



Migdal効果検出に向けた 中性子ビームライン調査

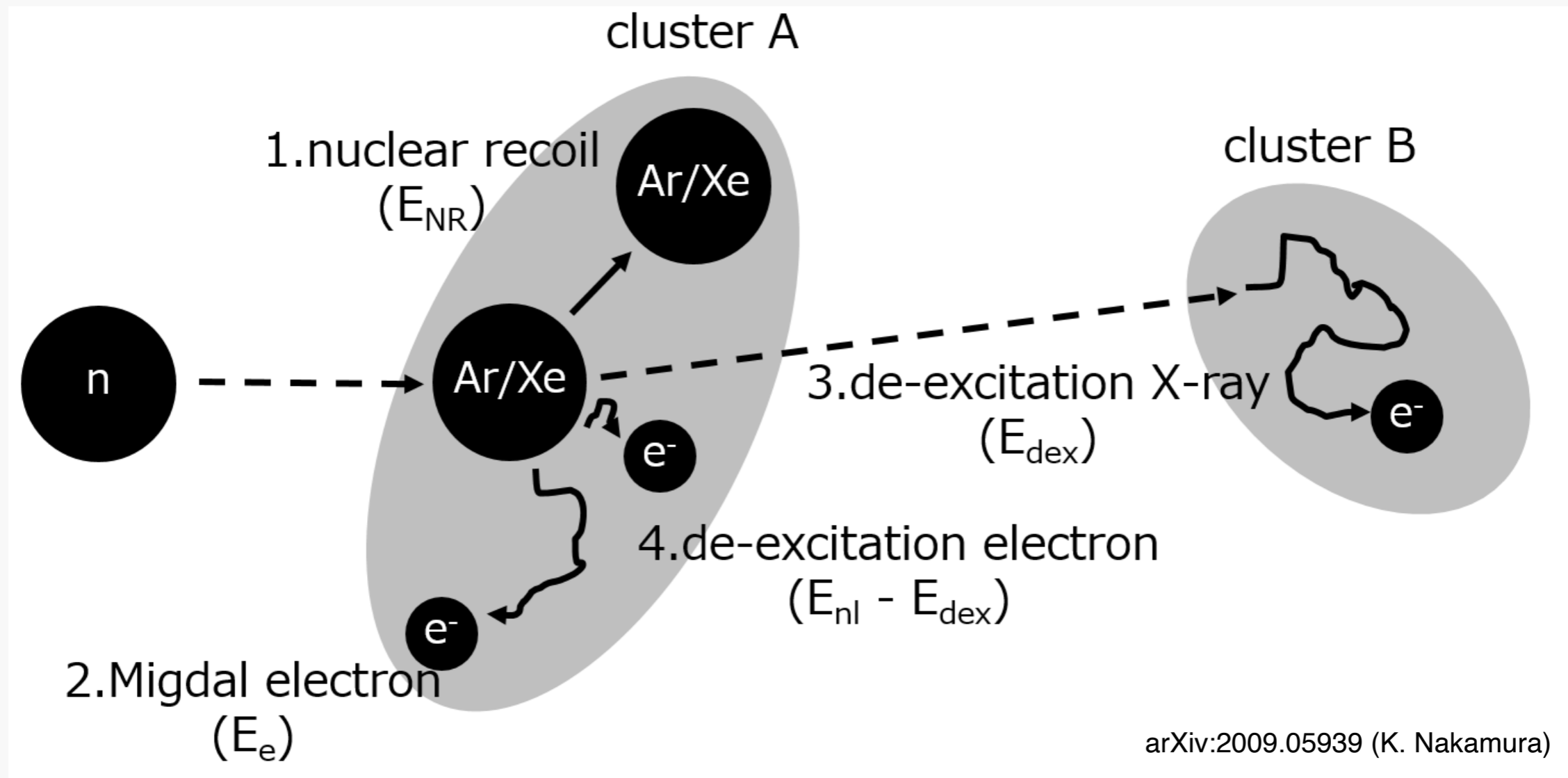
東野 聡

身内 賢太郎、水越 慧太、島田 拓弥

神戸大学

2020 / 12 / 9

イントロダクション: 戦略確認



- ガス検出器に中性子を入射して2クラスター見る
 - ➔ 大量の中性子を低バックグラウンドの環境で照射したい
 - ➔ よさげな中性子ビーム施設があるか調査することにした

ビームのエネルギー

- (ある程度)単色スペクトルの中性子ビームがほしい



断面積の観点からすると...

$$\frac{d\sigma}{dE_{\text{NR}}} \propto q_e^2 = \frac{2m_e^2 E_{\text{NR}}}{m_N}$$

