

48Caの二重ベータ崩壊の研究

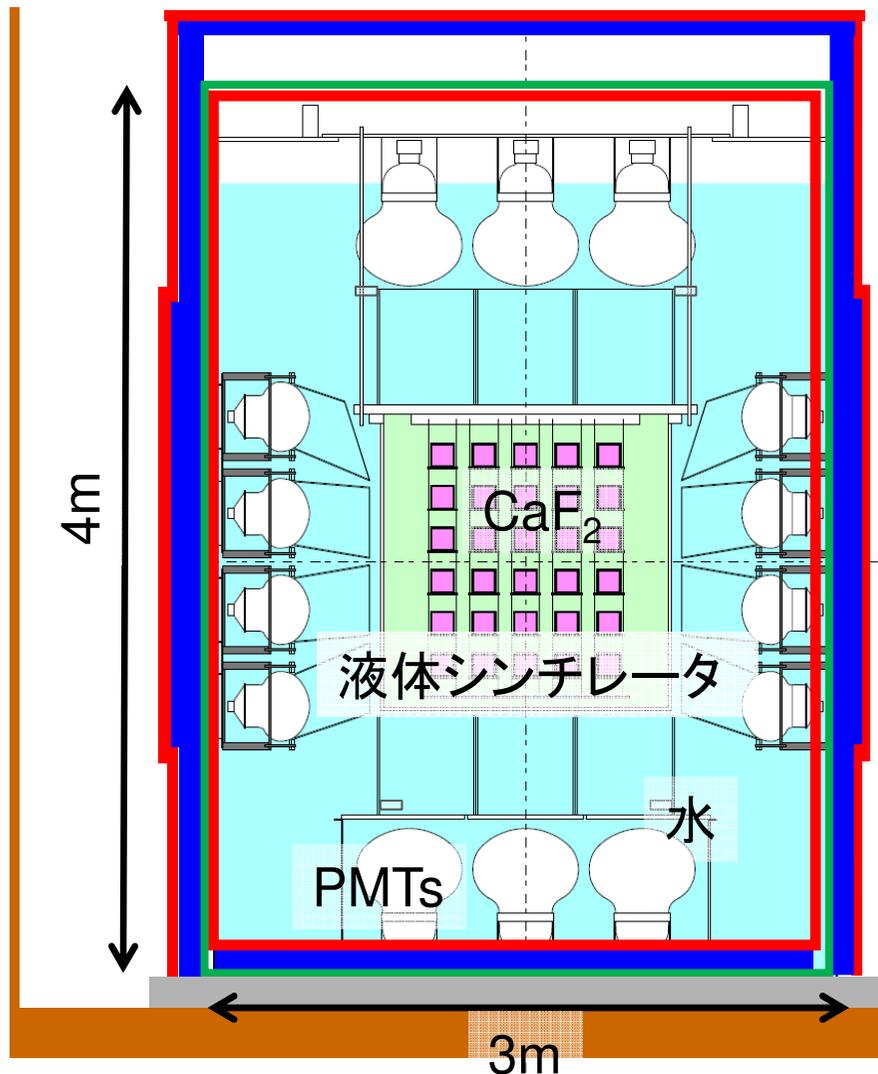
大阪大学核物理研究センター
梅原さおり

umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp
CANDLES Collaboration

- 二重ベータ崩壊測定装置: CANDLES
- 今年度の開発
 - CaF₂結晶入れ替え、結晶性能評価開始
- 実験室Dでの活動
 - (B20) ソフトエラー発生率の評価: ソフトエラー測定グループ

