

# 名古屋大学中性子源 NUANS

Nagoya University Accelerator-driven Neutron Source

名古屋大学理学研究科

広田克也

名古屋大学理学研究科<sup>1)</sup>、工学研究科<sup>2)</sup>、産学連携研究講座<sup>3)</sup>  
川端勇矢<sup>2)</sup>、北口雅暁<sup>1)</sup>、鬼柳善明<sup>2)</sup>、清水裕彦<sup>1)</sup>、  
土田一輝<sup>2)</sup>、瓜谷彰<sup>2)</sup>、渡辺賢一<sup>2)</sup>、山崎淳<sup>2)</sup>、  
山崎拓弥<sup>2)</sup>、

名古屋大学ではBNCT用加速器中性子源の開発を目的として産学協同研究講座が設置された。大電流静電加速器（Dynamitron）を用いて、BNCT用中性子発生装置に関わる実証試験、中性子産業利用、各種中性子理工学実験を行う。

## 設置の目的

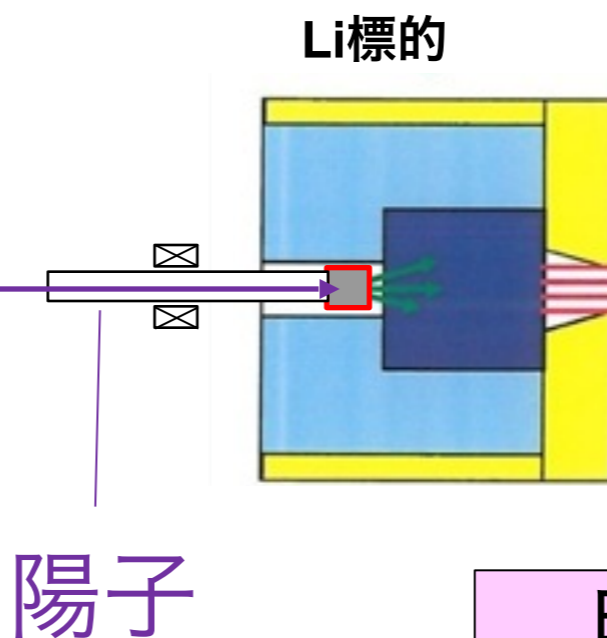
- ・ Liターゲット・モデレーター・リモートハンドリング装置を開発して静電加速器と組み合わせることにより、**BNCT装置として実用に耐え得るか否かの実証研究を行い**、同装置が医療レベルで安定に適用可能か否かを明確にする
- ・ 開発した装置を強力な加速器中性子源として用いることにより、基礎物理、物質科学産業応用などの理学・工学分野での応用展開を図る（理工連携）

# 加速器中性子源装置構成

静電型加速器

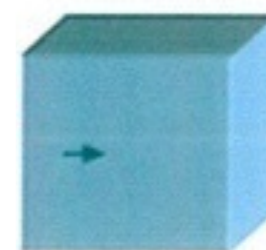


中性子発生・減速体



中性子照射域

ファントム照射体



中性子

(IBA社、Dynamitron)

