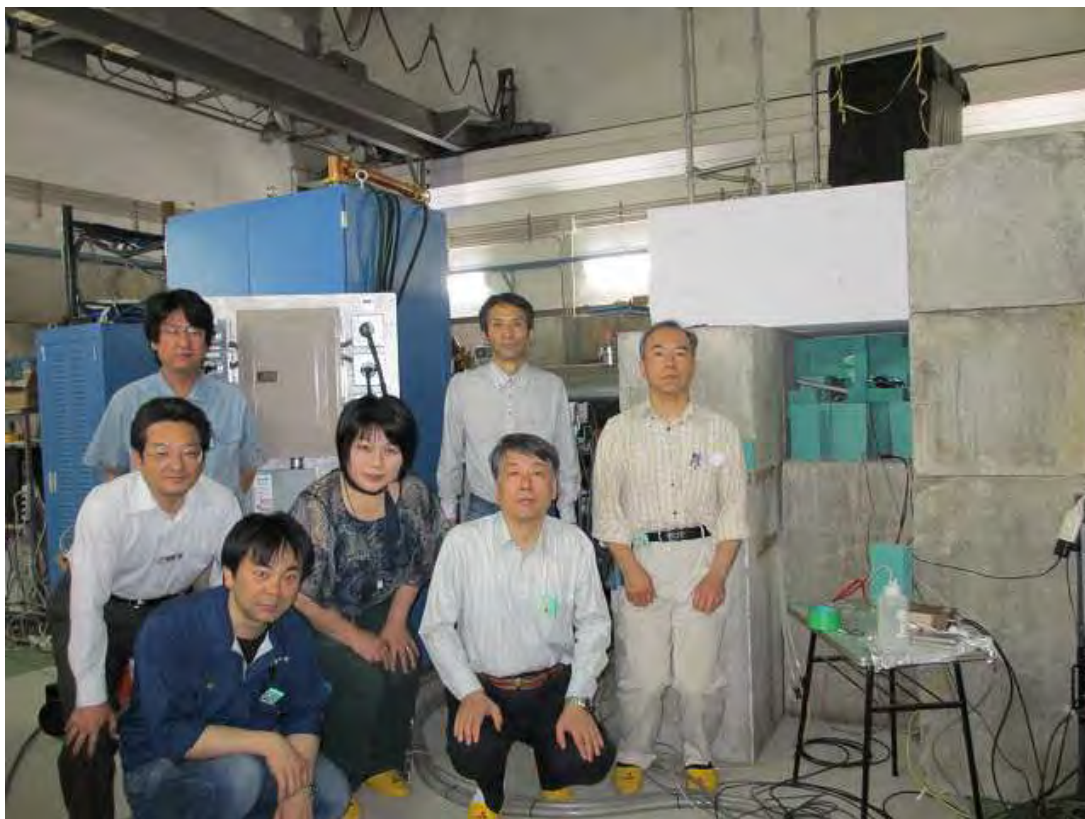


京大理学部小型中性子源KUANSの現状

Kyoto University Accelerator-driven Neutron Source



理化学研究所

広田克也

2013年1月18日

「京大炉におけるビーム利用の
ための次期中性子源の検討」

ワークショップ

共同研究者

京大理: 永江知文、廣瀬昌憲、藤岡宏之、村上哲也

京大工: 田崎誠司

京大化研: 岩下芳久

理研: 山形豊、大竹淑恵、王盛、池上祐司

KEK: 武藤豪、佐藤節夫

北大院工: 鬼柳善明、木野幸一

and JCANS Collaboration

主に現場

主に設計、計算
測定器など

JCANSとは

小型中性子源開発は世界的に広まり始めているが、開発要素は多いので1組織あるいは1研究室で開発するには荷が重く非効率である。

国内ではKEKを中心に、北大、理研、名大、京大等が連携して情報共有、開発、議論等を協力して行う体制にしている。

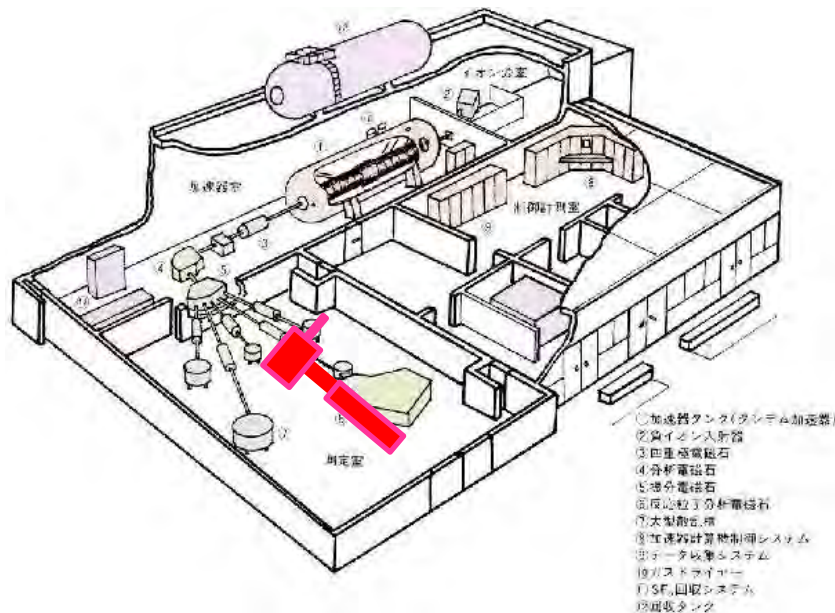
なお、世界的には同様にUCANSとして活動している。

