

NEWAGE

NEw generation

WIMP search with an

Advanced

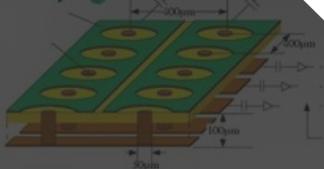
Gaseous device

Experiment

@EARTH "WI

microTPC

nucleus

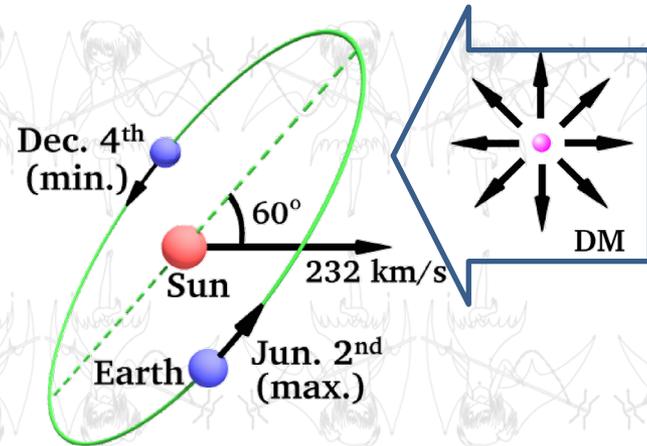


NEWAGE

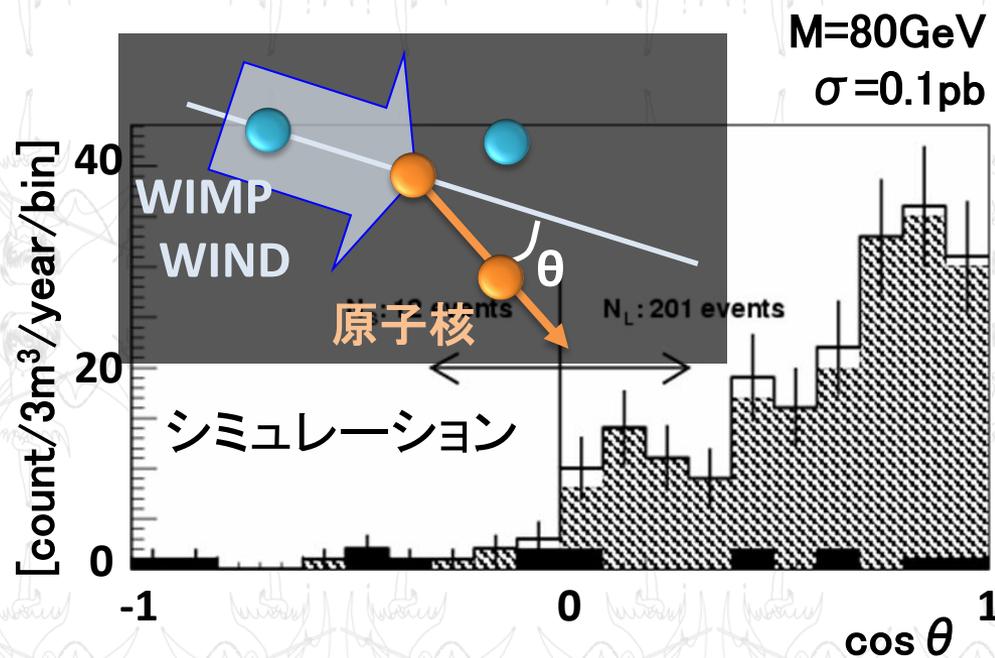
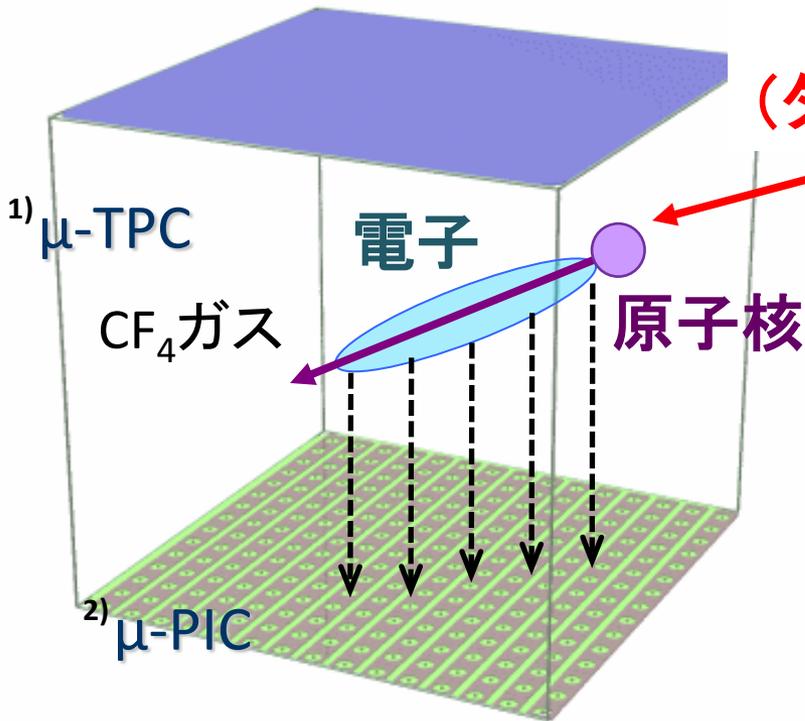
到来方向に偏りがある



飛跡を捉える



WIMP
(ダークマター)



2) μ-TPC ... Micro Time Projection Chamber

1) μ-PIC ... Micro Pixel Chamber

現状 (@神岡)

神岡の地下で実験(2009年3月*)西村博士論文)

散乱断面積の制限曲線を引いた

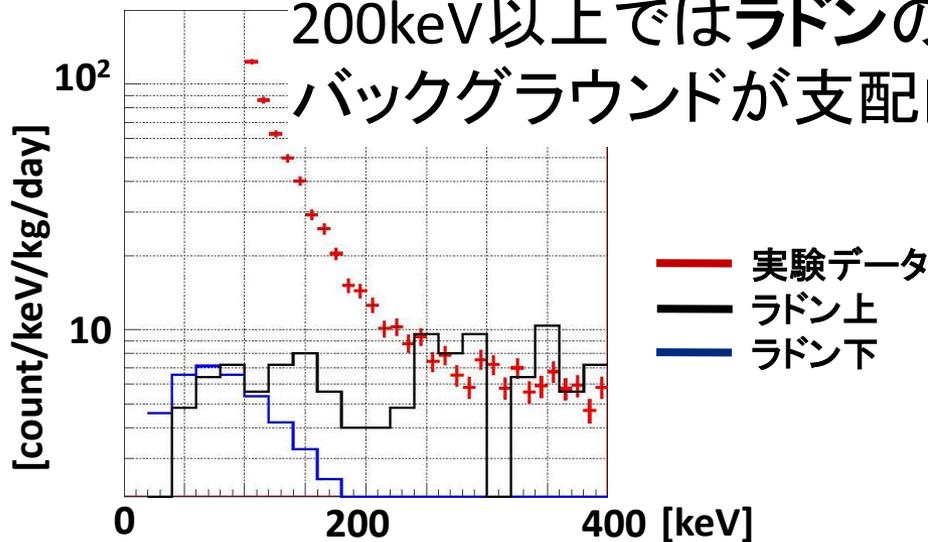
*) 元宇宙線研究室

- ・ 飛跡を捉える実験で唯一
- ・ ダークマターはまだ見えない

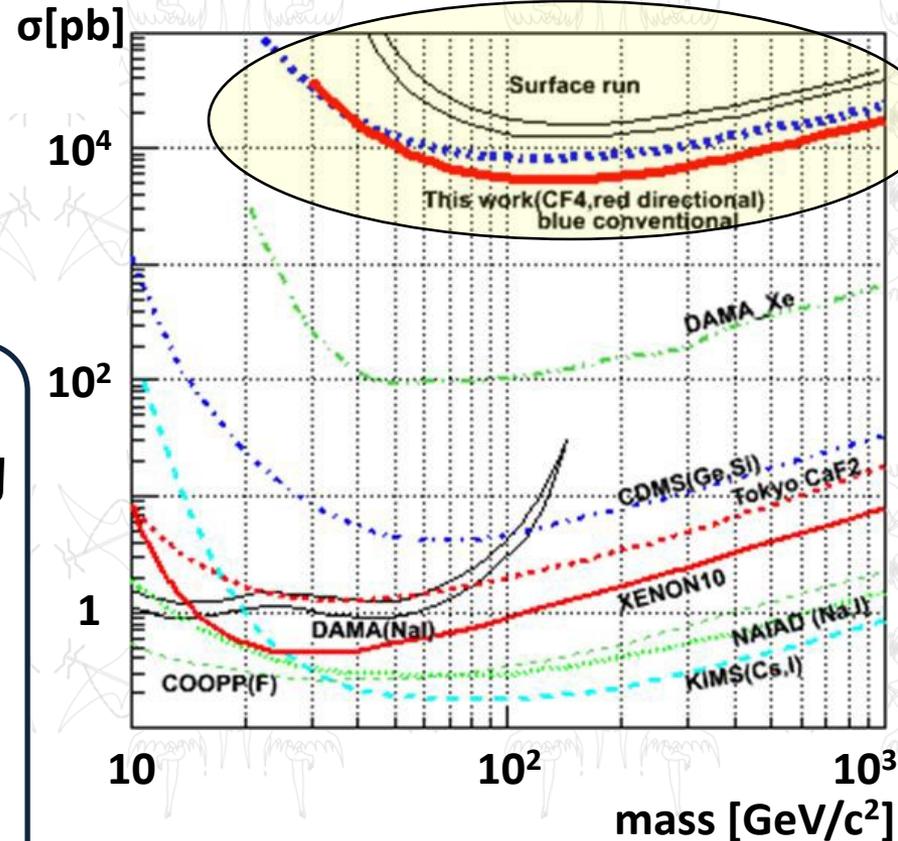


更にバックグラウンドを削減する

200keV以上ではラドンのバックグラウンドが支配的

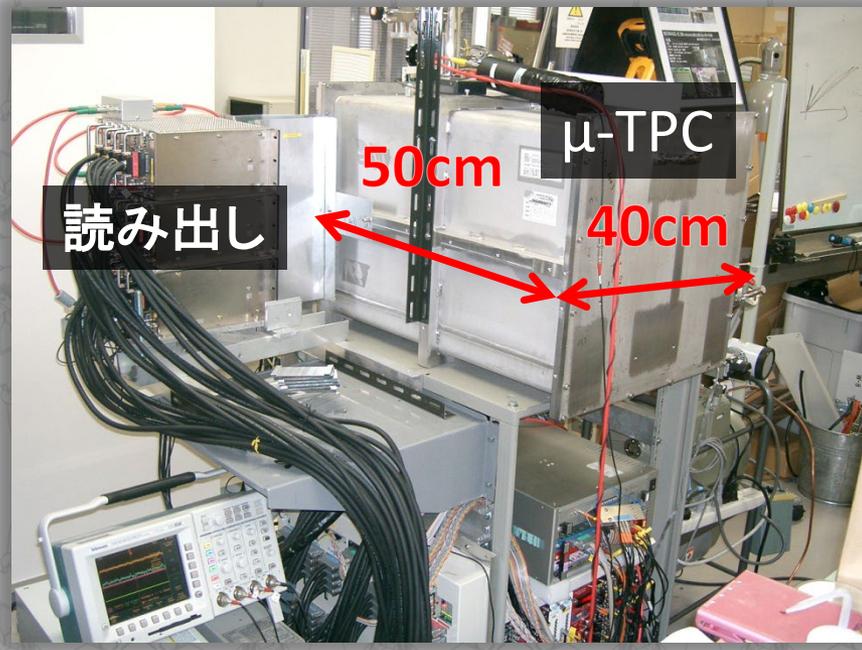


WIMP-陽子 (SD) の制限曲線



現在 (@京都)