反跳エネルギー
原子核質量

検出器が許す限り

反跳エネルギーを大きくしたい



$$E_{\text{NR}}^{\text{max}} = \frac{4m_n m_N}{(m_n + m_N)^2} E_n$$

10 cm³ の検出器だと O(1 ~ 10) cm
の反跳をする中性子を選べば良い

検出器 (物質) ごとによさげな中性子エネルギー

- 中村さんの論文 (arXiv:2009.05939) で使用している物質を例に中性子エネルギーを考えてみた

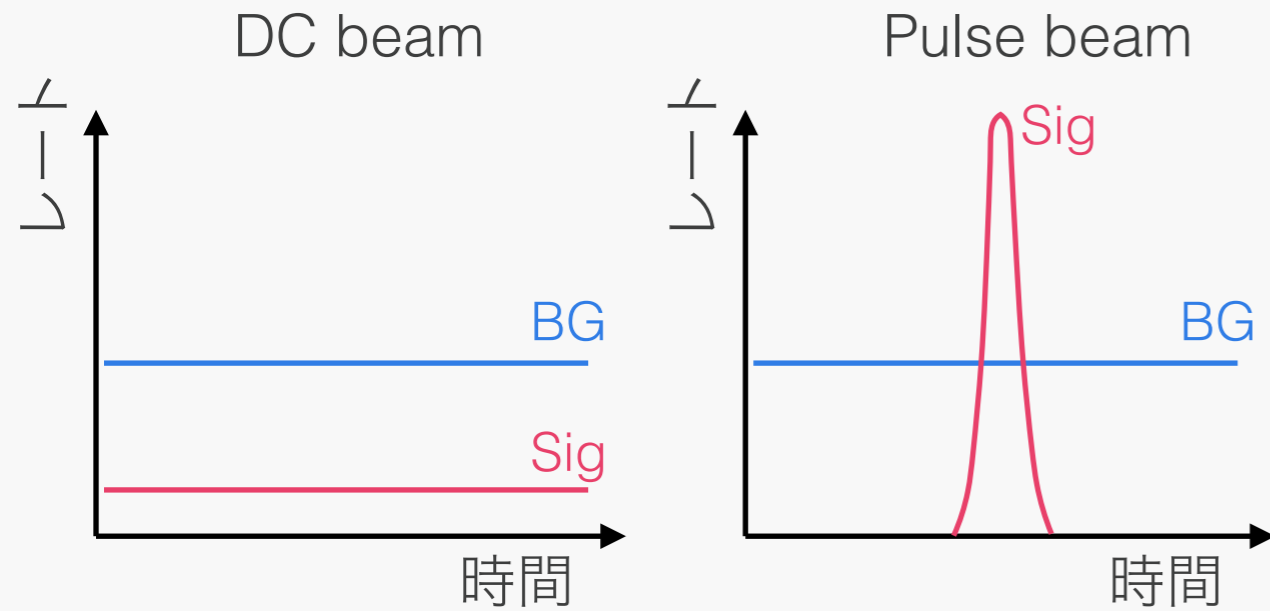
→ 検出器が10 cm³であると仮定すると、それ以下の飛跡であってほしい

	Ar gas [1.0 atm]	Xe gas [8.0 atm]	
原子核質量 [GeV]	40	131	
密度 [g/cm ³]	1.8×10^{-3}	1.8×10^{-2}	ここまでは物質の性質
反跳飛跡の長さ [cm]	10	10	スタートラインとしてこれを要求
反跳エネルギー [keV]	77	5000	
中性子エネルギー [keV]	770	15000	

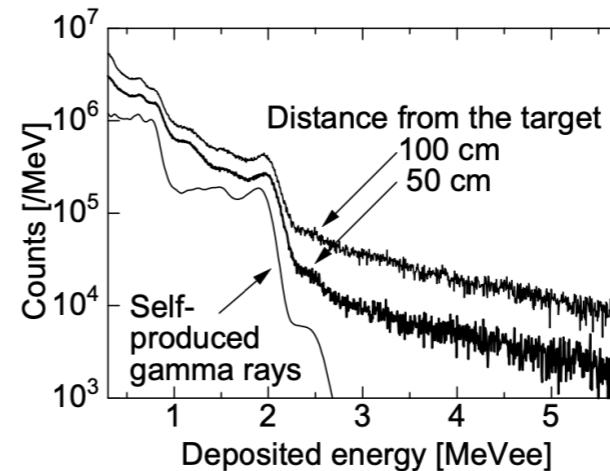
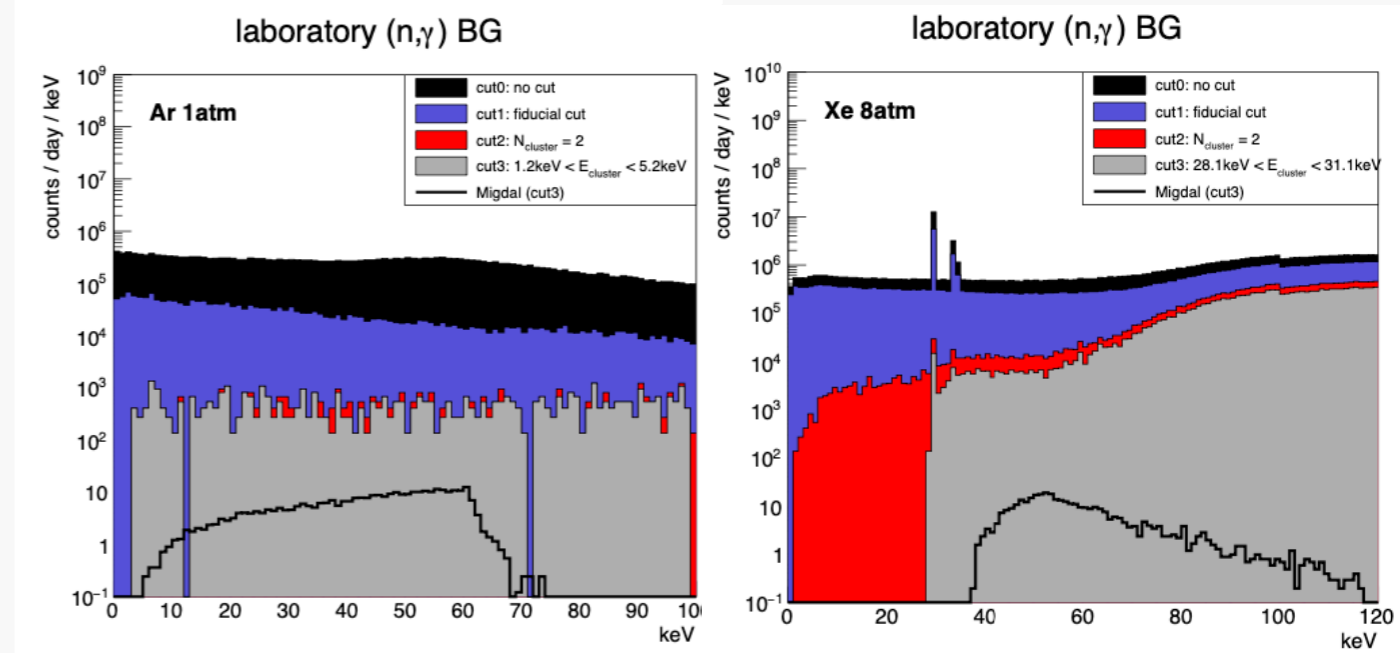
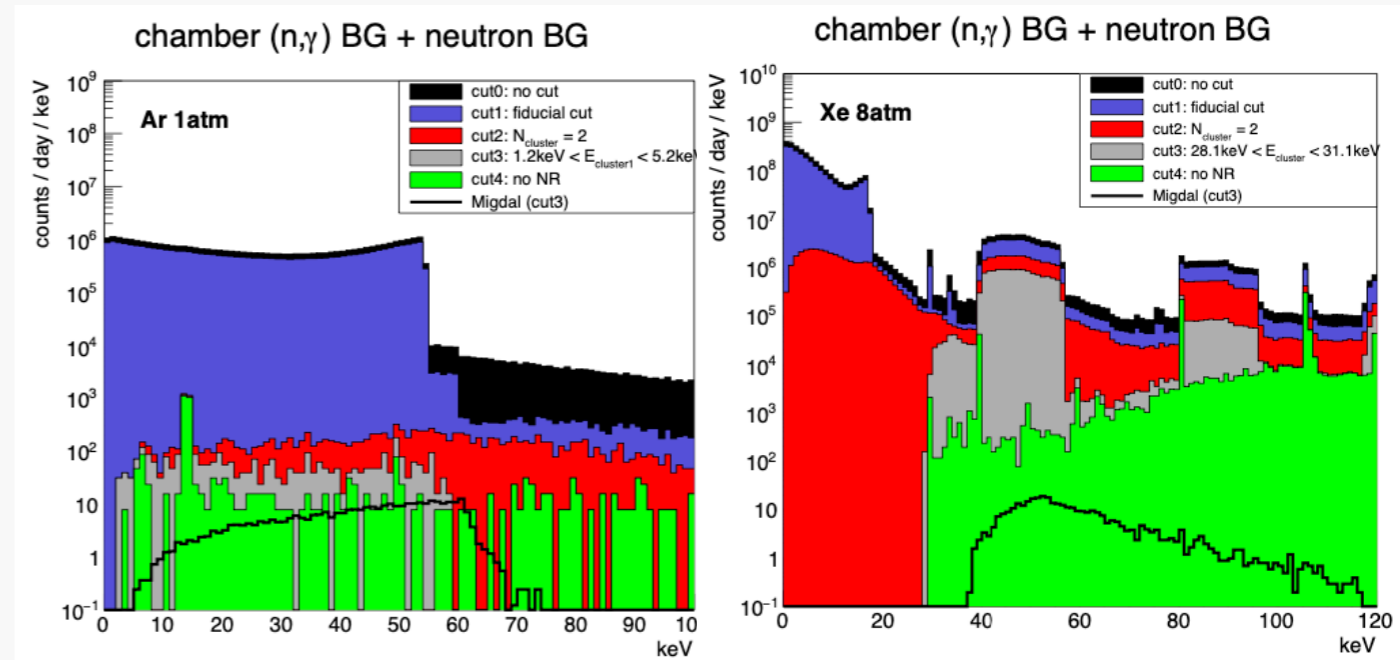
バックグラウンド

