

円筒放電型核融合中性子源のビームエネルギー評価

Evaluation of energy distribution of cylindrical discharge type fusion neutron source

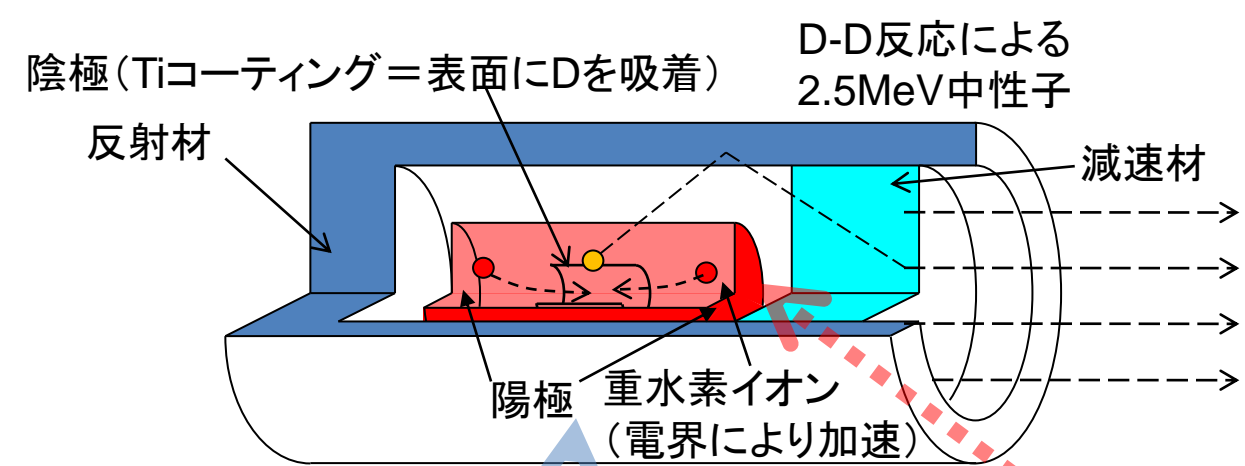
登尾一幸¹, 金ヶ江剛史², 山本靖², 小西哲之²

Kazuyuki NOBORIO¹, Tsuyoshi KANAGAE², Yasushi YAMAMOTO², and Satoshi KONISHI²

¹ 京都大学生存基盤科学研究ユニット, ² 京都大学エネルギー理工学研究所

¹ Institute of Sustainability Science, Kyoto University, ² Institute of Advanced Energy, Kyoto University

