

XMASS実験の現状

平成21年度共同利用研究発表会
東京大学宇宙線研究所神岡施設
平出克樹

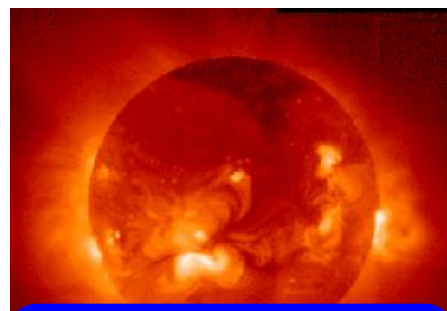


XMASS実験

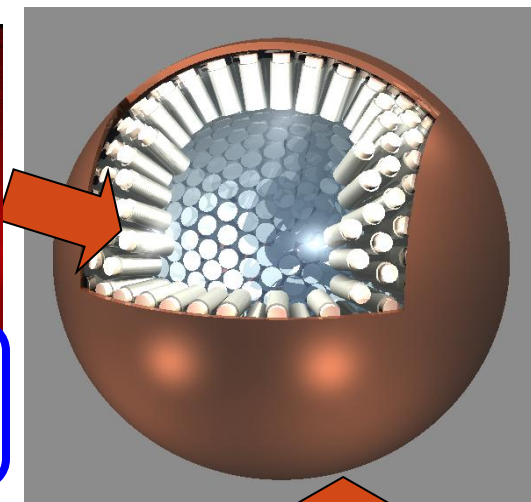
液体キセノンを用いた低バックグラウンド
多目的宇宙素粒子検出器

●XMASS

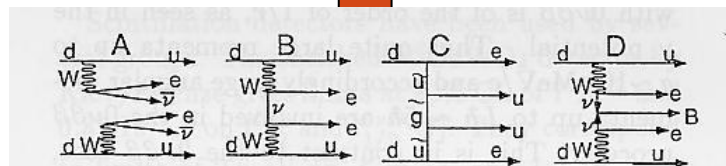
- ◎ **X**ENON **MASS**IVE DETECTOR FOR SOLAR NEUTRINO (PP/ ^7Be)
- ◎ **X**ENON NEUTRINO **MASS** DETECTOR (DOUBLE BETA DECAY)
- ◎ **X**ENON DETECTOR FOR WEAKLY INTERACTING **MASS**IVE PARTICLES (DM)



