

• Kamioka

A02班報告と項目A連携

• Nagoya

次世代二重ベータ崩壊測定装置開発報告と項目A連携

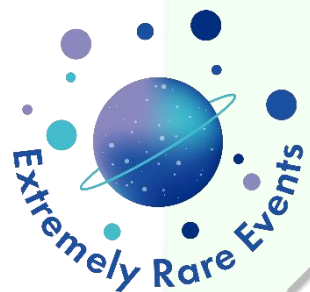
• Osaka

大阪大学核物理研究センター/名古屋大学

梅原さおり

• Nara umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp

- 「物質の起源と進化」
- 地下稀事象 & 項目A(A02)
- 次世代二重ベータ崩壊測定装置開発



「物質の起源と進化」

□ 地下稀事象から「物質の起源と進化」

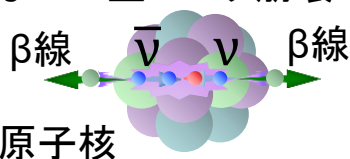
■ いろんな分野の方が集まっていると思うので

極稀崩壊

物質の起源
の解明

地下稀事象研究的
「物質の起源と進化」

ニュートリノを放出し
ない二重ベータ崩壊



地下稀事象

原子核をプローブ
とした素粒子研究

地下実験室 + 低放射能



誕生

物質優勢宇宙の謎

成長

暗黒物質の謎

進化

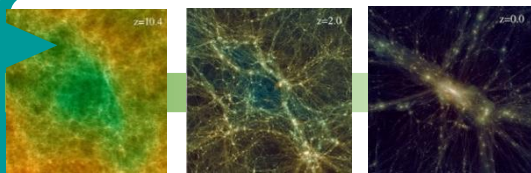
化学進化の謎



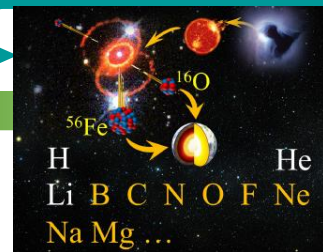
宇宙初期は物質・反物質が同量
物質が残った
なぜ宇宙は物質でできているのか？

陽子崩壊

中性子反中性子振動



宇宙初期の微小な密度揺らぎ
星ができ銀河形成へ
見つからない重力源？



超新星ニュートリノ観測

原子核分野寄り 物質優勢宇宙の謎: $\sim 10^{-34}$ 秒

「物質の起源と進化」

元素合成過程の謎: ~ 38 万年

ハドロン形成の謎: ~ 3 分

