

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

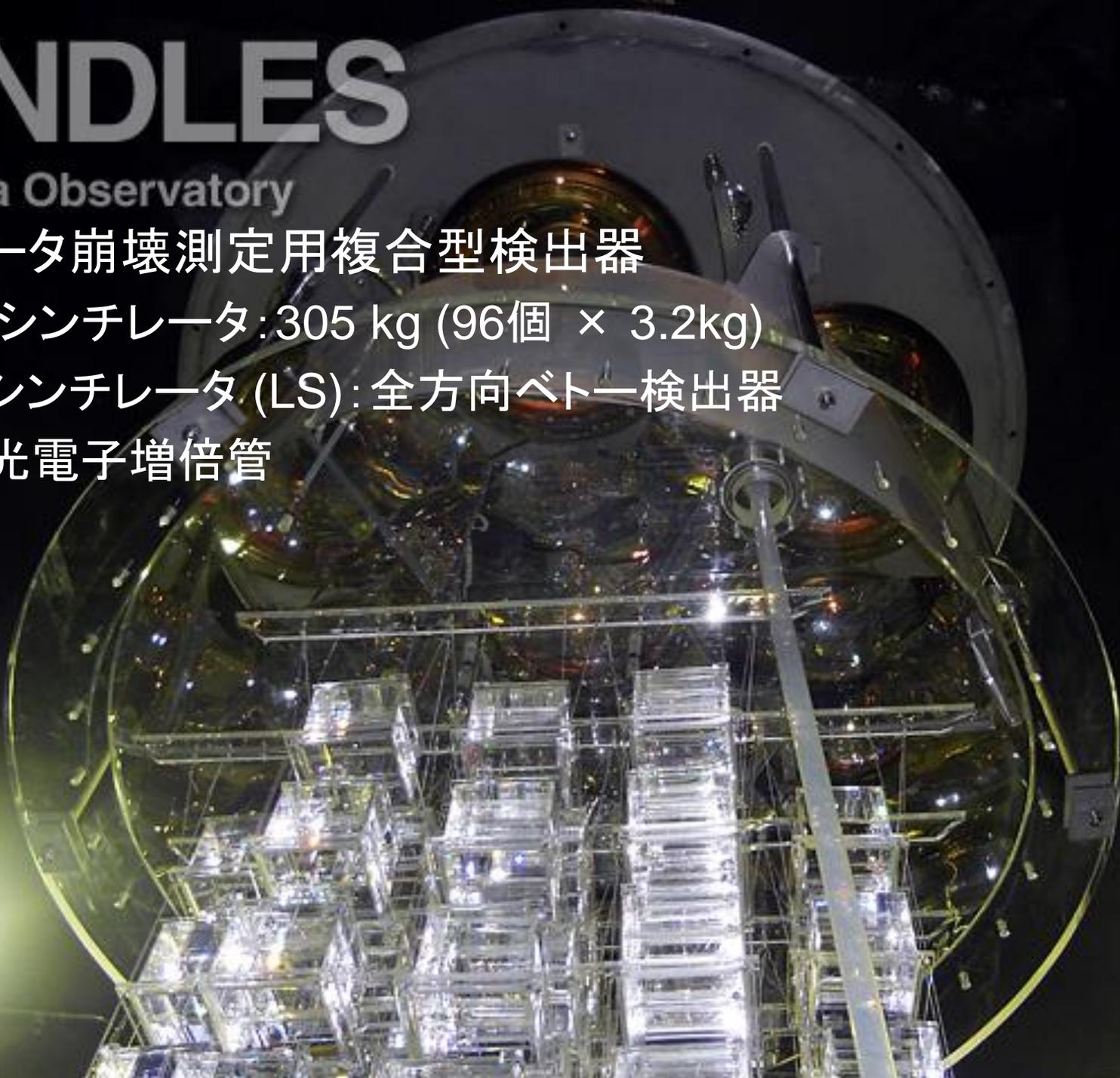
LIS Collaboration

- 二重ベータ崩壊測定装置: CANDLES
- 今年度の開発
 - CaF₂結晶入れ替え後の性能評価
 - レーザー濃縮の紹介

CANDLES

@Kamioka Observatory

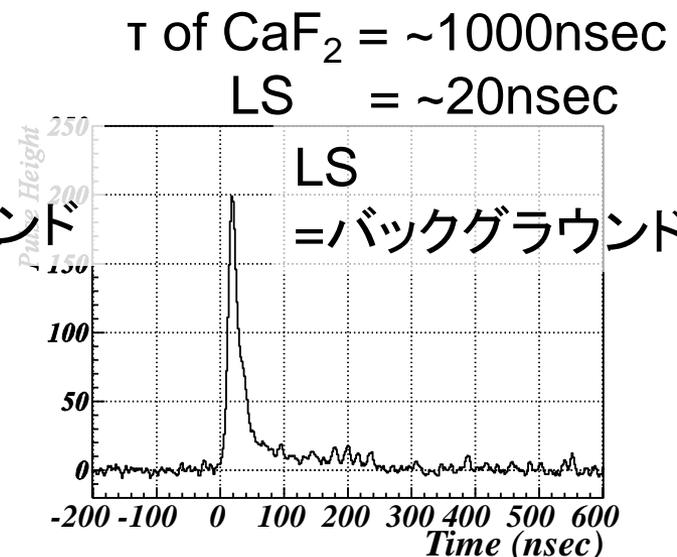
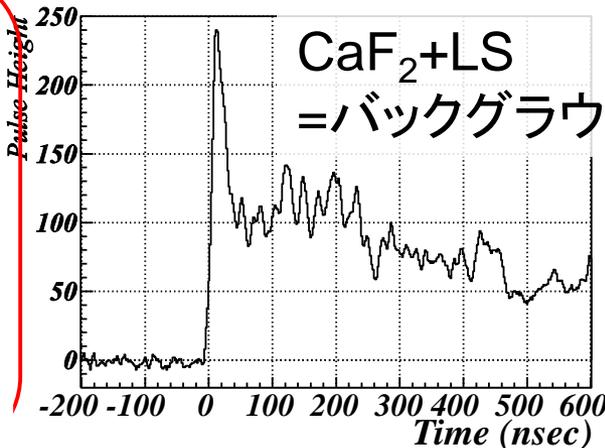