二重ベータ崩壊測定装置: CANDLES III

神岡宇宙素粒子研究施設

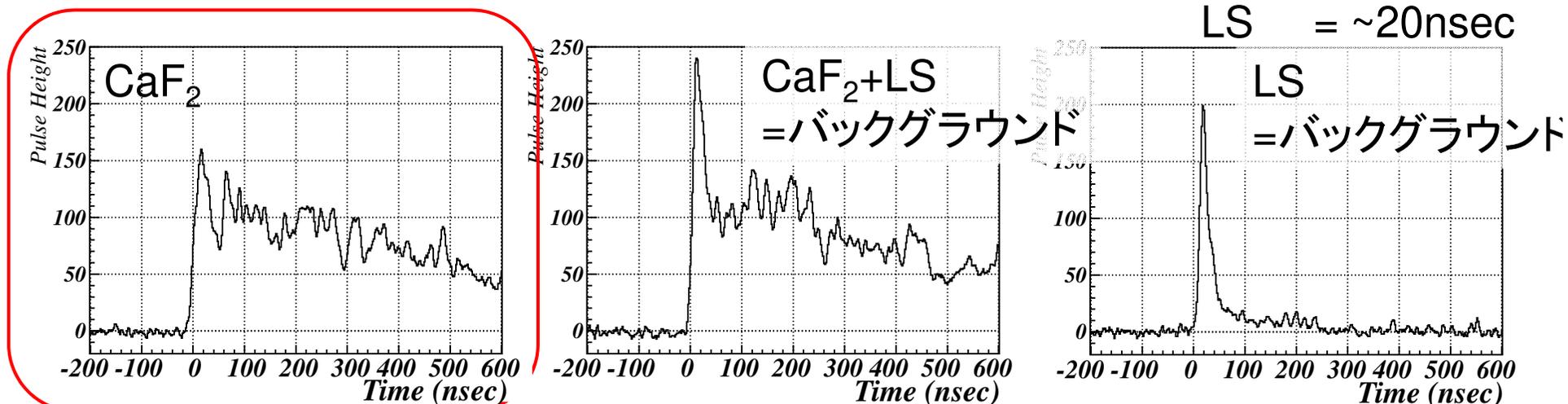


- CaF_2 シンチレータ
 - 305 kg (96個 × 3.2kg)
 - ^{48}Ca : 350g
 - 波形時定数~ 1 μsec
- 液体シンチレータ (LS)
 - 全方向ベータ検出器
 - 波形時定数~ 数10nsec
- 大型光電子増倍管
- 遮蔽システム
- ↓
- 低バックグラウンドを実現

液体シンチレータ信号の除去

□ CANDLES システムで観測される波形

■ 3つの典型的波形



トリガーレート : 低い <<<< 高い
(検出器体積: 1 for CaF_2 : 20 for LS)

CANDLES システムでは ...

- ・短い波形と長い波形
- ・ CaF_2 の選択的トリガー
- ・波形弁別によって、 CaF_2 信号を選択

結果

131日の測定結果

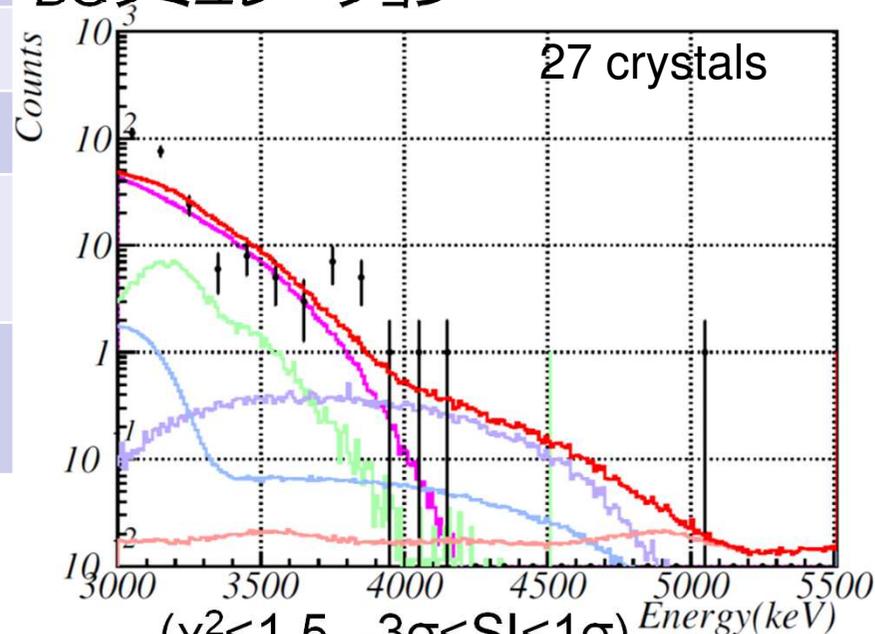
	結果
0νββ検出効率	0.39 ± 0.06
事象数(exp)	0(27CaF ₂), 10(95CaF ₂)
予想されるBG量	~1.2, ~11
0νββ半減期	>6.2 × 10 ²² year(27個) >3.8 × 10 ²² year(95個)
測定感度	3.6 × 10 ²² year(27個) 6.2 × 10 ²² year(95個)