「物質の起源と進化」

□ 地下稀事象から「物質の起源と進化」

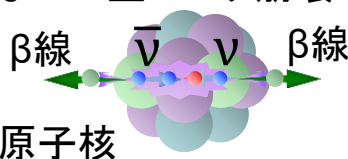
■ いろんな分野の方が集まっていると思うので

地下実験室 + 低放射能



物質の起源
の解明

ニュートリノを放出し
ない二重ベータ崩壊



極稀崩壊

地下稀事象

原子核をプローブ
とした素粒子研究

地下稀事象研究的
「物質の起源と進化」

誕生

物質優勢宇宙の謎

成長

暗黒物質の謎

進化

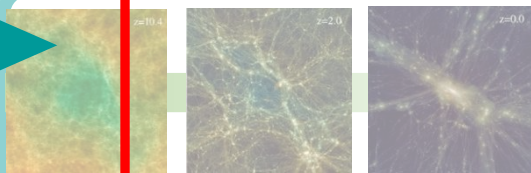
化学進化の謎



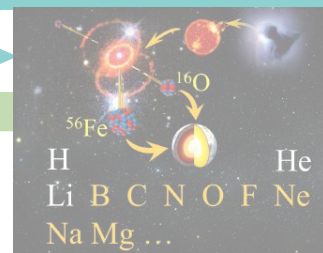
宇宙初期は物質・反物質が同量
物質が残った
なぜ宇宙は物質でできているのか？

陽子崩壊

中性子反中性子振動