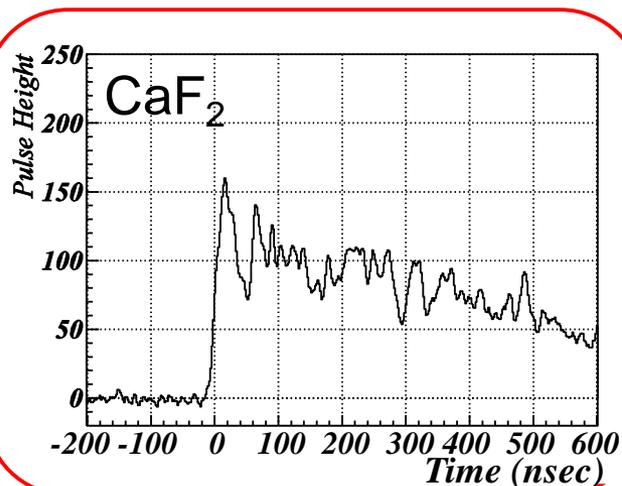
- 二重ベータ崩壊測定用複合型検出器
 - CaF_2 シンチレータ: 305 kg (96個 × 3.2kg)
 - 液体シンチレータ (LS): 全方向ベータ検出器
 - 大型光電子増倍管



BG除去システム：液体シンチレータ信号

□ CANDLES システムで観測される波形

■ 3つの典型的波形



τ of CaF₂ = ~1000nsec
LS = ~20nsec

トリガーレート：低い
(検出器体積： 1 for CaF₂

<<<<
:

高い
(20 for LS)

CANDLES システムでは...