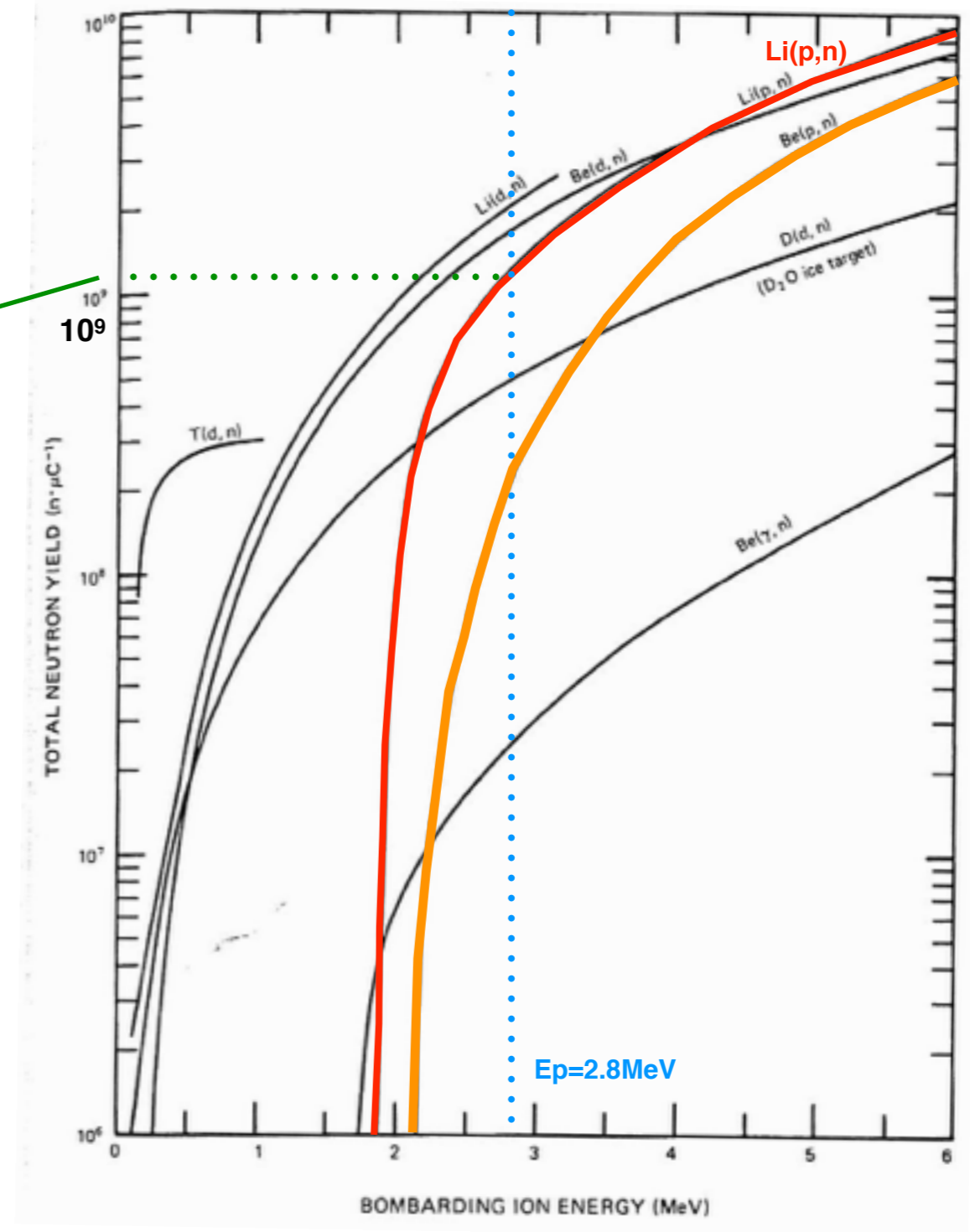
目標中性子束  
 $\sim 10^9 \text{ n/cm}^2\text{s}$

