

# D01班報告： 極低放射能技術開発

代表者: 南野彰宏 (横国大)

分担者: 田中雅士 (早稻田)

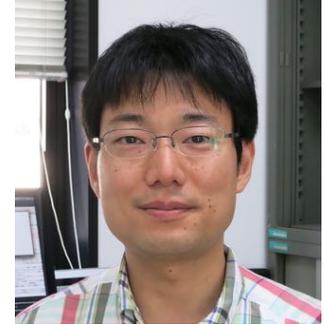
池田一得 (ICRR)

竹田敦 (ICRR)

岩田圭弘 (東大)

伊藤主税 (JAEA)

市村晃一 (東北大)



新学術「地下宇宙」領域研究会・第6回極低放射能技術研究会

2020年6月3日 @ Zoom

# 目次

- D01班の研究概要
- 高純度ゲルマニウム検出器によるスクリーニング
- 硫酸Gd水中のラドン除去と水中ラドン測定
- 環境中性子測定
- レーザー共鳴イオン化
- データベース
- まとめ

# D01班の研究概要

# D01班のミッション

- 地下実験の**共通バックグラウンド**を、グループの垣根を超えて連携し、早期に**測定・削減**する。
- そして、その技術を**共通基盤化**する。
- さらに、その成果を**世界に発信**する。

[D01]

極低放射能技術の最先端宇宙素粒子研究への応用

国内外のコミュニティー

# 低BG技術の共通基盤化を国際連携で推進！

↑ 情報発信

データベース

・市村

↑ 測定結果

低BG材料の選定

中性子BG

- ・ 南野
- ・ 田中
- ・ 小津 (M2)
- ・ 佐々木 (M2)

ラドン測定・除去

- ・ 池田
- ・ 竹田

レーザー共鳴イオン化

- ・ 岩田
- ・ 伊藤
- ・ 山田 (協力)

スクリーニングシステム

- ・ 市村
- ・ 南野

連携

測定技術

新アイデア

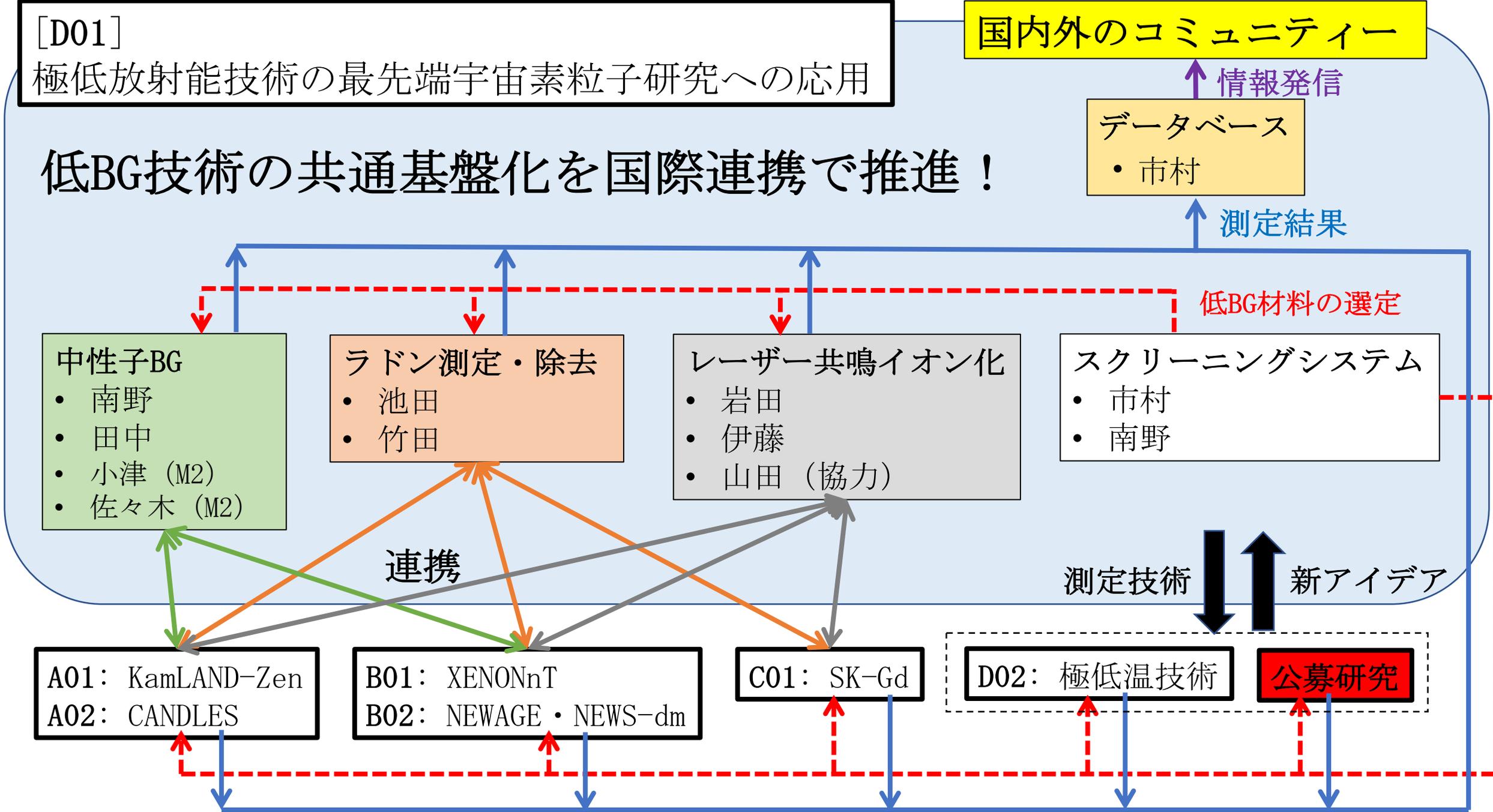
A01: KamLAND-Zen  
A02: CANDLES

B01: XENONnT  
B02: NEWAGE・NEWS-dm

C01: SK-Gd

D02: 極低温技術

公募研究



# D01班関連の公募研究

- 「極低放射能測定における  $\mu$ -TPC を用いたアルファ線イメージ分析装置の開発」：伊藤 博士さん(東京大学)
  - B02班研究からスピンオフ
- 「落雷磁場を利用した神岡地下水分量の長期観測」：鷺見 貴生さん(国立天文台)

# 各プロジェクトの数値目標

- 高純度ゲルマニウム検出器によるスクリーニング
  - 世界一の低BG: 連続成分が $O(10)$  counts/day/kg(Ge重さ)
- 水中のラドン測定
  - **高感度**(1週間):  $0.1$  mBq/m<sup>3</sup>
  - **リアルタイム**(1日):  $0.5$  mBq/m<sup>3</sup>
- 地下環境中性子測定
  - 液体シンチレーター検出器の  $\alpha$  線BGを $1/100$ 以下に低減。
- レーザー共鳴イオン化
  - Xe中のKr 測定:  $O(10)$  ppqレベル

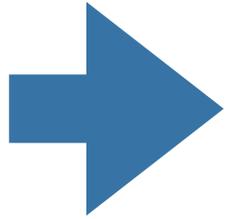
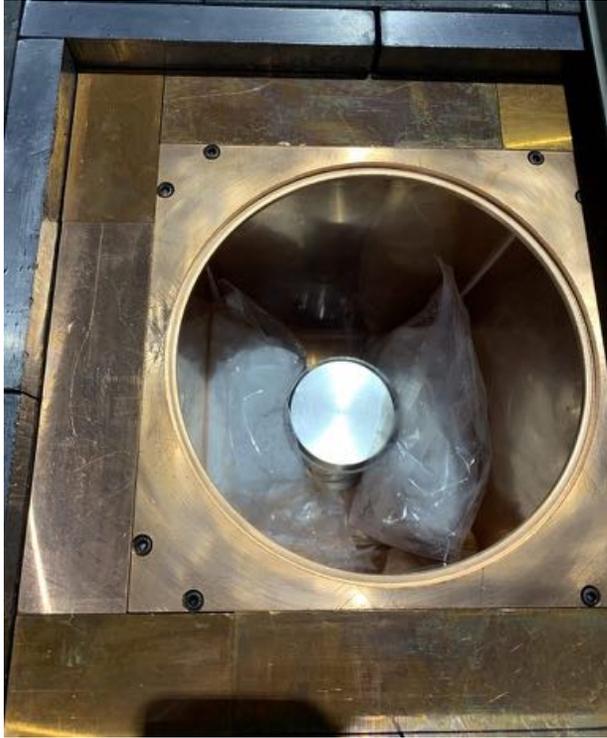
# 高純度ゲルマニウム検出器に よるスクリーニング

詳細は6/4(木) 11:00～の市村さんのtalk

# HPGeによるスクリーニング

感度の向上

ディスク法を用いた  
226,228Raに特化した測定



- 硫酸ガドリニウムの直接測定: サンプルスペースを有効活用し、感度を~2倍に向上。
- 硫酸ガドリニウムの高感度測定: ラジウム濃縮ディスクを用いて、サンプル制作速度を3倍に向上。
- 予定: ディスク法の論文投稿と LabCのHPGeによるスクリーニングを継続(主に硫酸ガドリニウム)

# 新HPGe検出器導入

神岡LabCのGe検出器



- 2020年度末に新HPGe検出器を導入
- LabCのHPGeと同等性能（相対効率、分解能）
- BGレベルを改善
- 2021年度以降は、SK-Gd用硫酸ガドリニウムのスクリーニング速度が倍速（以上）に
- 新型コロナ収束後、設置場所のLabCで準備開始

# 硫酸Gd水中のRn除去

# 膜脱気(Rn除去)モジュールの改良

6インチ

10インチ

モジュール

モジュール

- モジュール内で膜を固定する接着剤と硫酸Gd溶液との相性：
  - ウレタン剤 : 溶出少ない
  - エポキシ剤 : 溶出多い (接液部に使用されている)
- 硫酸Gd溶液中の長期試験で耐久性を調べる。
- 接液部にウレタン剤を使用する。
  - 6インチモジュールで作成済→今後評価
- 大型10インチモジュールの検討
  - 6インチモジュールの倍以上の流量に対応
    - トータルコスト削減の可能性
  - エポキシ剤のみ (上のエポキシとは異なる)
  - 10インチ用エポキシ剤の評価 (Rn、溶出)

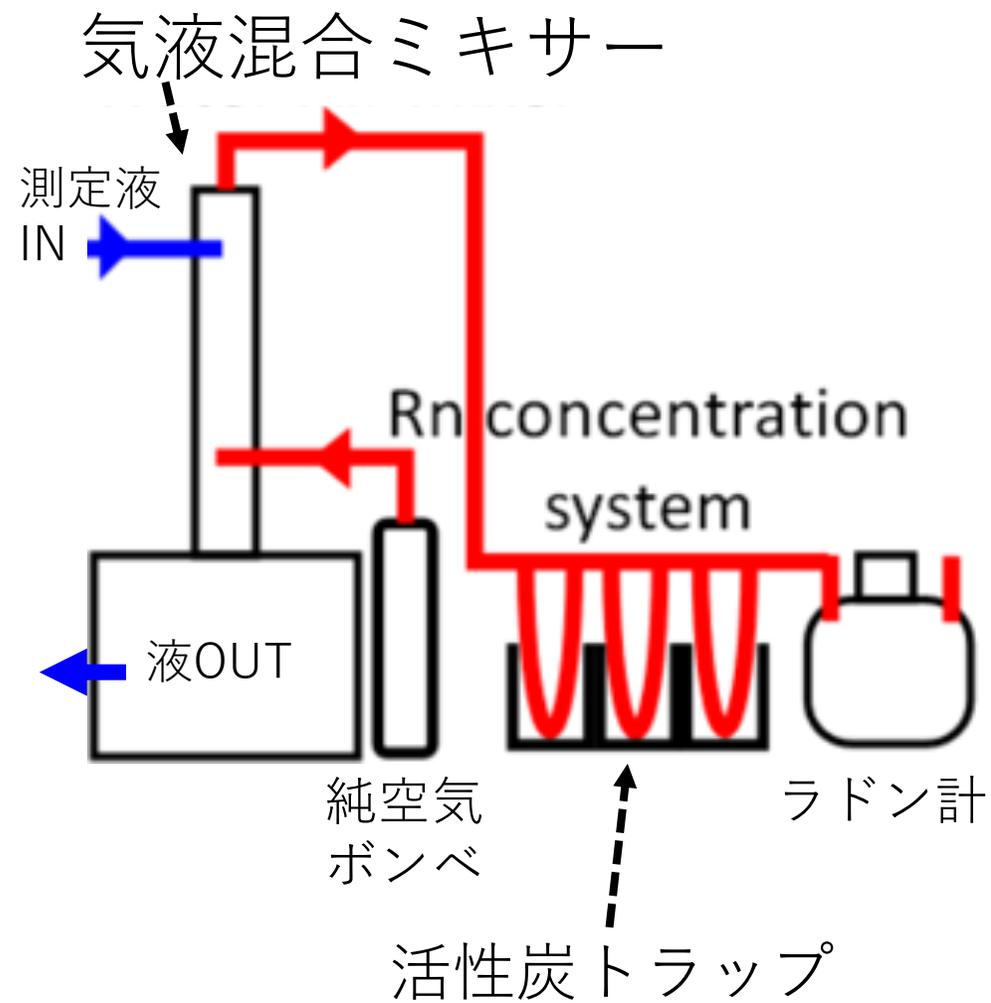


SKで使用中  
(60モジュール)