- ・短い波形と長い波形：CaF₂信号を選択
- ・CaF₂の選択的トリガー
→低バックグラウンド環境へ

結果

131日の測定結果

高純度 $^{21}\text{CaF}_2$ 結晶の結果

	結果
$0\nu\beta\beta$ 検出効率	0.36($^{21}\text{CaF}_2$)
事象数(exp)	0
予想されるBG量	1.02
$0\nu\beta\beta$ 半減期	$>5.6 \times 10^{22}$ year
測定感度	2.8×10^{22} year

論文投稿

* 先行検出器ELEGANT VI

測定時間: 4947kg·day(2年強)

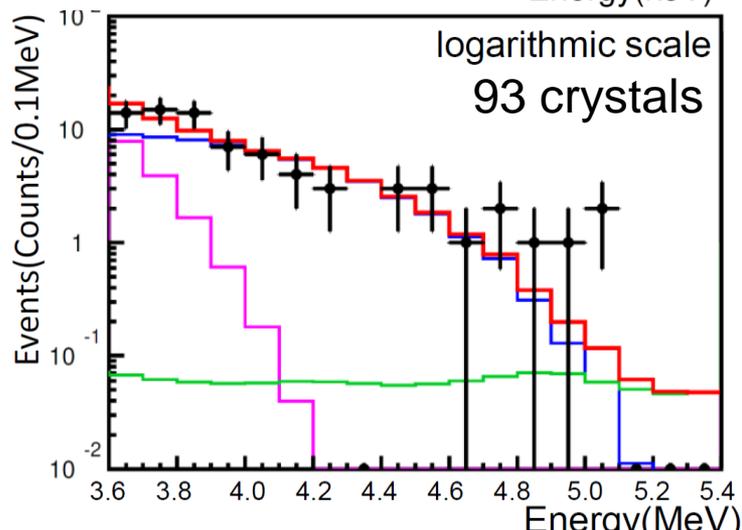
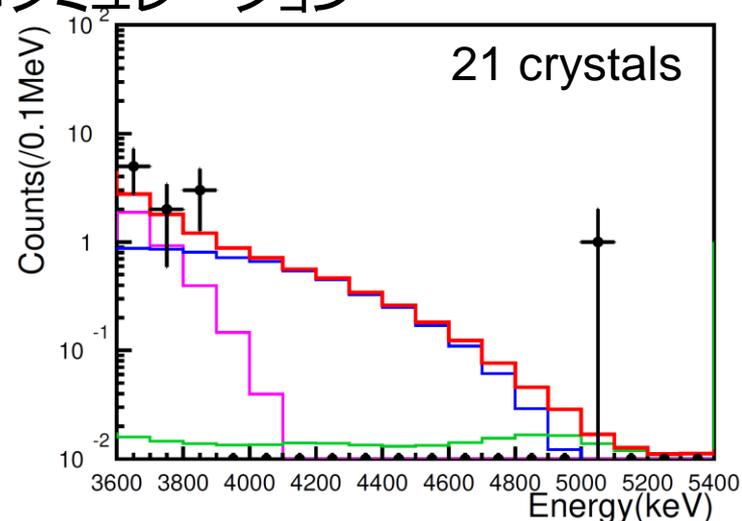
半減期 : $>5.8 \times 10^{22}$ 年

・続く2年分のデータ解析中(新解析導入中)