今年9月23-26日には北大で国際会議開催(UCANS-IV)

京大理学部小型中性子源 KUANS

学生の教育を主目的とし、同時に研究でも利用できる装置として
検出器開発や、大型施設マシンタイム前の予備実験、新概念の
原理実証試験としての利用を行う。

- ・物理教室タンデム棟のタンデム加速器実験スペースの利用
- ・低エネルギーの陽子ビームを利用することで、遮蔽体を小さく
放射化も少ない → ターゲット、モデレーターの試験等で交換が容易
- ・商用の加速器を購入することで、安定運転、メンテナンスの容易さを確保



理学部物理教室 タンデム棟
タンデム加速器は既に撤去

京都大学小型中性子源 (KUANS)

加速器: 商用陽子加速器: 日立AccSYS社製
陽子エネルギー 3.5 MeV
平均電流 100 μ A
ピーク電流 10 mA
duty factor 1.3 %
ビーム幅 30 - 200 μ 秒
繰り返し 20 - 200 Hz



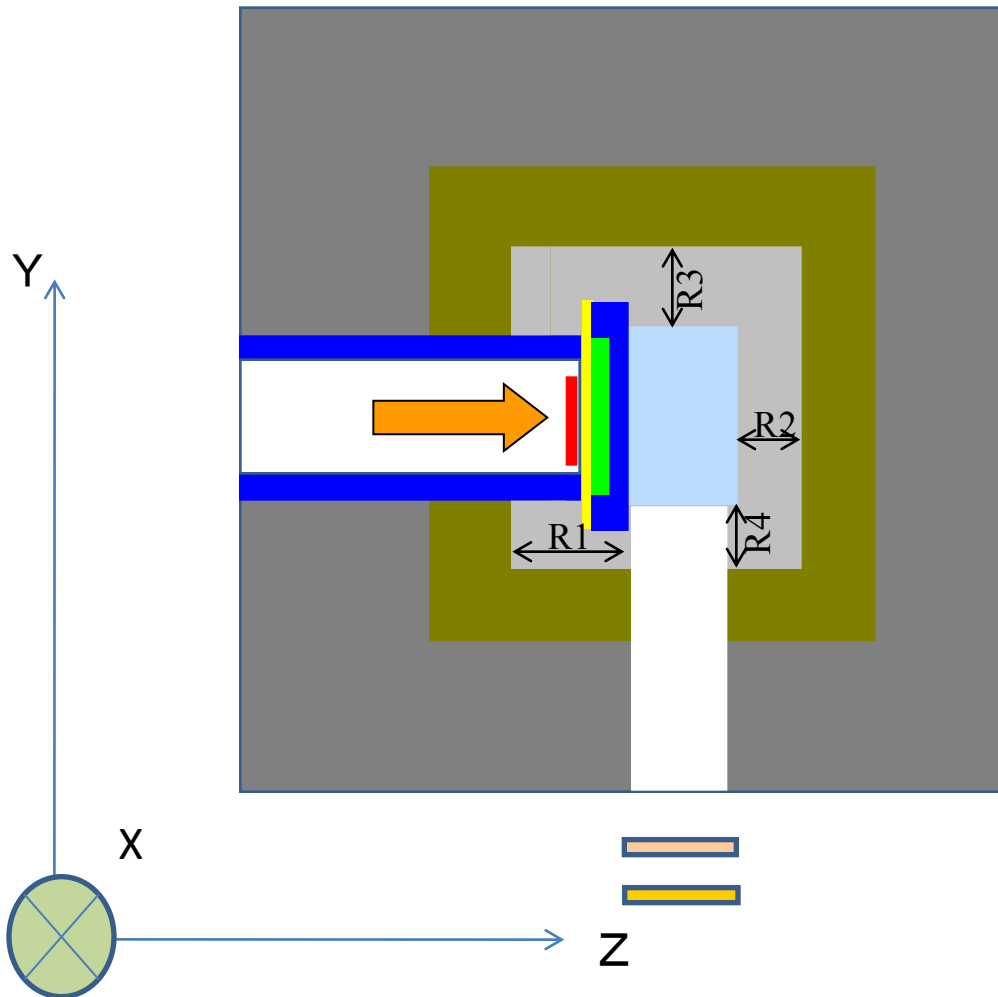
ターゲット: Be ϕ 50, 50 μ m (純度98%)
Nbバックング ϕ 152x5mm
銀蝋付け、水冷式
想定中性子発生強度: 10^{11} (n/sec)