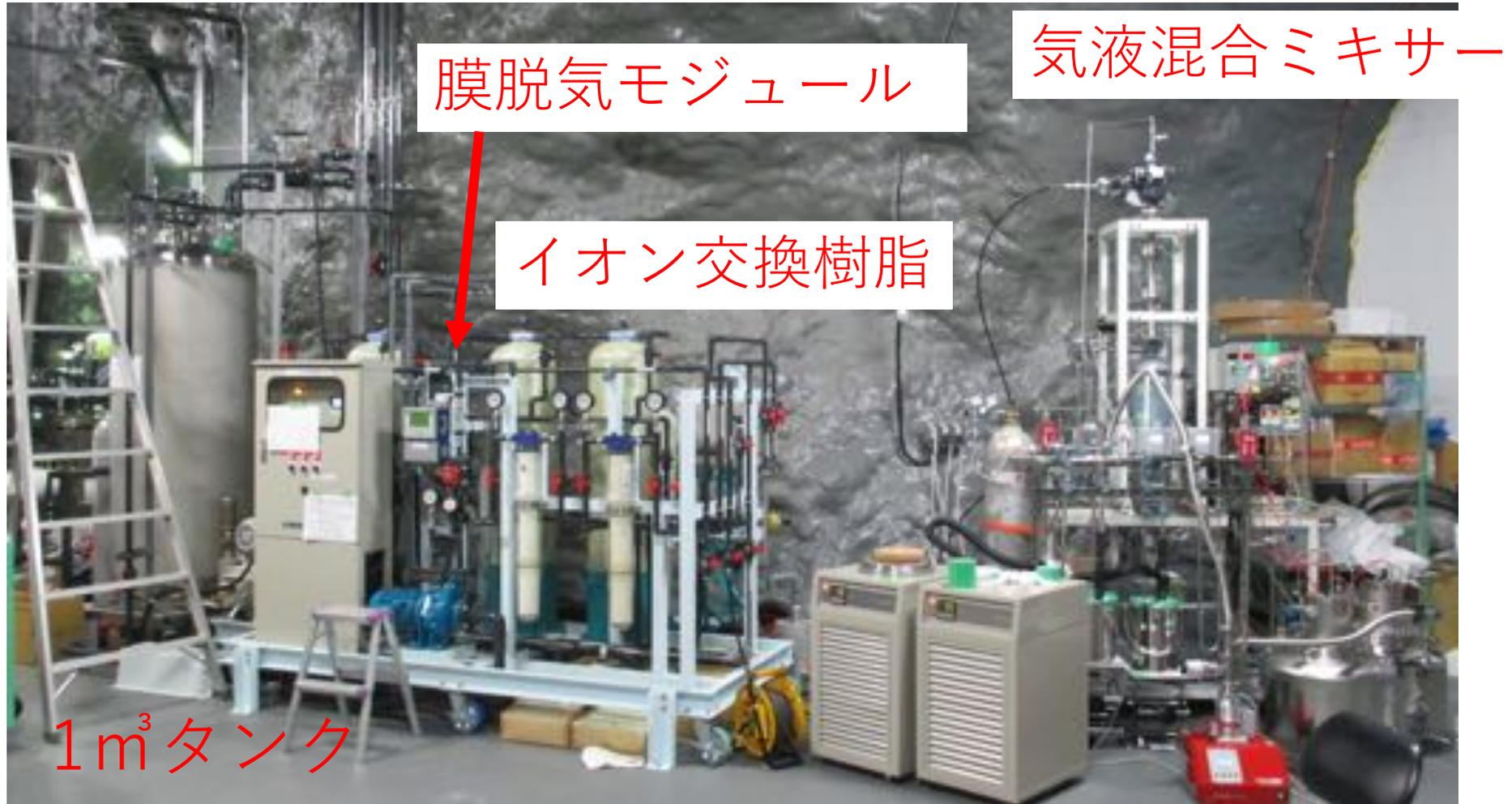
# 水中ラドン高感度測定 (濃縮工程の自動化)

# 濃縮ラドン測定セットアップの自動化

- 濃縮ラドン測定（液中ラドンの高感度測定）
  - 濃縮工程
    - 測定液体と純空気を効率よく接触させ、液中ラドンを空気に取り込み、空気中ラドンを冷却活性炭に吸着。
  - 脱離工程
    - 冷却活性炭を加熱し、吸着させたラドンを高感度ラドン計に導入。
  - 再生工程
    - 測定前後で、活性炭等をベーキング。
- これら工程の切り替え全てを手で行っている。
  - 人手が必要
  - 月に一回程度の測定に限られる
- 自動化して作業を簡素化。
  - 週一回コンスタントに測定を行えるようにする。
  - 手順ミスをできるだけ減らす。

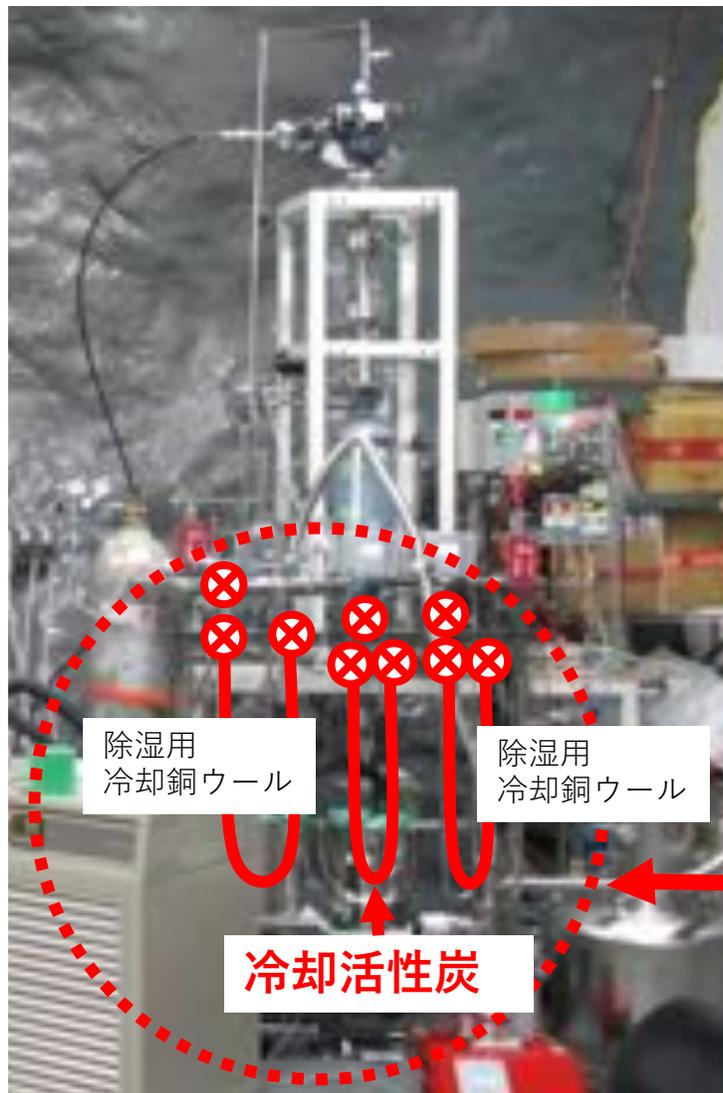


# 濃縮ラドン測定セットアップの自動化



坑内LAB-E実験室の試験用セットアップ

# 濃縮ラドン測定セットアップの自動化



電磁弁や  
冷凍機を  
自動制御



- 制御盤で  
電磁弁や冷凍機を制御  
プログラムを作成中
- 2020年度：  
活性炭周りの数個の  
バルブを電磁弁に交換し  
工程の自動化を試験  
(LabEでの試験)
- 2021年度以降：  
SK-Gdの水ラインに  
組み込み、測定開始

# 水中ラドンリアルタイム測定

# 水ラドン検出器(リアルタイム)の高感度化

C班 (竹内)+D班 (竹田)+中野、山本、岡本

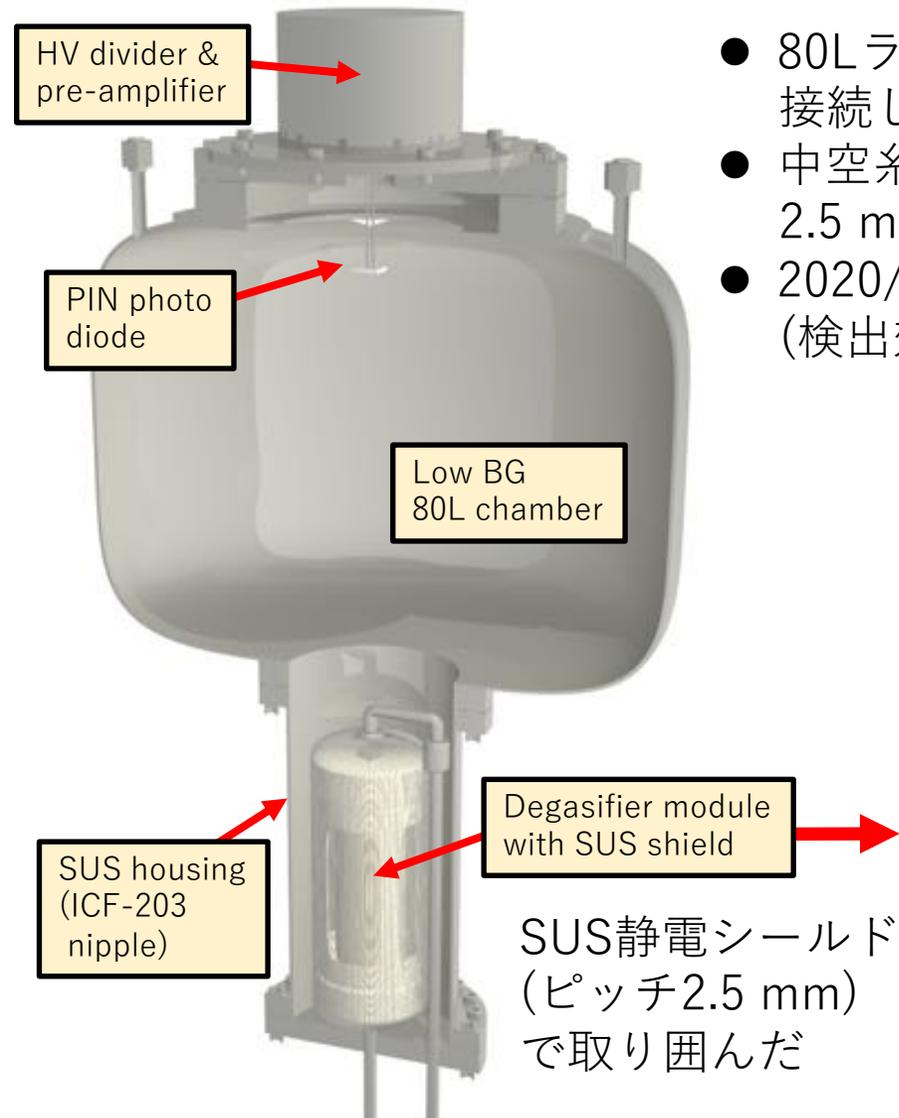
- 既存の水ラドン検出器は、ガス用70Lラドン検出器[1]にDIC製中空糸膜モジュール[2]を取り付けたものであり、極低BG地下実験で広く使用されている。
  - SKの返水/送水中のラドン濃度の常時モニター(運用中)
  - XMASS遮蔽水タンク中のラドン濃度の常時モニター(2012-2019)
  - XENONnT nVeto 中のラドン濃度の常時モニター(準備中, 2020-)
- ただし、SK送水中のラドン濃度を測定するための感度が不足している。
- この水ラドン検出器を低BG化・高感度化する( $< 1 \text{ mBq/m}^3$ )のが本研究の目的。
  - ガス検出器部分をすでに開発済みの低BG80Lラドン検出器[3]に交換。
  - 膜モジュール位置の最適化で検出効率を向上させる。
- 現状と今後の計画  
(現状)
  - 検出器が完成、検出器BGの測定 ( $\sim 5 \text{ counts/day}$  ( $\rightarrow \sim 1.5 \text{ mBq/m}^3$ レベル))。主BG源の特定。
  - SK水を既存の水ラドン検出器と同時測定して相対感度を測定中。  
(今後の計画) 以下を進めて検出感度  $< 1 \text{ mBq/m}^3$  を達成する
  - ラドン水を用いての検出効率の精密測定、膜モジュール位置の最適化による検出効率の最大化。
  - 主BG源である膜モジュールの低BG化。

[1] Y. Takeuchi et.al., NIMA 421 (1999), DOI:10.1016/S0168-9002(98)01204-2

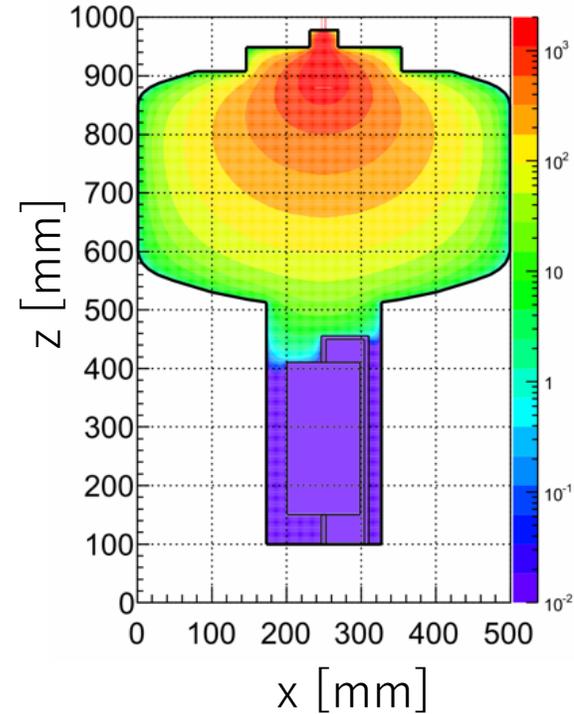
[2] C. Mitsuda et. al., NIMA 497 (2003), DOI:10.1016/S0168-9002(02)01923-X