* 先行検出器ELEGANT VI
 測定時間: 4947kg·day(2年強)
 半減期 : 5.8 × 10²²年

- ・2年分のデータ解析中
- ・CaF₂結晶内部の放射性不純物が主なバックグラウンド源

- データ
- 全Simデータ
- 中性子捕獲γ線
- 結晶内部:²⁰⁸Tl
- 結晶内部:²¹²Bi
- 結晶周辺物質

エネルギースペクトルとBGシミュレーション

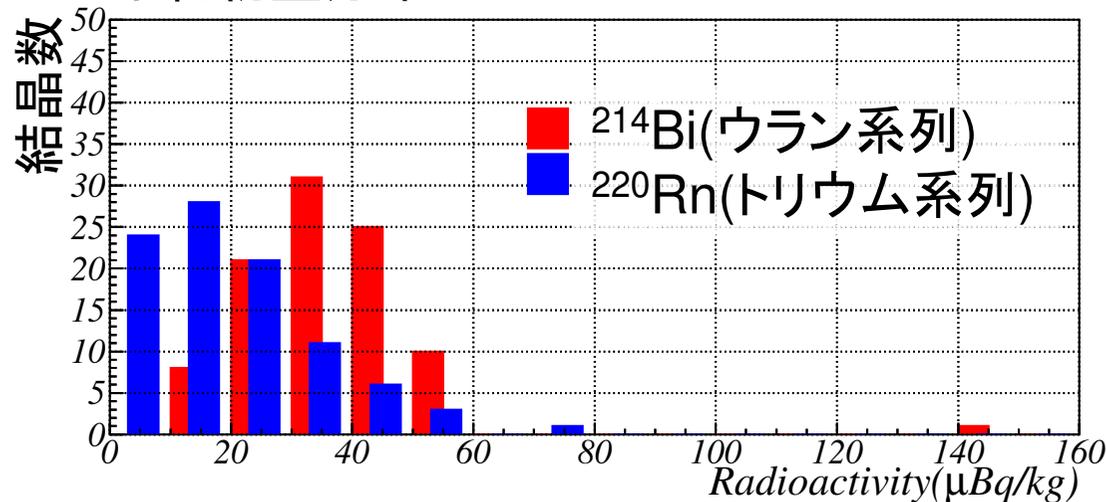


($\chi^2 \leq 1.5$, $-3\sigma \leq SI \leq 1\sigma$)、
 $-2\sigma < \text{事象位置} < 2\sigma$ 、
 with ²⁰⁸Tl cut

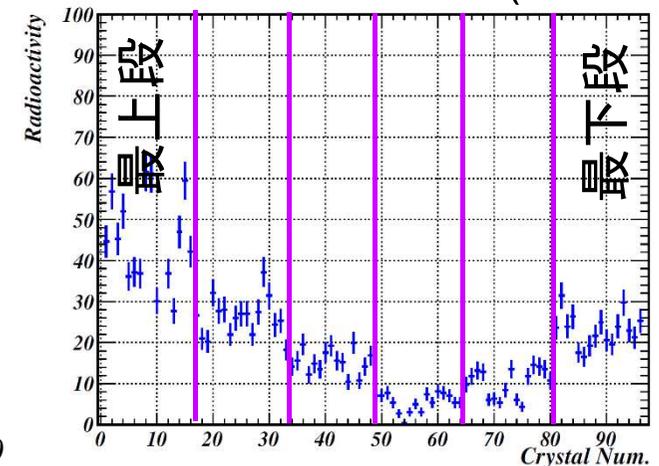
CaF₂結晶に含まれる不純物量

不純物量のばらつき

不純物量分布



各結晶の不純物量(Th系列)