熱中性子モデレーター
: ポリエチレン (約10cm角)

ターゲット周辺はアルミで作製し、
鉄、SUS系を排除、ボルト類は
チタン合金とし、放射化に配慮



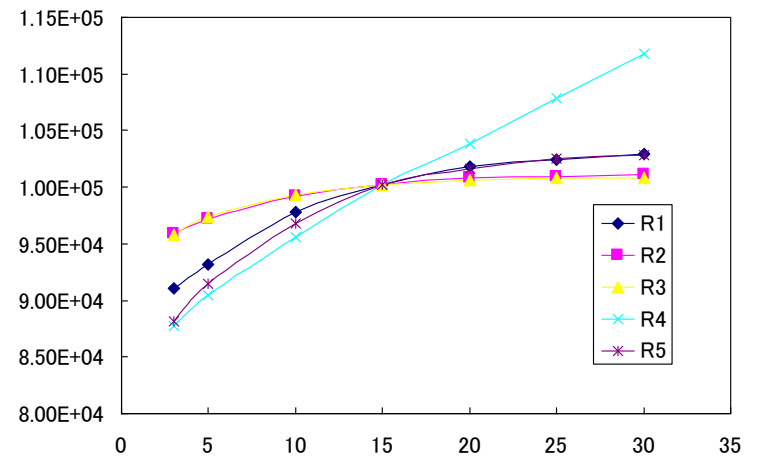
熱中性子モデレーターのサイズ等の最適化はPHITSで計算 (by 王さん)



- Concrete
- BPE
- Graphite
- Water
- Niobium
- Moderator
- Aluminium
- Beryllium Metal