宇宙初期の微小な密度揺らぎ
星ができ銀河形成へ
見つからない重力源？



超新星ニュートリノ観測

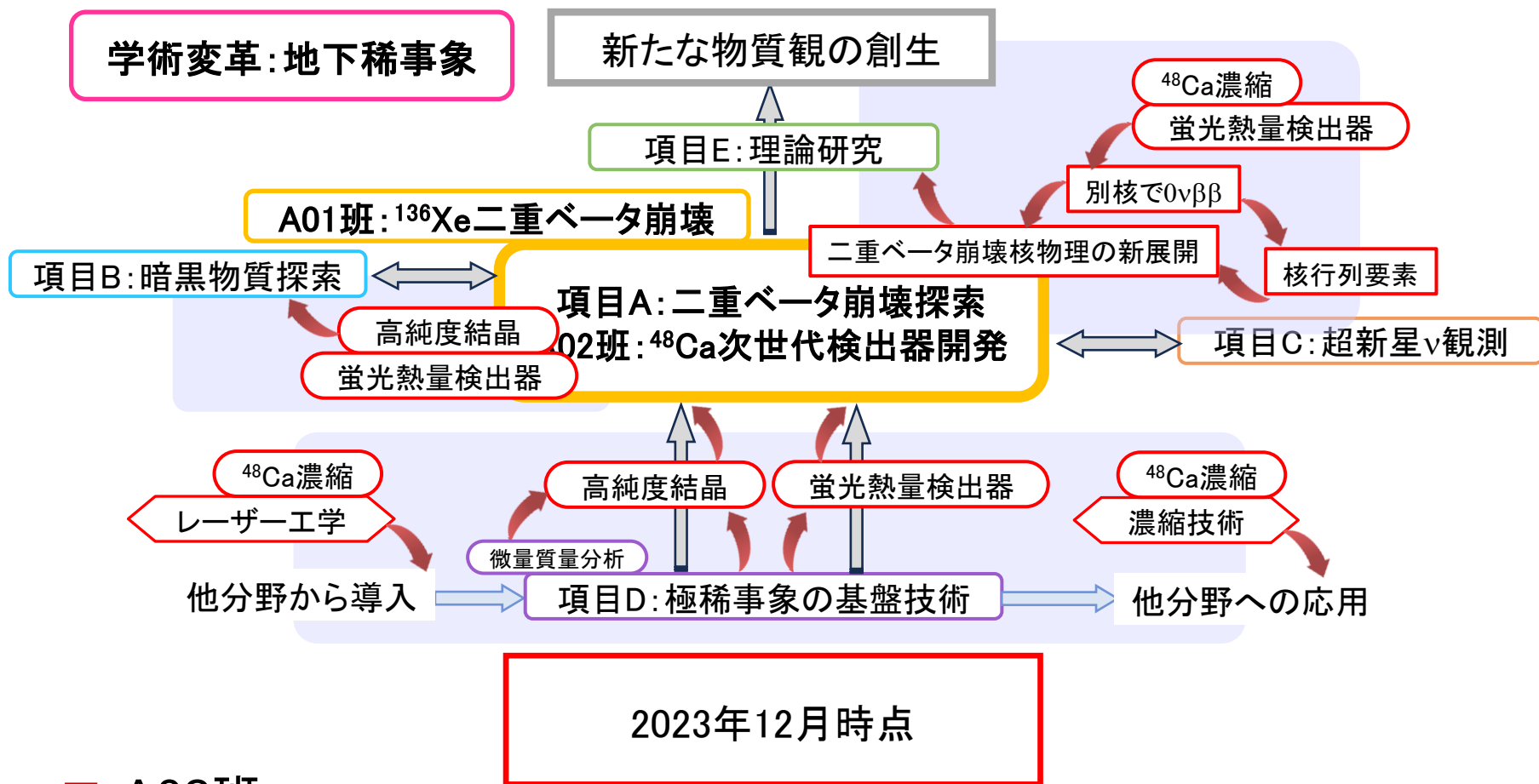
原子核分野寄り 物質優勢宇宙の謎: $\sim 10^{-34}$ 秒

「物質の起源と進化」

元素合成過程の謎: ~ 38 万年

ハドロン形成の謎: ~ 3 分

地下稀事象 & A02班: 学術変革開始前

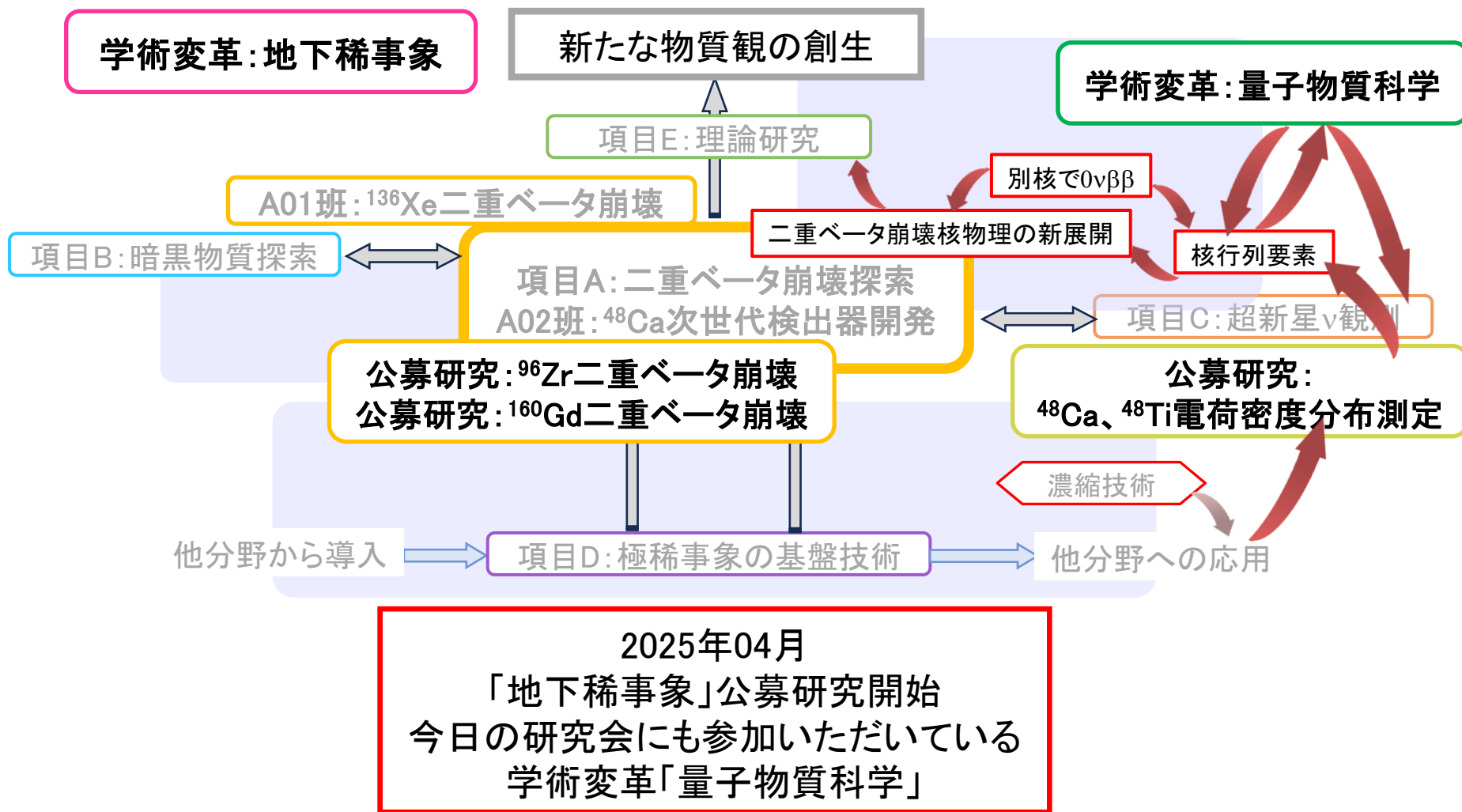


□ A02班

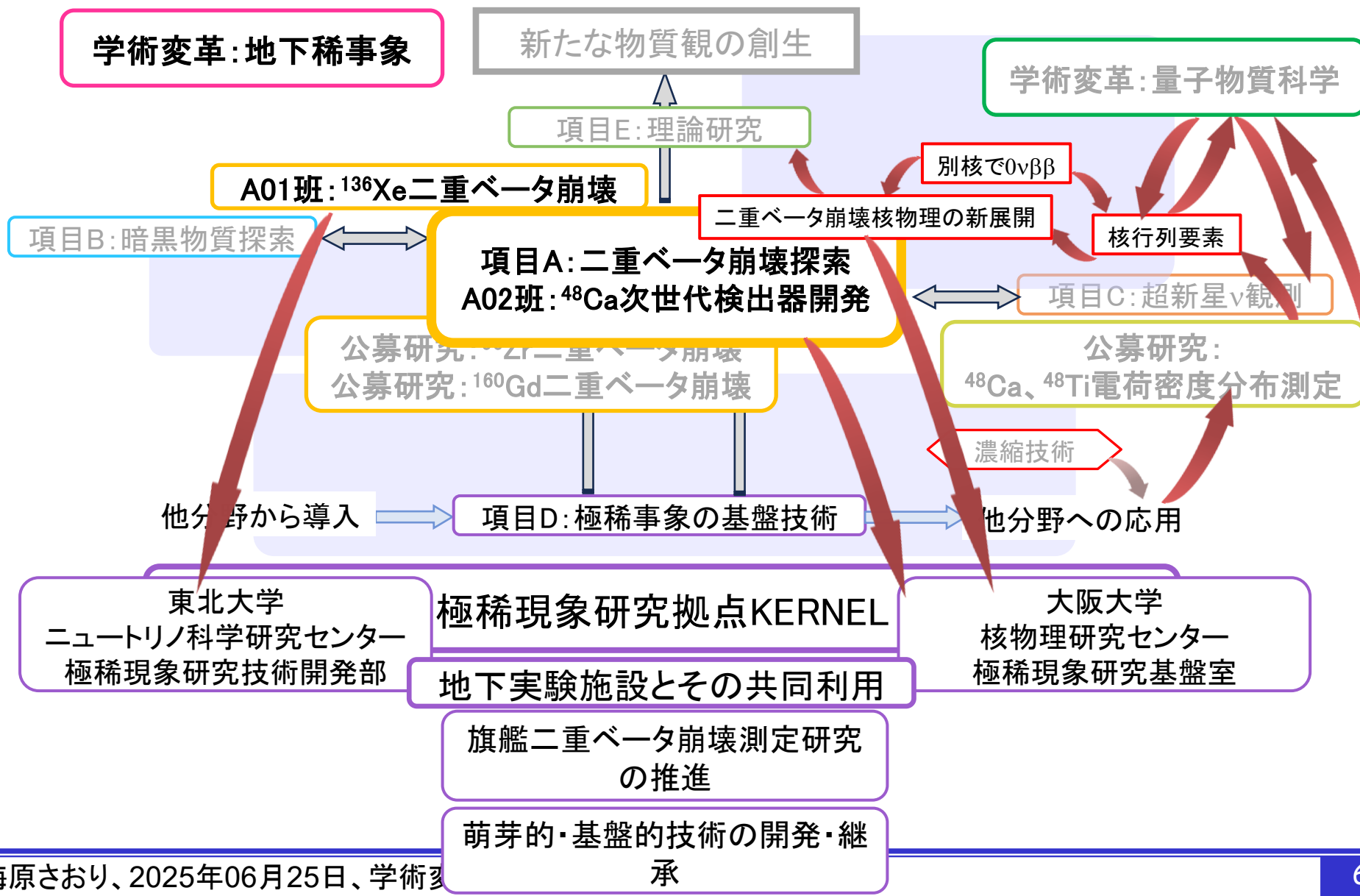
□ 次世代二重ベータ崩壊測定装置開発

□ ^{48}Ca 濃縮、高純度 CaF_2 結晶、 CaF_2 蛍光熱量検出器

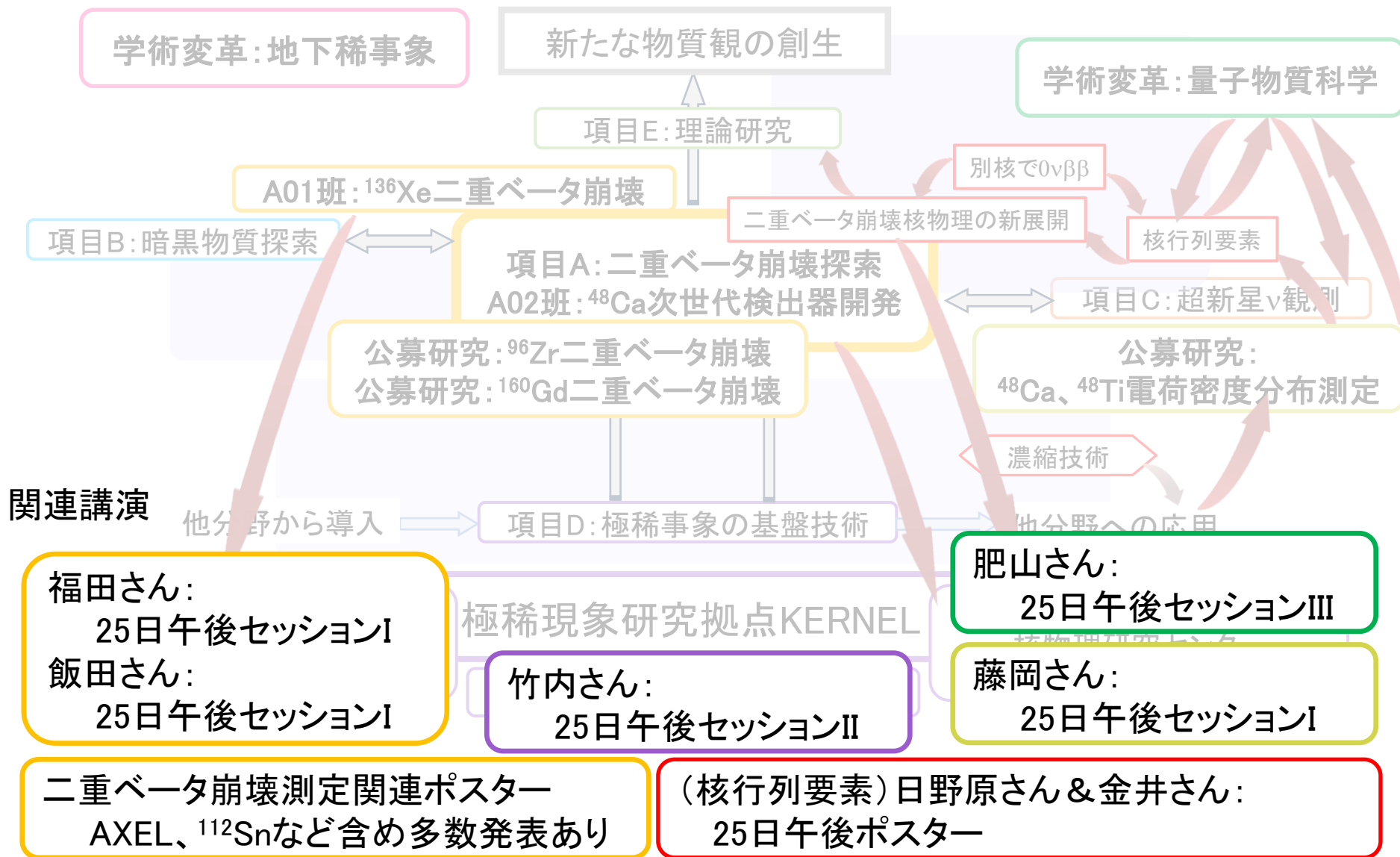