- 実験室由来のガンマが支配的
 - ➔ パルスビームで減るはず
 - ➔ 真に中性子由来のBG削減は困難

▶ アイデアはあるが一旦省略



ビームがきたタイミング
だけ見ればOK!



注意：ターゲット
由来の γ BGもある

Migdal検出に向けた中性子ビームライン調査

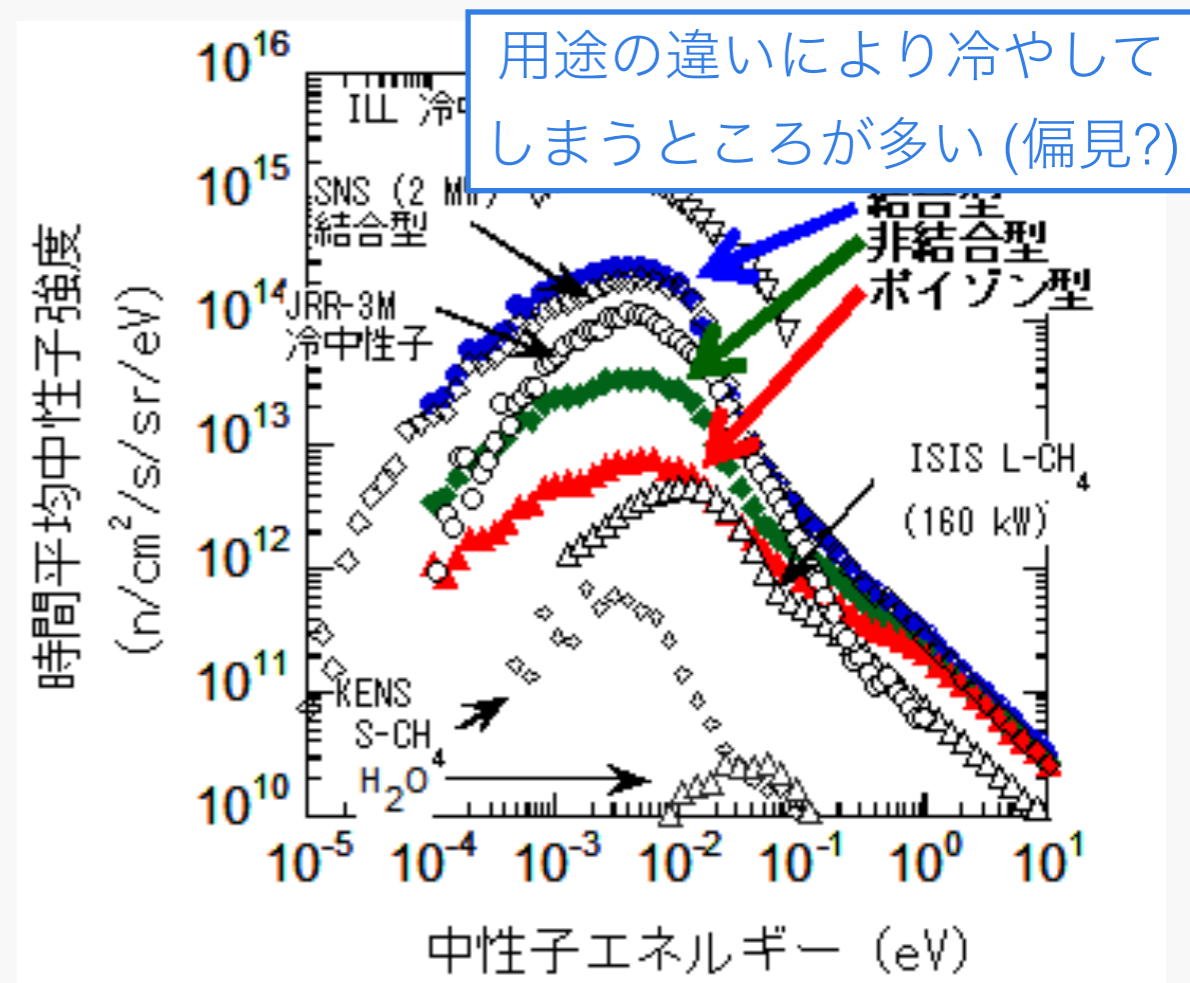