円筒放電型核融合中性子源による中性子ビーム発生



ビーム形成部

- 反射材で中性子ビームを一方方向に収束
- 減速材でエネルギーを減少

中性子光学系

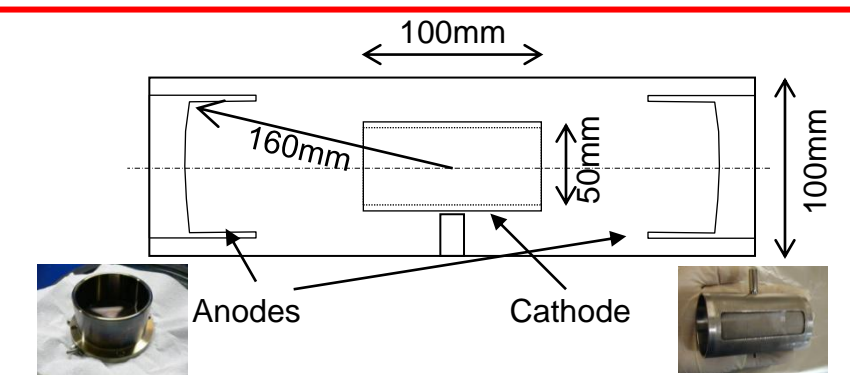
オンサイトでの

- 中性子回折
 - 中性子ラジオグラフィ等
- ⇒熱領域以下のエネルギーが必要とされる

ビームエネルギー分布の評価を、MCNP計算、実験により行った。

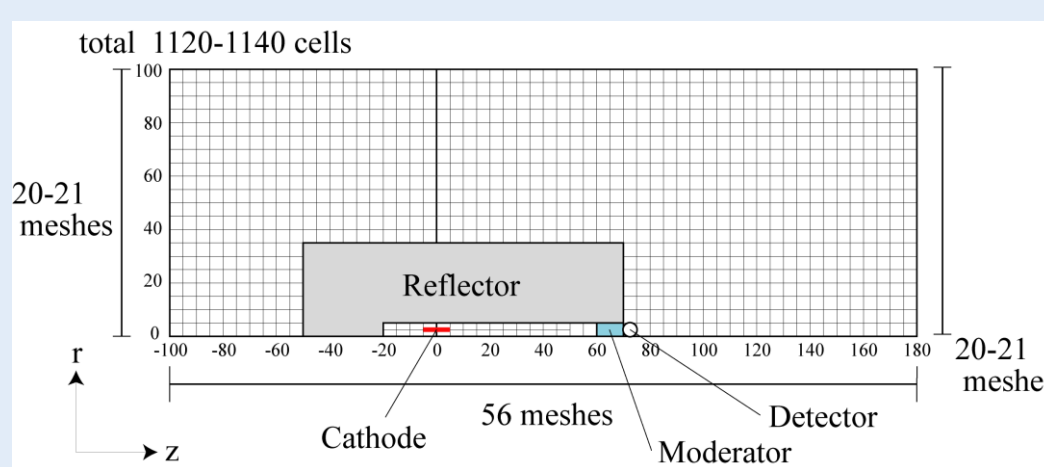
中性子発生部 = 円筒放電管型核融合装置

- 円筒真空容器両端に陽極、中央に円筒形陰極
- 電極表面にチタンコーティング
- 低圧D₂雰囲気中の放電により生じたイオンを電界により加速
- 電極表面に吸着されたDと反応 ⇒ 2.45MeV中性子の発生