R5: Thickness of reflector in +X or -X direction

反射材の厚さ依存性

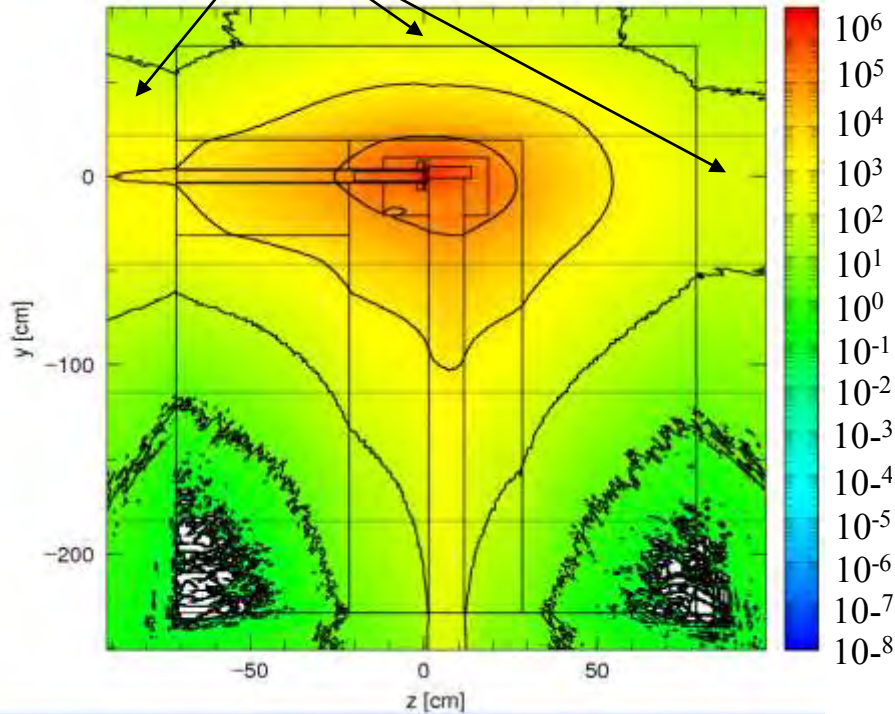


Shielding Calculation

ガンマ線中性子ともに同じくらいの遮蔽になっている

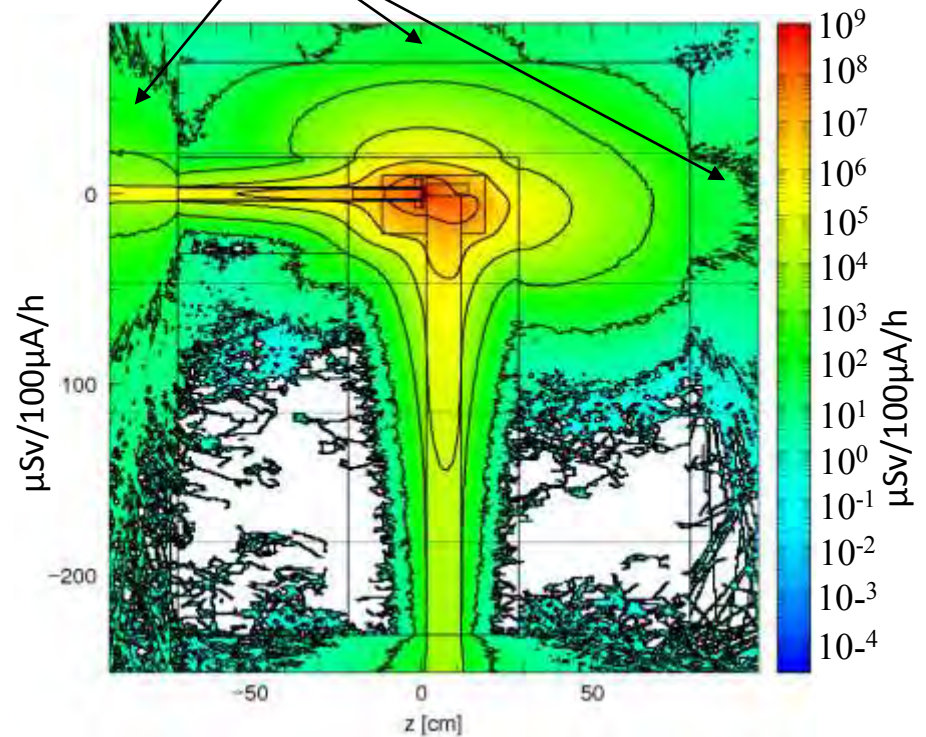
$\sim 10^3 \mu\text{Sv}/100\mu\text{A/h}$

Photon



$10^2 \sim 10^3 \mu\text{Sv}/100\mu\text{A/h}$

Neutron



TMR組み換え作業

全体がコンパクトなので、ターゲット周辺の
改造作業は2-3日でできる



中性子発生Beターゲット

詳細は次の山形の発表で??

入射陽子がBe箔内で停止すると、水素脆化が発生してBe箔が破壊される

- ・Be箔を薄くして陽子ビームがBeで止まらないようにする
- ・バックングに水素拡散性の高い材料を使う
- ・バックングの材質には放射化し難い材料を選択する(KUANSは中性子強度が弱い)
- ・Beとバックングを接着する手法も開発しないといけない:現状は銀蠟付け

Be箔とNbバックング



Nbバックングの背面はアルミ材の水冷用キャビティ



商用加速器を購入して利用しているので日常の運転は非常に容易

0. 加速器はNight Shutdown Mode (休止状態)で通常は維持されている

1. 始動前に冷却水、真空などの点検 (5分程度)