[3] K. Hosokawa et. Al., PTEP 033H01 (2015), DOI:10.1093/ptep/ptv018

# 新水ラドン検出器

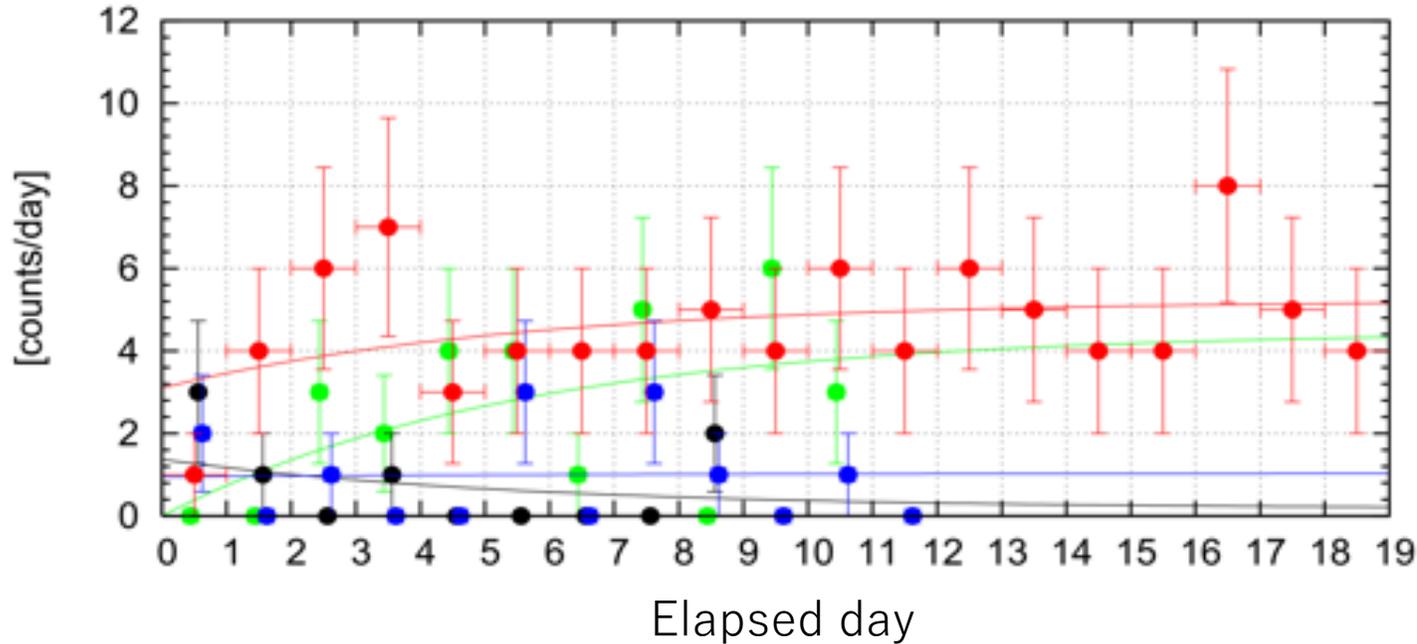


- 80Lラドン検出器の下部にICF-203ニップルを接続し、DIC中空糸膜モジュールを入れた構造
- 中空糸膜モジュールがチャージアップしないように2.5 mm ピッチSUSメッシュで取り囲んだ。
- 2020/5/28 より、SK返水中のラドン濃度の測定開始。(検出効率測定はまだ)



Lab-A クリーンルーム内で検出器の組立て

# 水ラドン計の各部品からのBG測定



- 水中ラドン濃度測定に必要な全てのモジュールを取り付けた時(#5)のBG:  $5.22 \pm 0.50$  カウント/日。  
(これまでの水ラドン計の検出効率を仮定すると $\sim 1.5$  mBq/m<sup>3</sup>相当)
- SUSシールドやICF ニップル(w/o EP)・フランジ類からのラドンは誤差内で無視できる。
- 主BG源は、中空糸膜モジュール。  
現在、ハウジングのSUS化等の改良がおこなわれている(竹内さん)。

#	Setup					Date	Rate [counts/day]
	ICF nipple (w/o EP)	SUS シールド	膜モジュール	ICF flange (blank)	ICF flange (with pipe)		
1				0		3/02-3/16	$0.80 \pm 0.23$
2	0			0		4/10-4/17	$0.18 \pm 1.06$
3	0	0		0		4/17-4/29	$1.04 \pm 0.78$
4	0	0	0	0		3/27-4/06	$4.48 \pm 0.88$
5	0	0	0		0	5/08-5/27	$5.22 \pm 0.50$

← #1 は、上部のガス中80L検出器部分のみをICF203 blankフランジで封止した状態。そこから水ラドン検出器に必要な部品を付けていって、#5が最終的なセットアップ。

# 環境中性子測定

# 中性子測定コンソーシアム

- 新学術「地下素核」の領域をまたいだ研究
  - 2015年5月に立ち上げ後、若手を中心に活動。
  - 中性子測定コンソーシアム → CHI SO KO → 地底
  - メンバー（31名）：<http://bit.ly/30ifAuO>



# 液体シンチレータ—検出器 による環境中性子測定

# 液体シンチレータによる地下環境中性子測定

## 検出原理(粒子識別)

- 中性子が原子核(主に水素)を反跳したときのエネルギーをシンチレーション光として検出
- Slow/Totalで粒子識別

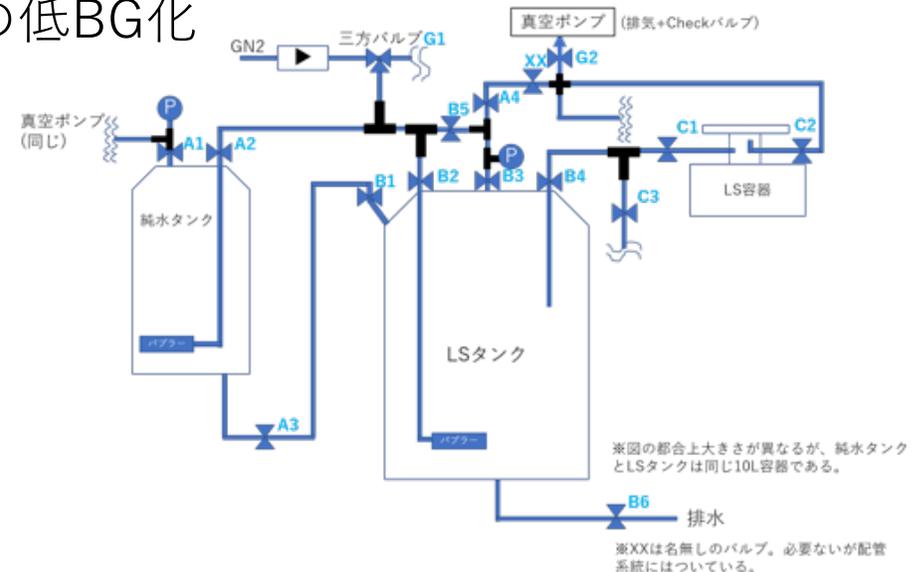
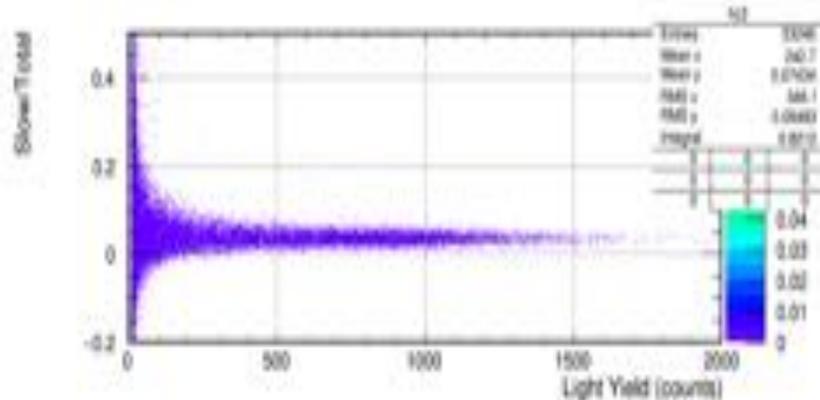


検出器サイズ:  $\phi 14\text{cm} \times \text{L}30\text{cm}$   
液シン:BC-501A、PMT:両読み



## $\alpha$ 線BGの理解と削減に取り組んでいる(初期純度では 0.2 mBqを達成)

- 液液抽出による液シンの純化 + 検出器部材の低BG化
- 詳細は6/4(木) 15:00からの小津さんの発表



# $^3\text{He}$ 比例計数管による 環境中性子測定

# Neutron flux measurement @Hyper-K site Tochibora (-300mL)

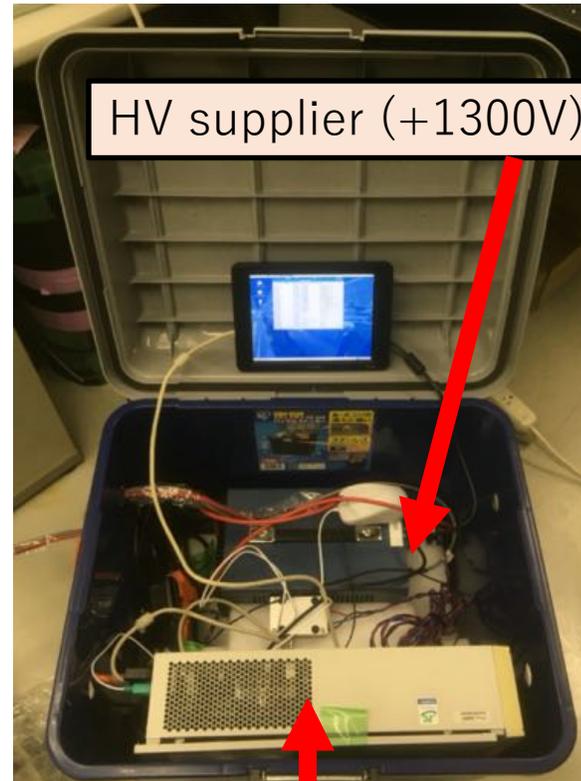
竹田さん

- Neutron flux measurements were performed by Chisoko (中性子測定コンソーシアム)
  - Setup A : そのまま
    - 2020/03/05-04/01
  - Setup B : 減速材+ボロンシート
    - 2020/02/05-03/05

Setup A @Tochibora



He-3 proportional counter  
(Setup A)



HV supplier (+1300V)

LPC-320910 waveform  
digitizer (40 MHz) + PC

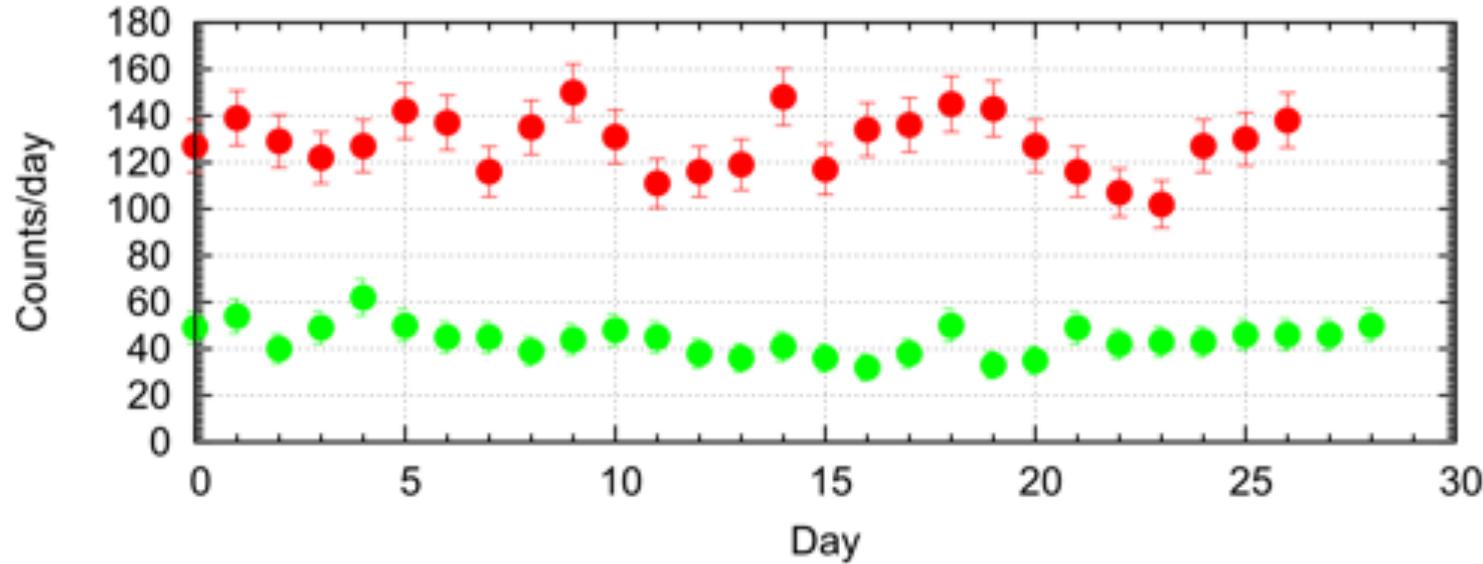


# Results @HK site (Tochibora (-300mL))

竹田さん

Count rate @HK site

Setup A (red), Setup B (green)



- 15% higher than that in SK site (Lab-B).
- Ratio between setup A and B is not different significantly.