低エネルギー
太陽ニュートリノ



暗黒物質検出



二重ベータ崩壊

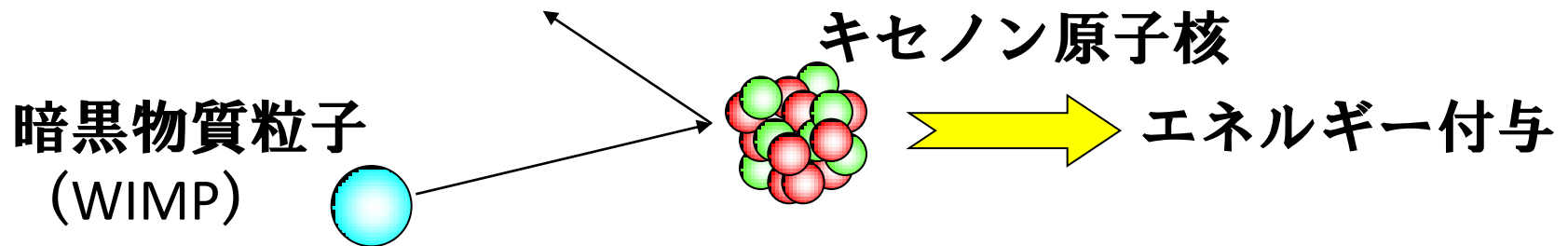
現在

1 トンクラスの検出器で暗黒物質の検出を目指す

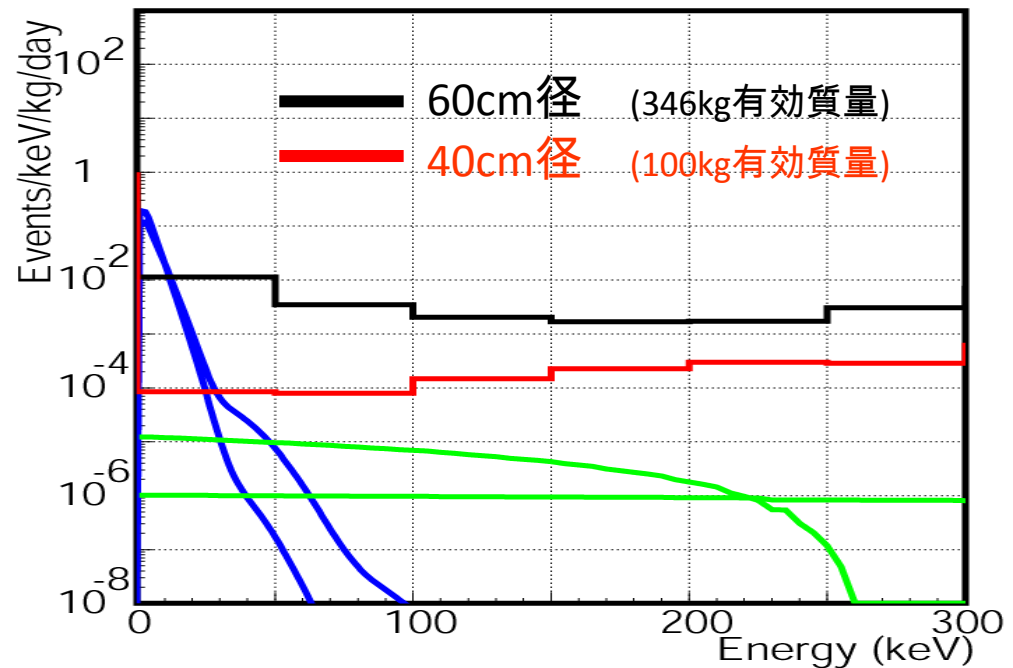
XMASSコラボレーション

- **東大宇宙線研神岡施設：**
鈴木洋一郎，中畑雅行，森山茂栄，竹内康雄，山下雅樹，小汐由介，竹田敦，安部航，関谷洋之，小川洋，小林兼好，平出克樹，南野彰宏，上島考太，池田一得，中島勇波，篠崎晃宏，西家宏典
- **東大数物連携宇宙機構：** K. Martens, J. Liu
- **佐賀大学：** 大隅秀晃
- **東海大学：** 西嶋恭司，本木大資
- **岐阜大学：** 田坂茂樹
- **早稲田大学：** 鈴木聡
- **横浜国立大学：** 中村正吾，村山育子，佐藤友厚，宮本健司，藤井景子
- **宮城教育大学：** 福田善之
- **名古屋大学太陽地球環境研究所：** 伊藤好孝，増田公明，内田裕義
- **ソウル国立大学：** Soo-Bong Kim
- **セジョン大：** Y. D. Kim
- **韓国標準科学研究院：** Y. H. Kim, M. K. Lee, K. B. Lee, J. S. Lee