# 中性子発生量

- ・ 低エネルギー領域ではLi(p,n)反応が有利
- ・ BNCT用にはduty factor は高いほうが良い

15mA, 42kW  
 中性子発生量 $\sim 10^{13}$ n/sec

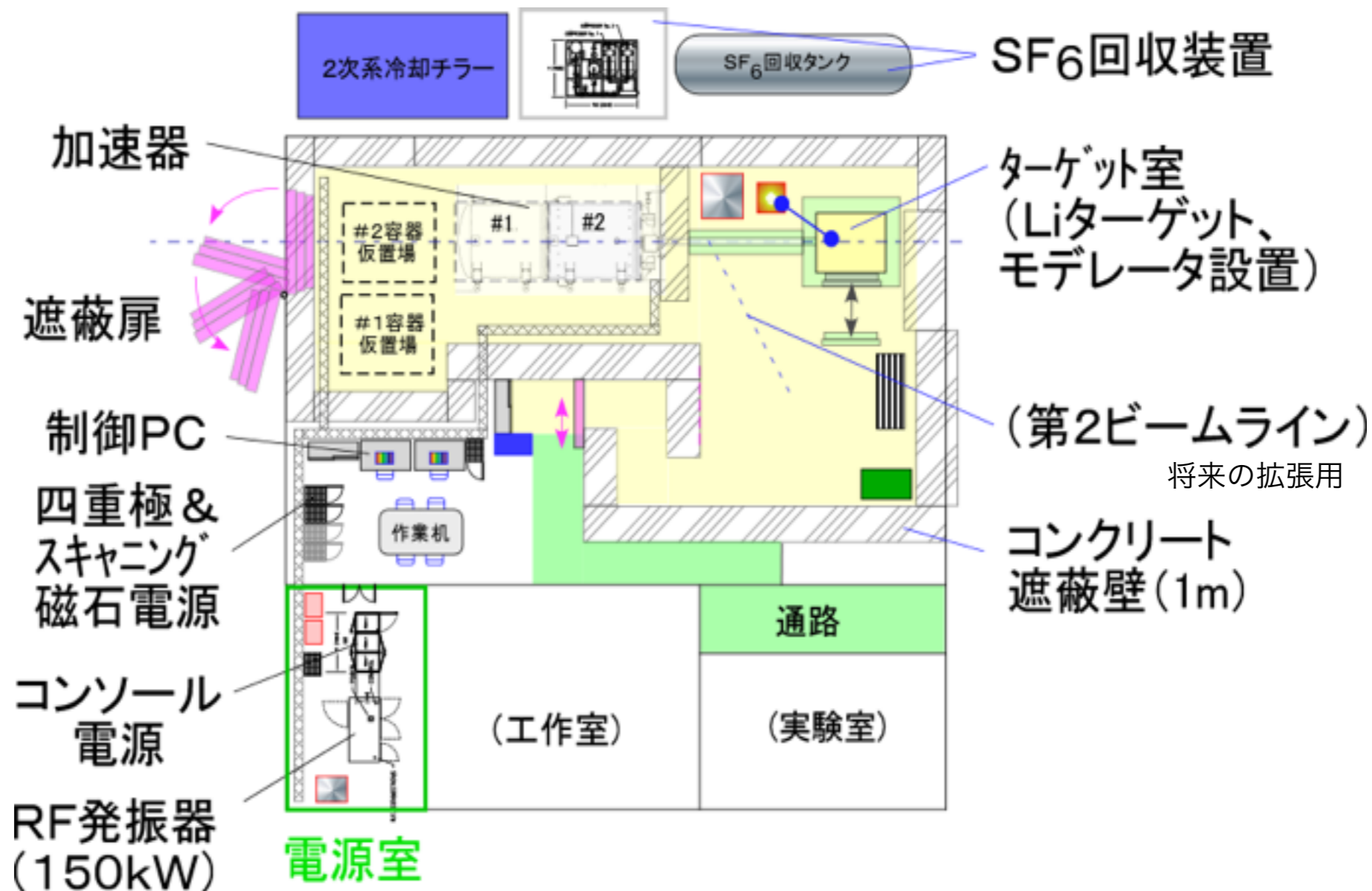
システム全体の整合性試験にはBe標的を用いることも検討中  
 (理研ターゲット技術の流用など)



Ref) M.R.Hawkesworth, Atomic Energy Review 15 2(1977) P169

# 加速器中性子源レイアウト

既存のバンデグラフ実験室を改修・更新して活用する(現在改修作業中)