地上でラドンのバックグラウンドを取り除く実験中



ラドン確認

除去システム作成

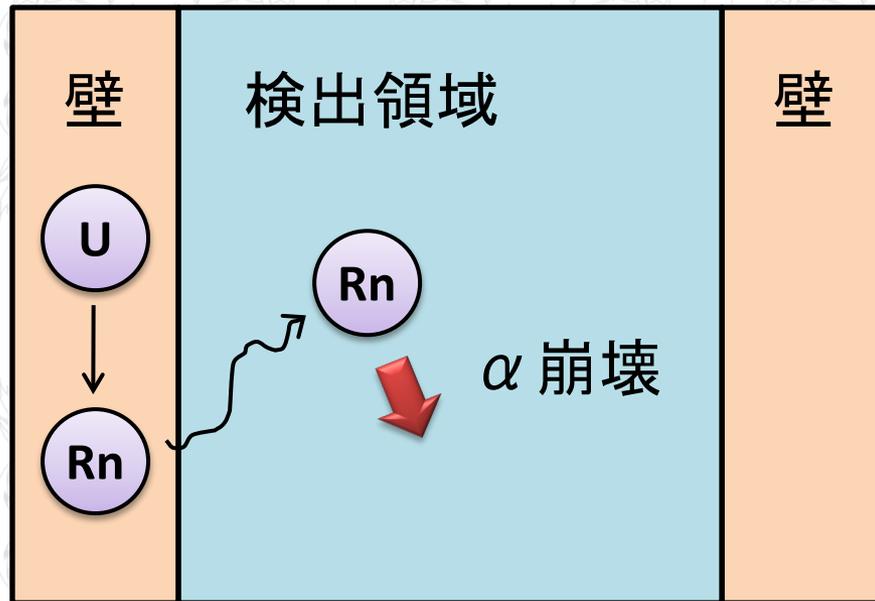
システムの試験運用

神岡(地下)に導入

← NOW!

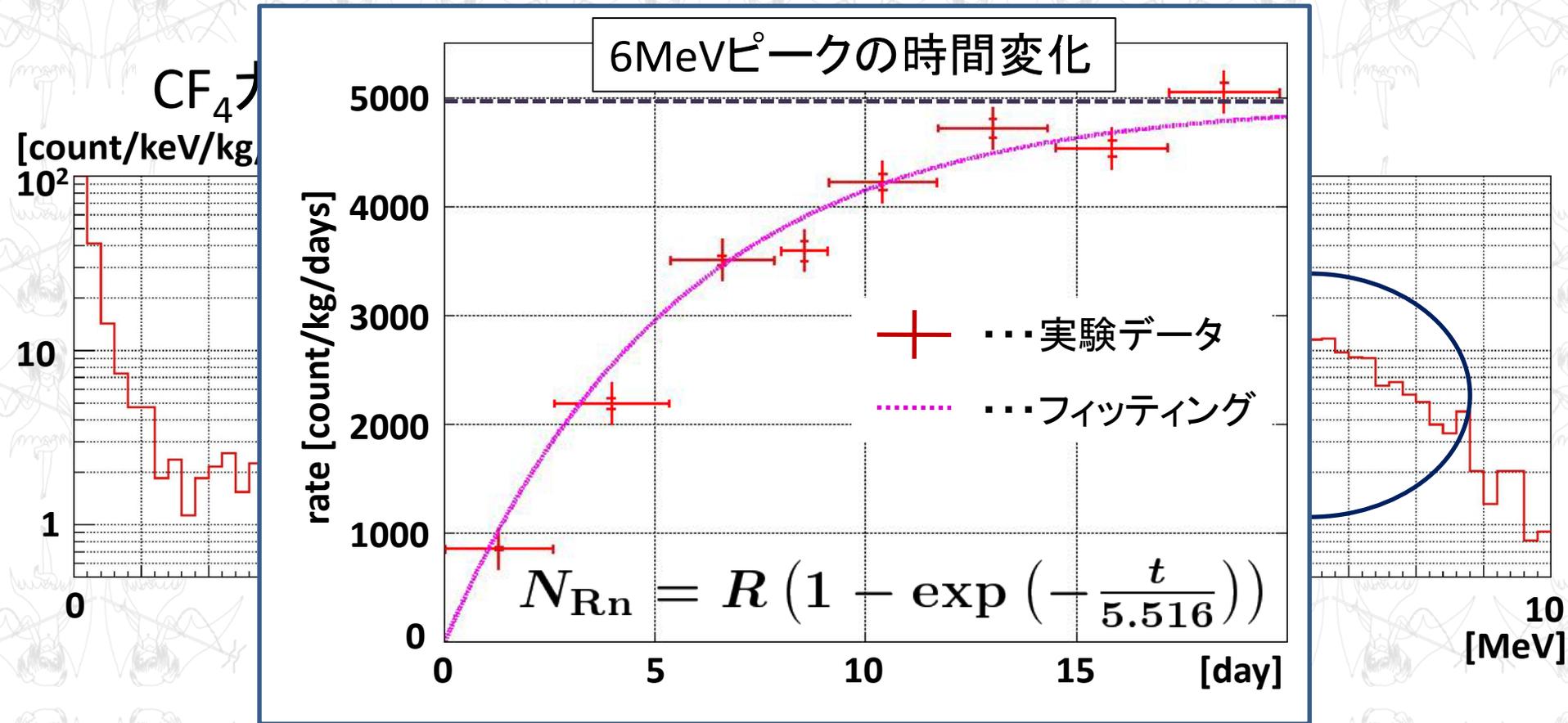
ラドン 発生機構

- ・ 検出器の壁などに**微量に含まれるウラン**などが崩壊
- ・ **気体**なのでチェンバー内に入
- ・ α 崩壊してバックグラウンドとなる



ラドン数の変化 ...
$$N_{\text{Rn}} \propto 1 - \exp\left(-\frac{t}{5.516}\right) \quad t [\text{day}]$$

ラドンの確認 (@ 京都)

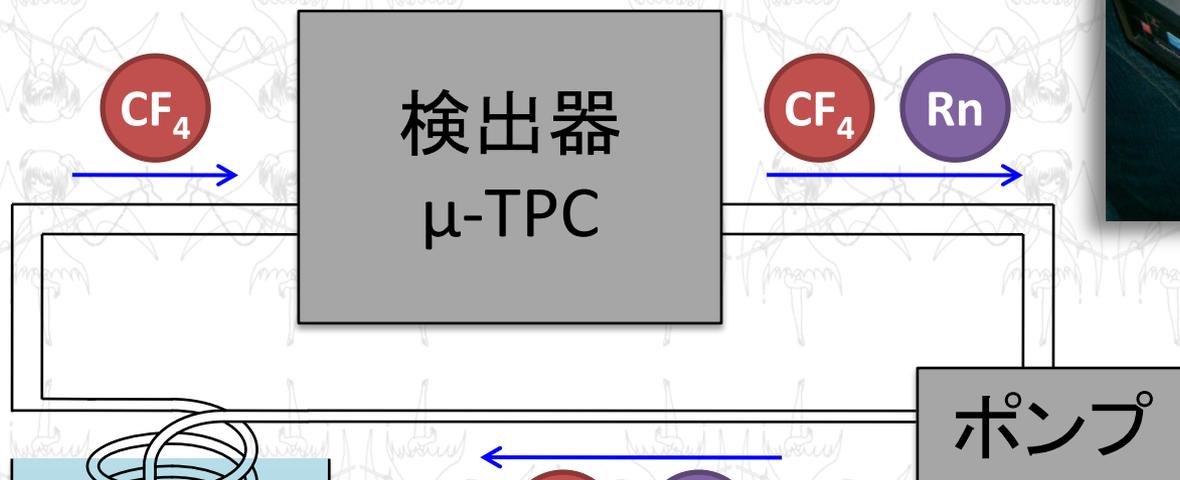


～6MeVに数日のタイムスケールで成長するピークあり

→ ラドンが α 崩壊している $R = 5000$ [count/kg/days]