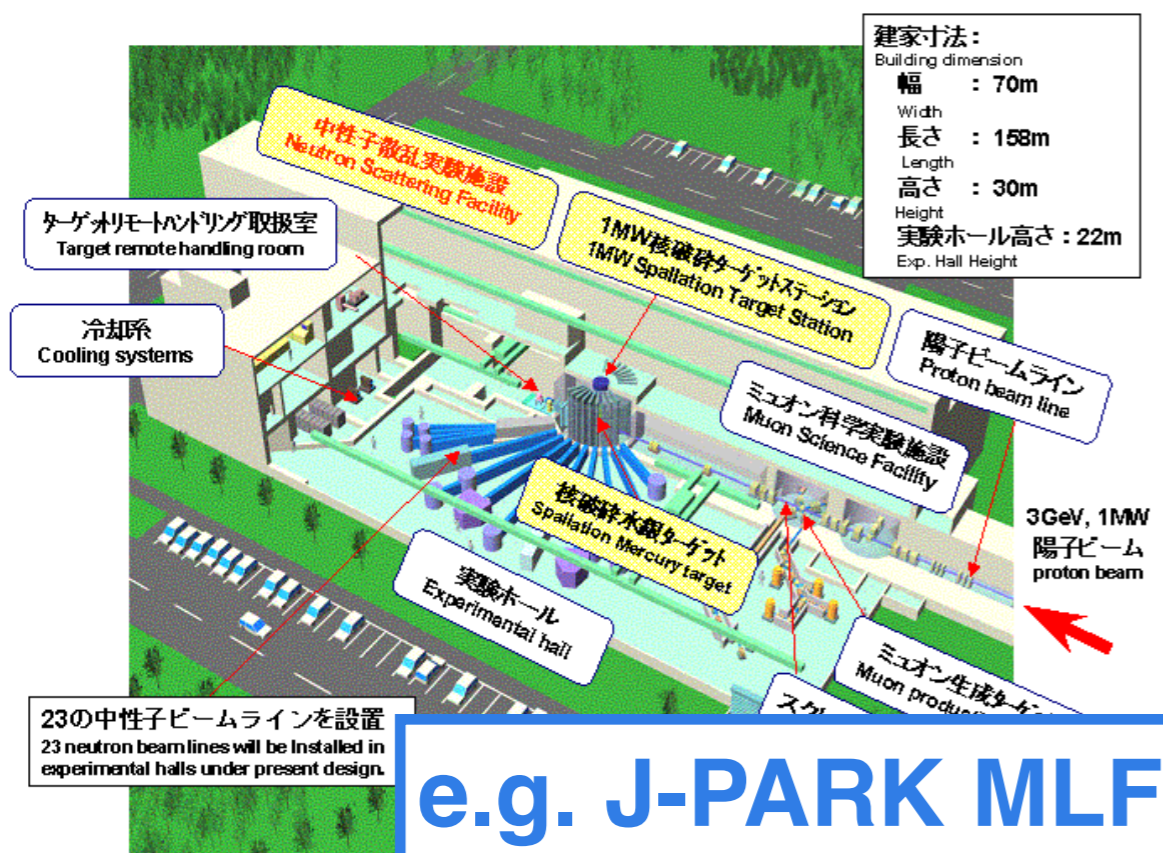
- 理想的には...

- O(100) keV 以上の単色スペクトル中性子

- パルスビーム

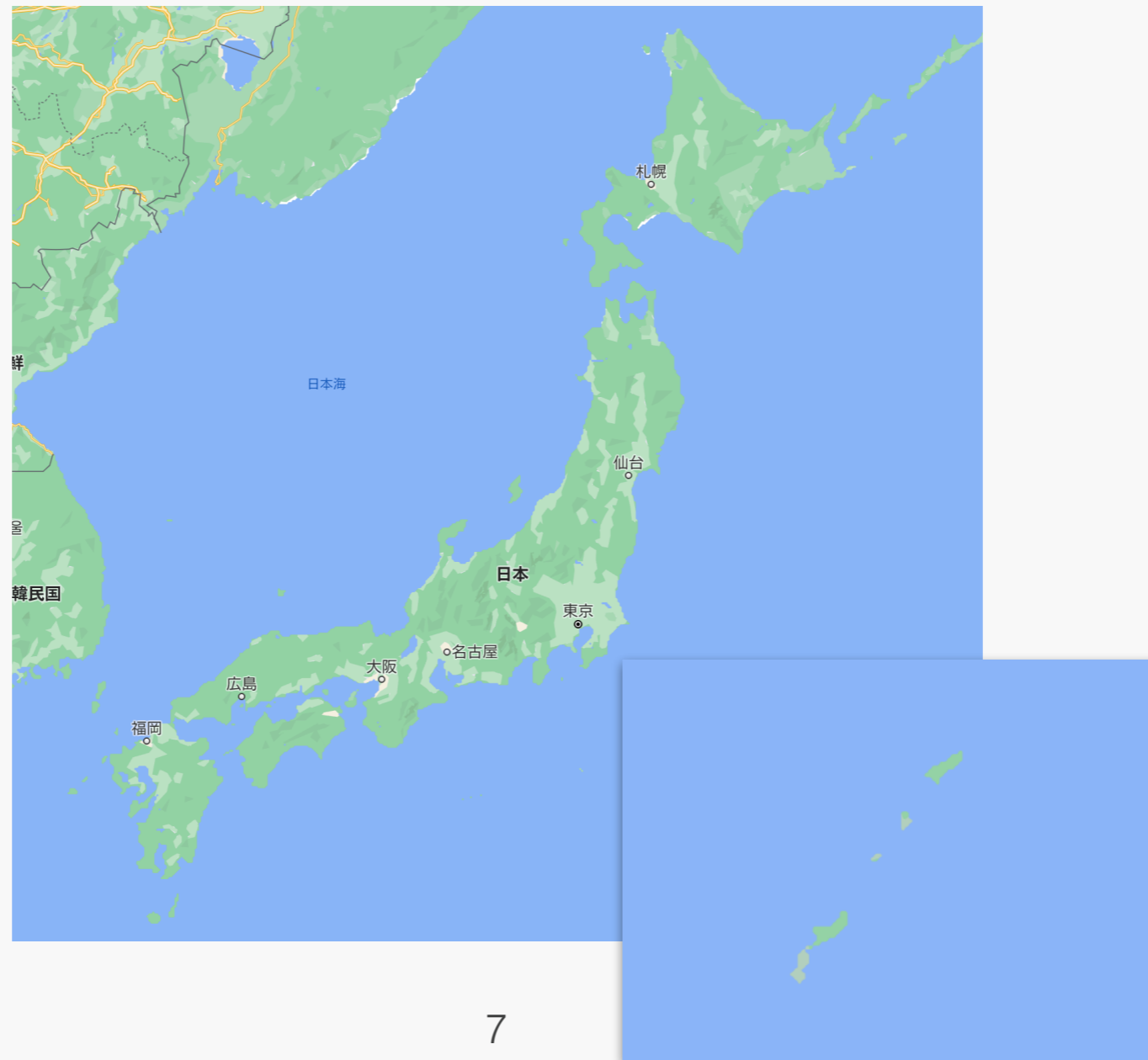
そのようなビームは簡単に見つからない...