地下稀事象 & A02班: 現在



地下稀事象 & 項目A(A02): 現在



地下稀事象 & 項目A(A02): 現在

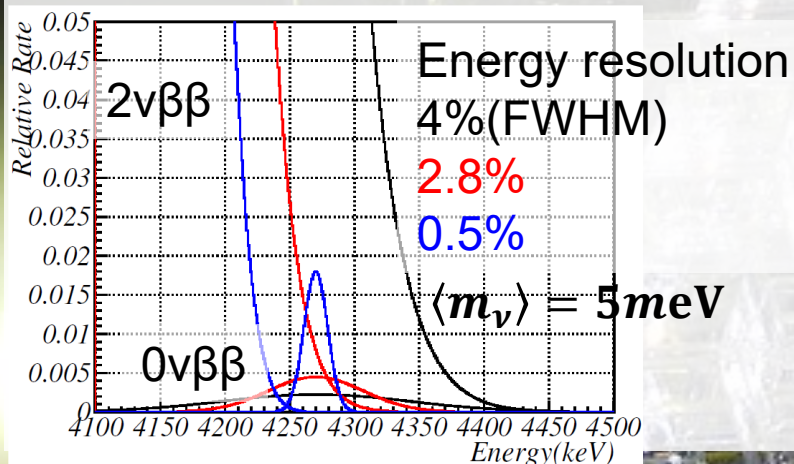


CANDLES

@Kamioka Observatory

	CANDLES III	次世代検出器(核・素・宇)
^{48}Ca 存在比	0.187%	50%(80%)~
^{48}Ca 量	0.35 kg : CaF_2 300kg	数ton (2ton~)
エネルギー分解能	6%	1.0% (required)
$\langle m_\nu \rangle$ 感度	0.5eV	数meV (4-20meV)
特徴	CaF_2 冷却 低バックグラウンド測定	濃縮 ^{48}Ca & 高エネルギー分解能&低BG 逆階層~順階層