2. RF電源のスイッチを入れRFの真空管を温める (20-30分)

真空管を温めている間にイオン源を起動

3. RF電源のHVスイッチを入れ、次にRFを発生させる

4. 「Beam on」スイッチを入れる

ビームはしばらく安定しないが、20分くらいで落ち着いてくる

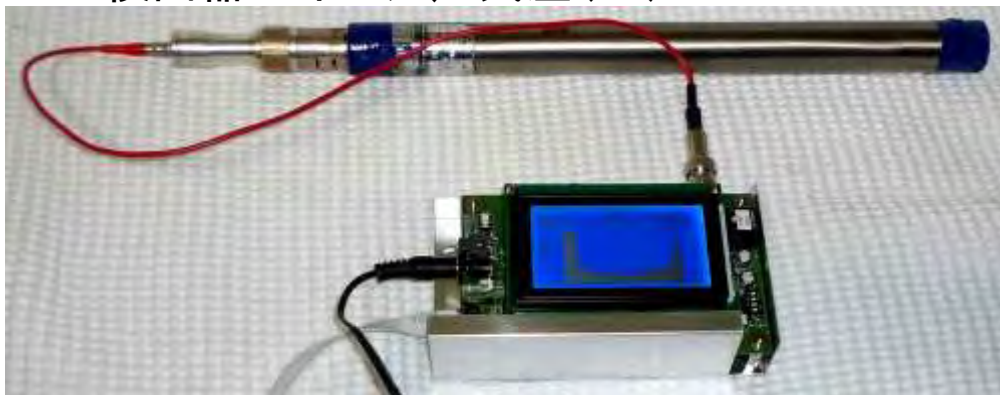
装置立上げには通常1時間以内。

朝、起動して夕方shutdownのサイクルで毎日運転する事を想定した装置

今後冷中性子源を稼働させると、この冷却の方が準備に時間がかかる

テスト測定で使用した検出器

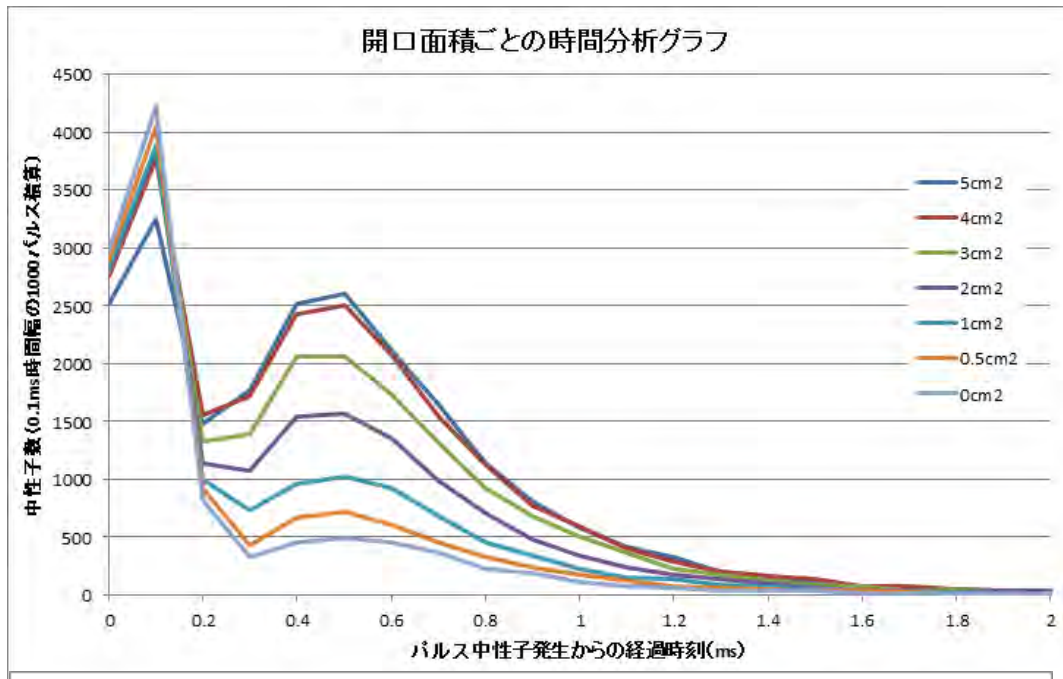
3He検出器: 1インチ、4気圧(?)