暗黒物質 (WIMP s) 検出原理

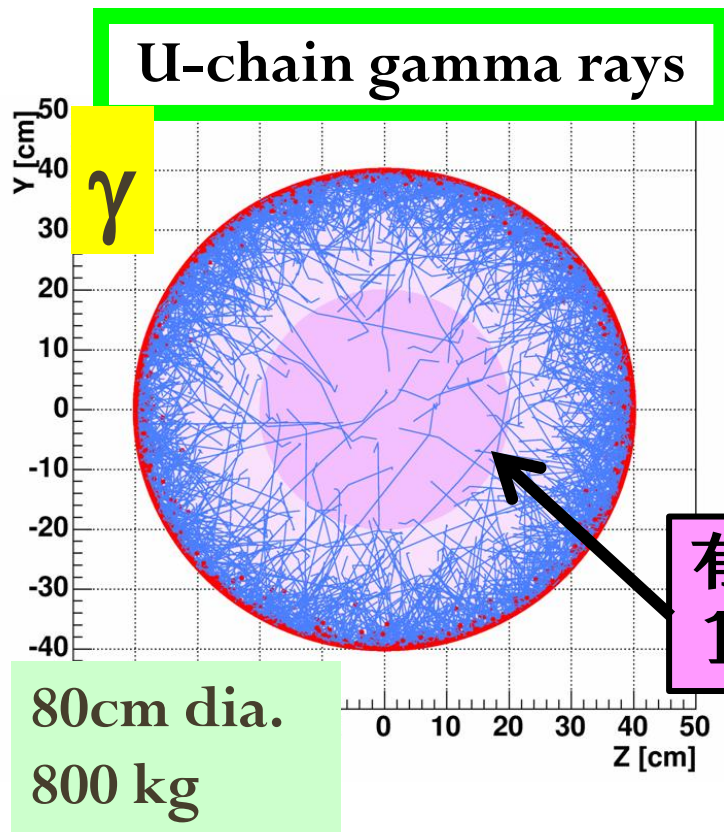


- 暗黒物質粒子とキセノン原子核の弾性散乱からのシンチレーション光を観測する。
- エネルギー閾値が低いほど観測感度が上がる。
- 100keV以下のバックグラウンドを 10^{-4} count/keV/kg/dayまで低減し、低エネルギー領域に現れるシグナルを探索する。



暗黒物質シグナル ($\sigma=10^{-42}\text{cm}^2$,
Q.F.=0.2, $m_{\text{DM}}=50, 100\text{GeV}$)