物質・生命科学実験施設 (中性子散乱 / ミュオン科学実験施設)
Material and Life Science Experimental Facility (Neutron Scattering / Muon Science Facility)



ビームライン探し

- エネルギーを優先、パルスビーム以外もピックアップ
 - ➔ 低BG環境であれば問題はないはず



ビームライン探し

- エネルギーを優先、パルスビーム以外もピックアップ
 - ➔ 低BG環境であれば問題はないはず



KEK : DT ジェネレータ

**産総研 : 20 MeV
までのビーム (DC)**

京大 : KUANS

O(100) keV? パルスビーム

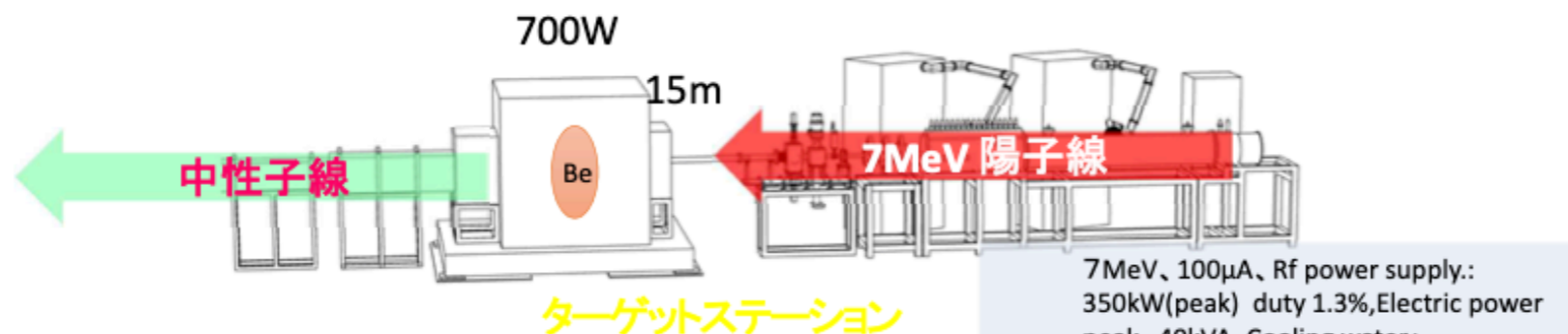
**理研 : RANS/RANS-II
5 / 0.7 MeV パルスビーム**

理研：RANS / RANS-II

- RFQ加速器を用いたパルスビーム
- https://www.riken.jp/press/2019/20191118_4/index.html

理研の小型パルス中性子源システム RANS

RANS-RIKEN Accelerator-driven compact Neutron Source-700W 2013年1月 発生

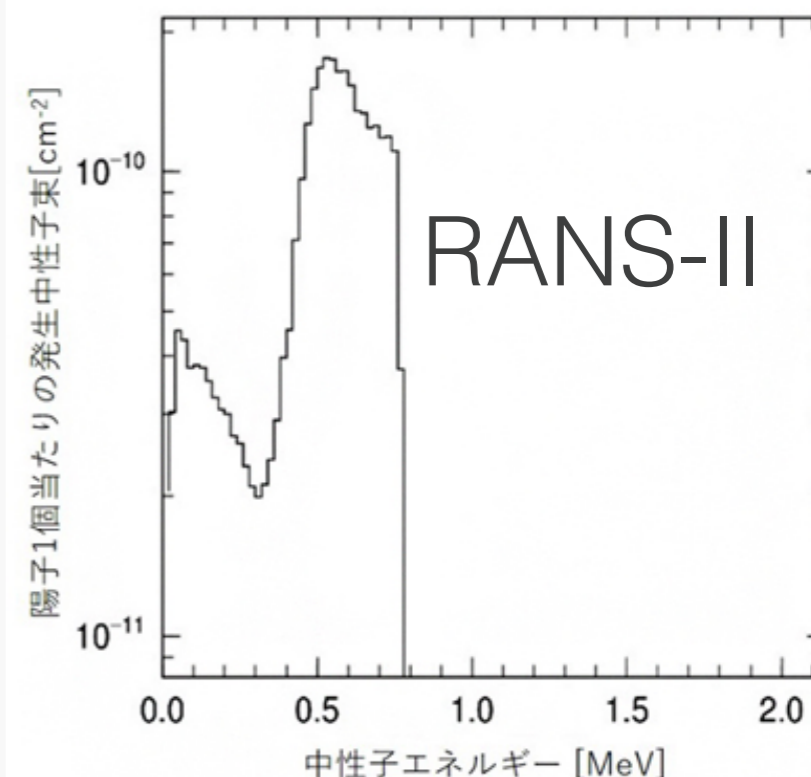
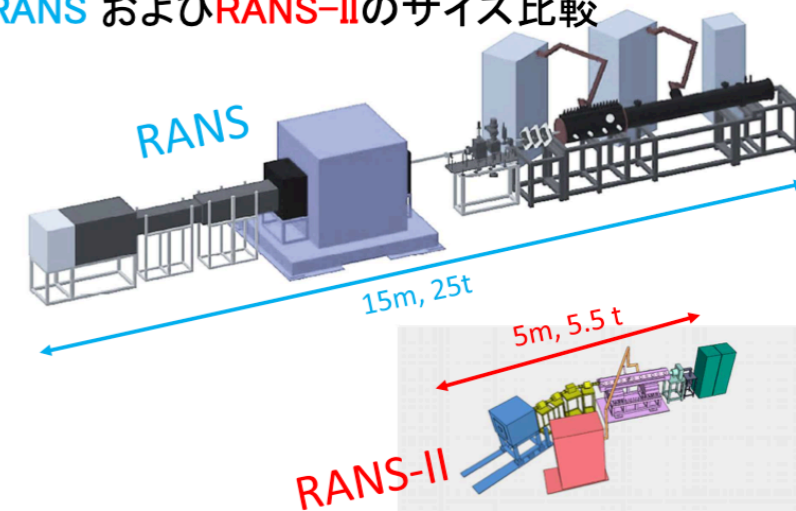