Ref: Rate @SK site (Lab-B)

*K. Mizukoshi et. Al., PTEP 2018 123C01*

	Rate [cps]
<b>Setup A</b>	$(1.295 \pm 0.034^{+0.039}_{-0.033}) \times 10^{-3}$
<b>Setup B</b>	$(0.446 \pm 0.018^{+0.013}_{-0.011}) \times 10^{-3}$

$$R_A/R_B = 2.90 \pm 0.14^{+0.04}_{-0.03}$$

	time	counts	Rate [cps]
<b>Setup A</b> (2020/03/05-4/01)	2331703 sec (26.99 days)	3471	$(1.489 \pm 0.025) \times 10^{-3}$
<b>Setup B</b> (2020/02/05-03/05)	2504332 sec (28.99 days)	1274	$(0.509 \pm 0.014) \times 10^{-3}$

$$R_A/R_B = 2.93 \pm 0.09$$

# 新規導入の2台の $^3\text{He}$ 比例計数管

- 詳細は6/2(火) 17:00- (パラレル) の佐々木さんの発表
- 既存の1台 + 新規導入 2台 = 計3台で多地点同時測定を行う。

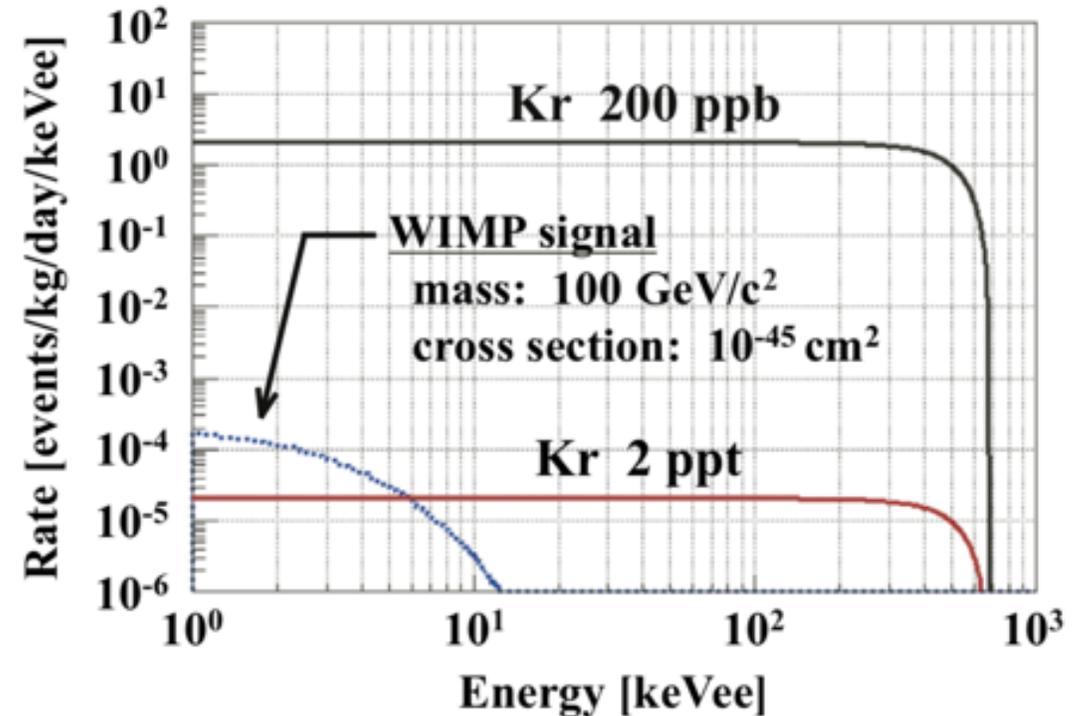
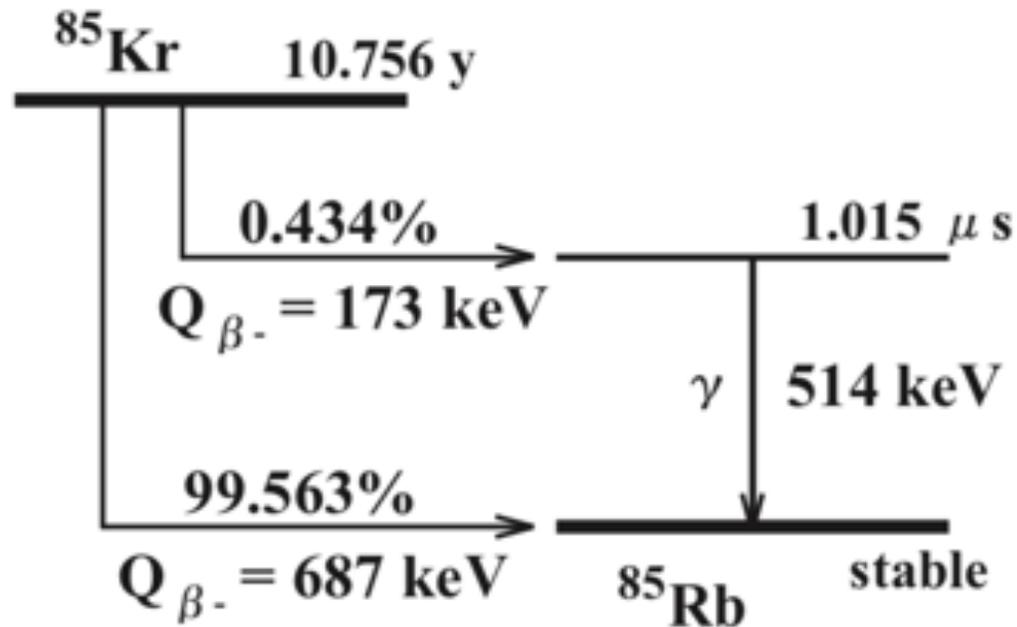


熱中性子感度: 146 cps/nv  
封入ガス気圧: 9.8 atm  
長さ: 43.2 cm、直径: 5.1cm

# レーザー共鳴イオン化

# $^{85}\text{Kr}$

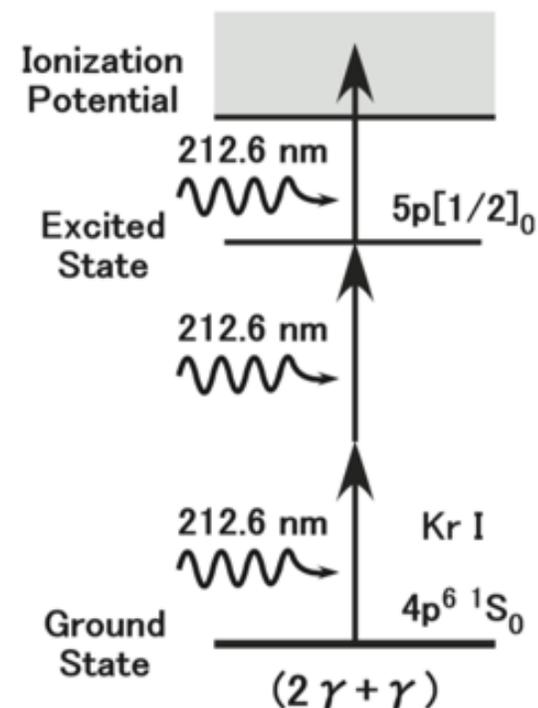
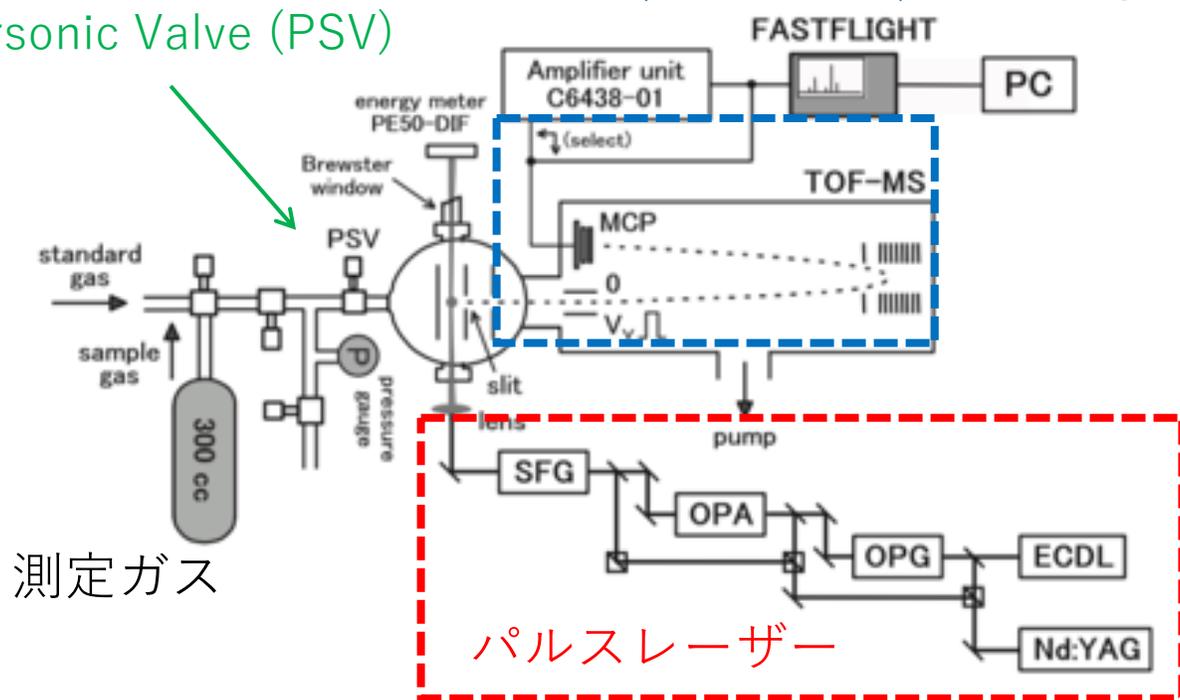
- 液体Xeによる暗黒物質探索のBG (Q値687keVの $\beta$ 崩壊)
  - 工業的にXeガスを生成するときにKrがO(10~100) ppbレベルで混入
  - $^{85}\text{Kr}/\text{Kr} \sim 10^{-11}$  の同位体比で混入
  - XENONntでは蒸留でKr混入率をO(10) ppqレベルまで低減



# レーザー共鳴イオン化によるKr測定

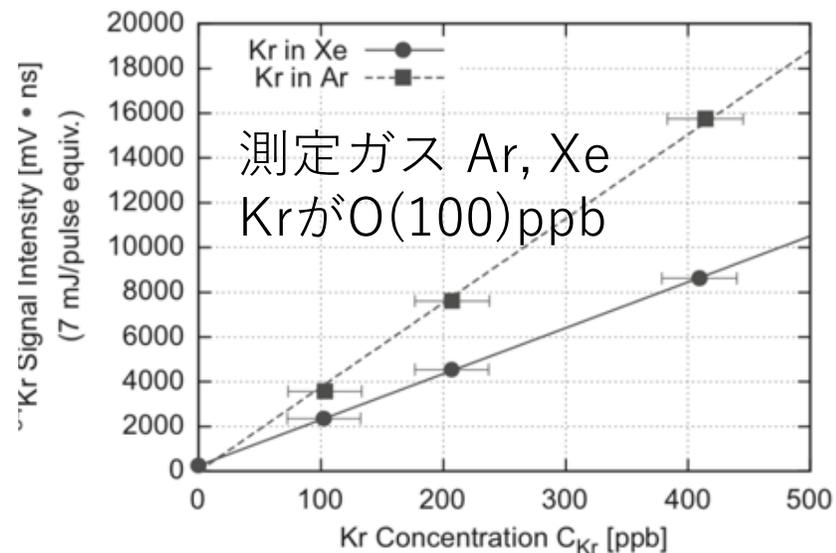
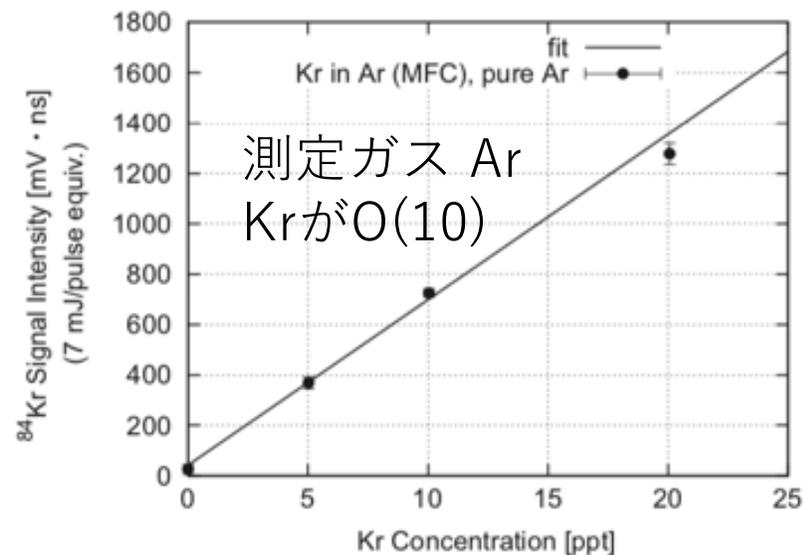
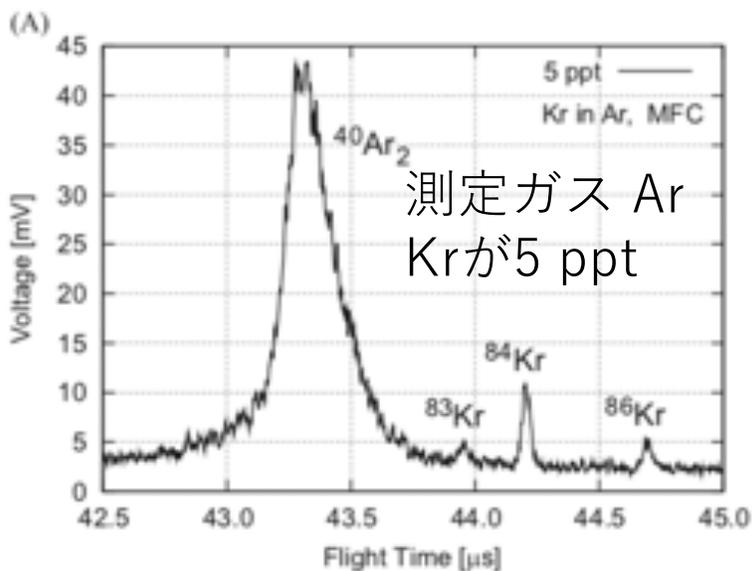
- Arガス、Xeガス中のKrを0.4、0.8 pptまで測定成功
  - 測定ガスをPulsed Supersonic Valve (PSV) でパルスで導入、  
212.6 nmのパルスレーザー (~10mJ/pulse, 幅~5ns, 10Hz) でイオン化、  
飛行時間型質量分析器(TOF-MS)で分析。