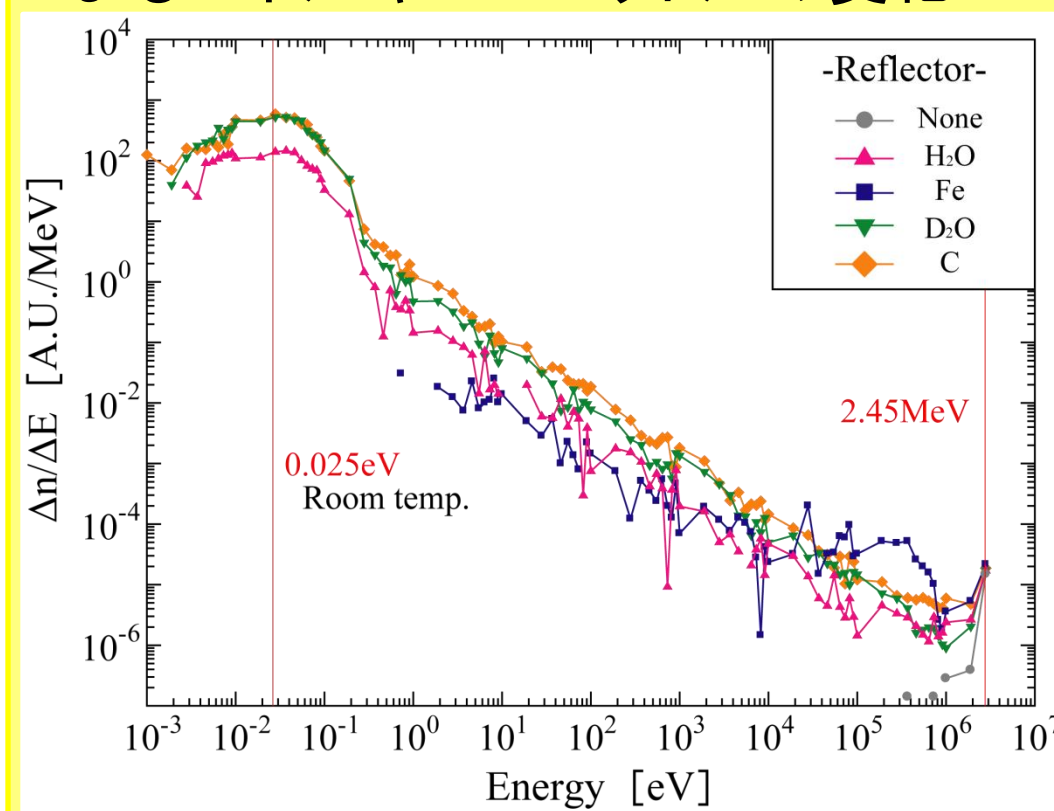
MCNPによるエネルギー分布計算

3次元モンテカルロコードMCNP & JENDL3.3を使用し、反射材と減速材の有無、材質の違いがエネルギースペクトルに与える影響を調べた。



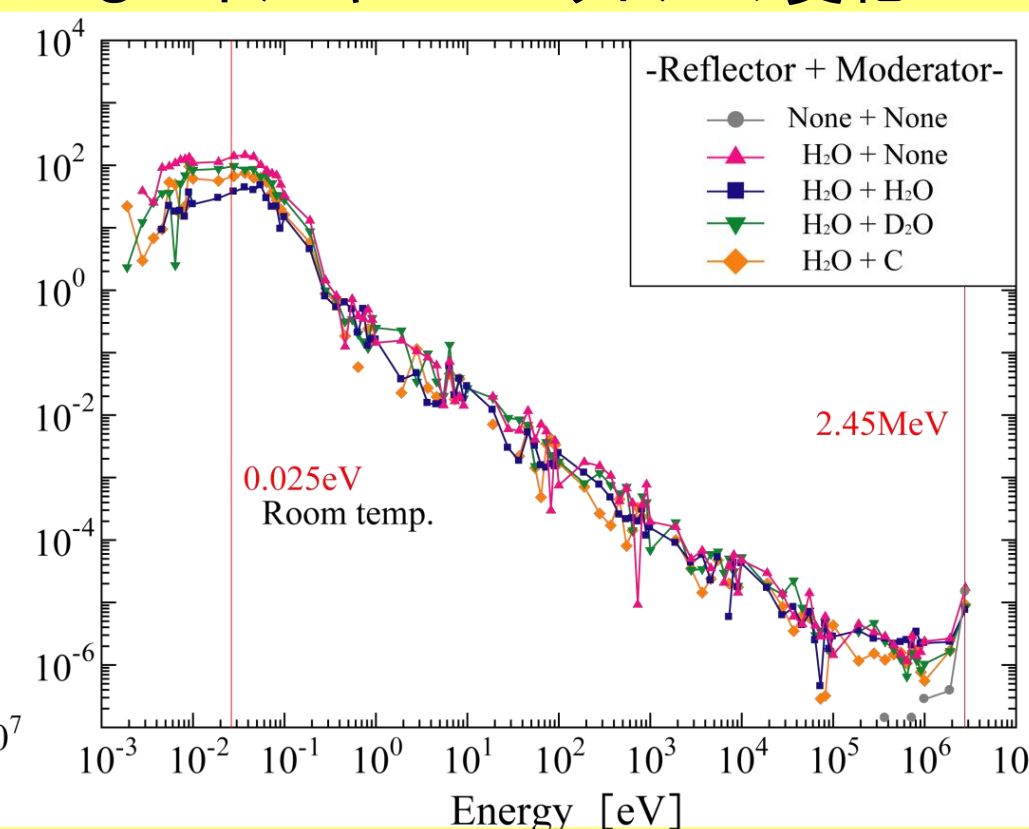
- 円筒二次元座標
- ソース=陰極表面から一様に2.45MeV
- 反射材形状: 外径70cm, 内径10cm, 長さ120cm
- 反射材出口に減速材
- 出口位置でのスペクトルを求める。

反射材材質(H₂O, Fe, D₂O, C)によるエネルギースペクトルの変化



反射材としてH₂Oを用いた場合、減速材がなくとも中性子ビームは低エネルギー化される。

減速材材質(H₂O, D₂O, C)によるエネルギースペクトルの変化



熱領域の中性子の割合 (0.001eV~0.03eV) :