$^{48}\text{Ca} 0\nu\beta\beta$ & $2\nu\beta\beta$ スペクトル

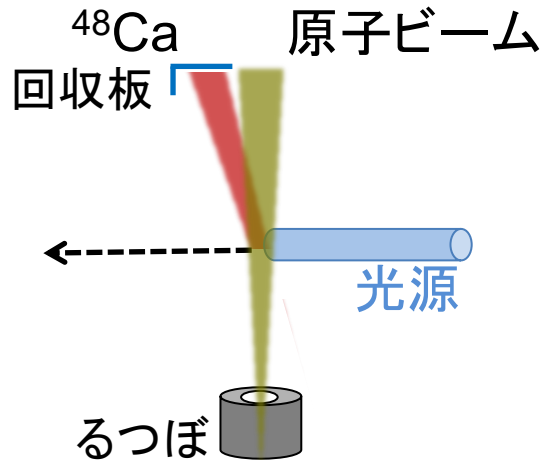


- ^{48}Ca 増量
 - ^{48}Ca 濃縮
- 濃縮 ^{48}Ca の結晶化
 - 高純度 CaF_2 結晶
- 高エネルギー分解能
 - CaF_2 蛍光熱量検出器

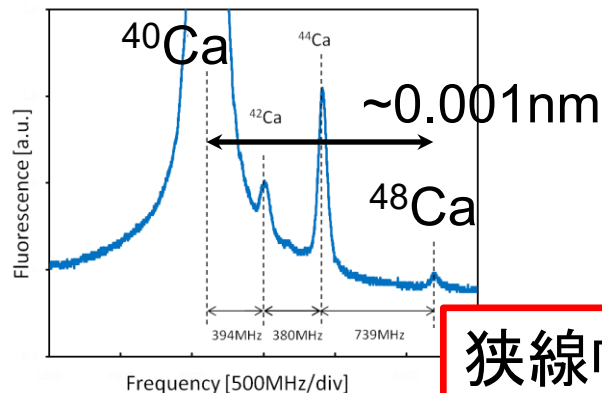
次世代検出器開発：同位体濃縮

□ レーザー濃縮(LIS)を紹介：

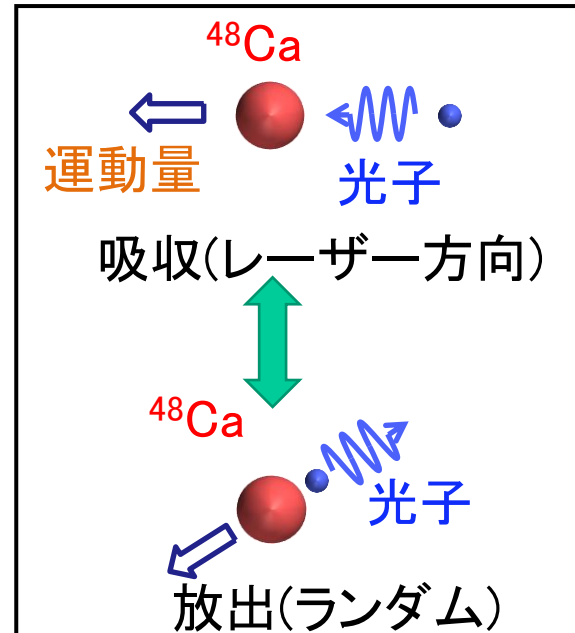
装置概略



Caの吸収波長スペクトル

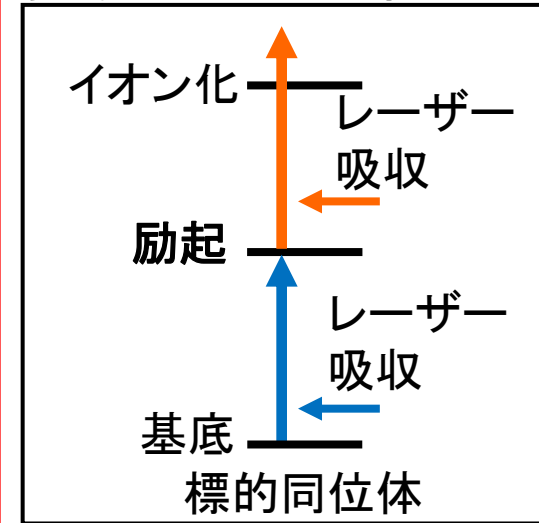


偏向法原理



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



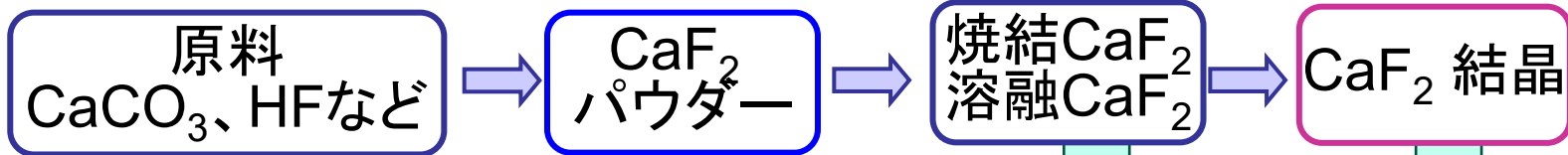
2本のレーザーが必要
・選択的励起用
・イオン化用
韓国等でも開発

狭線幅レーザーを照射し⁴⁸Caのみを偏向→回収

次世代検出器開発: 高純度 CaF_2 結晶

□ ^{48}Ca を効率よく高純度 CaF_2 結晶化する方法

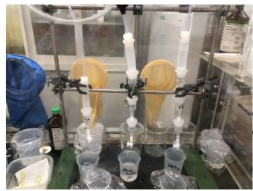
要求純度 $\sim\mu\text{Bq/kg}$
歩留まり $\sim 80\%$



安全な合成手法

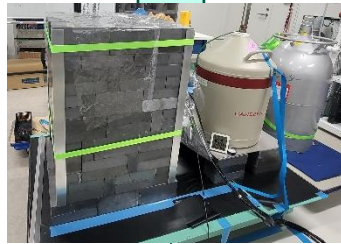
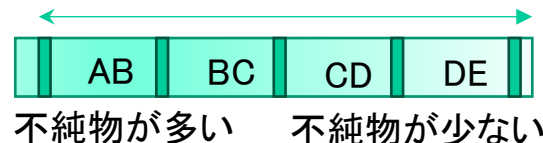
$^{48}\text{CaF}_2$ 結晶製造に向けた高純度化手法

樹脂法(再純化が可能)



ウラン・トリウム吸着樹脂
塩化カルシウム水溶液等

偏析法(再純化が可能)