Pulsed Supersonic Valve (PSV)



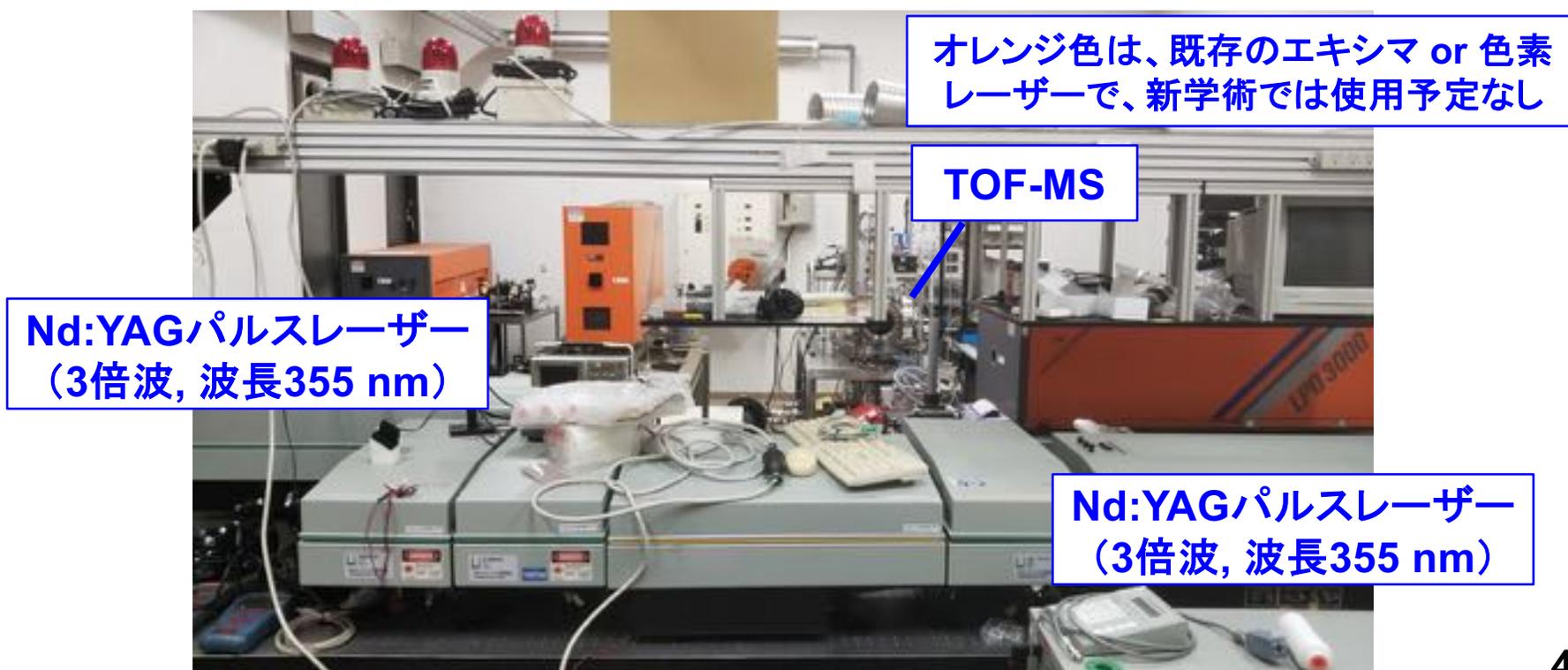
# レーザー共鳴イオン化によるKr測定

- 利点: 元素選択的イオン化によりBGが少ない
- 欠点: 検出効率が低い(効率 $\sim 10^{-5}\sim -6$ )ため測定感度がO(1) ppt
- 目標: 「ガスクロ+MS測定」 ※1の感度(8 ppq)を超える
  - Kr濃縮の導入 + TOF-MFの排気をCold-fingerで回収



# レーザー共鳴イオン化: 2019年度実績と今後の予定

- 装置を大洗→東海移設完了 ⇒ 再開後、光学系構築 & 再現確認
  - ① **Kr測定**: PSVのO-ring、ガス導入ラインのコンタミ低減を検討
  - ② Gd<sup>3+</sup>発光: 発光スペクトル観測のセットアップ構築
  - ③ Rn測定: 共鳴イオン化観測、除去手法の検討
- 詳細はバックアップ



# データベース

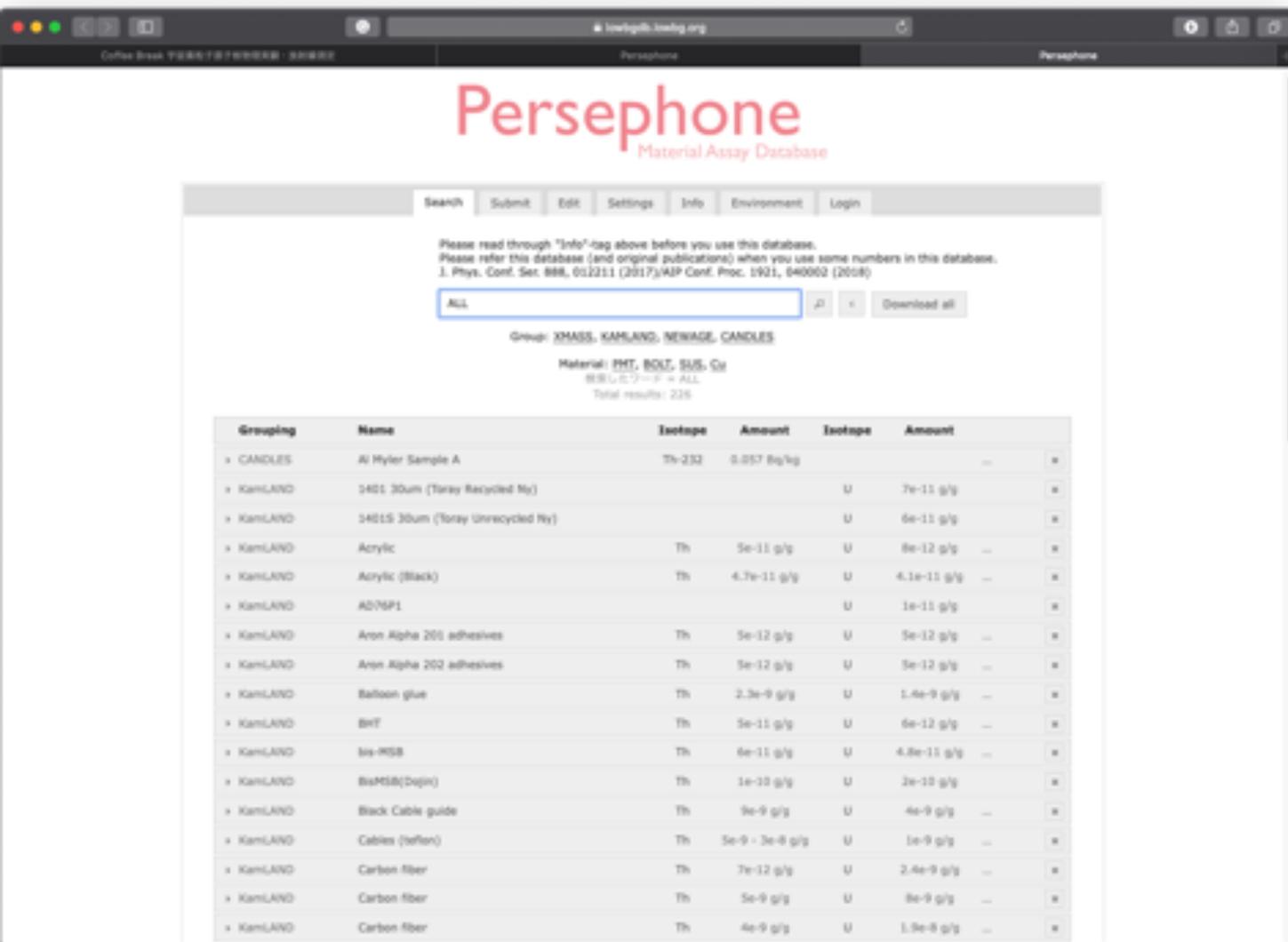
# データベース：現状(試運転)

市村さん、伊藤博士さん、中野さん、玉江さん

[http://133.11.143.254:5984/db\\_test/\\_design/persephone/index.html](http://133.11.143.254:5984/db_test/_design/persephone/index.html)：宇宙線研サーバー：神岡VPNへの接続が必要

[https://lowbgdb.lowbg.org/couchdb/couchdb/\\_design/persephone/index.html](https://lowbgdb.lowbg.org/couchdb/couchdb/_design/persephone/index.html)：ミラーサイト@東北大

(アカデミックサーバーからで、現在はパスワードも必要：お問い合わせ下さい)



The screenshot shows the Persephone Material Assay Database interface. At the top, there is a search bar with the text "ALL" and a "Download all" button. Below the search bar, there is a table with the following columns: Grouping, Name, Isotope, Amount, Isotope, Amount. The table contains several rows of data, including samples from CANDLE, KamLAND, and other groups.

Grouping	Name	Isotope	Amount	Isotope	Amount
CANDLE	Al Mylar Sample A	Th-232	0.057 Bq/kg		
KamLAND	1401 30um (Toray Recycled Ny)			U	7e-11 g/g
KamLAND	1401S 30um (Toray Unrecycled Ny)			U	6e-11 g/g
KamLAND	Acrylic	Th	5e-11 g/g	U	8e-12 g/g
KamLAND	Acrylic (Black)	Th	4.7e-11 g/g	U	4.1e-11 g/g
KamLAND	AD76P1			U	1e-11 g/g
KamLAND	Aron Alpha 200 adhesives	Th	5e-12 g/g	U	5e-12 g/g
KamLAND	Aron Alpha 202 adhesives	Th	5e-12 g/g	U	5e-12 g/g
KamLAND	Balloon glue	Th	2.3e-9 g/g	U	1.4e-9 g/g
KamLAND	BHT	Th	5e-11 g/g	U	6e-12 g/g
KamLAND	bs-MSB	Th	6e-11 g/g	U	4.8e-11 g/g
KamLAND	BiMSB(Dupn)	Th	1e-10 g/g	U	2e-10 g/g
KamLAND	Black Cable guide	Th	9e-9 g/g	U	4e-9 g/g
KamLAND	Cables (teflon)	Th	5e-9 - 3e-8 g/g	U	1e-9 g/g
KamLAND	Carbon fiber	Th	7e-12 g/g	U	2.4e-9 g/g
KamLAND	Carbon fiber	Th	5e-9 g/g	U	8e-9 g/g
KamLAND	Carb fiber	Th	4e-9 g/g	U	1.9e-8 g/g

## 測定結果を世界に公開

新学術「地下素核」で開発された  
**Persephone**を利用：

宇宙線研サーバー：427サンプル

XMASS：125

KamLAND：207

NEWAGE：10

CANDLES：85

東北大サーバー：226サンプル

(お試しで置けるものを置いてある。)