# 静電加速器

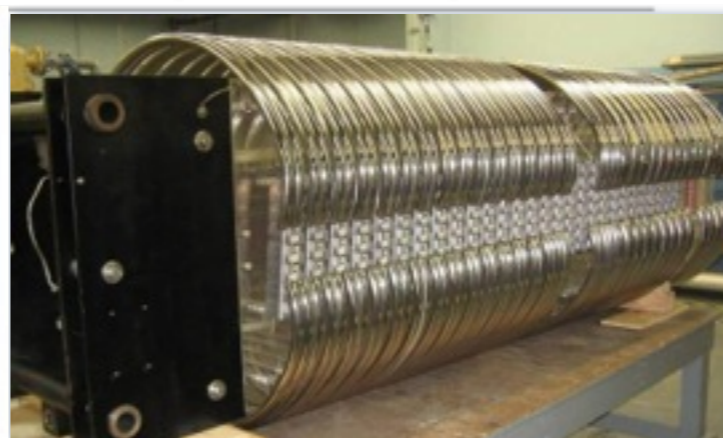
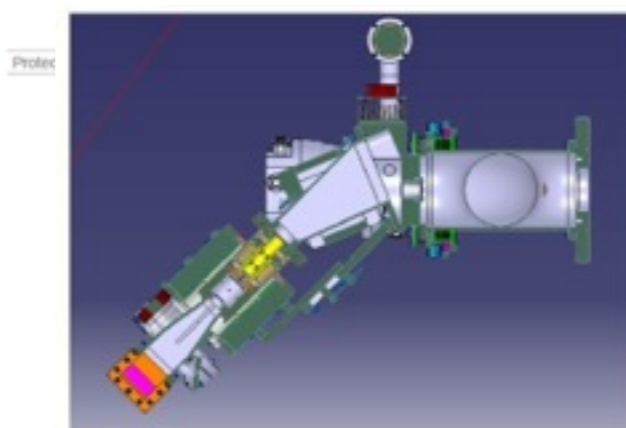
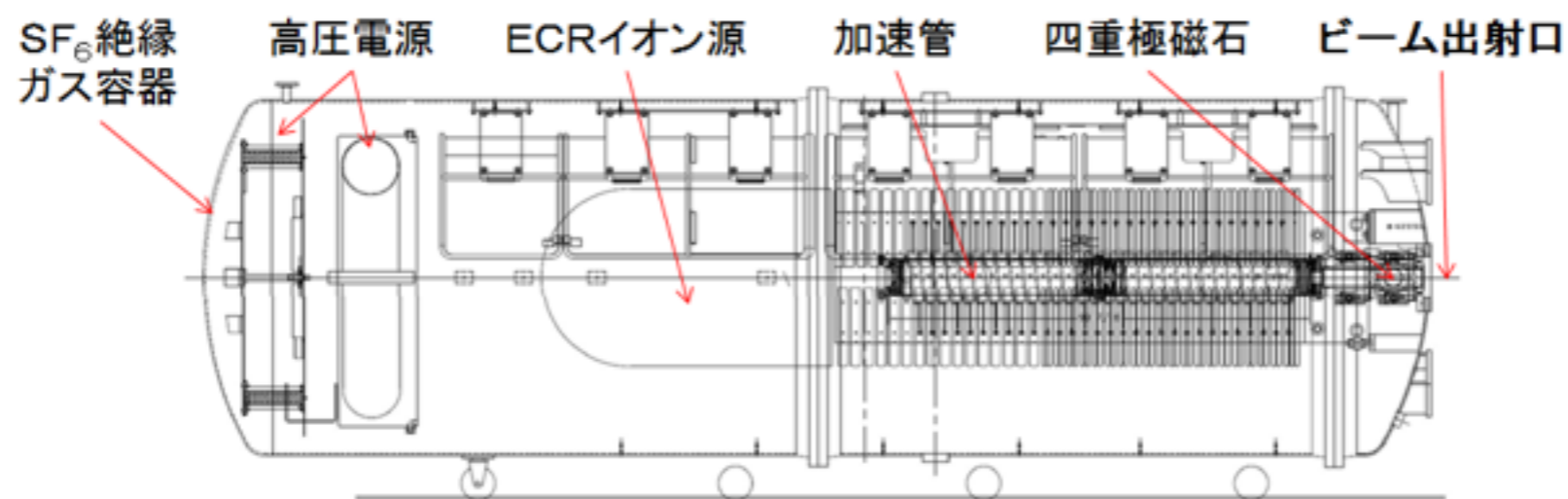
**IBA社製Dynamitron**