・ CaF_2 結晶内部の放射性不純物がBG源
要高純度結晶開発

- データ
- 全Simデータ
- 中性子捕獲 γ 線
- 結晶内部不純物
- $2\nu\beta\beta$

エネルギースペクトルと
BGシミュレーション



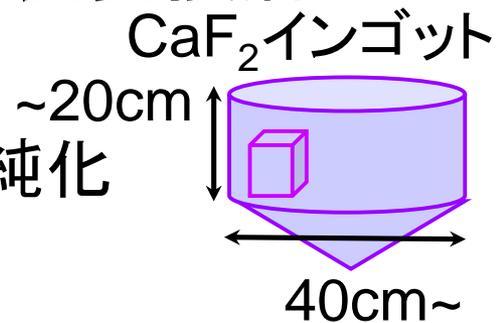
結晶入れ替え作業

□ 結晶モジュール: CaF_2 結晶+結晶容器+波長変換層

■ 高純度 CaF_2 製造14個: インゴット選定

■ 波長変換層の純化作業: 液々抽出による純化

■ CANDLESへの導入



クリーンルーム内で
結晶モジュール組み立て

CANDLES内の結晶入れ替え

結晶モジュール

波長変換層

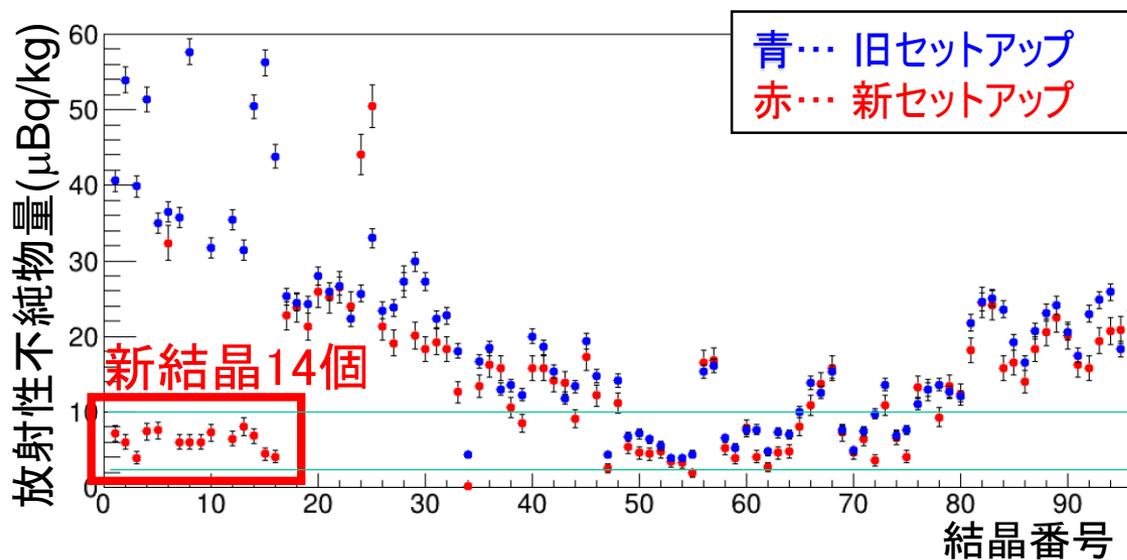


結晶容器
(アクリル容器)



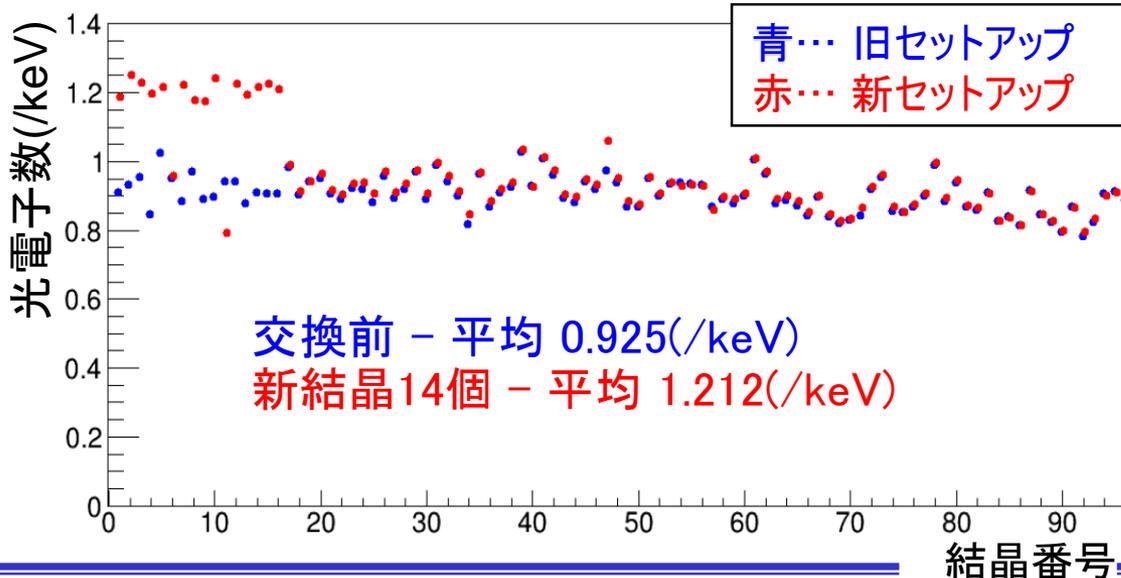
新CaF₂結晶の性能

伊賀友輝
(2020年物理学会年次大会、
修士論文)