東北大サーバーを2020年中にまず公開。

その後、データと機能を拡充する。

# まとめ

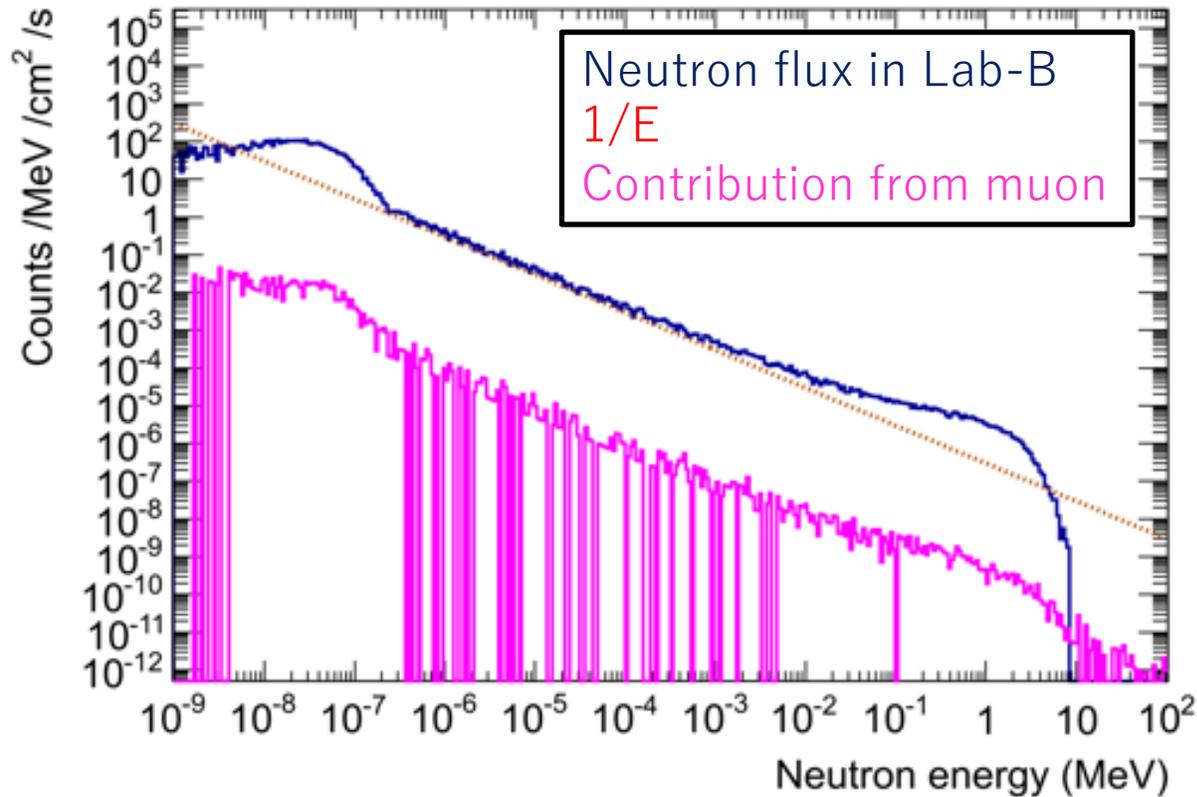
- 高純度ゲルマニウム検出器によるスクリーニング
  - 測定継続 + 新検出器を導入
- 硫酸Gd水中ラドン除去と水中ラドン測定
  - 運用に向けて準備中
- 環境中性子測定
  - 液体シン検出器の低BG化
  - 3台の $^3\text{He}$ 比例計数管で地下観測
- レーザー共鳴イオン化
  - 装置の移設が完了
- データベース
  - 2020年度中に公開

# Backup

# Summary

- Neutron flux was measured at HK site (Tochibora, -300mL)  
by Chisoko (“中性子測定コンソーシアム”).
  - 2020/02/05–04/01
- Results:
  - Setup A:  $(1.489 \pm 0.025) \times 10^{-3}$  cps
  - Setup B:  $(0.509 \pm 0.014) \times 10^{-3}$  cps
  - They are 15% higher than those at SK site (Lab-B).
  - Ratio between Setup A/Setup B ( $2.93 \pm 0.09$ ) is consistent with that in SK site.  
it means that distribution of energy may not so much different from that in SK site.  
But, more detailed investigation (distribution of U/Th in the rock of HK site)  
needs to be continued for precise energy spectrum of neutron.

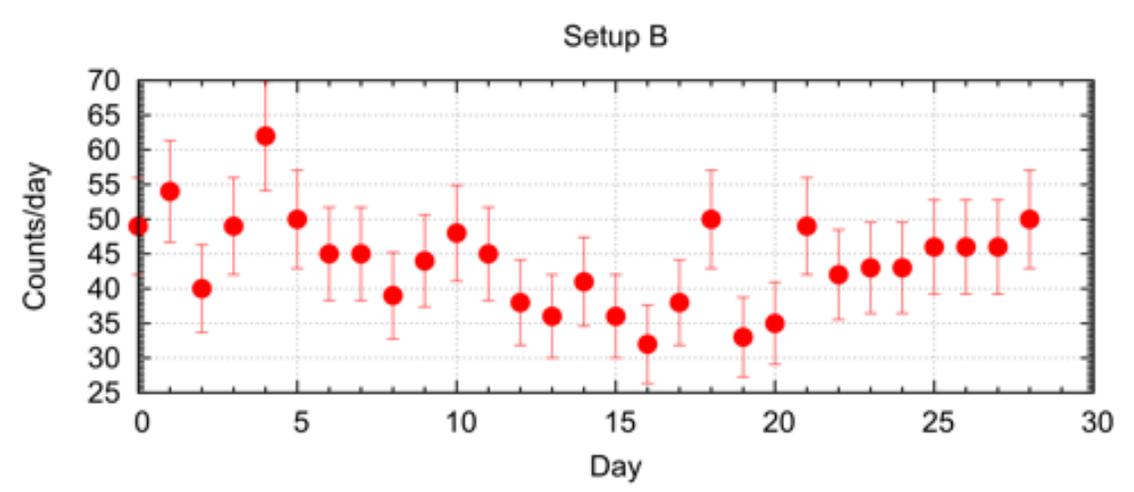
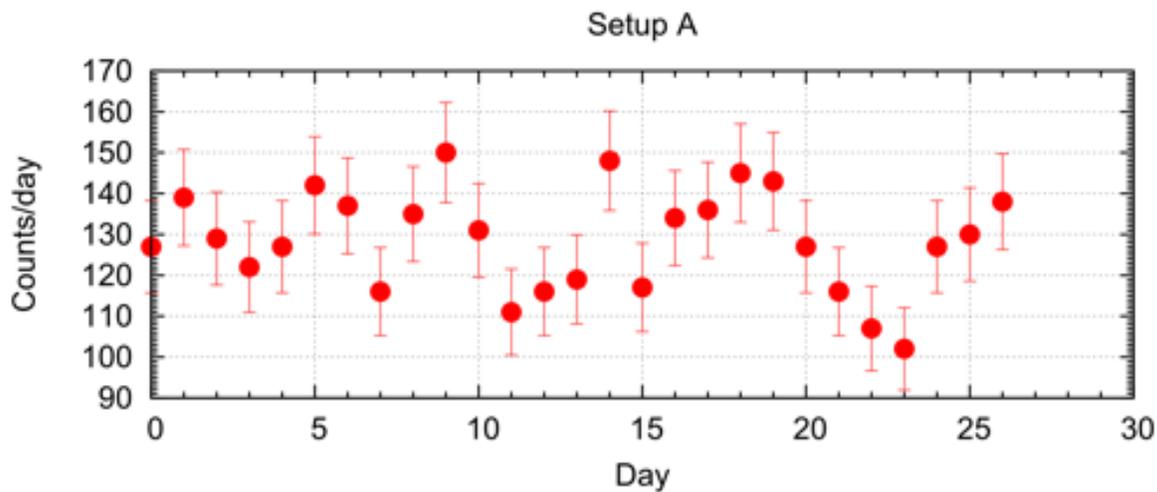
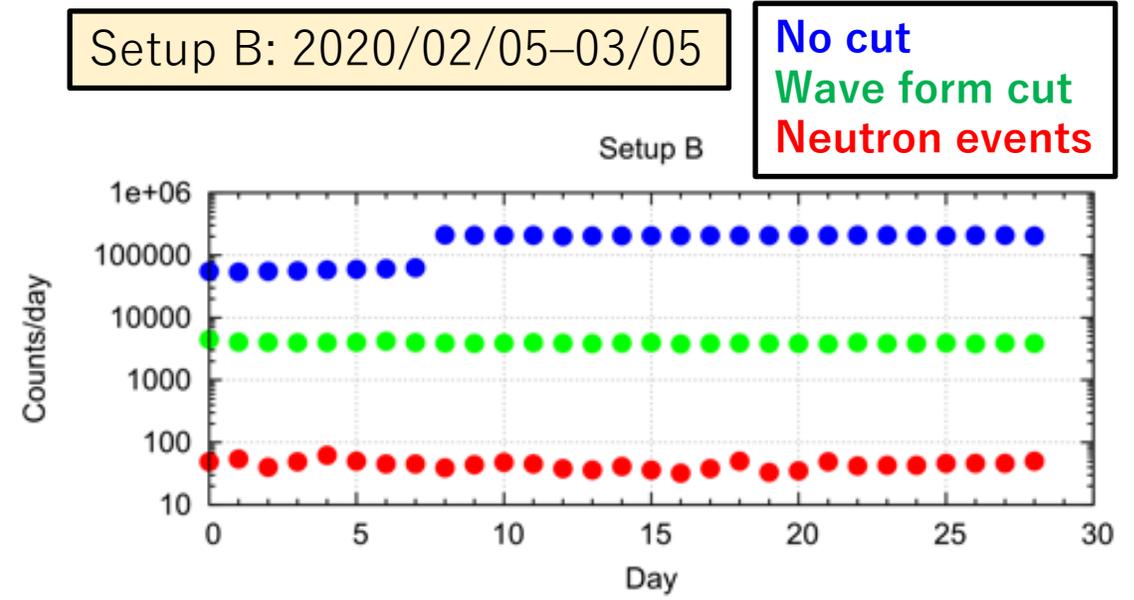
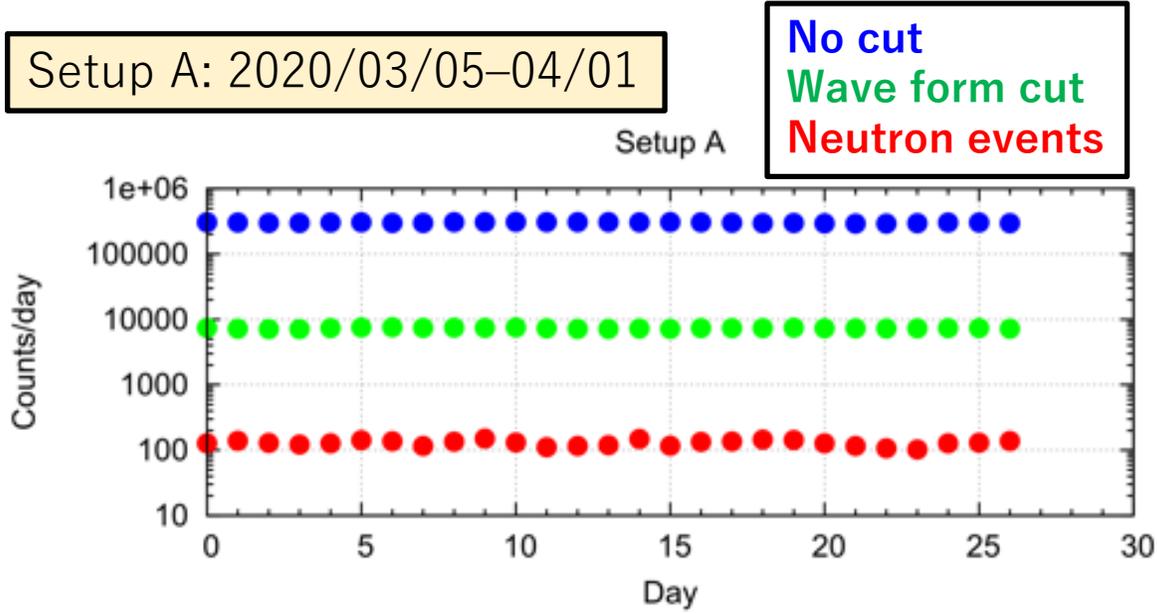
# Main components in neutron flux in SK site