**陽子エネルギー：1.9-2.8 MeV (可変)**

**陽子ビーム電流：15mA (メーカー保証値) DCビーム**

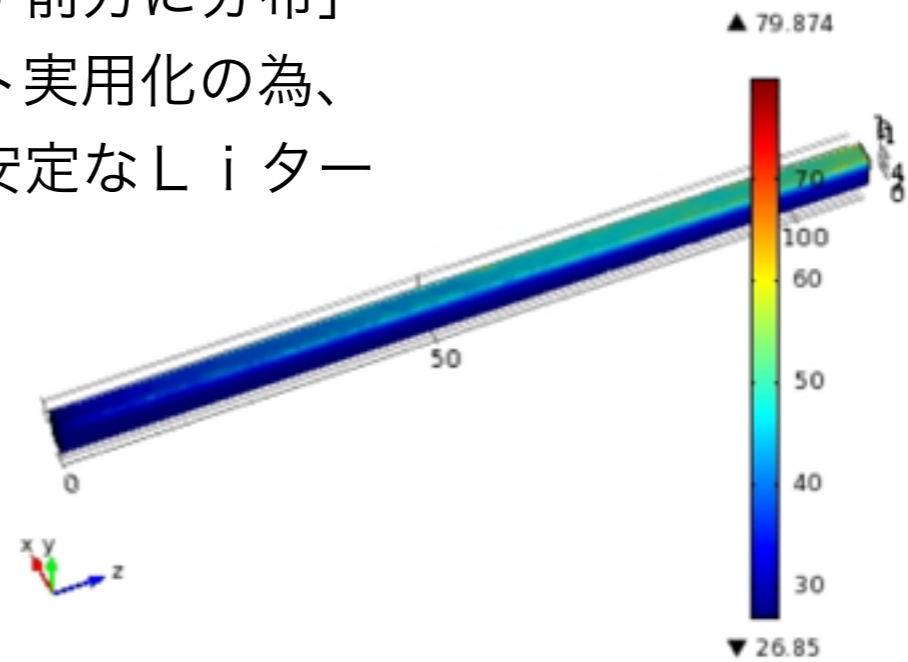
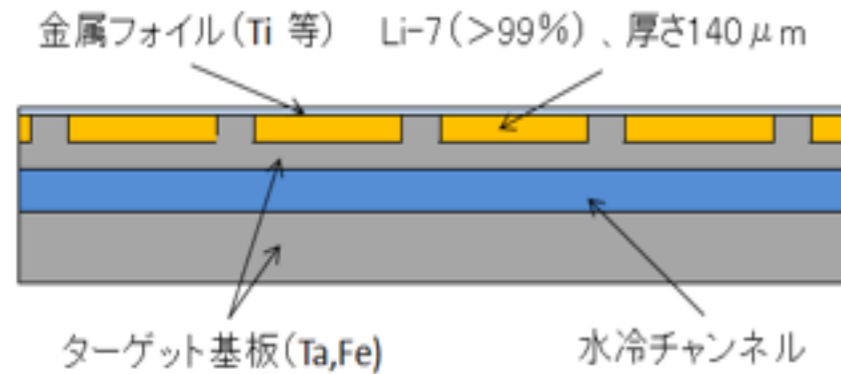
**陽子存在比：90%以上**