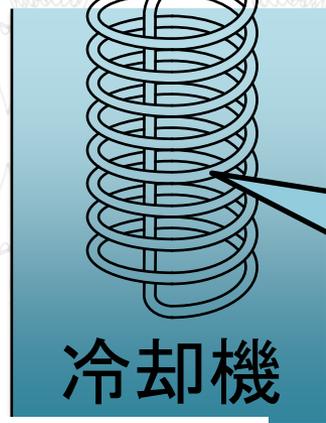
冷却活性炭システム

冷却(183K)・・・ラドンを液化
活性炭・・・ラドンを吸着

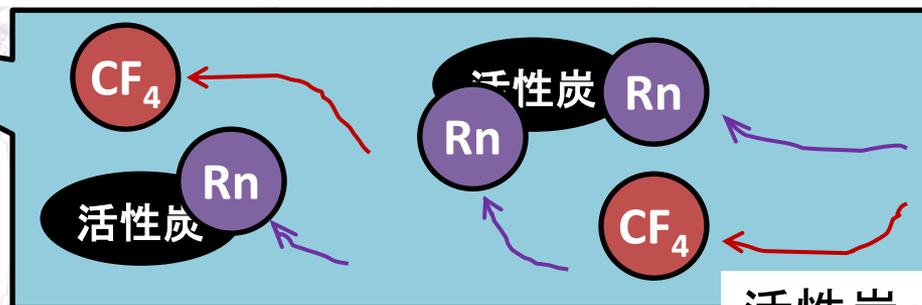


Rnの沸点: 211K
CF₄の沸点: 145K

ポンプ流量: 300ml/min



冷却温度: 183K



活性炭: 159g

システムの試運転状況

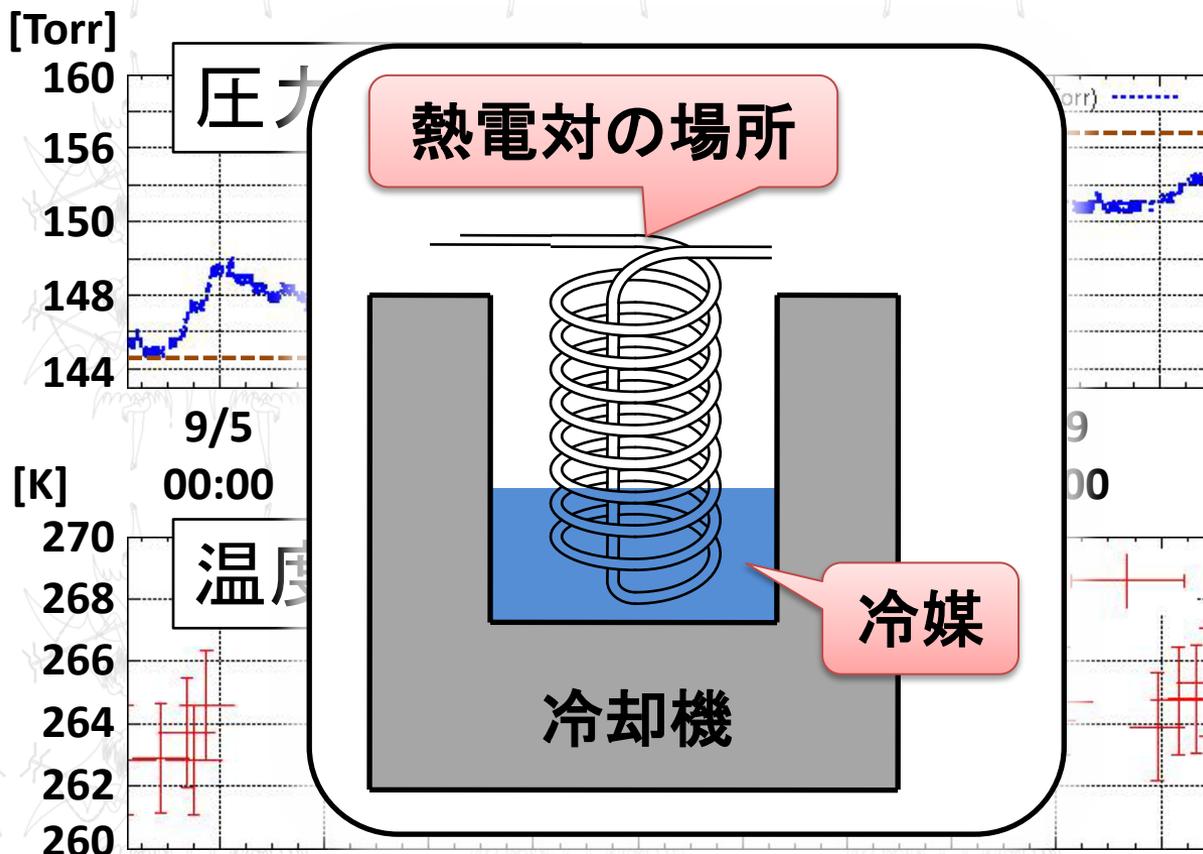
TPCと冷却活性炭システムを繋げ、ポンプで循環させた
「安定性の要請・・・圧力の変動は1%以下」

圧力

- ・圧力の変動: 大
- ・徐々に増加
→ 冷媒が蒸発

温度 (目標値183K)

- ・冷却265K
→ 熱電対の位置問題
→ 冷媒が少(今回)



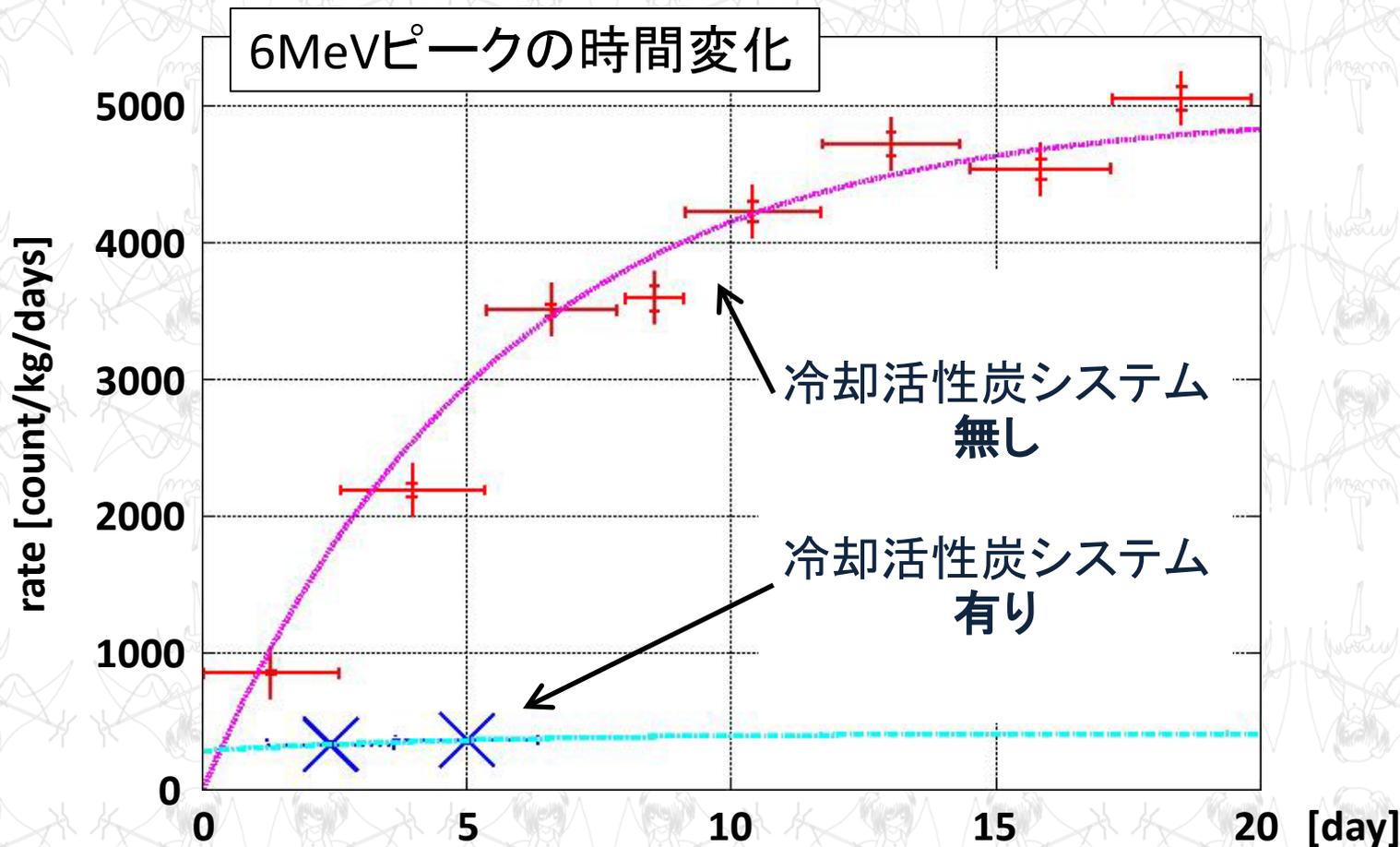
今後の課題

圧力変動が1%より大
温度目標に達せず



- ・蓋の開発
- ・各種量のモニタ

ラドン減少の結果



5000

count/kg/days



400以下

count/kg/days

ラドン: 8%以下に削減

まとめ

冷却活性炭システムの作成 & 試運転



温度:265K 圧力:10Torrの揺らぎ

- ⇒ 蓋の開発
- ⇒ 小型の熱電対を用いる
- ⇒ 各種量をモニタ

(室温・冷媒量・冷却槽・流量)



ラドン減少 8%以下

- ⇒ 長期運用試験
- ⇒ 神岡(地下)へ導入



イメージキャラクター「だあくまたん」

ありがとうございました

スライド ショーの最後です。クリックすると終了しません。

ダークマター

- ・バリオンでない(普通の物質ではない!)
- ・光で観測できない(電磁相互作用しない)
- ・質量がある

そんなモノは存在するのか？

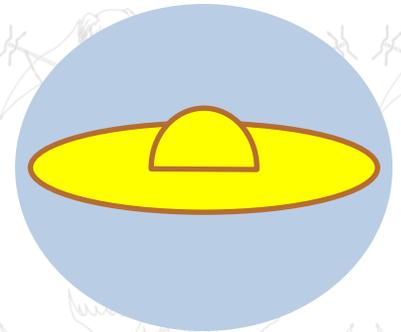
銀河の回転速度が遠方でも落ちない

→ 銀河ハローには見えない質量が存在

WMAPのCMB測定

→ 宇宙のエネルギーの23%は
非バリオンの質量

・・・etc



ダークマターの候補

ニュートリノ

標準理論から予言される。
質量が小($\sim 10\text{eV}$) \rightarrow 相対論的な速度
銀河回転の脱出速度を超えてしまう。
銀河形成シナリオを説明できない。

アクシオン

量子色力学から提案される。
質量が小($\sim \mu\text{eV}$)
崩壊して γ 線を出すので、これを観測する実験
がなされているが、検出されていない。

WIMP

超対称性理論から予言される。
質量が大($10\sim 100\text{GeV}$)
原子核を反跳する！(反跳エネルギー： $\sim 10\text{KeV}$)
この反応を検出したい