²¹⁴Bi(U系列)...平均 36μBq/kg、純度差は最大14倍

²²⁰Rn(Th系列)...平均 20μBq/kg、純度差は最大10倍以上

→高純度結晶へ(結晶モジュール)の入れ替え

ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊:高純度結晶

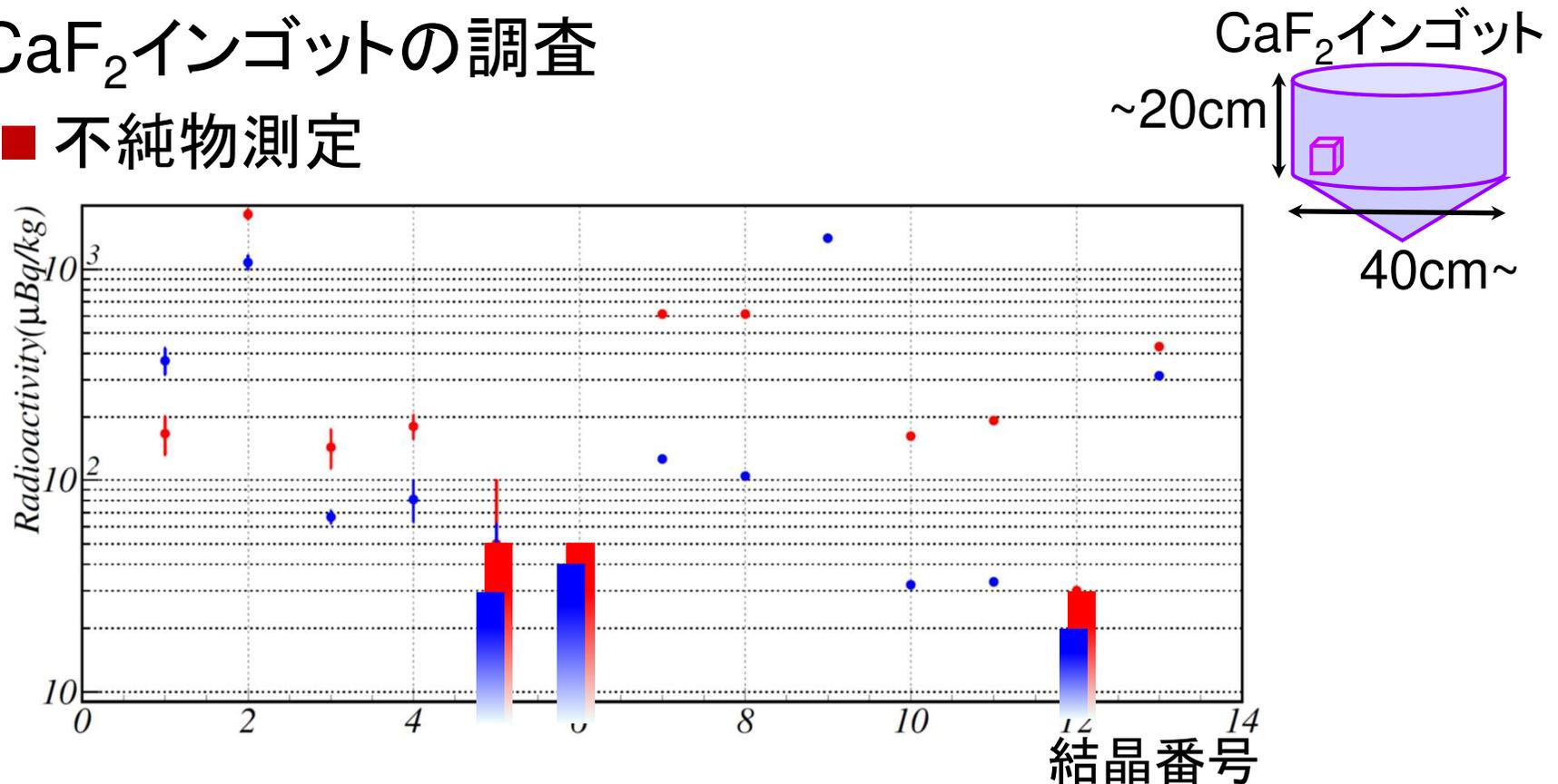
ニュートリノを放出する二重ベータ崩壊:よいエネルギー分解能

NEMO、それ以外のグループ結果を検証

置き換え結晶

CaF₂インゴットの調査

不純物測定



CaF₂インゴットから5cm角結晶を切り出して不純物測定

→インゴットの選定

→10cm角結晶14個を切り出し&研磨

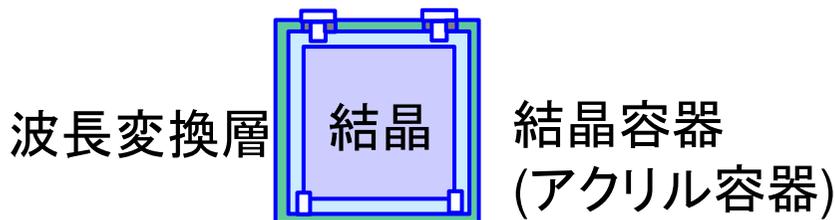
→結晶モジュールとして作成

結晶モジュール準備

□ クリーンブース

- 実験室Dに一時設置
- 結晶モジュール作成作業のために使用
 - 接着作業
 - 波長変換層準備作業

結晶モジュール