**外形寸法と重量：7.5 m × 2.8 m、6.5 ton**

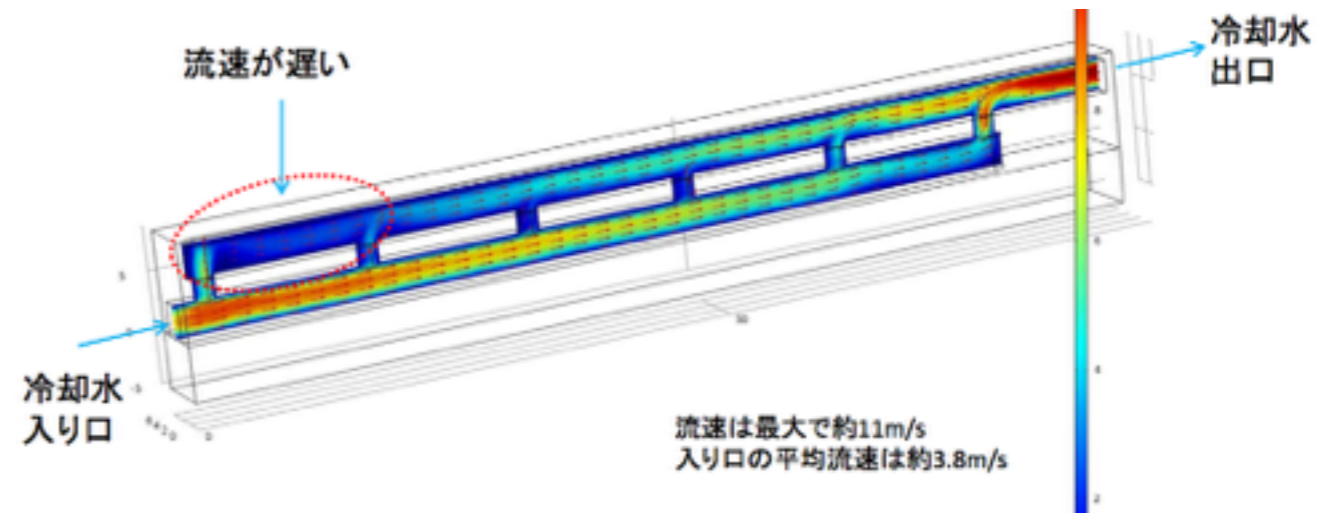


# Liターゲット

「生成中性子エネルギーが低い」、「中性子束が前方に分布」などの特徴を持つBNCT用小型Liターゲット実用化の為、高熱負荷に対応し、RIの閉じ込め機能を持つ安定なLiターゲットを開発する。



- 耐熱・除熱評価
- 強度評価
- Blistering対策
- 放射化対策

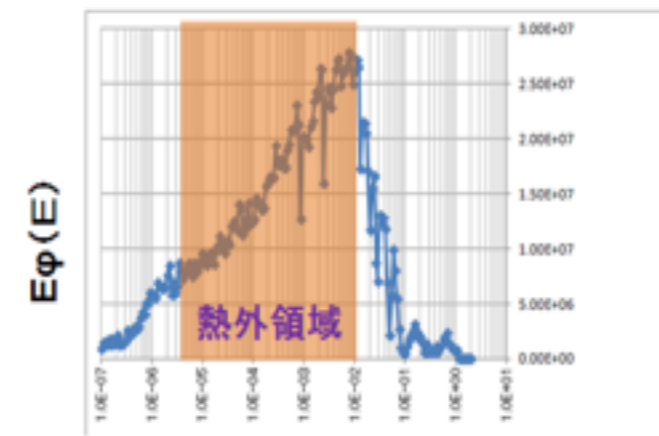
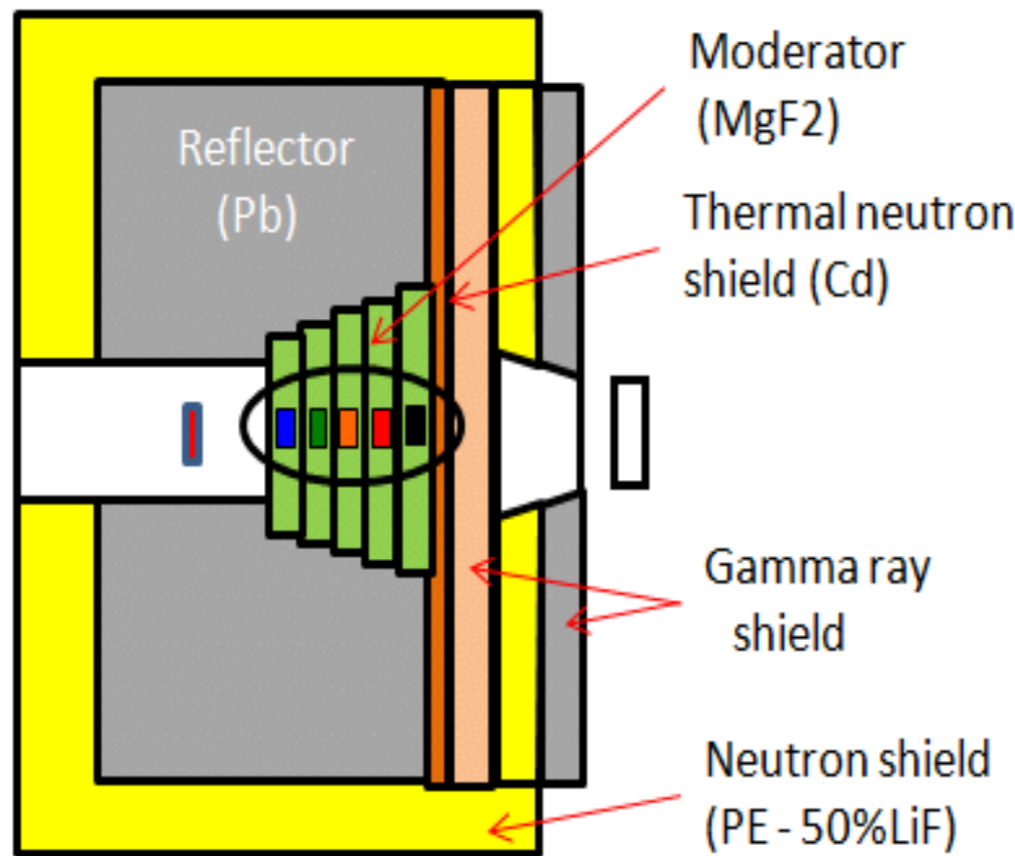