リチウムガラス検出器 (LiMモニター) : 2.5x2.5x1mmのLiガラスシンチ + MPPC

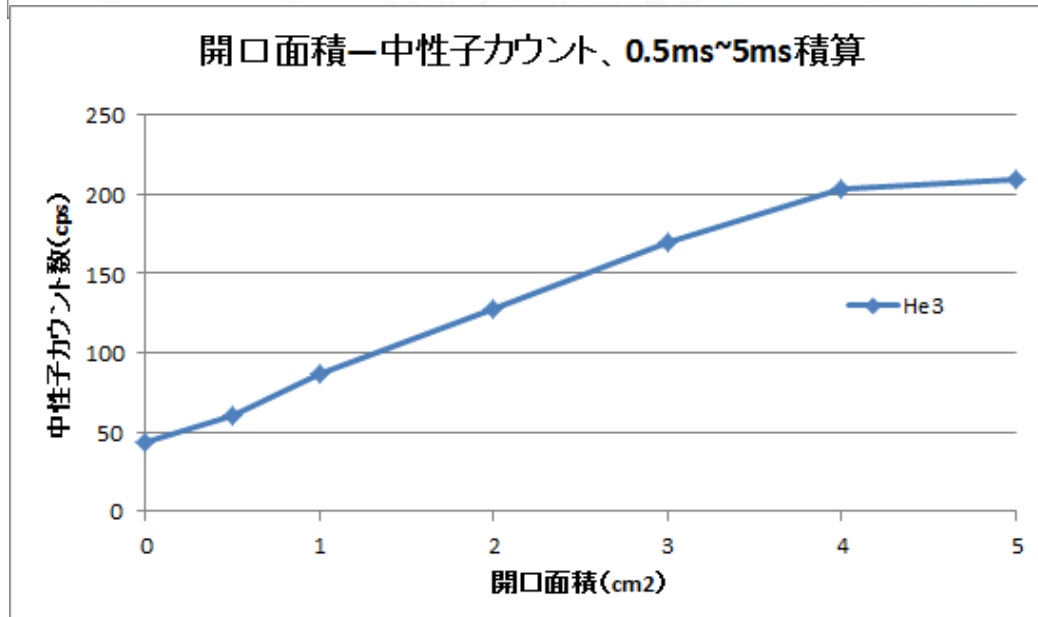


3He検出器でスリットの開口面積(検出器の有効面積)を変化させて測定



中性子発生ターゲットから検出器までの距離は1.3mのため、 $1.3/2200 = 0.6\text{msec}$ 程度で中性子が飛んでくる

面積をゼロにしても数える
→ 周辺からの回り込み



4cm²程度まで直線状の計数率
→ これ以上で数え落としあり

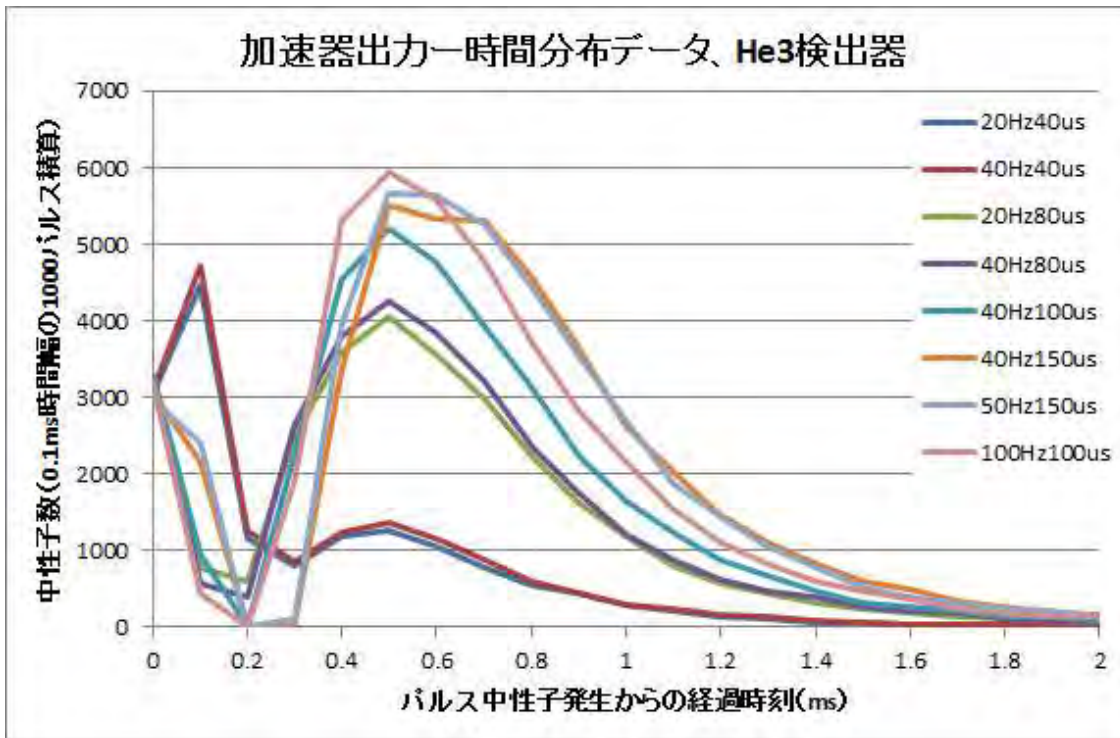
Cdのスリットを使っているため、Cd起源のガンマ線の影響があるハズ

加速器のビームパルス条件を変えて測定

ビーム強度 = 「ピーク電流」 × 「繰り返し周波数」 × 「ビーム時間幅」

ピーク電流は理想的には10mAで一定 → 実際にはまだ不安定で
 オシロの画像を見ると、ビーム時間幅に応じて変動
 測定は1000パルスの積分量なので、繰り返し周波数には影響しない