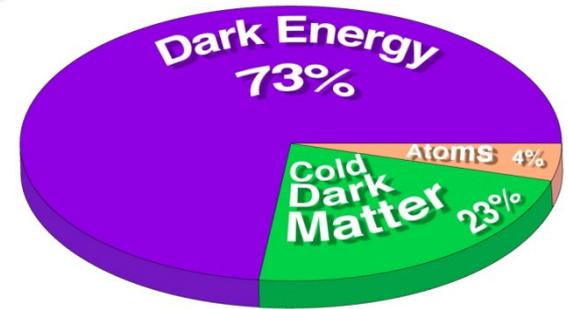


WIMPを狙え！

ダークマター

WMAPのCMB測定

→ 宇宙のエネルギーの23%は
ダークマター(非バリオン)



WMAP/NASA

WIMP (Weakly Interacting Massive Particle)

ダークマターの有力候補 (質量: 10~100GeV)

原子核を反跳する! (反跳エネルギー~100KeV)

反跳を検出 → WIMP

WIMPの計数は多くても ... 1 [count/kg/day]

(J.D. Levin, P.F. Smith 1996)

少ない

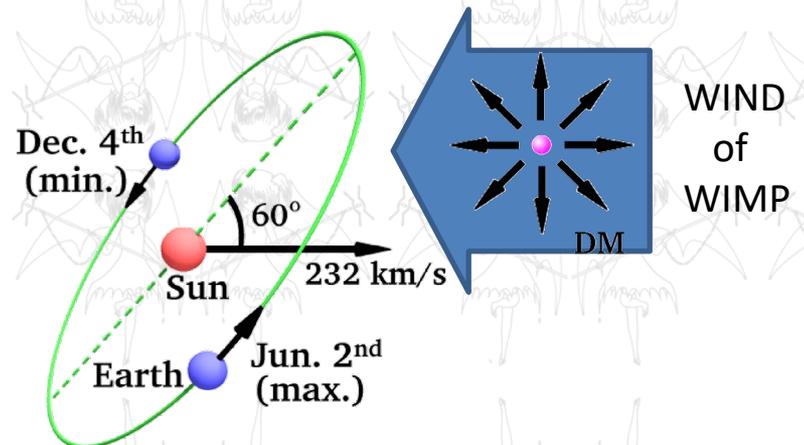
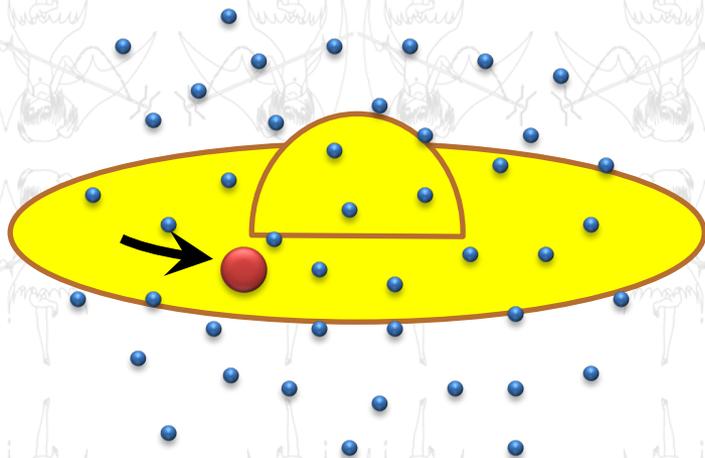
→ バックグラウンドを抑えることが重要

WIMPの風

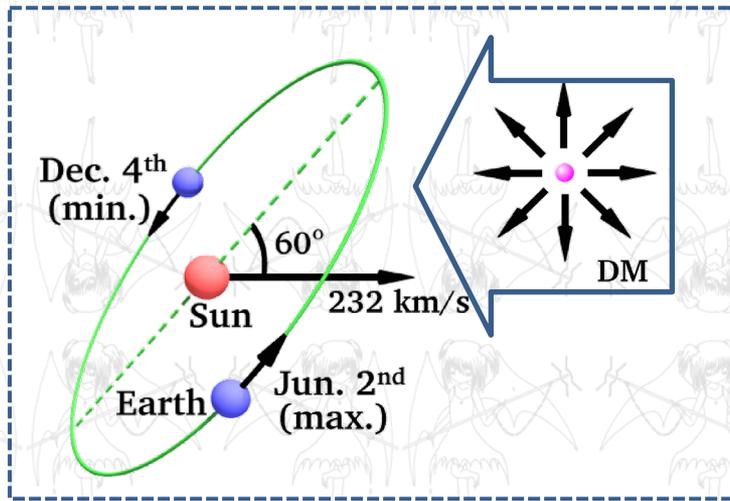
WIMPは銀河内をランダムに運動している。

銀河内を回っている太陽系には、WIMPが風のように吹き付けてくる。

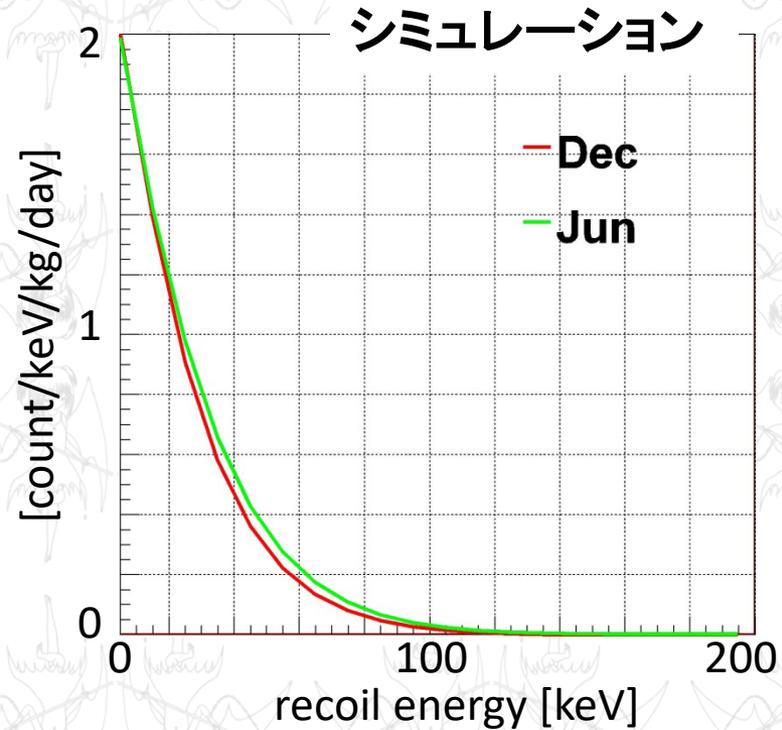
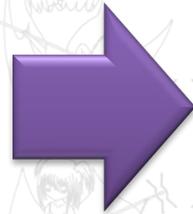
この方向をとらえることによりWIMPを検出する。



WIMPを見るために



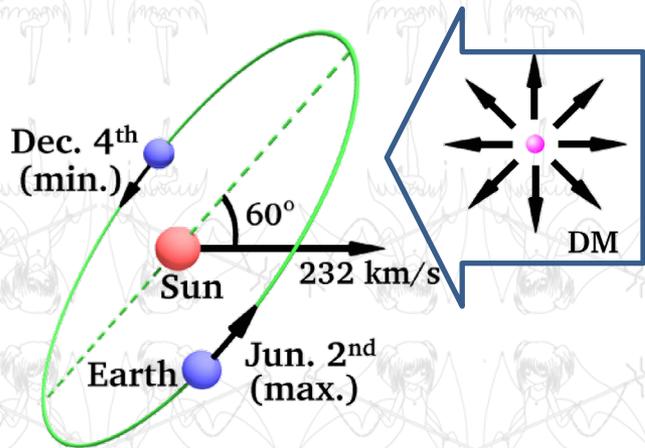
季節変動を見る



エネルギー変化だけで季節変動を追うのは大変

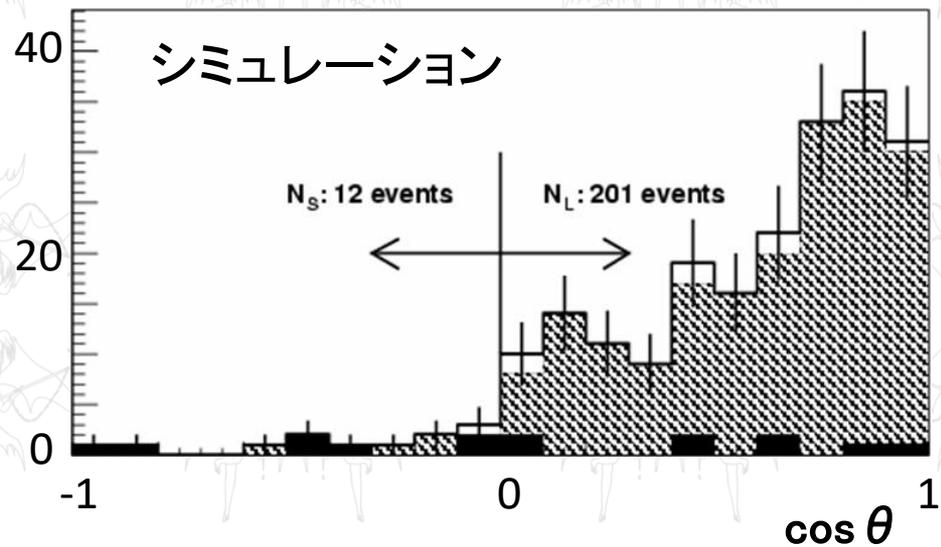
→ 飛跡も検出する！

WIMPを見るために

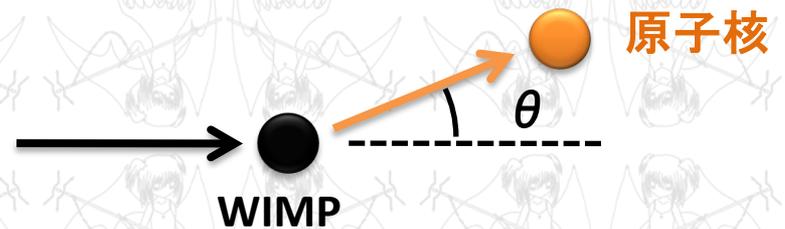


[count/3m³/year/bin]

M=80GeV, $\sigma=0.1$ pb



風向を見る！



→ 原子核の飛跡を検出する！

WIMPはどのくらい見えるのか？

WIMPの計数は多くても・・・1 [count/kg/day]

[J.D. Levin, P.F. Smith 1996]