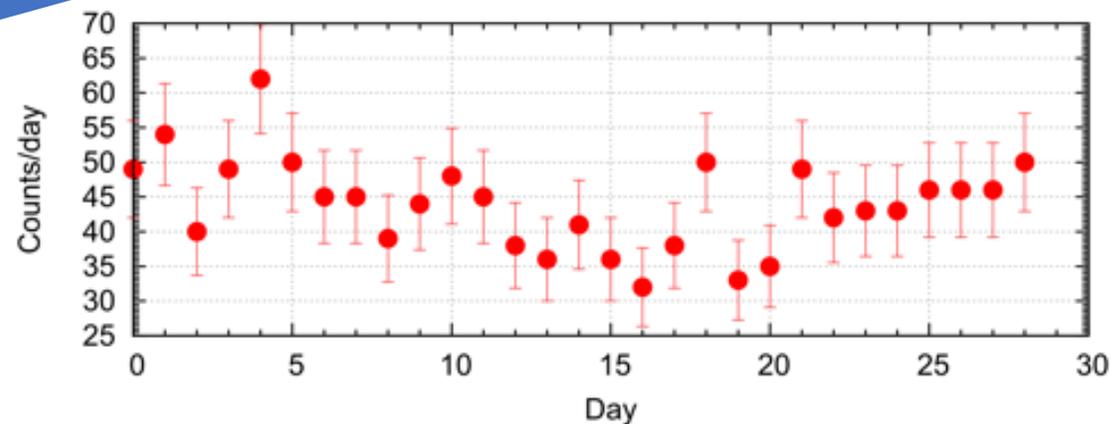
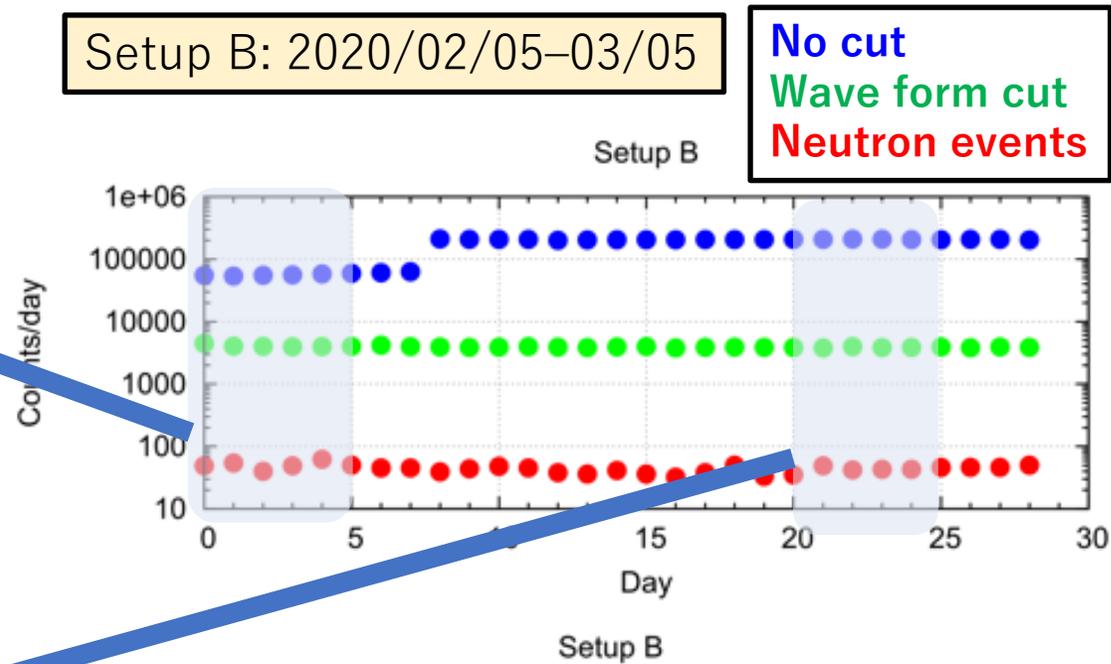
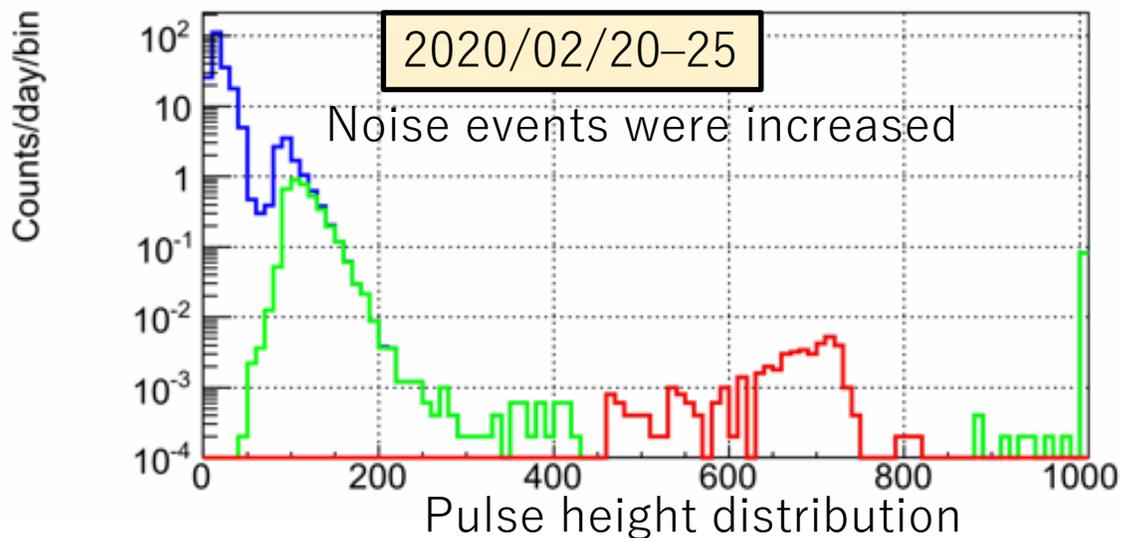
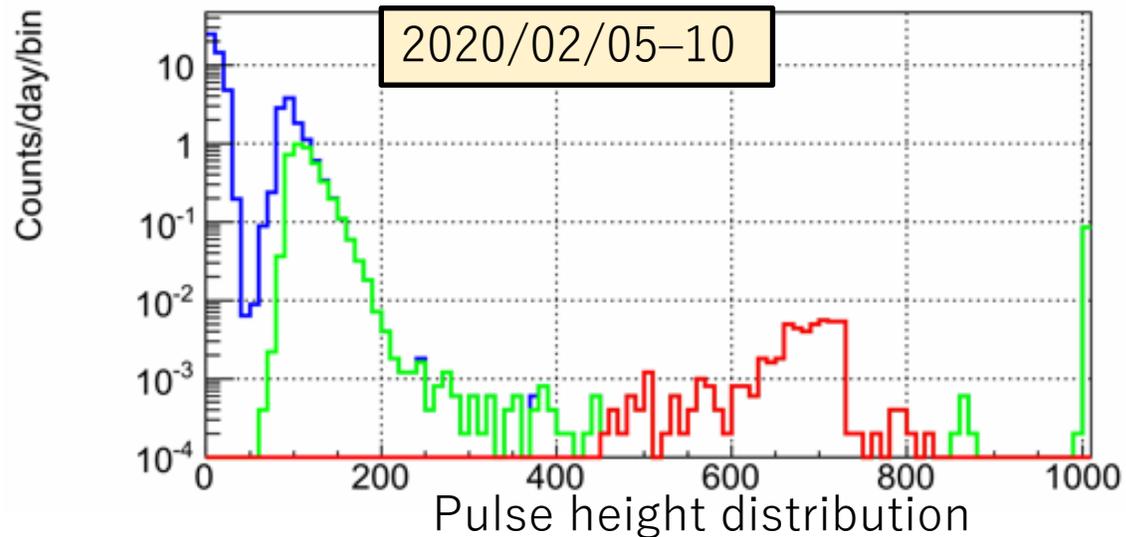
- Left figure is energy spectrum of neutron (MC) in SK site (Lab-B).
- Main contributions are coming from ( $\alpha$ , n) reaction from U/Th radio-active isotopes (RIs) and spontaneous fission from <sup>238</sup>U in the rock.
- The contribution from muon is 0.020%.
- It is reason why neutron flux in HK site is not much larger than that in SK site.
- 15% higher flux may be explained by amount of U/Th RIs. It should be checked.

**Ref:** *K. Mizukoshi et. Al., PTEP 2018 123C01*

# Measurement Results @Tochibora (-300mL)

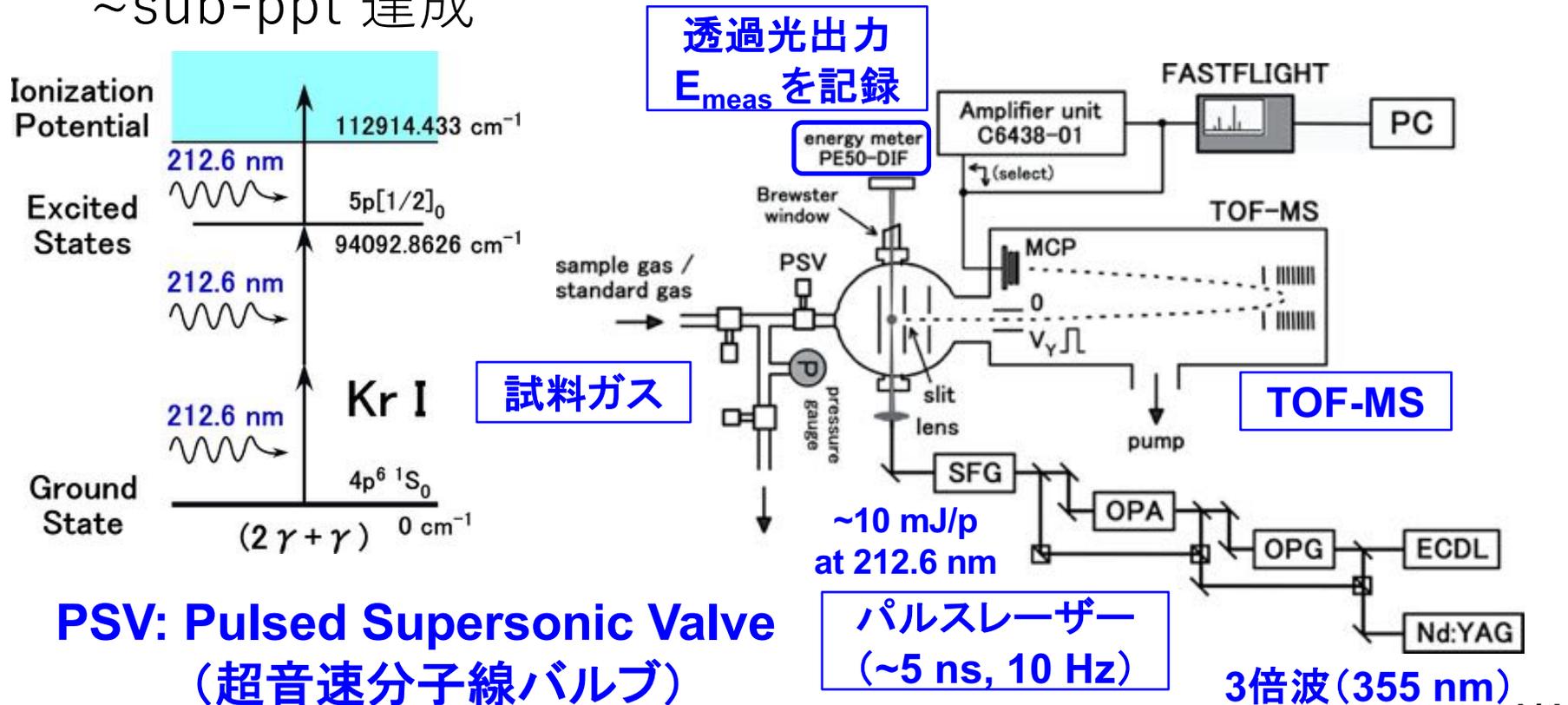


# Measurement Results @Tochibora (-300mL)



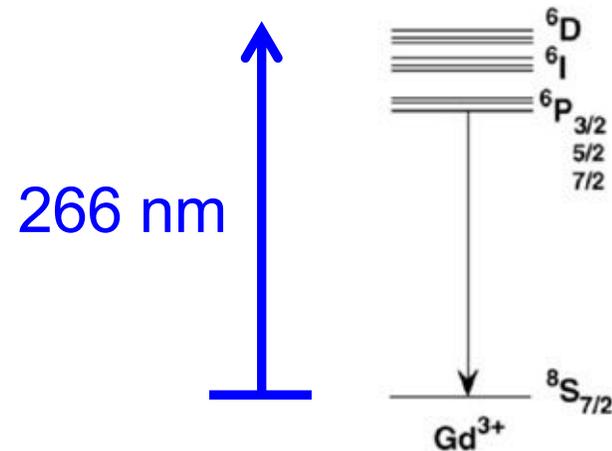
# (レーザー①) Ar or Xe中のKr共鳴イオン化

- PSVから、試料ガスをパルスでTOF質量分析計に導入
- 波長 212.6 nm パルスレーザー (~10 mJ/p, ~5 ns, 10 Hz) で Kr を  $(2\gamma + \gamma)$  共鳴イオン化  $\Rightarrow$  検出限界 ~sub-ppt 達成



# (レーザー②) 水中Gd<sup>3+</sup>発光事象の解明

- Gd<sup>3+</sup>:  $^6P_{7/2} \rightarrow ^8S_{7/2}$  (312 nm)
- Nd:YAG 第4高調波 (266 nm, ~ns) 励起による発光を分光器 ⇒PMT検出



Nd:YAGパルスレーザー  
(4倍波, 波長266 nm)

寿命の文献値はあるが、発光スペクトルで未解明な現象あり

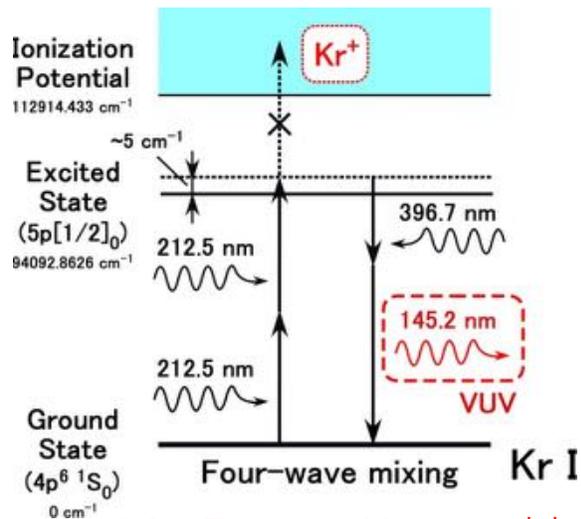
Table 2  
Luminescence lifetimes ( $\mu\text{s}$ ) of the  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$  and  $\text{Tb}^{3+}$  ions in aqueous solution as a function of the azide ion concentration