ビーム時間幅を長くするとTOFは遅延してくる



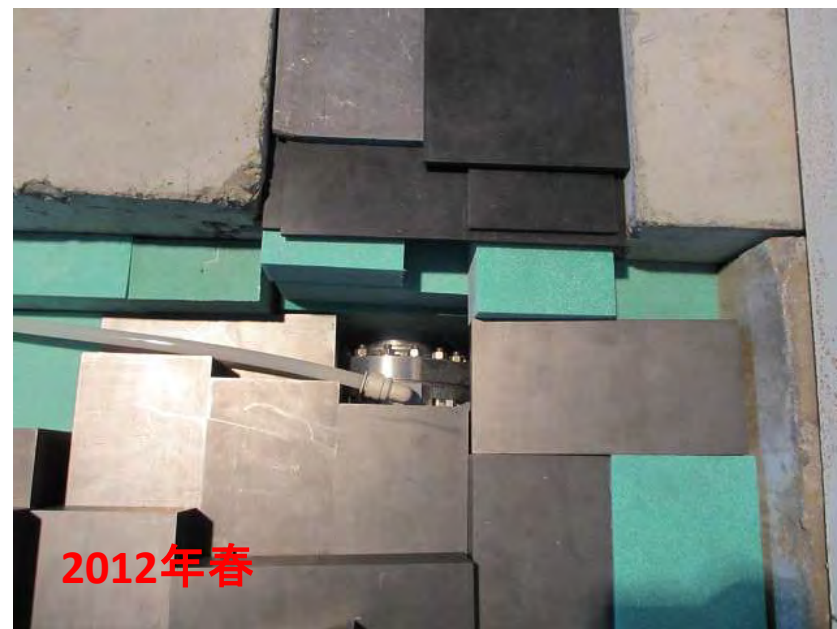
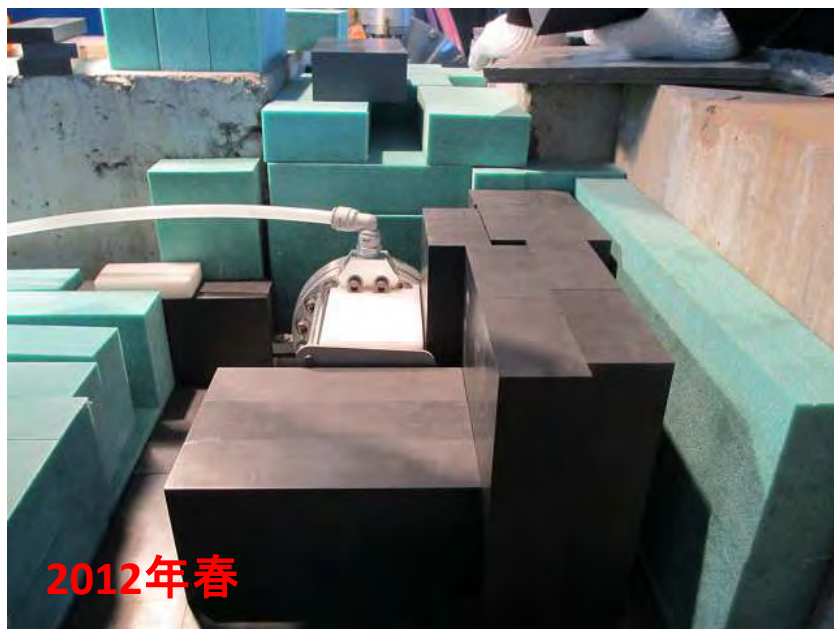
平均中性子強度：
 3.3 kcps/cm²/秒
 (@31μA、1.3m位置)

2012年末に反射材の組変作業を行う

作業内容

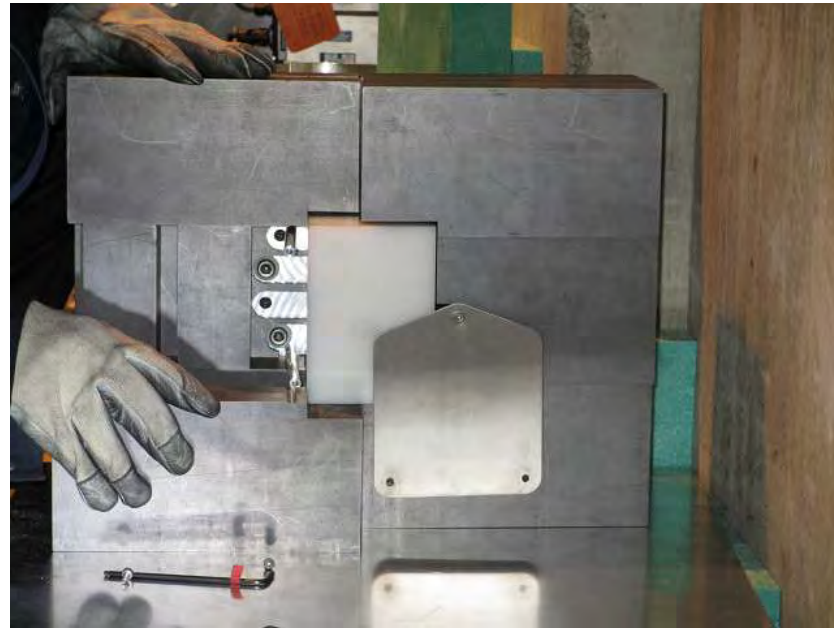
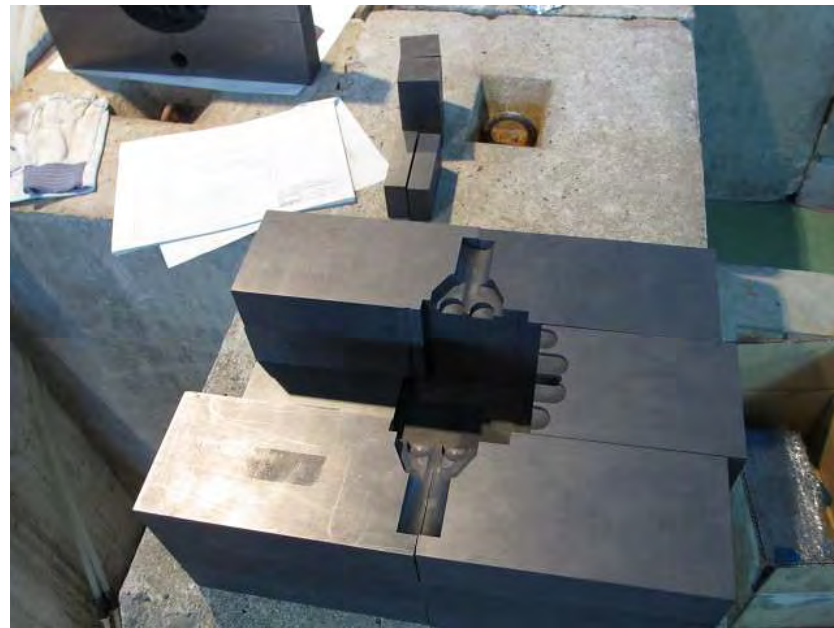
2012年春に組み上げた中性子発生ターゲットは反射材の加工が間に合わず減速材と反射材間の空隙が多かった。そこで今回、減速材の形状に合わせて反射材の加工を行い、組み込むこととした。