7 MeV, 100 μA, Rf power supply: 350 kW (peak) duty 1.3%, Electric power peak 40 kVA, Cooling water: 75 L/min, pulse width (30 ~ 200 μs) repetition frequency ~ 20 ~ 180 Hz, RF power 425 MHz, Injection energy 0.030-3.5 MeV

- 陽子線線形加速器 (インフラを視野に)
 - Be(p,n)B Be長寿命ターゲット (Dr. Ymagata)
 - **7 MeV**
 - **100 μA** 平均最高電流
 - **10 μs - 180 μs** パルス幅
 - **20 - 180 Hz** 繰り返し周波数 (小型は高繰り返し可能)
- ➔
発生中性子数
 10^{12} s^{-1} @ Be

➤ 短pulse -> 中性子回折による金属組織観察 (残留応力へ) : 高分解能
➤ 長 pulse -> イメージング, 小角散乱

RANS および RANS-II のサイズ比較



京大：KUANS

- 理研同様 ^9Be ターゲット
 - ➔ 最大1.6 MeVくらいはエネルギーありそう
- こちらもパルスビーム、パルス幅や周期などは不明
- <http://phi.phys.nagoya-u.ac.jp/JCANS/kuans-j.html>
 - ➔ 写真を見た感じだとちょっとモノが多い。そもそもチェンバー置かせてもらえるか？

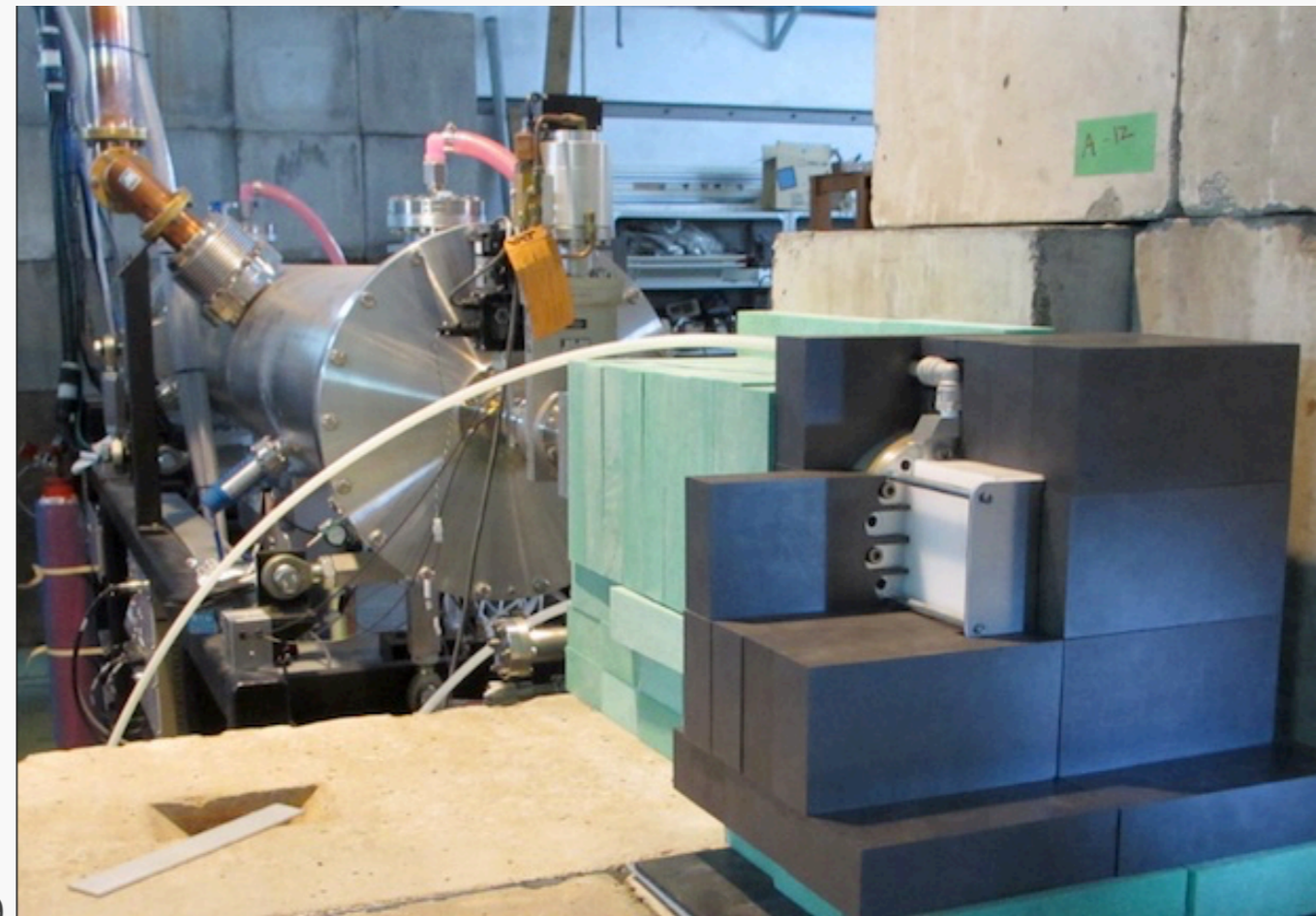
KUANS
Kyoto University Accelerator-driven Neutron Source