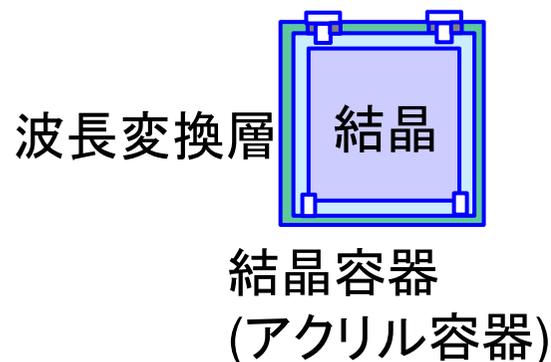


	$\geq 0.3\mu\text{m}$	$\geq 0.5\mu\text{m}$	$\geq 1.0\mu\text{m}$	清浄度
クリーンブース外	8.82e4	2.23e4	1.12e4	クラス100000
クリーンブース内	1.30e3	7.58e1		クラス1000(ISO6)

結晶モジュール準備

- 結晶モジュール: CaF_2 結晶+結晶容器+波長変換層
 - CaF_2 を結晶容器に入れて接着作業
 - 波長変換層の純化作業: 液々抽出による純化
 - 結晶容器に波長変換層を充填
 - 結晶容器のリークテスト&補修作業

結晶モジュール



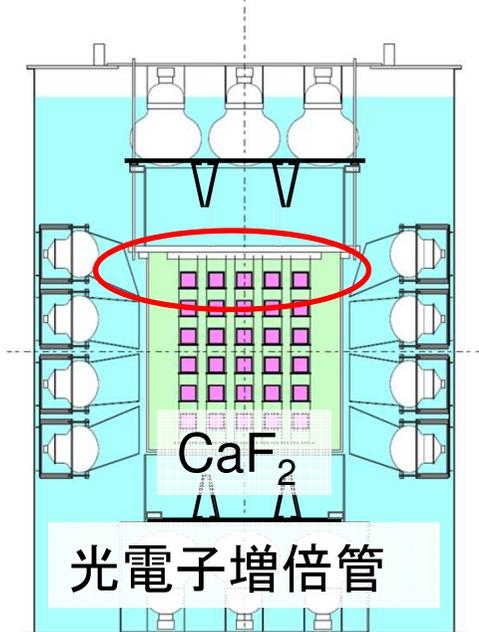
10月に結晶モジュール準備終了、10月後半にタンクのリークテスト

結晶評価測定

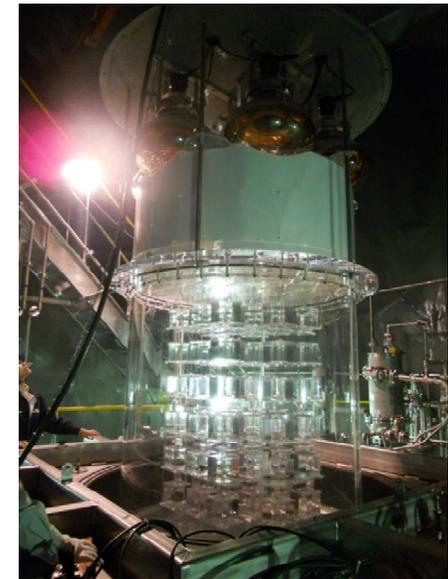
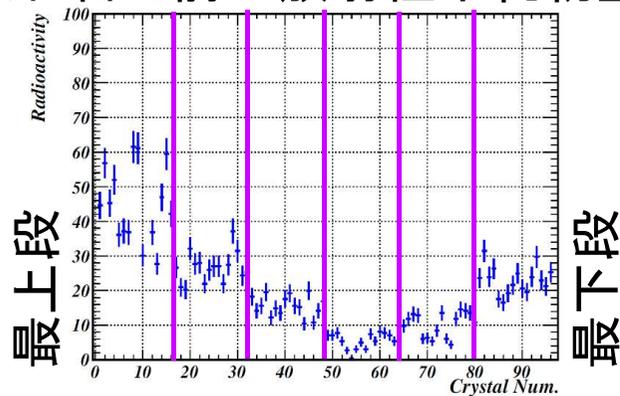
□ 新結晶モジュールを装置内に設置