- トリウム系列不純物量
 - 平均 $6.2 \pm 1.0 \mu\text{Bq/kg}$
 - 測定感度は1.7倍に。

次期検出器(熱量計)要求(20meV)
次期検出器(熱量計)要求(数meV)



- 光量
 - 光電子数が25%増加
 - エネルギー分解能は7%改善
 - 波長変換剤の入れ替え(透過率改善)による効果

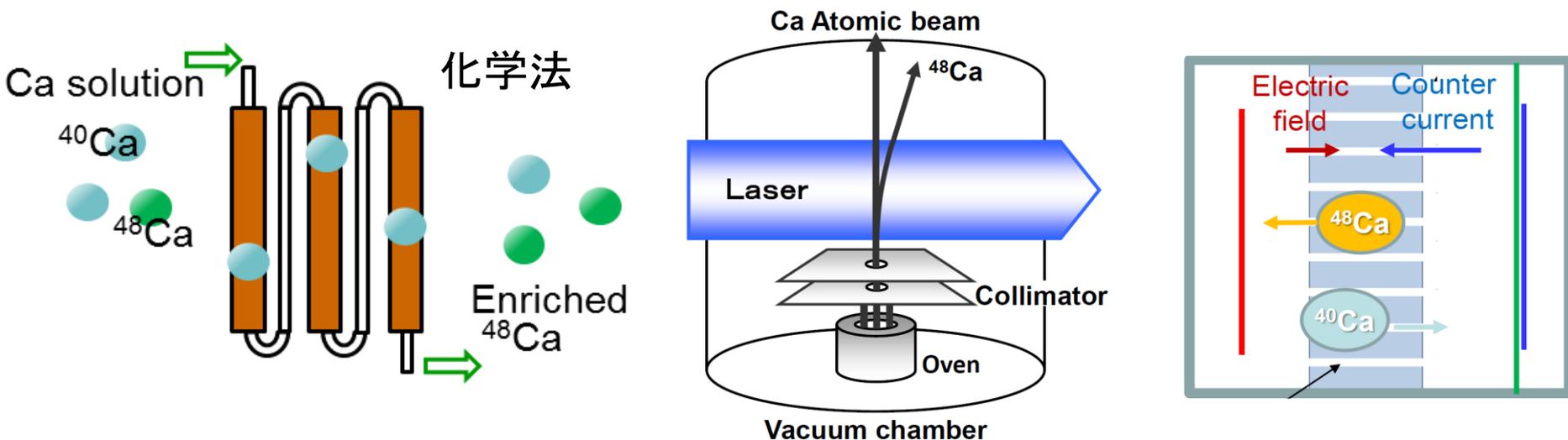
次世代検出器：濃縮

□ カルシウム48

- 天然同位体比が低い: 0.19%
- 濃縮によって感度向上が可能
- 一般には濃縮は行われていない

□ 新しい濃縮手法を開発

- 樹脂濃縮、レーザー濃縮、電気泳動濃縮