XMASS実験の特徴

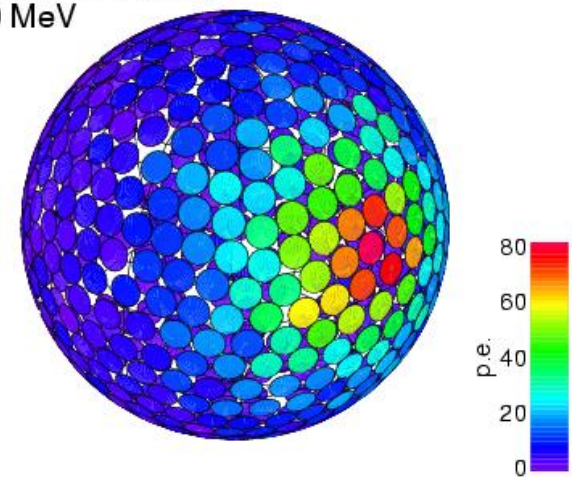


キセノン

- 発光量が多い $\sim \text{NaI(Tl)}$
- -100°C で 3 g/cm^3 の液体

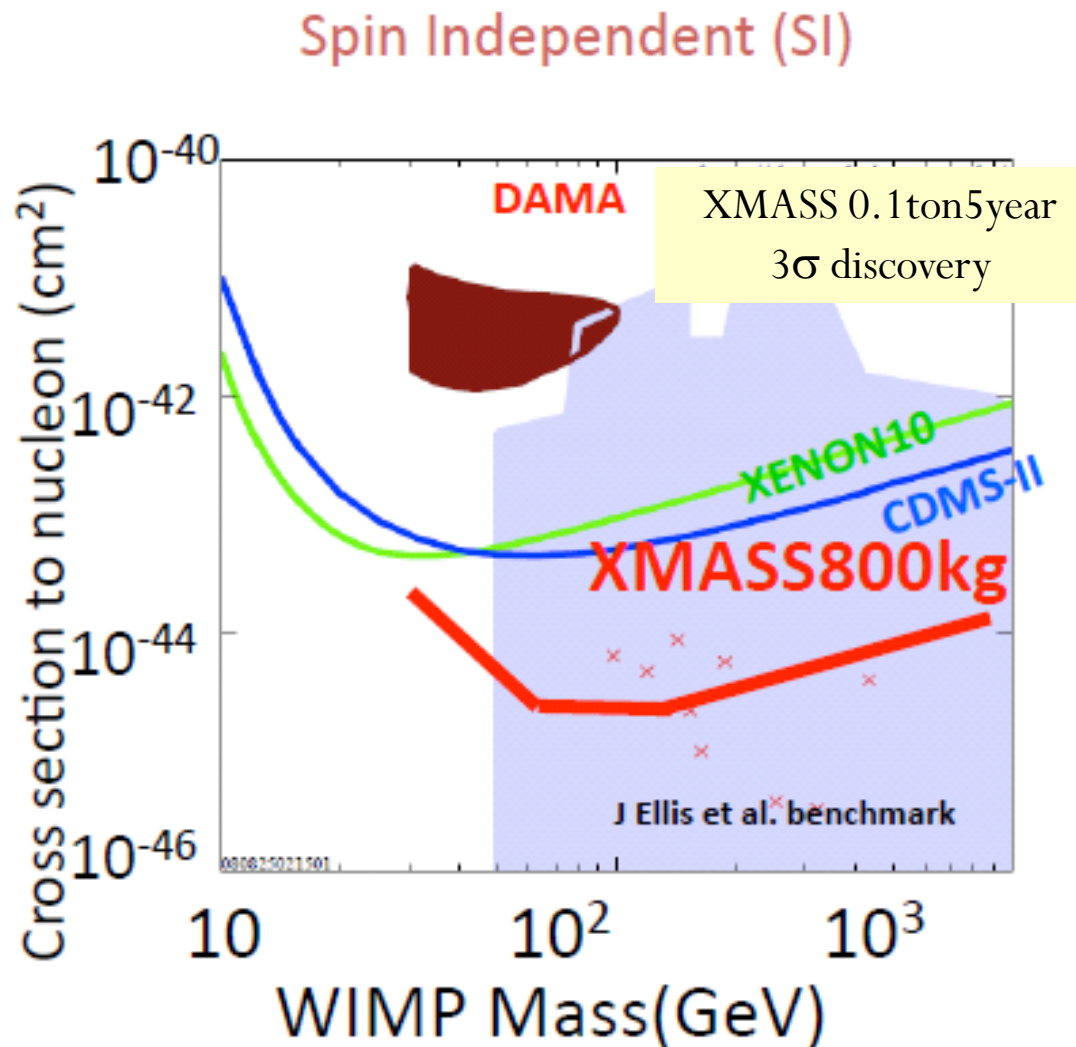
中心部の事象を選び出すことにより、
外部起源のバックグラウンドの低減
が可能。

Pos: (20.0, -10.0, 10.0)
E: 1.00 MeV

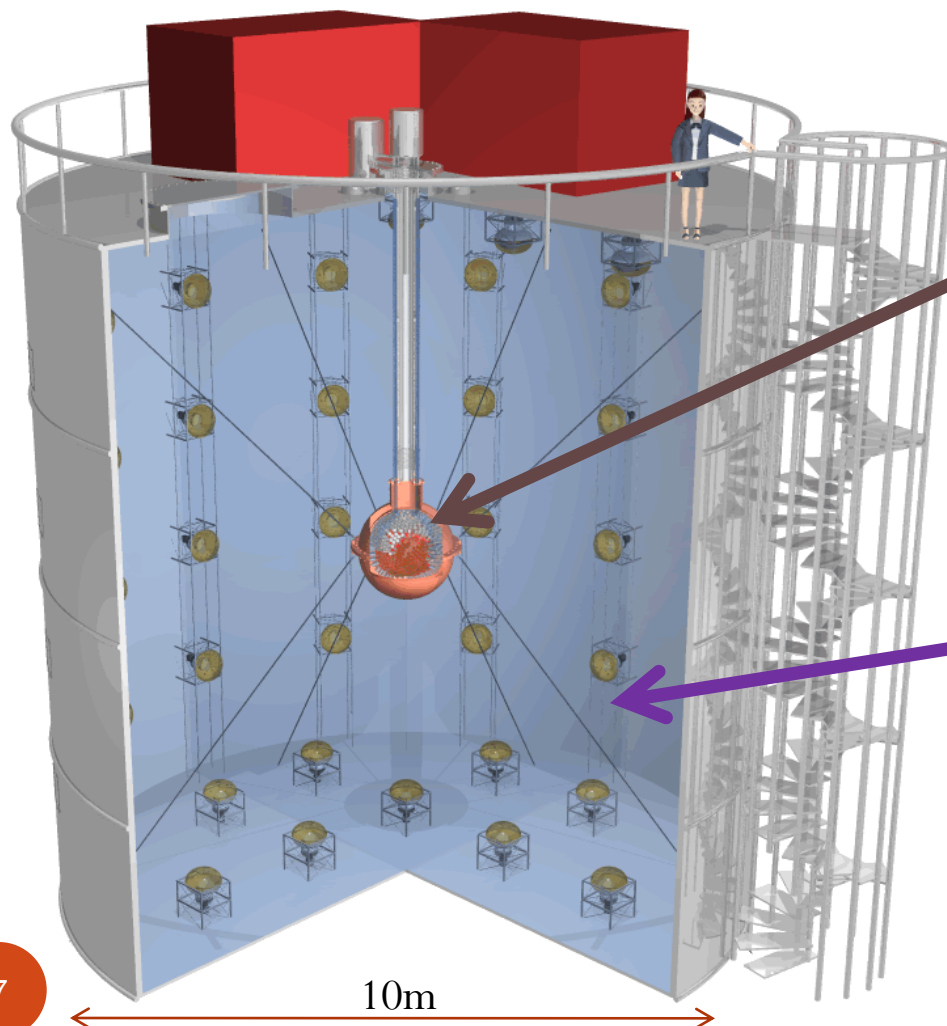