■ 2019年11月07日測定開始

- 実験室の冷却: 水温16度→5.6度
- エネルギースペクトルを確認済み
- これからCaF₂結晶の放射性不純物評価を行う



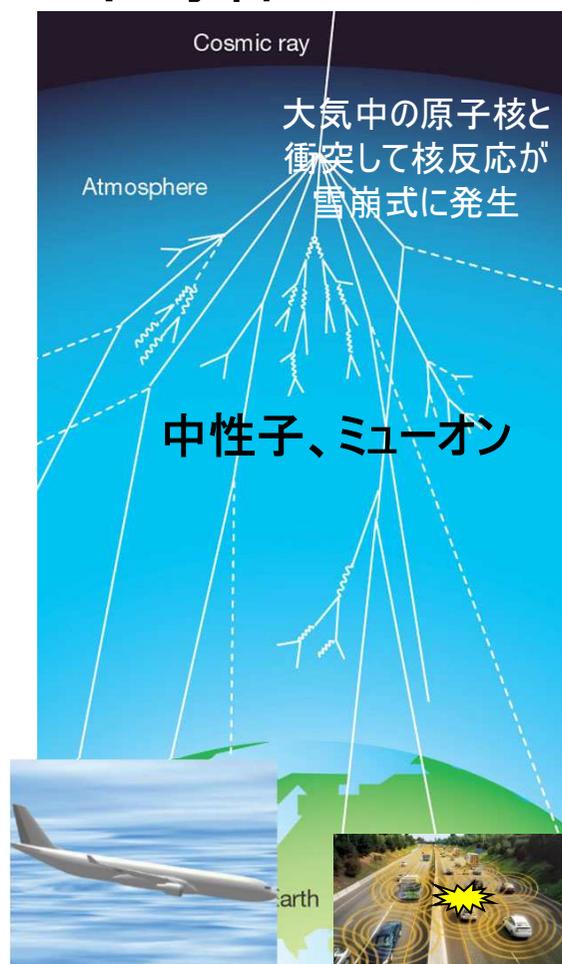
入れ替え前の放射性不純物量



ソフトウェア発生率の評価

研究課題: B20
代表: 中野貴志

□ 半導体デバイスのソフトウェア発生率の評価

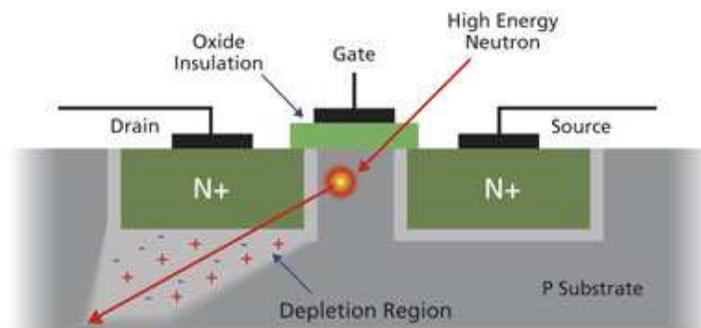


飛行機急降下事故
車自動運転事故

再現性のない電氣的エラー

主なソフトウェア起因は中性子やミュオン

- 生成された荷電粒子
- ごく稀にビット反転を起こす



半導体デバイスの微細化→
ソフトウェア > ハードエラー

□ 加速器(RCNP)を用いた高負荷評価

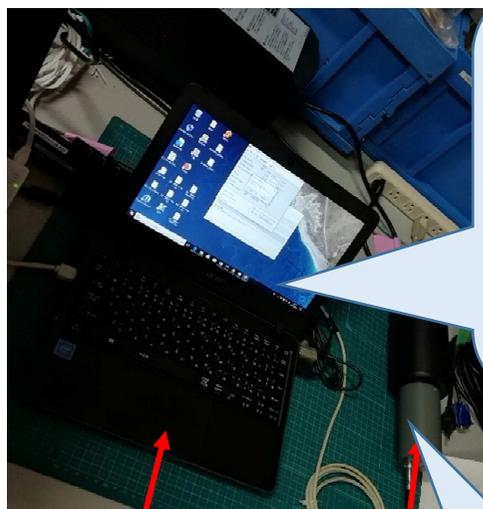
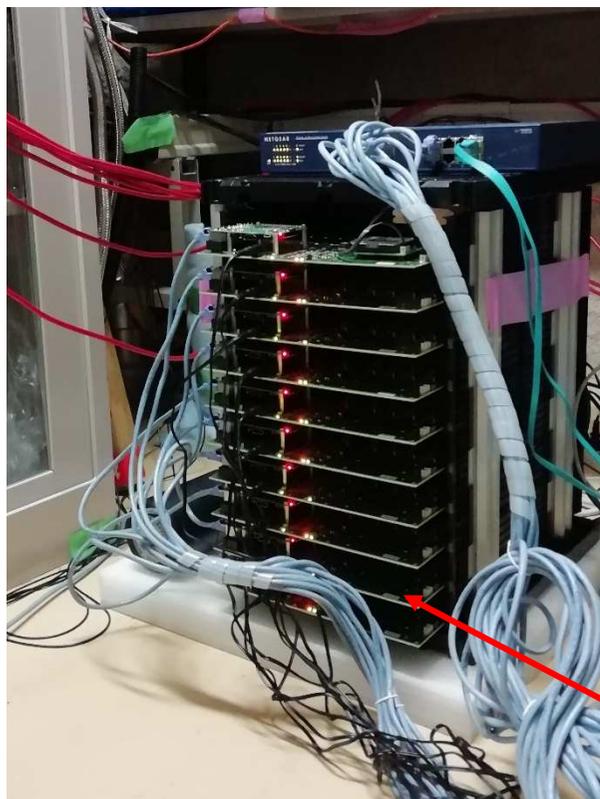
□ 地下実験室での低負荷評価