またこれに合わせて、NbバックリングBeターゲットの現状確認、ターゲットの絶縁化作業も併せて行った。



前回はグラファイトを加工しなかったために隙間ができた

今回、ターゲットモデレーターの形状に合わせてグラフィットを加工した

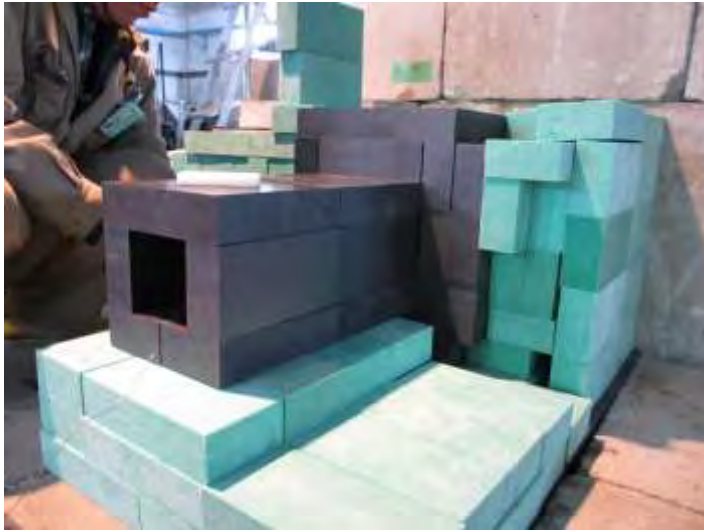


ターゲットモデレーターと反射材はかなり接近して組上げることができた



反射材は中性子ビームライン側に50cm伸ばす

BPE(ホウ素ポリエチ)積み上げ終了



コンクリブロック設置

まとめ

京都大学小型中性子源KUANSは平成22年度末に設置されて以来、調整を続けている。

- ・ [3.5MeV、100μAの陽子加速器は扱いも簡単で順調に動作している](#)
- ・ Beターゲットを設置し中性子の発生は確認している
 - TOF測定により熱中性子のTOFスペクトル確認
 - 測定された中性子強度はシミュレーション結果よりも低い
 - 反射材の隙間等が原因と考えられるので、組換作業を行った
- ・ 京大スタッフを中心にJCANSメンバーが協力して改良を行っているが理研プロジェクトが並行して活動していることもあり、人手不足
反射材組換作業後の測定はこれから行う
- ・ 中性子発生強度 10^{11} n/secは、ユーザー利用の実験を行うには弱い強度であるが、中性子検出器をはじめとするデバイス開発には充分利用可能な強度
J-PARC等の実験前の予備測定や、学生の教育用には利用価値が高いと思われる
- ・ 陽子エネルギーが低いので発生放射線も少なく、比較的小さな遮蔽体で遮蔽できる
遮蔽体が小さいので、ターゲット周辺へのアクセスが容易であり、実験毎にモデレーターの組み換えをするなども可能になる
- ・ 精密測定ではない、別の目的のための装置として有効利用していきたい
 - 弱強度でのイメージング@理研G
 - 弱強度での小中角散乱@北大G