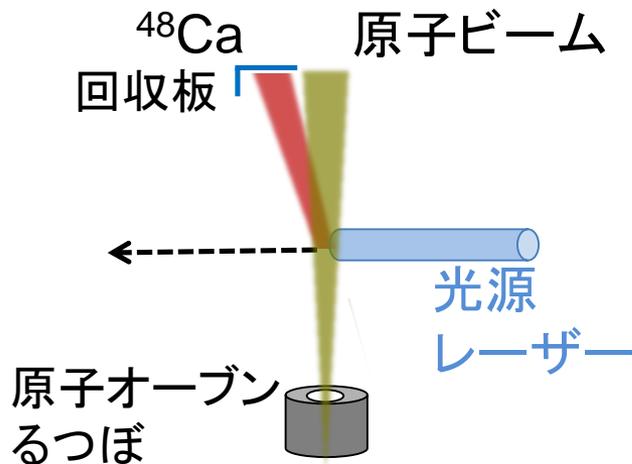


濃縮

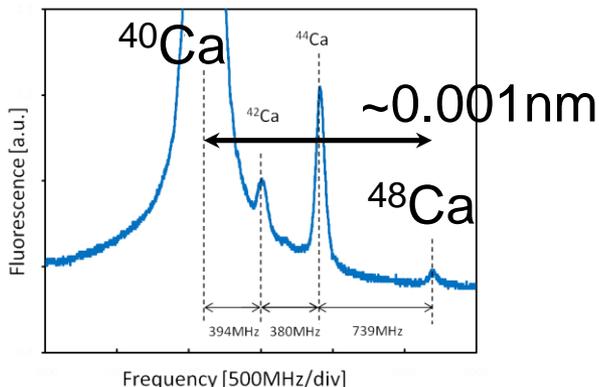
福井大工:仁木、小川

□ ^{48}Ca の低い天然同位体比:濃縮法の一つレーザー濃縮を紹介

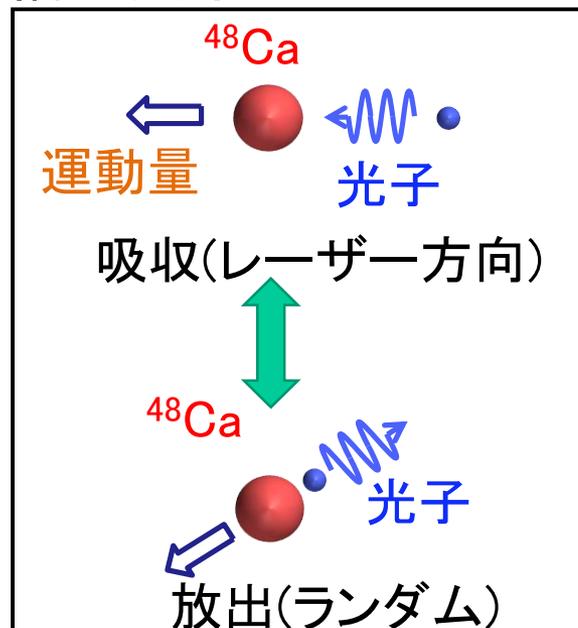
装置概略



Caの吸収波長スペクトル

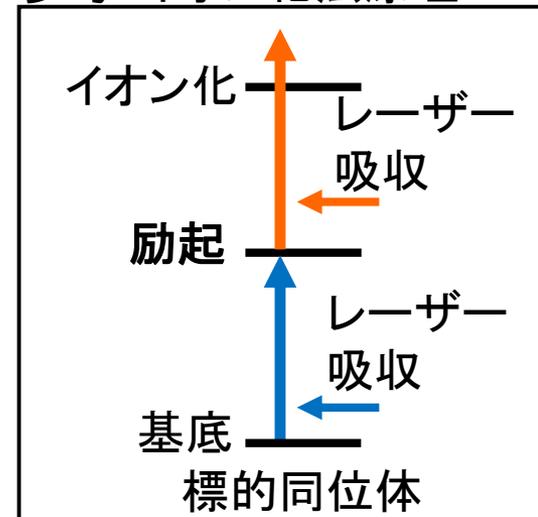


偏向法原理



1本のレーザーが必要
・偏向用
繰り返しての光吸収・放出を利用

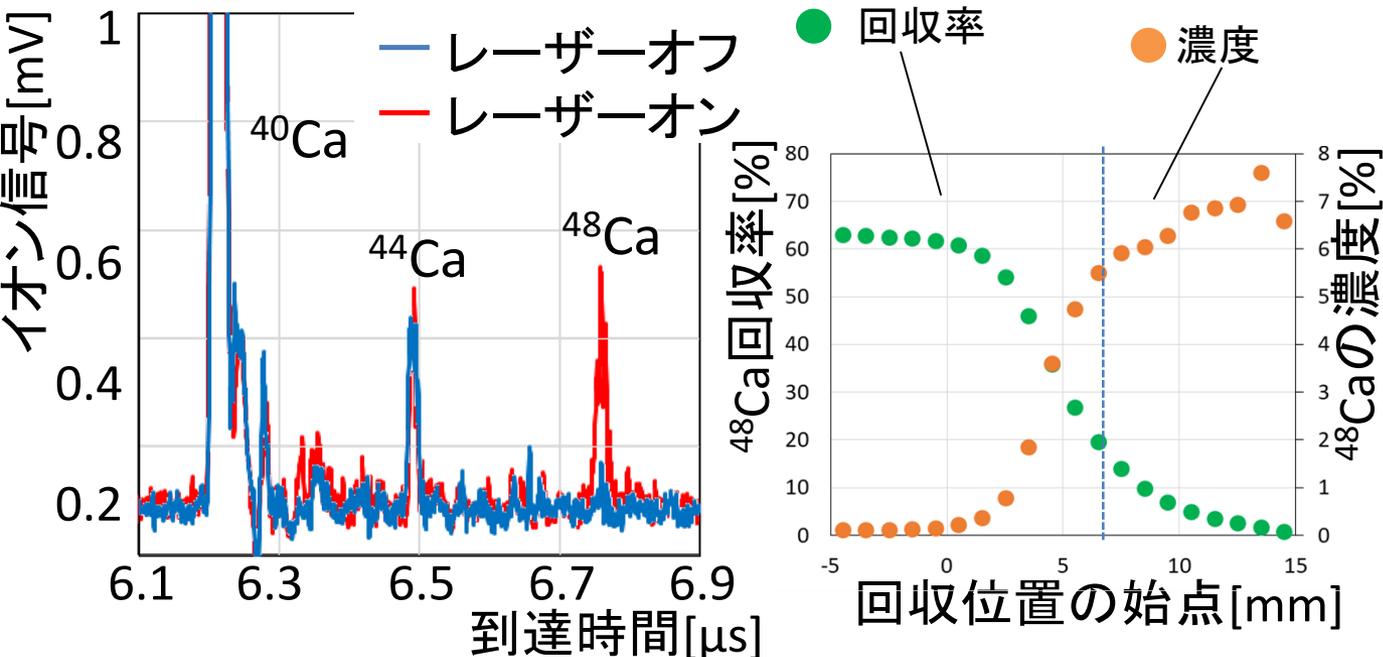
参考:イオン化法原理



2本のレーザーが必要
・選択的励起用
・イオン化用