- 減速材なし: 60.8%
- H₂Oを減速材: 35.0%
- D₂Oを減速材: 53.0%
- Cを減速材: 51.1%

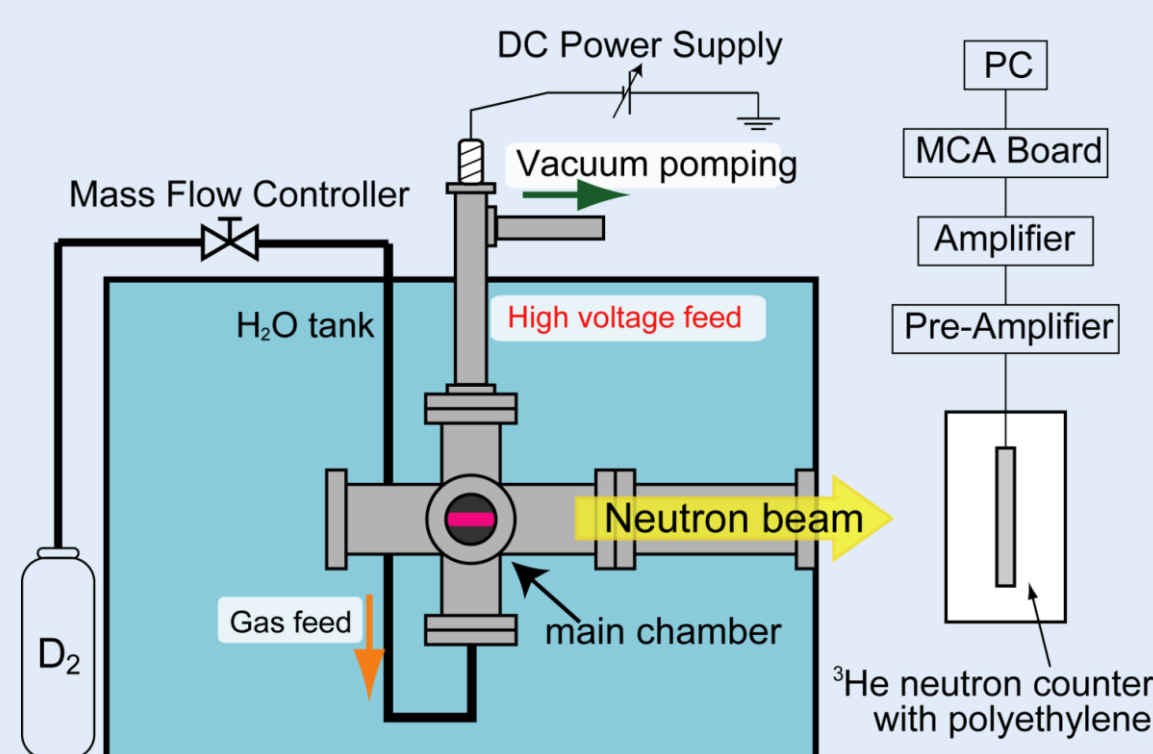
反射材H₂Oが同時に減速材としての役割も果たしている

放電実験による計測

実験装置概要



円筒放電型核融合装置を使用。反射材/減速材として軽水を利用するため、電源方向、中性子ビーム方向以外は完全に水で覆われるように水槽中に実験装置を沈めて放電を行った。