■ 宇宙線以外の原因評価

ソフトウェア発生率の評価

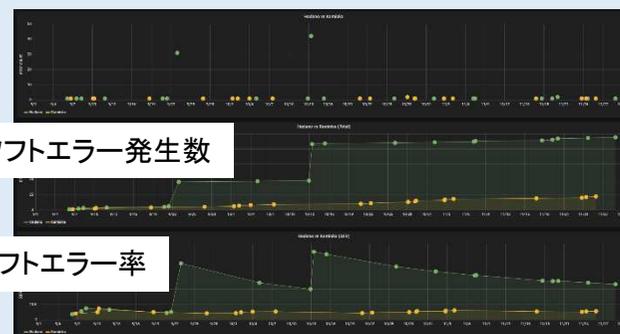
研究課題: B20
代表: 中野貴志

□ 神岡実験室での測定



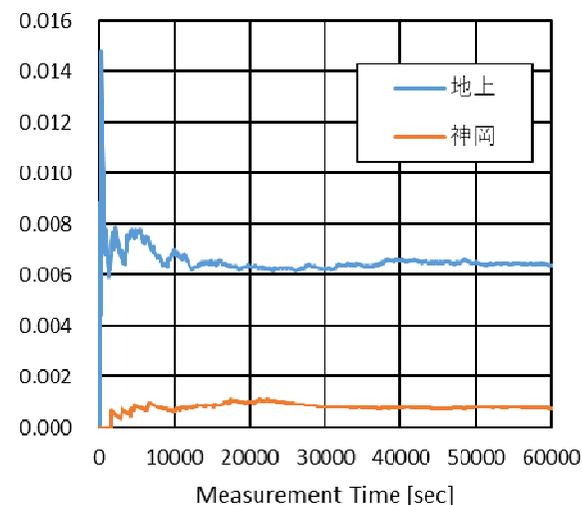
中性子カウンタ
データ読み出し用パソコン

半導体デバイス



ソフトウェア率評価画面

神岡と地上での測定結果比較



熱中性子束測定結果比較

- 地下でのソフトウェア発生率の評価継続中
- デバイスに含まれる放射性不純物によるソフトウェア発生の可能性も評価予定
- 来年度も継続申請

まとめ

- B12: ^{48}Ca の二重ベータ崩壊の測定
 - 2019年: 結晶の入れ替え作業&性能評価測定
 - 並行して数meV検証のための次世代検出器開発
 - 蛍光熱量検出器、濃縮の開発
 - 神岡施設の中性子量測定
 - 他、実験室Dでの共同利用: (B20)ソフトウェア測定
- 予算: 査定額
 - 共同研究費22万円: 19万円執行済み
 - 主に旅費、ほか純水用薬品