$[\text{N}_3^-]$ ( $\text{mol l}^{-1}$ )	$\text{Eu}^{3+}$ ( $\text{H}_2\text{O}$ )	$\text{Eu}^{3+}$ ( $\text{D}_2\text{O}$ )	<b><math>\text{Gd}^{3+}</math> (<math>\text{H}_2\text{O}</math>)</b>	$\text{Tb}^{3+}$ ( $\text{H}_2\text{O}$ )
0	112.4 $\pm$ 0.7	4020.0 $\pm$ 6.0	<b>1480.0<math>\pm</math>20.0</b>	442.0 $\pm$ 2.0
0.00001			1380.0 $\pm$ 14.2	
0.00005			1025.0 $\pm$ 11.6	
0.0001		3880.0 $\pm$ 5.0	850.0 $\pm$ 11.2	
0.0002			548.0 $\pm$ 9.3	
0.0004			215.0 $\pm$ 3.2	
0.0006			170.0 $\pm$ 2.6	
0.0008			152.0 $\pm$ 2.1	
0.0010		911.0 $\pm$ 3.6	136.0 $\pm$ 1.4	
0.05		191.3 $\pm$ 0.9		
0.01	111.4 $\pm$ 0.6	95.4 $\pm$ 0.7		441.0 $\pm$ 1.8
0.02	94.1 $\pm$ 0.4	50.3 $\pm$ 0.6		435.4 $\pm$ 1.8
0.04	44.8 $\pm$ 0.4	31.5 $\pm$ 0.3		416.7 $\pm$ 1.4
0.06	31.6 $\pm$ 0.2	22.0 $\pm$ 0.2		367.7 $\pm$ 1.5
0.08	24.1 $\pm$ 0.2			313.8 $\pm$ 1.1
0.10	20.5 $\pm$ 0.1	16.0 $\pm$ 0.1		244.2 $\pm$ 1.2
0.15				139.7 $\pm$ 1.4
0.20	11.6 $\pm$ 0.1			92.0 $\pm$ 0.0
0.30				65.2 $\pm$ 0.6
0.40				50.0 $\pm$ 0.6
0.50	6.34 $\pm$ 0.06			34.7 $\pm$ 0.5

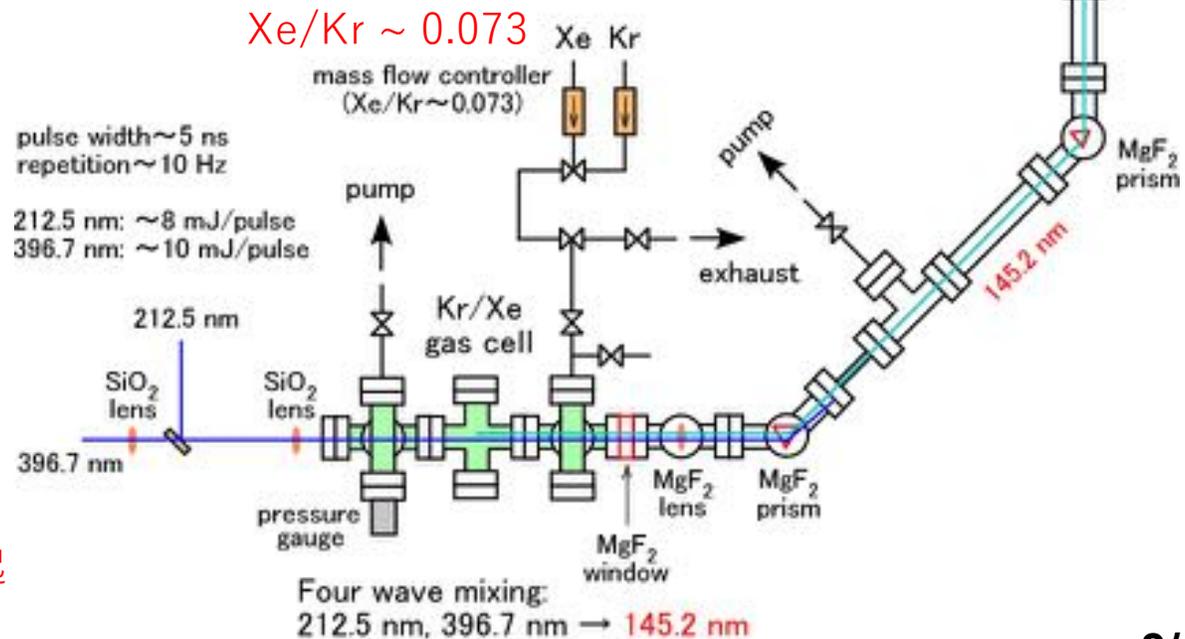
Stefan Lis et al., Journal of Alloys and Compounds **323-324** (2001) 125-127.

# (レーザー③) 真空紫外 (VUV) レーザーを用いたRn共鳴イオン化

- Rn共鳴イオン化は、観測自体がchallenging
- 共鳴四波混合による真空紫外 (VUV) 光生成  
⇒ VUV + 355 nm (Nd:YAG 3倍波) でイオン化
- VUV ~ 10 μJ/p 確認済



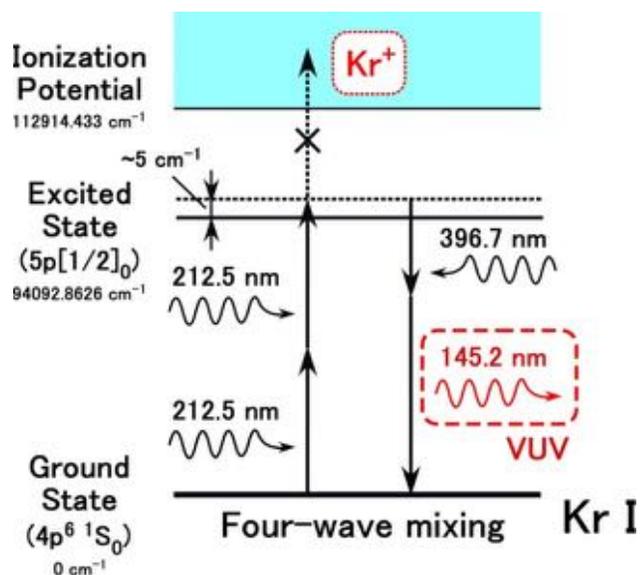
**212.5 nm** : Kr 2γ 励起  
より ~0.01 nm 短波長



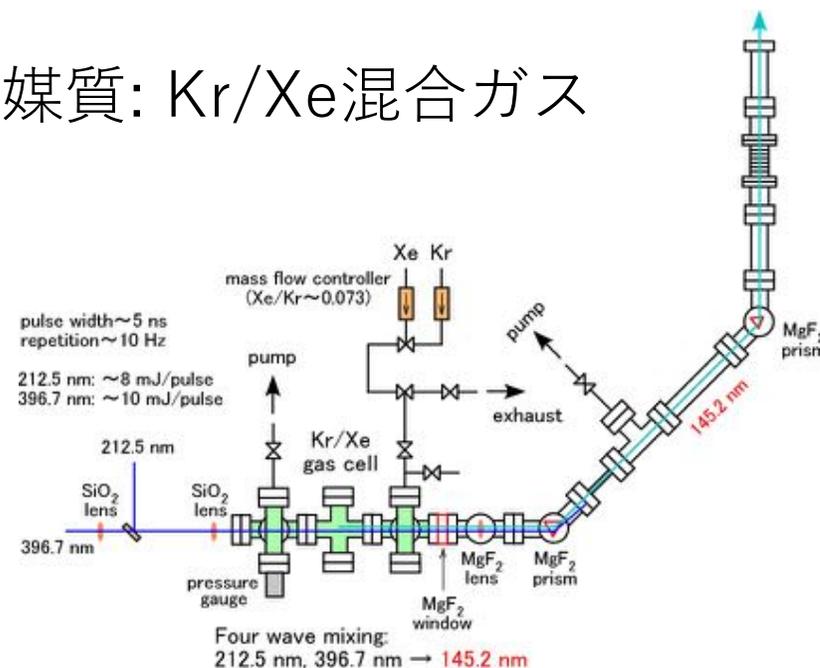
# レーザー共鳴イオン化によるRn測定

## • Rn測定

- 共鳴4波混合により145.2 nmの真空紫外光レーザーを生成。
- まずはRnの共鳴イオン化信号の初観測
- 次に電場等で元素選択的Rn除去 (Xeの干渉がない)
- この真空紫外光レーザー生成技術はKr測定の感度改善にも応用化



レーザー媒質: Kr/Xe混合ガス



212.5 nm : Kr 2  $\gamma$  励起より ~0.01 nm 短かい

# レーザー共鳴イオン化によるGd<sup>3+</sup>発光測定

- SK-GdでのGd<sup>3+</sup>発光の寿命を測定
  - SK-Gd: 硫酸ガドリニウム濃度 0.02%(1期)~0.2% (2期)
  - Gd<sup>3+</sup> :  ${}^6P_{7/2} \rightarrow {}^8S_{7/2}$  (312 nm)
  - Nd:YAGレーザー 第4高調波 (266 nm) で励起 → 分光器 → PMT検出

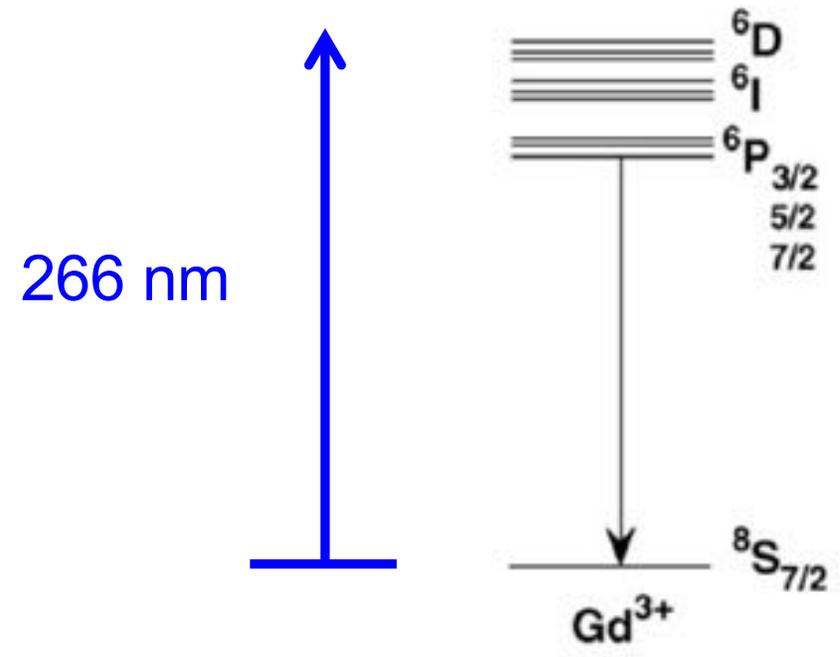


Table 2  
Luminescence lifetimes ( $\mu\text{s}$ ) of the  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$  and  $\text{Tb}^{3+}$  ions in aqueous solution as a function of the azide ion concentration

$[\text{N}_3^-]$ ( $\text{mol l}^{-1}$ )	$\text{Eu}^{3+}$ ( $\text{H}_2\text{O}$ )	$\text{Eu}^{3+}$ ( $\text{D}_2\text{O}$ )	$\text{Gd}^{3+}$ ( $\text{H}_2\text{O}$ )	$\text{Tb}^{3+}$ ( $\text{H}_2\text{O}$ )
0	112.4±0.7	4020.0±6.0	1480.0±20.0	442.0±2.0
0.00001			1380.0±14.2	
0.00005			1025.0±11.6	
0.0001		3880.0±5.0	850.0±11.2	
0.0002			548.0±9.3	
0.0004			215.0±3.2	
0.0006			170.0±2.6	
0.0008			152.0±2.1	
0.0010		911.0±3.6	136.0±1.4	
0.05		191.3±0.9		
0.01	111.4±0.6	95.4±0.7		441.0±1.8
0.02	94.1±0.4	50.3±0.6		435.4±1.8
0.04	44.8±0.4	31.5±0.3		416.7±1.4
0.06	31.6±0.2	22.0±0.2		367.7±1.5
0.08	24.1±0.2			313.8±1.1
0.10	20.5±0.1	16.0±0.1		244.2±1.2
0.15				139.7±1.4
0.20	11.6±0.1			92.0±0.0
0.30				65.2±0.6
0.40				50.0±0.6
0.50	6.34±0.06			34.7±0.5

Stefan Lis et al., Journal of Alloys and Compounds **323-324** (2001) 125-127.

# データベース：東北大サーバーの問題点とto do

- ①検索エンジンが未実装→神岡サーバーと同様の機能実装を目指す
- ②download allボタンを押すとexcelファイルが出る筈がエラーが出る(JAVA未実装)→表示項目DL機能を実装する
- ③chromeでログインを毎回聞かれる→推奨ブラウザはchrome以外(firefox, safari, opera etc.)

bis-MSBをクリック

Sample	Description	Feb/1999		
Measurement	Results	U	4.8e-11	g/g
		Th	6e-11	g/g
		K-40	6.8e-12	g/g

虫眼鏡ボタンをクリック

Sample	Description	Feb/1999		
Measurement	Results	U	4.8e-11	g/g
		Th	6e-11	g/g
		K-40	6.8e-12	g/g
	Institution	Japan Energy		
	Technique	ICP-MS		
	Date			
Data	Reference	Provided by KamLAND collaboration		
	Data entry	Y. Nakano ynakano@phys.sci.kobe-u.ac.jp on 2017-03-18 spec v3.00		

- 1.情報を充実（製造業者、測定時の写真 + エネルギースペクトルetc.）：クリックだけで詳細情報出るように等も
- 2.上記の機能の実装
- 3.公開したくないけど残して置きたい情報の取り扱い：パスワードロックとかアカウントの権限とか、とりあえず上2つが終わったら  
→公開できる情報だけで、機能を拡充して2020年度中に運用開始を目指す（市村、伊藤博士さん、中野さん、玉江さんあたり or ポスドク）