韓国等でも開発

次世代検出器：濃縮（偏向法）

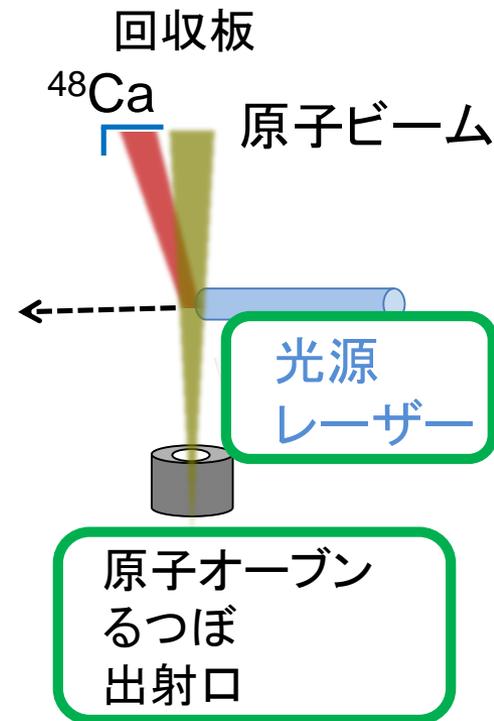
濃縮効果



6.5mm以上の原子を全て回収した場合・・・
回収率 19.6% 濃度 5.5%

- より高濃度・高回収率へ→偏向角の増加が必要
- 偏向用レーザーの照射システムの改良
- 高出力レーザー開発

装置概略



まとめ

- B15:48Caの二重ベータ崩壊の測定
 - 2020年:入れ替え結晶の性能評価
 - 測定感度は1.7倍に改善見込み
 - 並行して次期検出器開発
 - 今日濃縮開発の紹介
- 予算:査定額
 - 共同研究費22万円
 - 旅費に使用予定→物品購入に使用(7万円)
 - サポートありがとうございました。