少ない

検出するため
には・・・



バックグラウンドを低くする

環境 γ 線 ... 10^4 [count/kg/day] @地上
環境中性子 ... 10^4 [count/kg/day]

→ 神岡の地下にもぐる

検出器を大質量化

→ XMASSグループなど

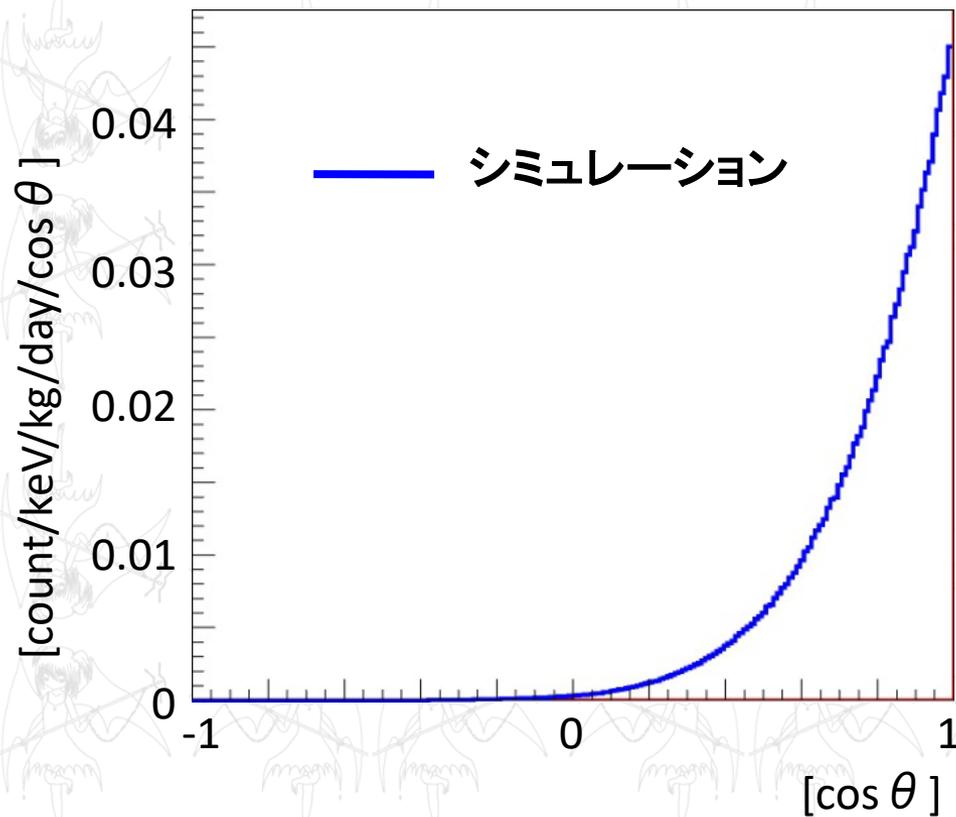
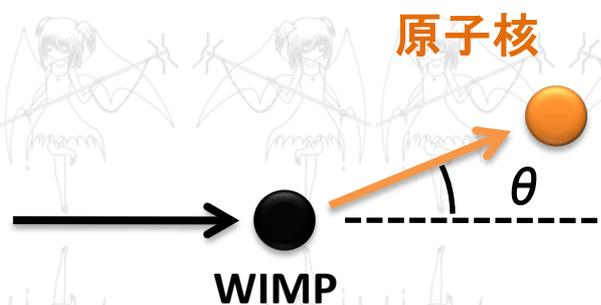
飛跡の情報も利用

→ これから紹介します！

NEW WAGE

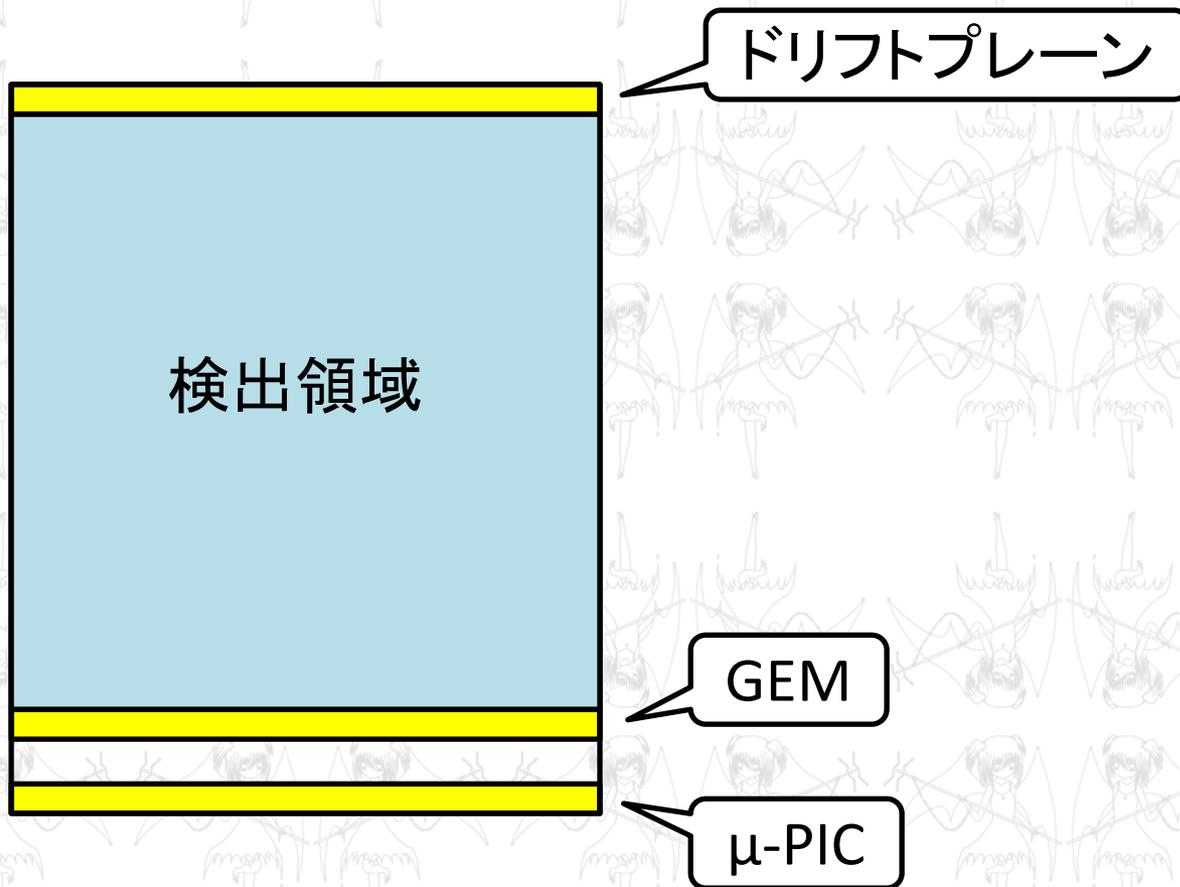
角度分布

反跳原子核の角度分布(反跳エネルギー:100~120[keV]のとき)



(2009年3月西村博士論文)

μ-TPC模式図



ラドン計算

$$\frac{dN_A}{dt} = -\frac{N_A}{T_A} \log 2 \quad \frac{dN_B}{dt} = \left(\frac{N_A}{T_A} - \frac{N_B}{T_B} \right) \log 2$$

これらを解く

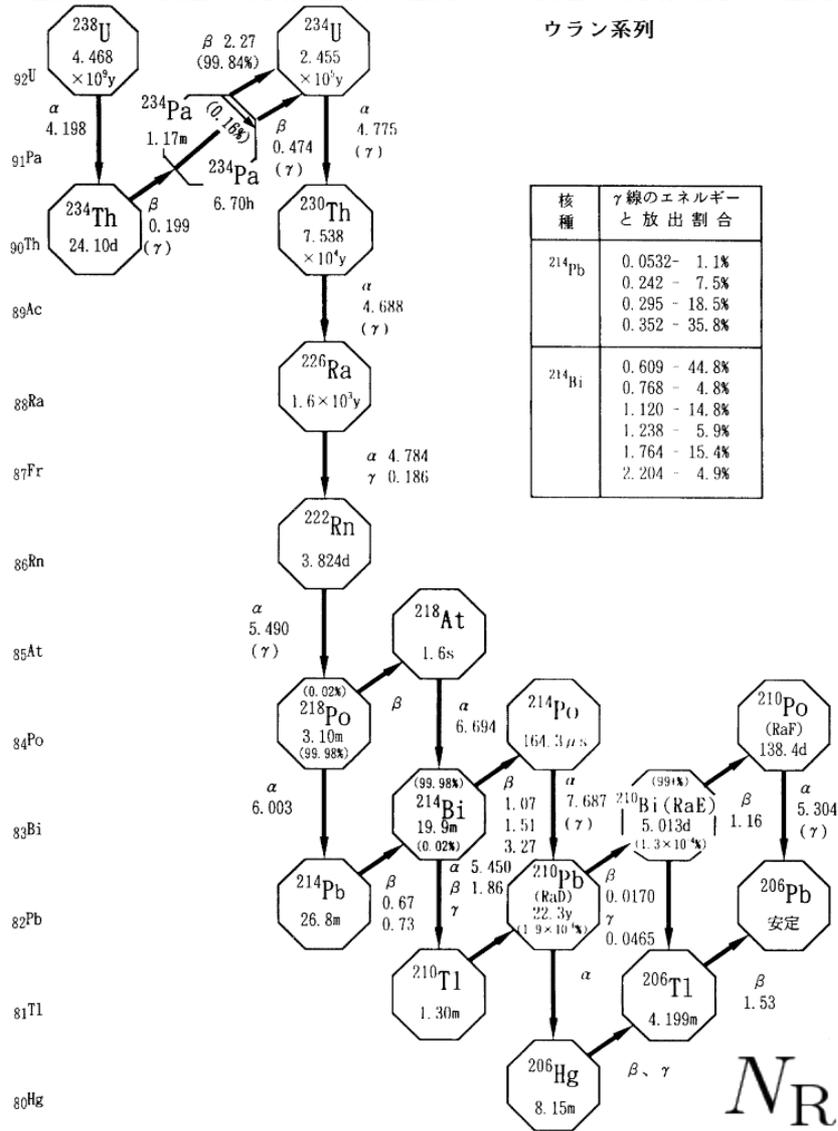


$$N_B = N_A(0) \frac{T_B}{T_A - T_B} \left(\left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_A}} - \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_B}} \right)$$

$$\simeq \text{Const} \left(1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_B}} \right)$$