COMSOLによる熱計算 (理研山形氏)

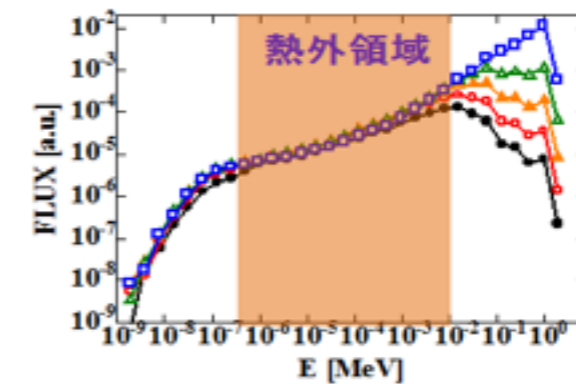
# 熱外中性子モデレーター

モデレーター表面から 30 cm位置で $10^9$  n/cm<sup>2</sup>/secを目指す

## Liターゲット用モデレーター構造例



出射口付近の中性子レサジー分布 $E\phi(E)$

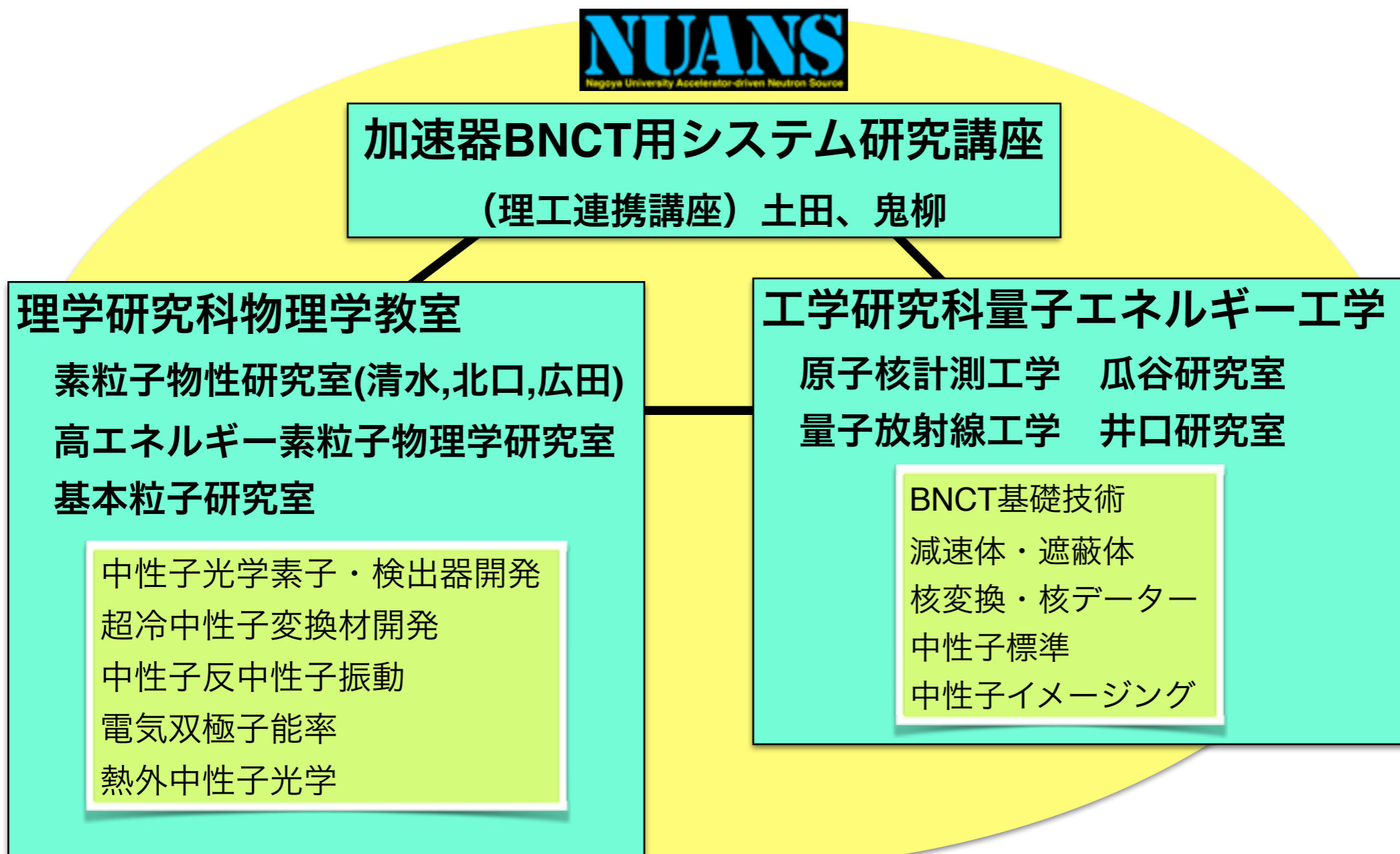


モデレーター内での中性子レサジー分布変化

MCNPXによる計算



# 体制 ～ 産学協同研究講座



各研究室が行っている研究 (の一部) をNUANSを用いて進める

# Accelerator-driven Neutron Sources for Science and their Networks



**UCANS** founded on 2010/03/13 @ Kloten  
(Union for Compact Accelerator-driven Neutron Sources)



**AFAD** since Dec.2009  
(Asian Forum for Accelerators and Detectors)

**LENS**  
(Low Energy Neutron Source, Indiana Univ.)

**CPHS**  
(Compact Pulsed Hadron Source, Tsing-Hua University)

**PKUNIFTY**  
(Peking Univ.)

**JCANS** founded on 2011/10/20 @ KEK  
(Japan Collaboration on Accelerator-driven Neutron Sources)



**NUANS** proton 2.8MeV, 42kW  
(Nagoya Univ. Accelerator-driven Neutron Source)

**HUNS** electron 45MeV  
(Hokkaido Univ. Neutron Source)