数 10mBq/kg 感度

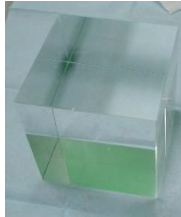


数 mBq/kg 感度

ICP-MS



数 $\mu\text{Bq/kg}$ 感度



分析技術: D01班連携

次世代検出器開発：蛍光熱量検出器

□ $^{48}\text{CaF}_2$ 蛍光熱量検出器：エネルギー分解能がよく粒子弁別が可能

■ 予想されるバックグラウンド

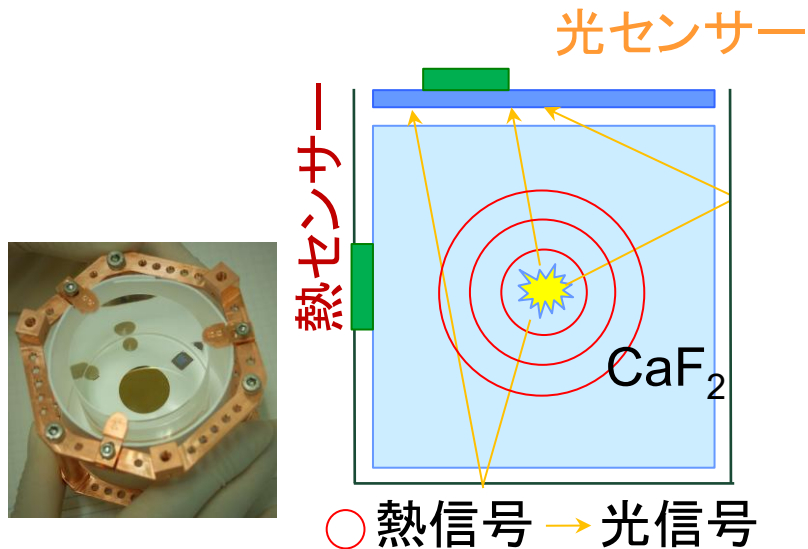
■ $2\nu\beta\beta$ 事象

■ エネルギー分解能0.5%、1トン ^{48}Ca で ~ 0.02 事象/年

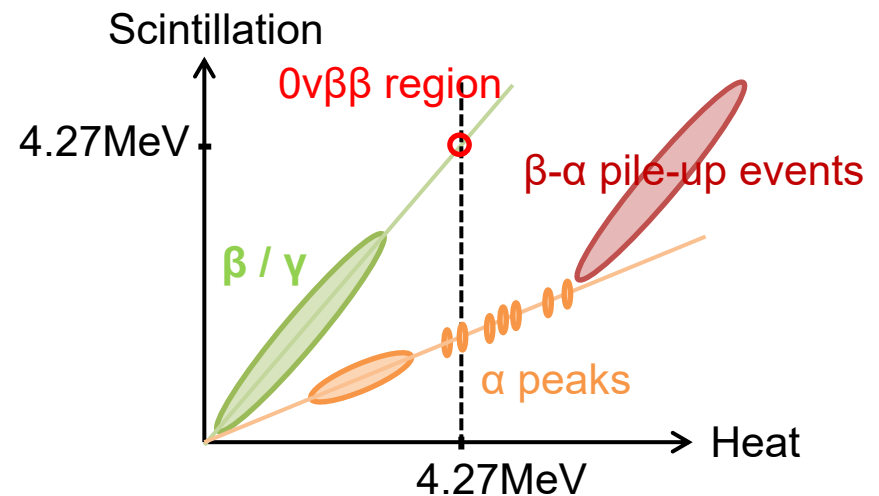
■ 結晶内部放射性不純物による α 線事象

■ 粒子弁別

蛍光熱量検出器：10mKで使用



蛍光熱量検出器による粒子弁別
蛍光量vs熱量



^{48}Ca 二重ベータ崩壊:次世代測定装置開発

□ 萌芽的技術を結集した次世代二重ベータ崩壊測定装置の開発

^{48}Ca のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の観測

目的:マヨラナ性の検証

目標測定感度:マヨラナニュートリノ質量 数meV

濃縮装置

^{48}Ca 濃縮

レーザー

梅原、嶋、三島、
Anawat、廣本(阪大RCNP)
谷川(阪大理)
小川、仁木(福井大/RCNP)
福井大学4年生、
他含め全9名

時田(京大化研)
上向井(阪大工)
業者
他学生含め全6名

目標性能
濃縮度50%~80%
最終濃縮量~1トン

他分野連携
(産学連携)

濃縮

高純度 CaF_2 結晶

梅原(阪大RCNP)、
伏見(徳島大):微量分析
黒澤(東北大金研):結晶製造
西島、他学生含め全16名

目標性能
不純物量 $1\mu\text{Bq/kg}$ 以下
歩留まり80%以上

他分野連携
(産学連携)

高純度物質(低放射能)