ラドン(ウラン系列)

ウラン系列



核種	γ 線のエネルギーと放出割合
^{214}Pb	0.0532 - 1.1%
	0.242 - 7.5%
	0.295 - 18.5%
^{214}Bi	0.352 - 35.8%
	0.609 - 44.8%
	0.768 - 4.8%
	1.120 - 14.8%
^{210}Bi	1.238 - 5.9%
	1.764 - 15.4%
	2.204 - 4.9%

- ・ 検出器の壁などに微量に含まれるウランなどが崩壊
- ・ 気体なのでチェンバー内に入ります
- ・ α 崩壊してバックグラウンドとなる

参考

スーパーカミオカンデの空気中のラドンを冷却活性炭で除去

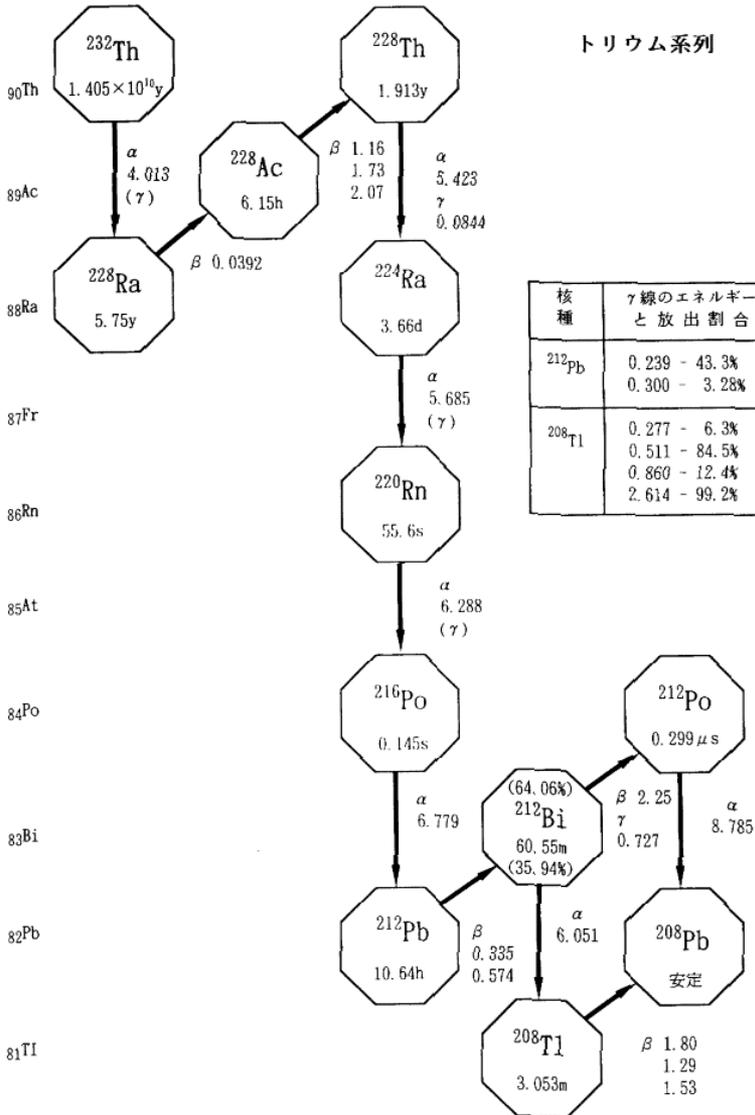
「2000Bq \rightarrow 40Bq」

(Nuclear Instruments and Method in Physics Research A 501 pp.418-462)

$$N_{\text{Rn}} = \text{Const} \left(1 - \exp \left(- \frac{t}{5.517} \right) \right)$$

t:days

ラドン(トリウム系列)



- ・ 検出器の壁などに**微量に含まれるウラン**などが崩壊
- ・ **気体**なのでチェンバー内に入
- ・ α 崩壊してバックグラウンドとなる

参考

スーパーカミオカンデの空気中のラドンを冷却活性炭で除去

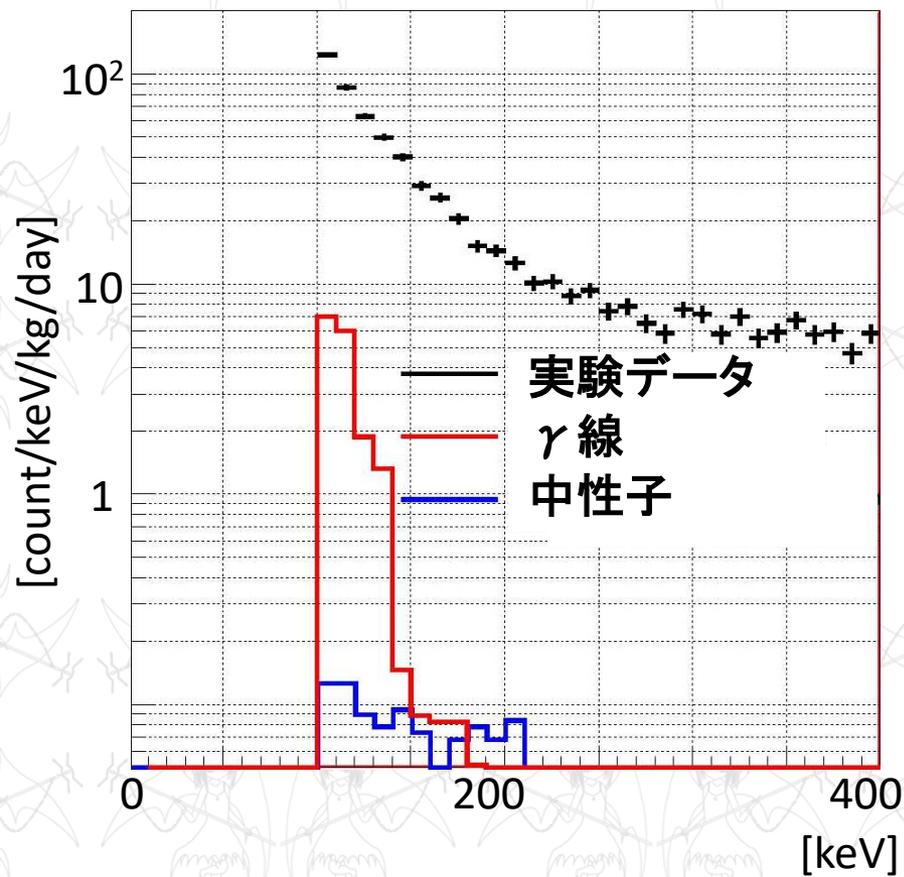
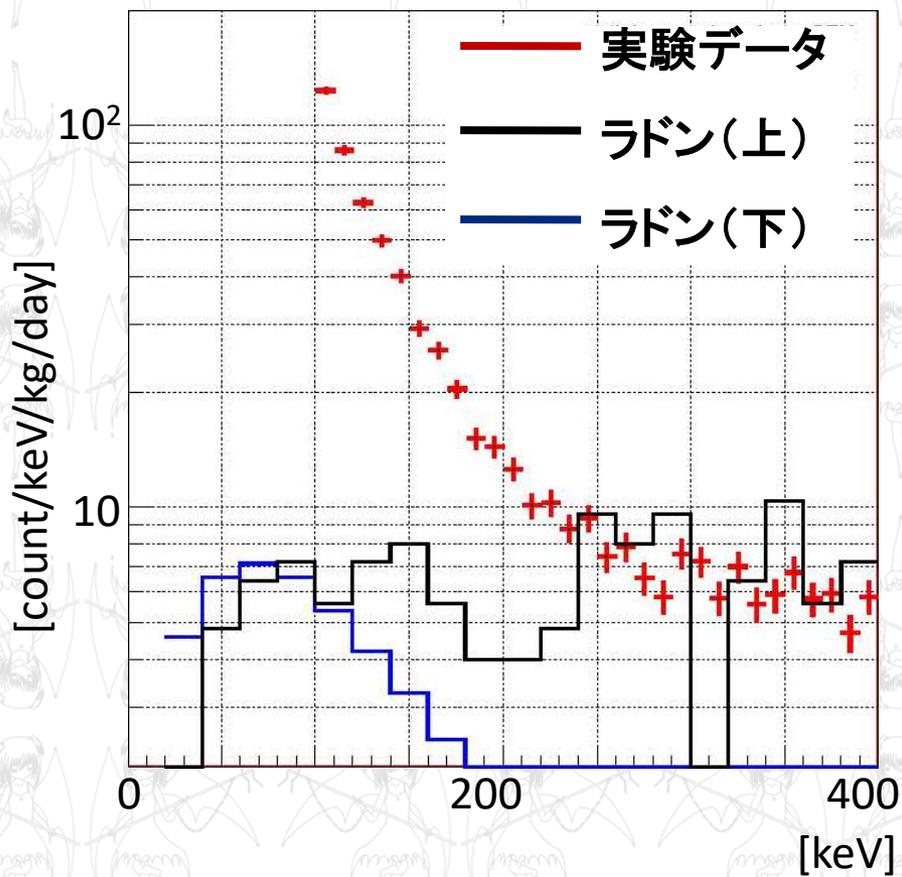
「2000Bq → 40Bq」

(Nuclear Instruments and Method in Physics Research A 501 pp.418-462)

$$N_{\text{Rn}} = \text{Const} \left(1 - \exp \left(-\frac{t}{55.6} \right) \right)$$

t:sec

バックグラウンドの内訳



中性子のバックグラウンド

地上 ... $\sim 10^4$ [count/kg/day]

地下 ... $\sim 10^{-1}$ [count/kg/day]

