第1回 学術変革「地下稀事象」若手研究会 @富山大学

暗黒物質直接探索のための 極低内部放射能原子核乾板の開発

名古屋大学理学研究科

M2 陳 夏姫

目次 ·暗黒物質

- ·背景事象
- ・PVA中での結晶成長
- ・低速炭素イオン照射



・ニュートリノフォグ



rCDMS (2014

NEWSdm実験

WIMPs: Weakly Interactive Massive Particles



Introduction

超微粒子原子核乾板(NIT)

Introduction

・・・・<mark>ゼラチンにハロゲン化銀結晶(AgBr)が分散した**固体飛跡検出器**</mark>



原子核乾板を用いた暗黒物質探索における背景事象[1/2] Introduction

物理事象による背景事象:

・環境放射線に由来する背景事象 ・検出器内の放射性同位体による背景事象

■<u>環境放射線</u>に由来する背景事象

イタリア、グラン・サッソ国立研究所の<u>地下1000m</u>で観測実験

| | Surface | 1000 m Under ground | 地下環境、シールドによる低減が可能 |
|--------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| μ粒子 | $\sim 10^{-2}$ /cm ² /s | $\sim 10^{-8}$ /cm ² /s | →µ粒子由来、中性子由来の事象を低減 |
| 中性子 | $\sim 10^{-3}$ /cm ² /s | $\sim 10^{-6}$ /cm ² /s | →環境由来の背景事象は <u>γ線</u> が支配的 |
| 環境γ線 | $\sim 0.3/\text{cm}^2/\text{s}$ | $\sim 0.3/\text{cm}^2/\text{s}$ | • |
| α線(Rn) | $\sim 10/cm^2/s$ | $\sim 10/cm^2/s$ | |

原子核乾板を用いた暗黒物質探索における背景事象[2/2] Introduction

物理事象による背景事象:

・環境放射線に由来する背景事象
 ・検出器内の放射性同位体による背景事象

■検出器内の放射性同位体による背景事象

| | 崩壊数 | | | | |
|-----|-------|----------|------|-----------|-------|
| | U-238 | Th232 | K-40 | Ag-108 | C-14 |
| NIT | ~27 | ~ 6 | 35 | ~ 50 | 24000 |

<u>14Cに由来するβ線事象</u>が地下環境では支配的 ^[mBq/kg]

他の放射性同位体と同じレベルまで低減 → 3桁の低減











10 GeV/c² WIMPs疑似信号 → 約100 nm (Carbon) (光学分解能以下)

2025/3/6-7







■PVAのAgBr結晶への吸着 → OH基によるものであると仮定 写真化学の先行研究でOH基による吸着の可能性を示唆

・藤井悦男、杉浦正昭,工業化学雑誌,65,10,1609,(1962)
・藤井悦男,日本写真学会会誌,15,1,(1952)

バインダーのpHを下げることでOH基による吸着を弱める

⇒吸着が弱まり結晶サイズが大きくなることを期待

+核生成と成長を分けた添加

第1回 学術変革「地下稀事象」若手研究会

pH6.8
$$\rightarrow$$
 pH2.0





12/19

2025/3/6-7



13/19

2025/3/6-7

暗黒物質疑似信号となる100 keVのCarbonイオンの照射

WIMPs探索に用いる →低速粒子に対して感度を持つことが必須 β=v/c=10⁻³

PVA型原子核乾板の低速粒子に対する感度の有無は未検証

低速イオンに対する

PVA型原子核乾板の感度の有無 ゼラチン型乳剤との感度差

2025/3/6-7

の評価

暗黒物質疑似信号となる100 keVのCarbonイオンの照射

照射イオン: 100 keV Carbonイオン (5.2 ± 0.4) × 10⁸ /cm²

→ <u>50 GeV/c² WIMPsと炭素反跳の疑似信号</u>

乾板に対して垂直に照射

測定方法

<u>暗黒物質探索に用いる原子核乾板中の飛跡</u> →顕微鏡を通した光学像を観測、測定

→落射型光学顕微鏡PTS3のカメラを通した モニター上で事象数を手動でカウント



原子核乾板固定用 ステンレス板





2025/3/6-7

15/19







2025/3/6-7

18/19

まとめ、展望

まとめ

을田 티모

ゼラチン→PVAで削減可能 ¹⁴C由来の背景事象の3桁以上の削減が必要

ゼラチンとPVAの物性は異なるため結晶生成過程も異なる → 結晶サイズ40 nmを目標に、PVA乳剤の新規開発

1. PVAバインダー中での結晶生成

・pHを2に下げた製造で結晶サイズの<u>中央値42.3 nm</u>を達成

→サイズの要求を満たす

2.50 GeV/c² WIMPsと炭素反跳の疑似信号 PVA型で100 keV Carbonイオンに対する感度があることを初実証

→PVA型原子核乾板のWIMPs探索への利用可能性

| | •AgBr結晶の単分散化(結晶サイズ分布幅を狭める) | | | |
|--|----------------------------|--|--|--|
| | | | | |
| 最終的目標: PVA原子核乾板の実用化 | ■感度が落ちる要因の検証 | | | |
| | ⇒PVAの物性 | | | |
| 直近の課題: | →結晶形状 | | | |
| 結晶サイズの分散幅、 | →大きい結晶の沈殿の可能性 | | | |
| 低速粒子に対する感度 | ・角度情報を持った低速粒子の評価 | | | |
| 25/2/27 第11日 第11日 第11日 第11日 第11日 第11日 第11日 第11 | →感度評価、調節 | | | |

电! 氾卜柿事象 | 右于饼先会