中性子の計測

³He比例計数管の周囲に中性子吸収断面積の異なる材料を設置して中性子カウント数を計測、同条件の計算結果と比較。



³He比例計数管 (n, p)反応を利用。熱領域に感度を有する

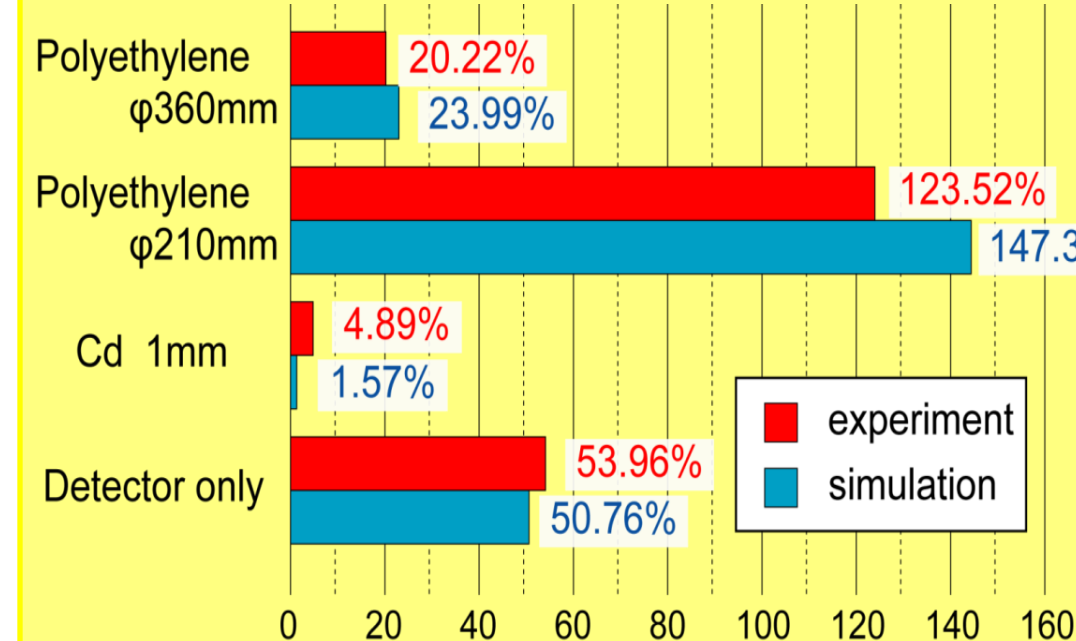


厚み1mmのCd 0.4eV以下の中性子を吸収

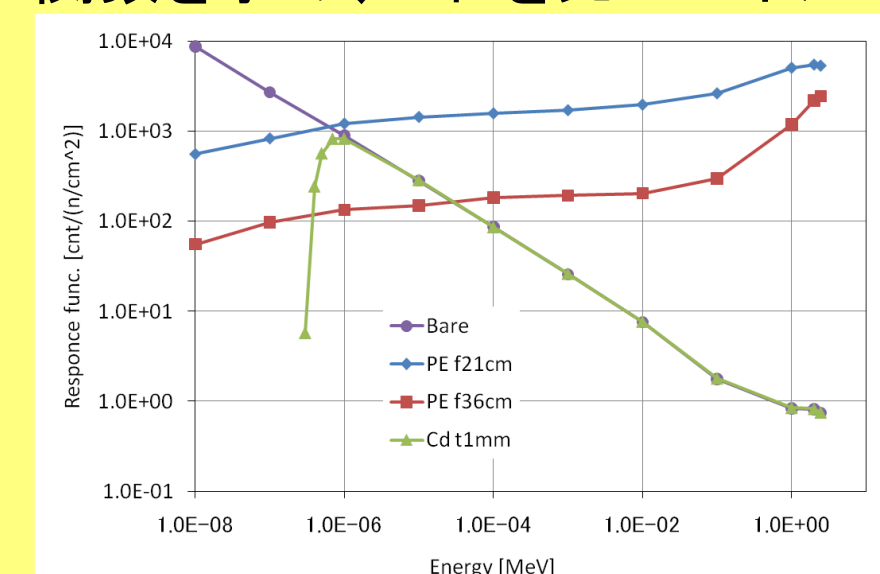


直径21cm, 36cmのポリエチレン 高速中性子を減速し、³He比例計数管で測定しやすくする

実験値と計算値の比較



さらに、各材料に対して、測定系への入射エネルギーに対する応答関数を求め、これを元にエネルギー分布を逆算。



各材料において、実験結果とシミュレーション結果が比較的よい一致をみる。

円筒放電管型核融合装置より発生した中性子ビームのエネルギー分布は、MCNP計算により評価できる。

MCNP計算によるエネルギースペクトルと定性的に一致するが、分解能を高めるためには計測系の最適化が必要。

まとめ

放電型核融合装置を応用した中性子ビーム源について、反射材および減速材によるビームエネルギー分布への影響をMCNP計算および実験にて評価した。

- MCNPを用いて異なる材質に対する中性子エネルギースペクトルを分析したところ、軽水を反射材として用いた場合には特に減速材を用いずとも中性子は十分減速されることが分かった。

- 異なる材料を用いた計算と実験による中性子カウント数の比較から、計算による中性子エネルギー分布は実験結果を再現できている。
- さらに、各材料に対する応答関数を求め、実験による計測値からエネルギー分布を求めたところ、妥当な結果を得た。
- 計測系の最適化により、より分解能の高いエネルギー計測が実験的に可能と期待できる。