実験装置写真



冷却パイプ
太さ: 1/2インチ
巻き数: 20



活性炭を詰める
質量: 159g

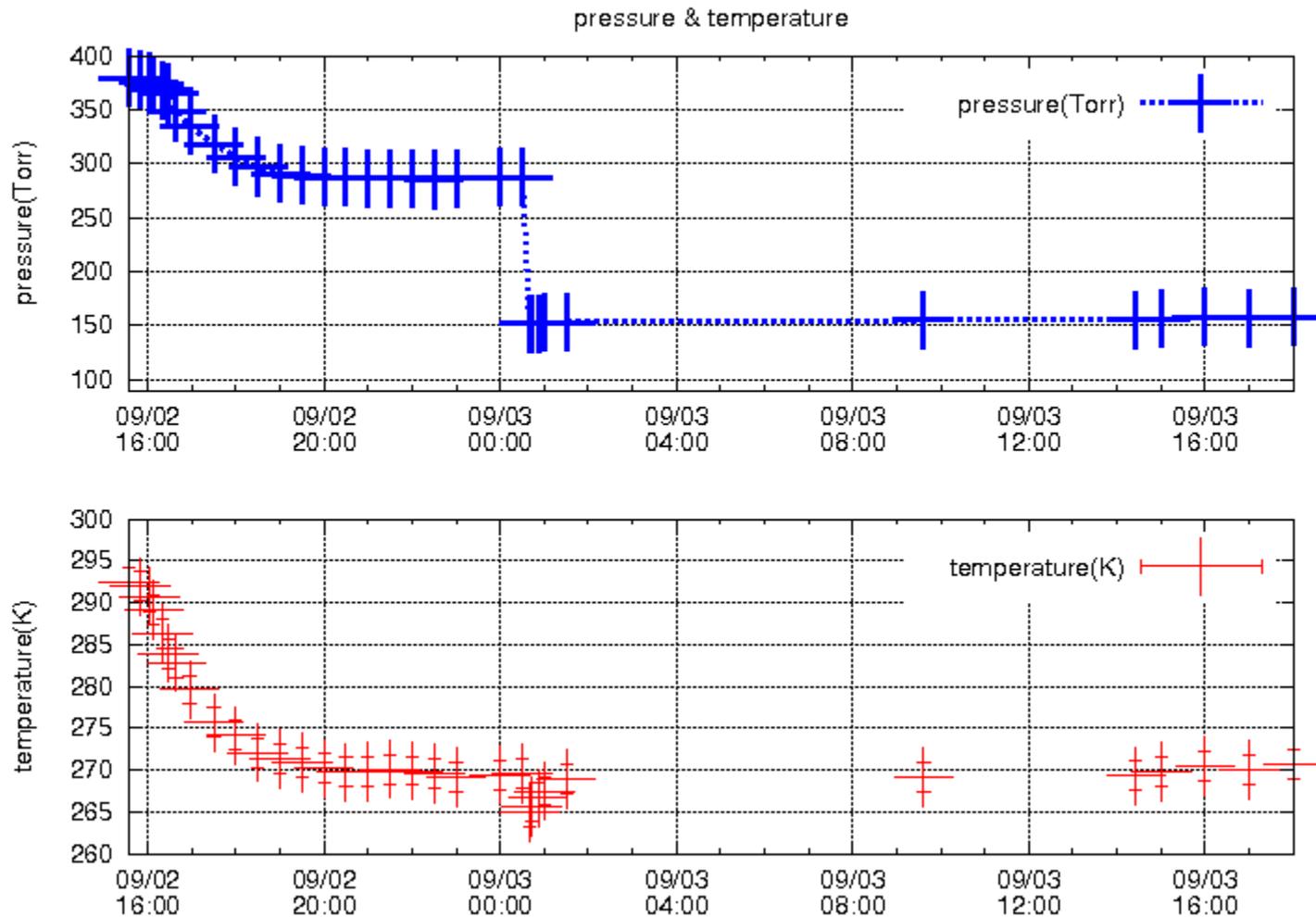


冷却機
型番: CT-910
温度: 183K



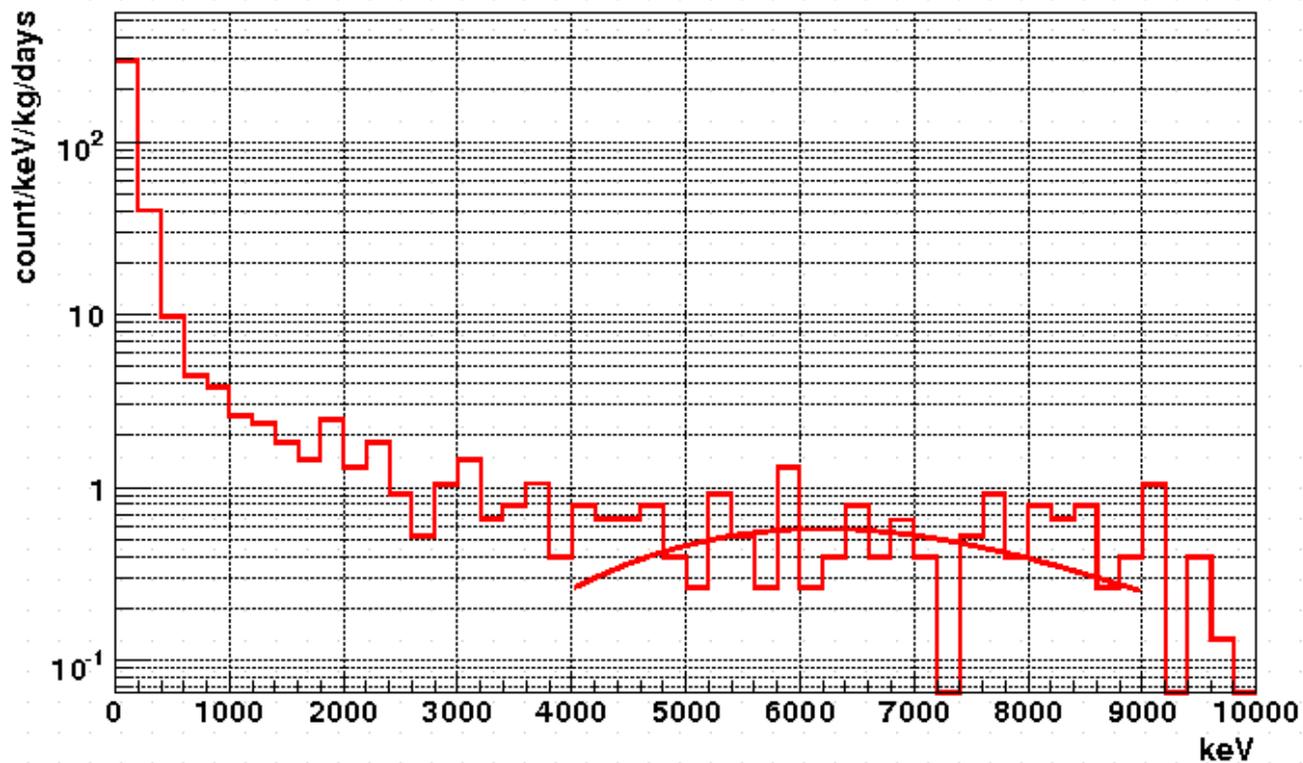
冷媒(フロリナート)
体積: 約1リットル

冷却機起動時の温度・圧力



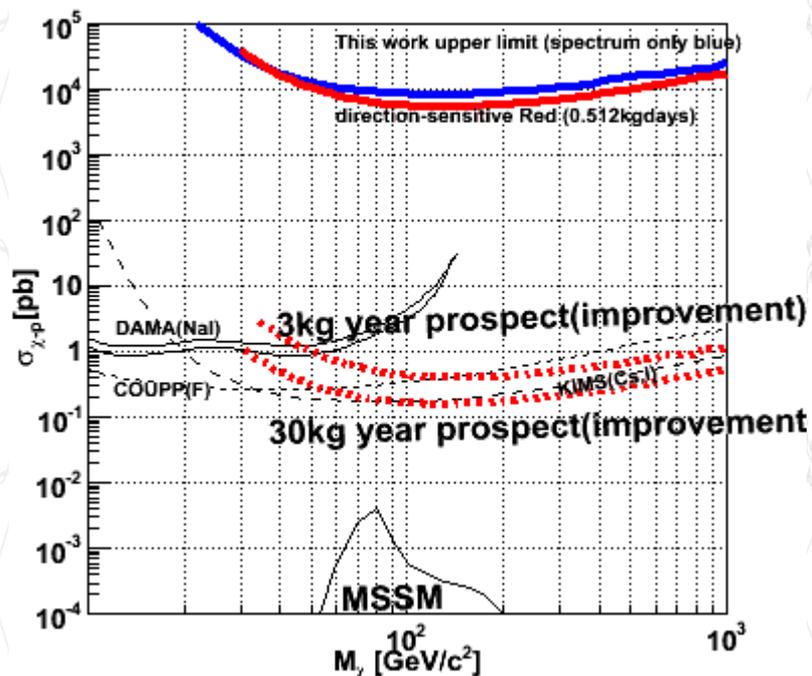
エネルギースペクトル

活性炭付 データ 20090902/per3

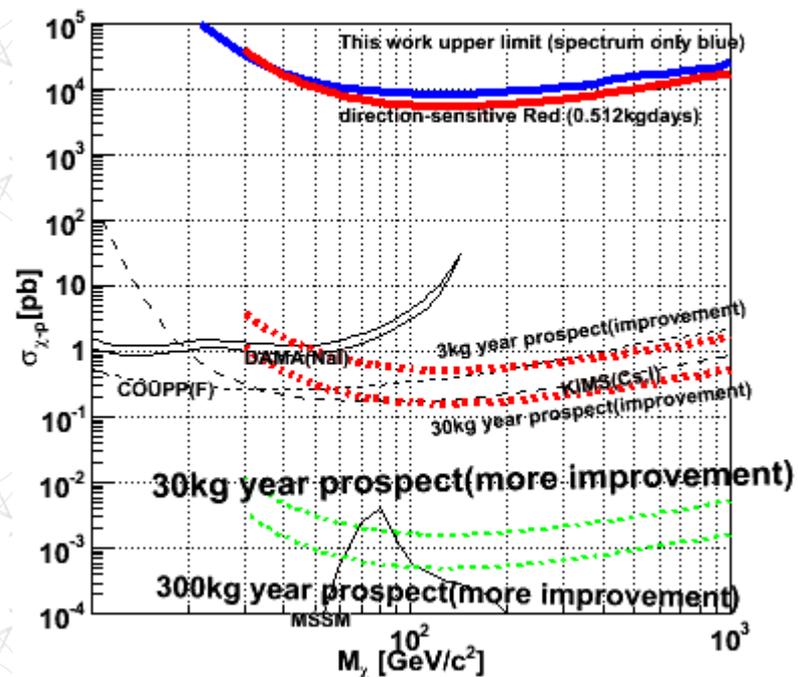


検出器の性能とダークマター

SD Prospect Sensitivity



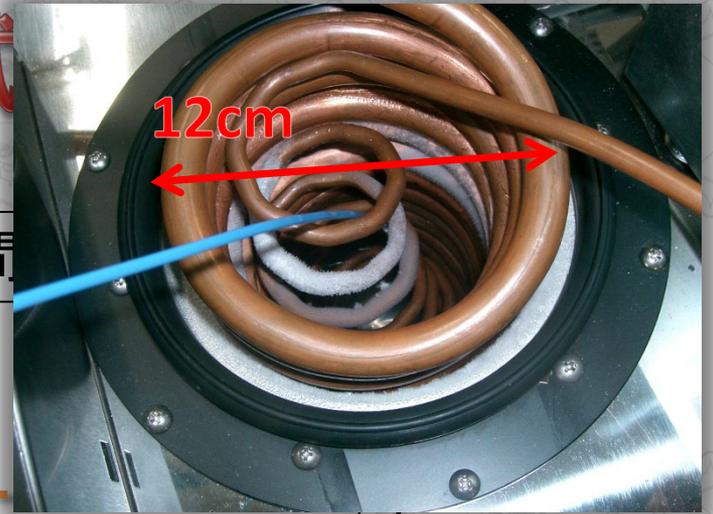