KUANS 京都大学加速器中性子源

KUANS (クアnz) は、京都大学で稼働中の加速器中性子源です。

諸元

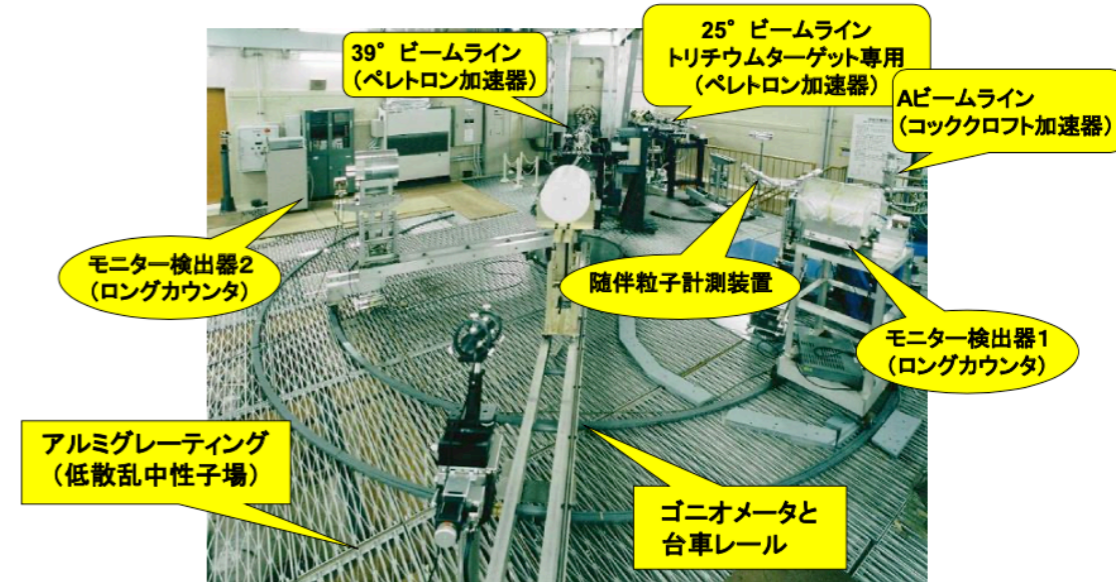
加速器	陽子線形加速器
加速粒子	陽子
最大加速エネルギー	3.5 MeV
平均電流 (仕様上最大値)	100 μA
平均運転電流	30 μA
陽子パルス幅	$\sim 50 \mu\text{s}$
中性子発生ターゲット	ベリリウム
発生中性子エネルギー	keV \sim 熱
発生中性子強度	$\sim 10^{11}$ n/s
熱中性子強度	10^3 n/cm ² /s (飛行距離2m) L/D < 20