**KUANS** proton 3.5MeV, 0.35kW  
(Kyoto Univ. Accelerator-driven Neutron Source)

**RANS** proton 7MeV, 0.7kW  
(RIKEN Accelerator-driven Neutron Source)

**J-PARC/JSNS** proton 3GeV, 1MW

**ICANS** founded in 1977  
(International Collaboration on Advanced Neutron Sources)

SNS  
LANSCÉ

ISIS ESS

CSNS



2014年1月17日 KURRIワークショップ  
「京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源検討2」  
名古屋大学理学研究科素粒子物性研究室 (Φ研) 広田克也



# 建設開発スケジュール

	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
産学協同 研究講座	準備期間	装置建設	Liターゲット 開発	中性子 性能評価	BNCTシステム 適用性評価		
施設準備	建屋改修 電源・クーラー設置						
加速器製作		加速器製作	輸送(米国⇒名大) ビーム調整				
機器開発	ターゲット開発 モデレータ開発 リモートハンドリング						
性能評価		ターゲット試験・改良	中性子性能 BNCTへの適用性評価				
理学・工学応用							

# まとめ

名古屋大学中性子源NUANSは理工連携産学共同研究講座を中心に  
昨年11月に正式にプロジェクトが発足

静電加速器  $E_p=2.8\text{MeV}$ 、 $15\text{mA}$  (42kW)

1. Liターゲットの開発
  2. BNCTに必要な周辺デバイス（検出器、減速材）の開発
  3. 理工学研究のための利用
- を進めていく

# 現在特任教員を募集中です（1月末締切）

日本物理学会や日本中性子科学会その他のメーリングリストにアナウンスを出していますので、詳細をご確認下さい