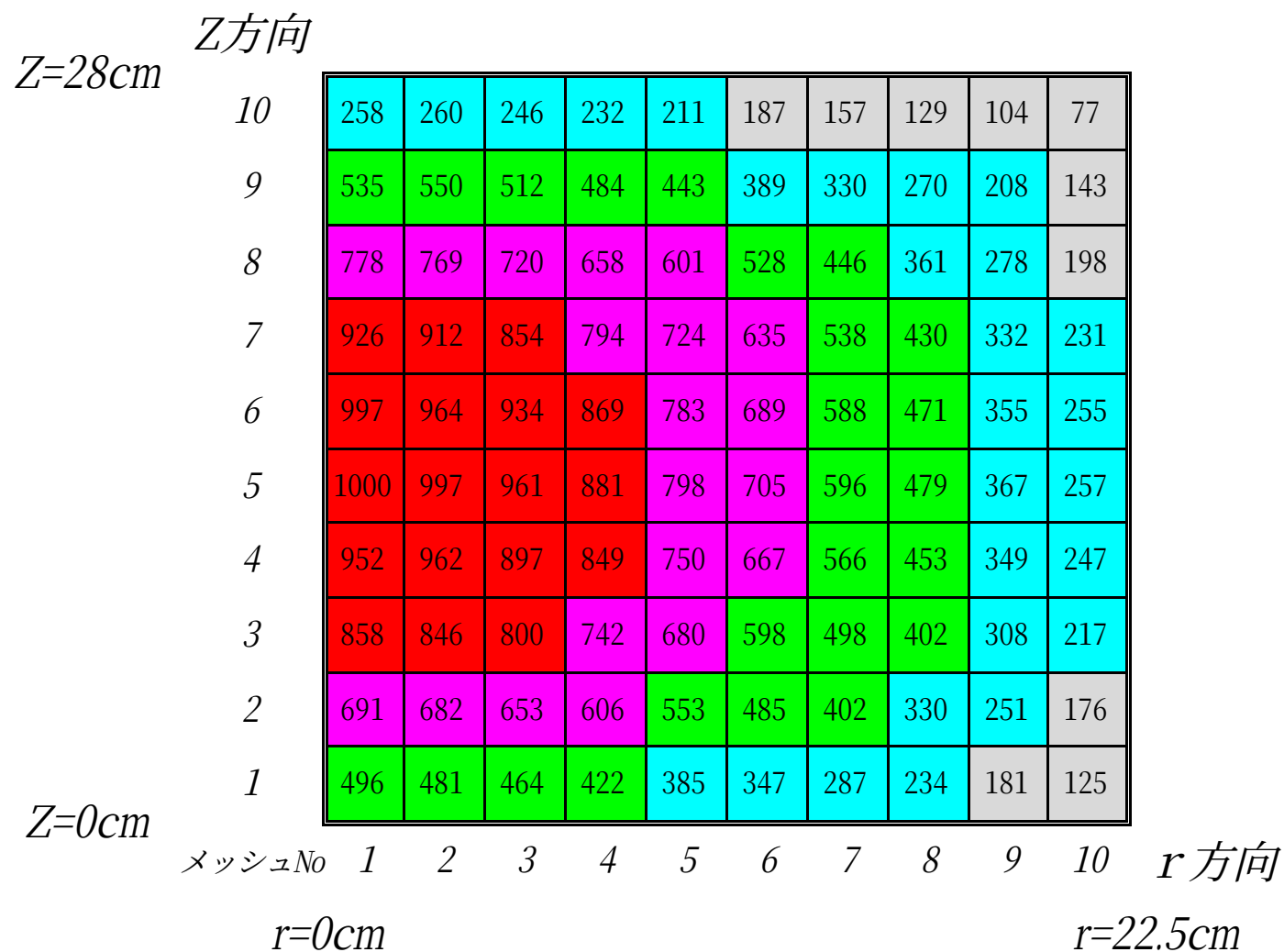


図4 沈殿槽内部での核分裂密度分布：相対値 (MAX=1000)

- ・ PSRC21：＜硝酸ウラニル溶液＋SUS＋水ジェット＋SUS＞モデル．底部には水ジェット（厚さ2.2cm）があるが上面は開放のため、核分裂分布には下への偏りが若干認められる．