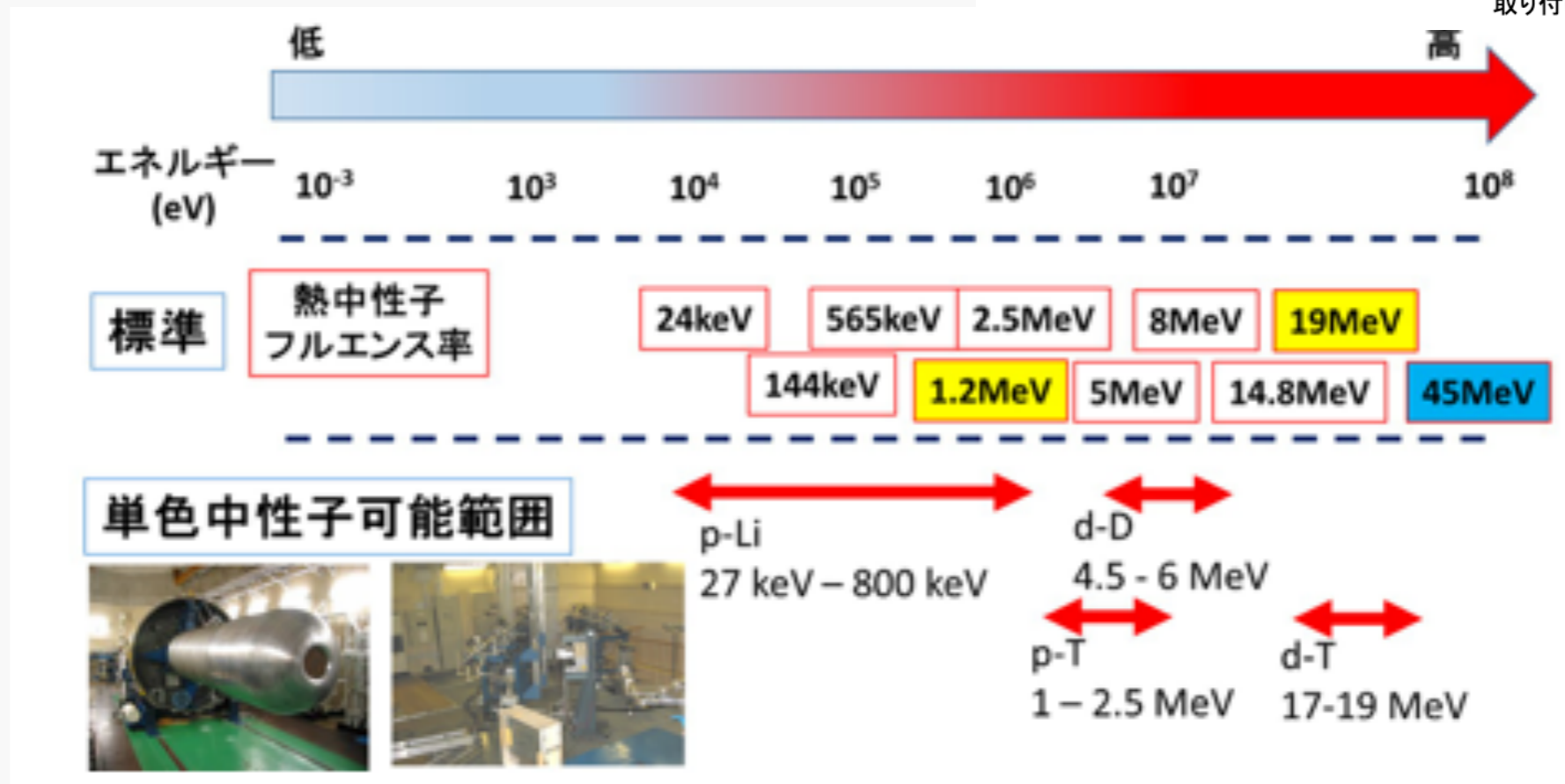
産総研

- いろいろなビーム源 (すべてDC)
- 過去にNEWAGEグループがビームテスト実施した経験あり
 - ➔ 島田氏(神戸大)が解析、午後には発表

中性子実験室

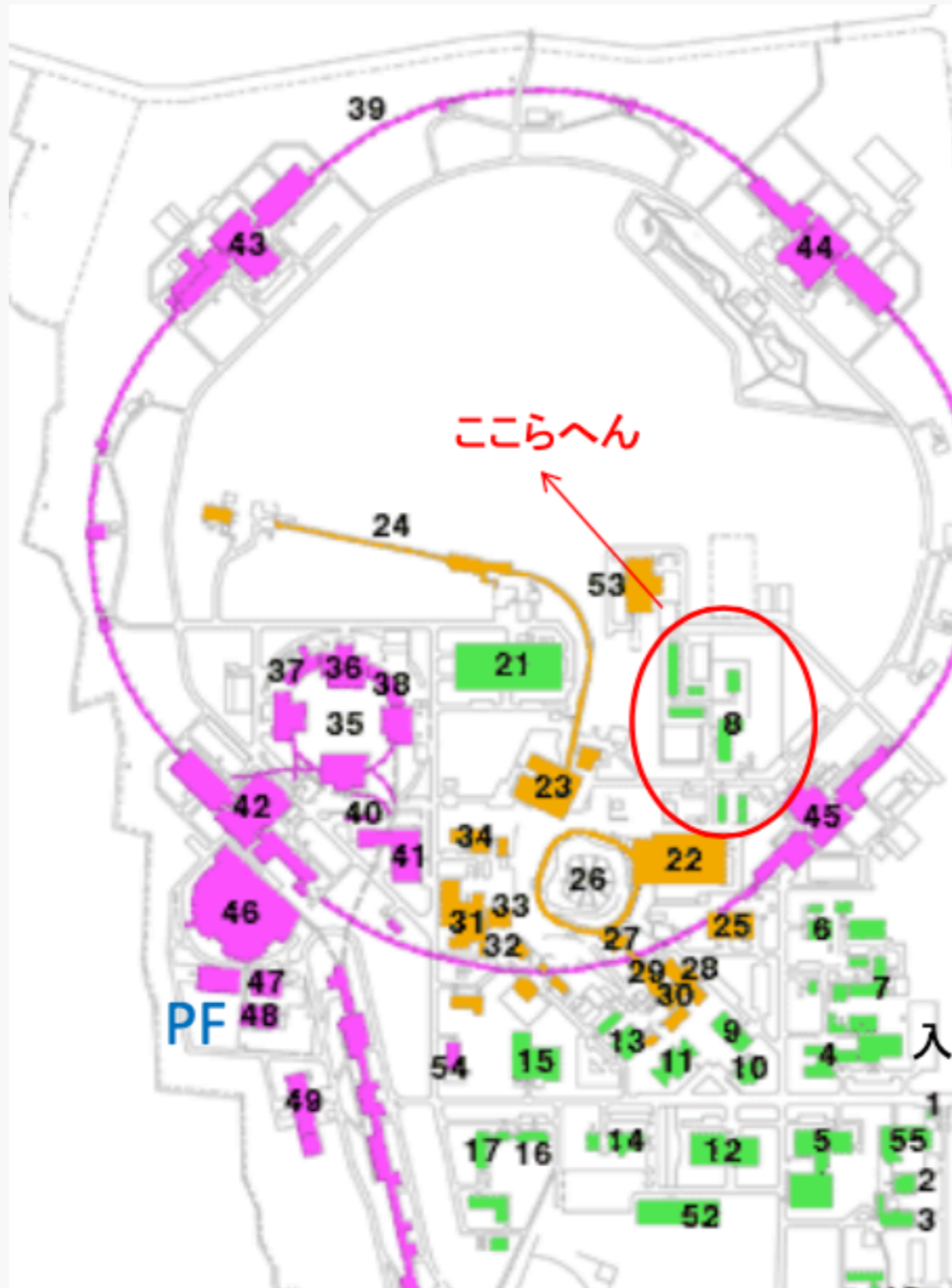


その他、設置アライメント用のレーザーが取り付けられている



KEK

- DTジェネレータ (17.6 MeV 単色DC)



モノは少ないので低BG?
一番手軽なところではある(私見)



まとめ

• 情報求む！

➡ 理研のRANS / RANS-II、京大のKUANSのパルスビーム

▶ これらは外部の人間が使えるものなのか？

▶ 誰に相談したらよいか？

➡ 国内の他のビームライン

▶ 加速器屋さんにも相談→知り合いのツテを辿ってみる

➡ 国外にもチャンスはある？

議論

- どう実験をプロポーズしていくか
 - ➔ まず加速器ありきでセットアップを考えるのもアリだと思う
 - ▶ 数MeVのパルス中性子ビームがありそう
 - ガスに何を选ぶか、圧力は？などなどを考えていく
- DCの場合どれだけBGがひどいか
- ビームエネルギーとBGの関係は？
 - ➔ 島田氏(神戸大)による解析報告あり。このあとすぐ