SD Prospect Sensitivity



冷却真空試

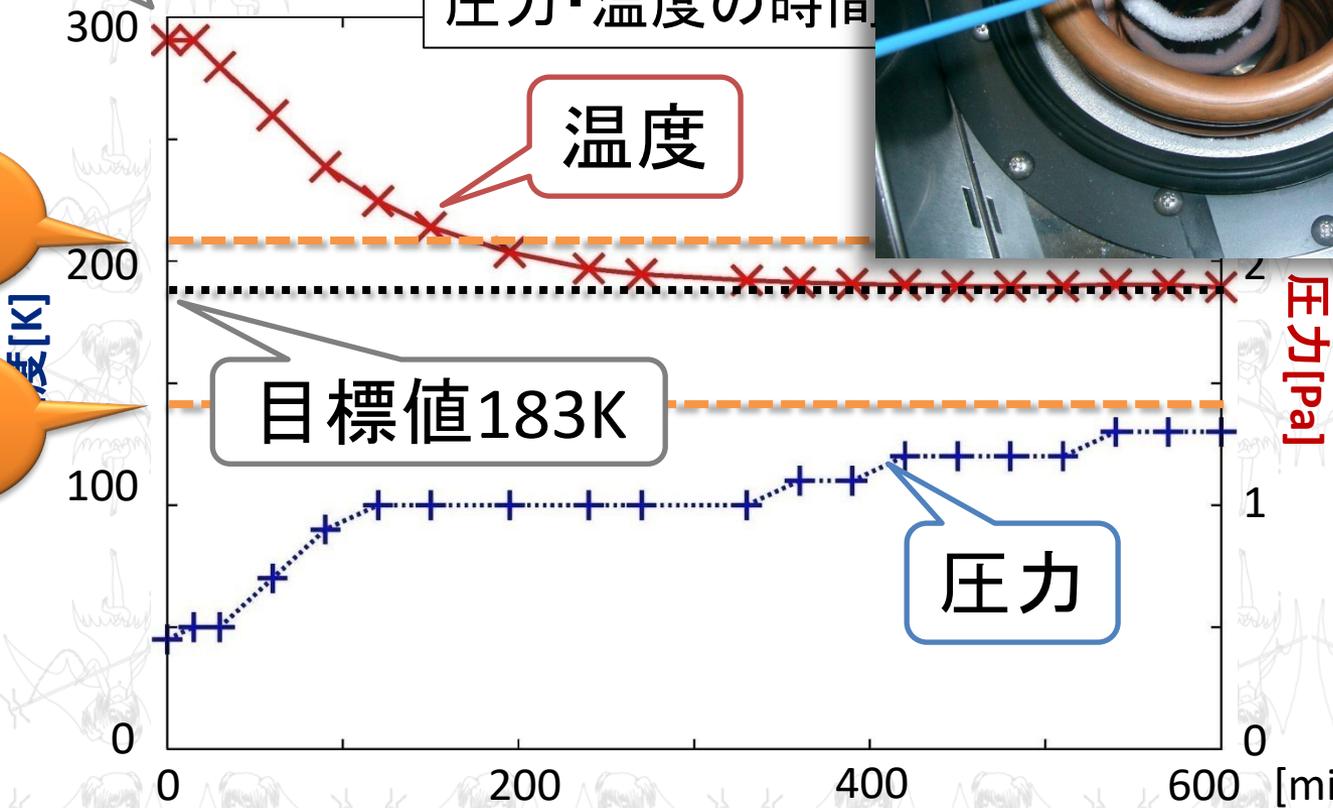
室温293K

圧力・温度の時間



ラドン
沸点

CF₄
沸点

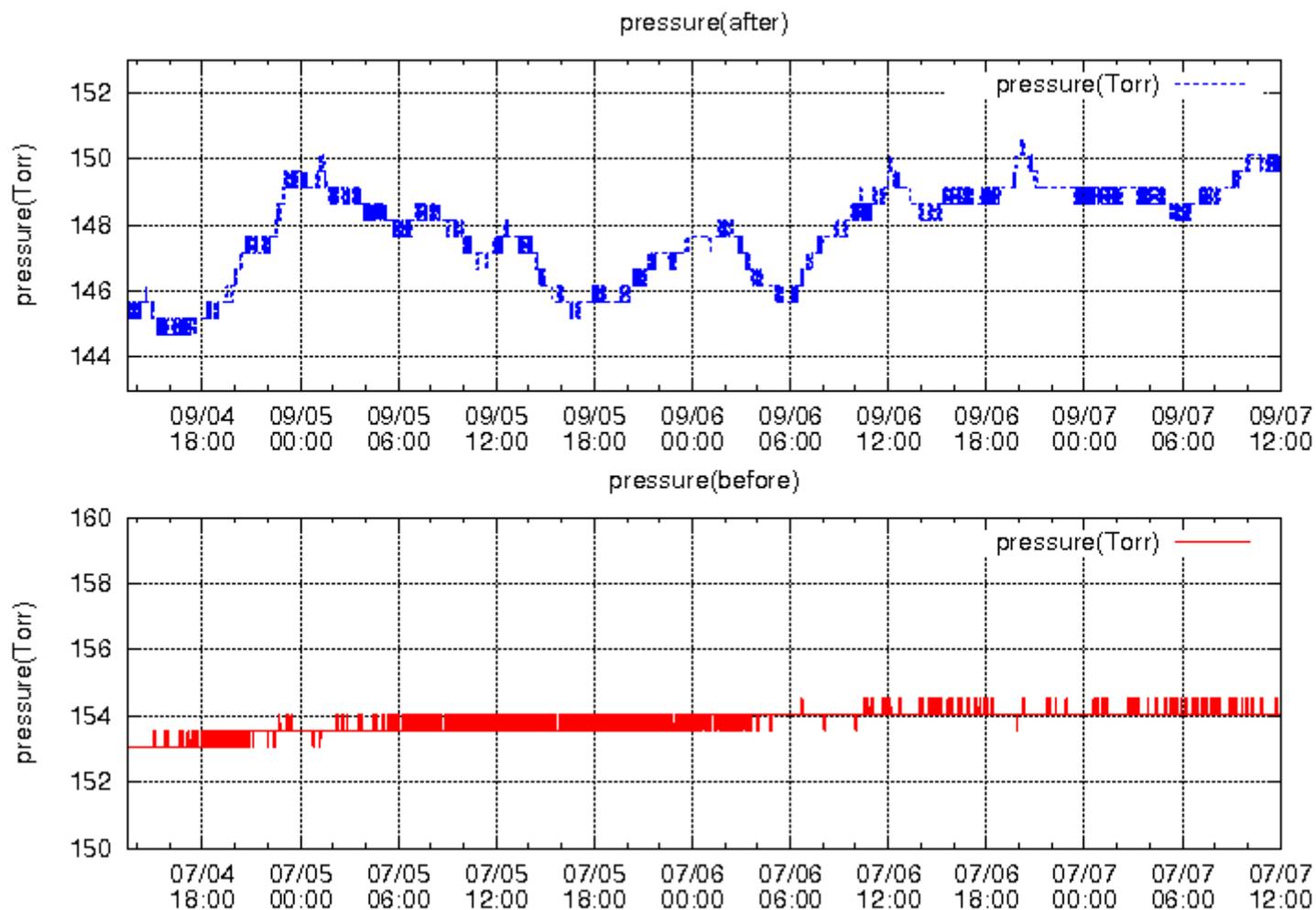


温度 ... ラドンの沸点 (211K) より低
CF₄の沸点 (145K) より高

→ OK

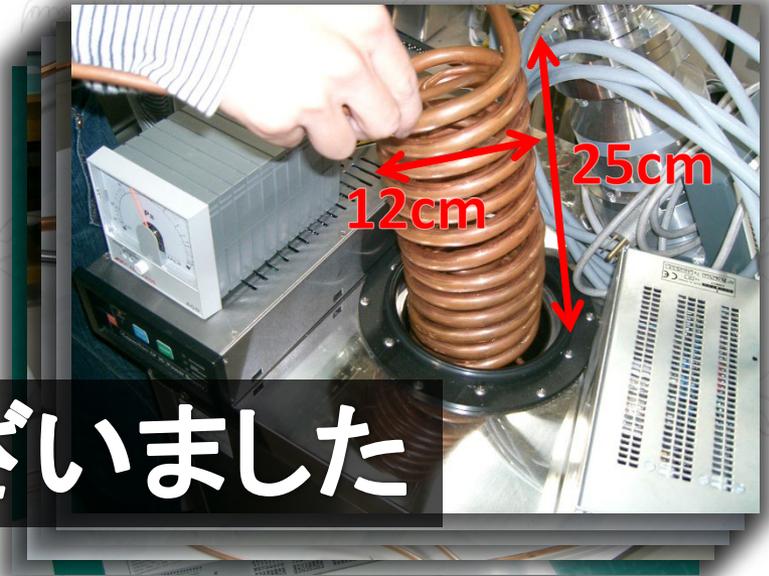
圧力 ... 真空漏れなし

压力比较



まとめ

ラドンのレートをリサーチ
冷却活性炭システムを製作
低温真空試験



ありがとうございました

これからは・・・

- ・ 循環ポンプの真空試験
- ・ 常温で運用してラドンの除去能力を確認
- ・ 冷却してのラドンの除去能力を確認
- ・ システムの長期運用試験