CaF_2 蛍光熱量検出器

梅原、(三島、廣本)(阪大RCNP)、吉田、野田、松本(阪大理)
韓国IBS内サブグループ
他学生含め全7名

目標性能
多重読み出し
BGLレベル5年あたり
1事象以下

国際連携

低温技術

新技術

基盤技術

新技術

^{48}Ca 二重ベータ崩壊:次世代測定装置開発

□ 萌芽的技術を結集した次世代二重ベータ崩壊測定装置の開発

^{48}Ca のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の観測

目的:マヨラナ性の検証

目標測定感度:マヨラナニュートリノ質量 数meV

関連講演

^{48}Ca 濃縮

レーザー

高純度 CaF_2 結晶

CaF_2 蛍光熱量検出器

P30: RITTIRONG ANAWAT

Laser Isotope Separation (LIS) of ^{48}Ca

P39: 谷川 秀憲

^{48}Ca 同位体濃縮の研究:ラビ振動の検討

濃縮度50%~80%
最終濃縮量~1トン

P29: 野田 健太

CaF_2 蛍光熱量検出器の開発

他学生含め全7名

目標性能
多重読み出し
BGLレベル5年あたり
1事象以下

P19: 西島 涉悟

高純度 CaF_2 合成

濃縮

高純度物質(低放射能)

低温技術

まとめ

- 項目Aでもさまざまな連携が始まろうとしています。
 - 公募研究、学術変革領域間連携：口頭発表あり
- ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊
 - A02班：次世代二重ベータ崩壊測定装置開発
 - 濃縮：大阪大学+京都大学+福井大学+名古屋大学+α
 - 濃縮装置を構築：ポスターあり
 - ラビ振動によるレーザー利用手法：ポスターあり
 - 高純度CaF₂結晶開発：大阪大学+徳島大学+α
 - ⁴⁸Caを効率よく高純度CaF₂結晶化：ポスターあり
 - 蛍光熱量検出器：大阪大学+IBS+α
 - 大阪での蛍光熱量検出器開発：ポスターあり