1トンクラスの検出器で 期待される検出感度

現在の感度を10倍から
100倍改善し、
暗黒物質の発見を目指す。



XMASS検出器



キセノン検出器(ID)

- 1 トン液体キセノン
- 642 PMTs (Hamamatsu R10789)
- 63% photo coverage

水チェレンコフ検出器(OD)

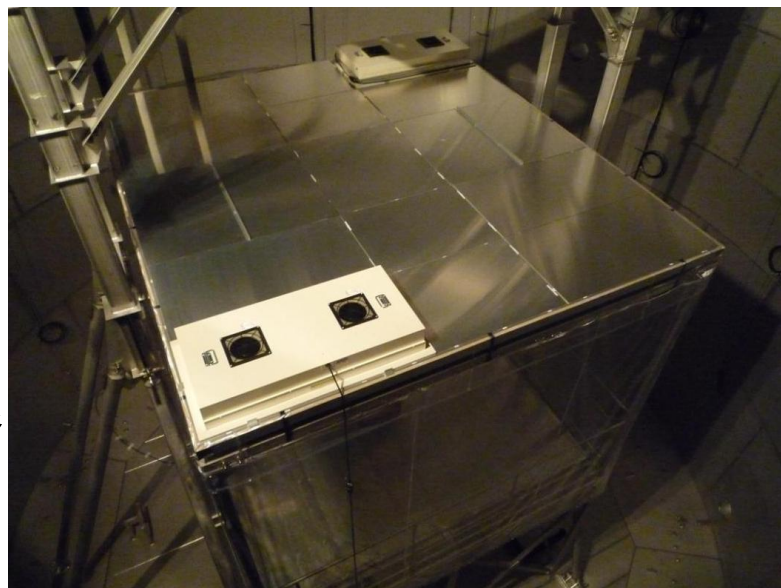
- 環境ガンマ線・中性子の遮蔽
- 宇宙線事象のveto
- 72 PMTs (20-inch)

実験ホール・水タンク

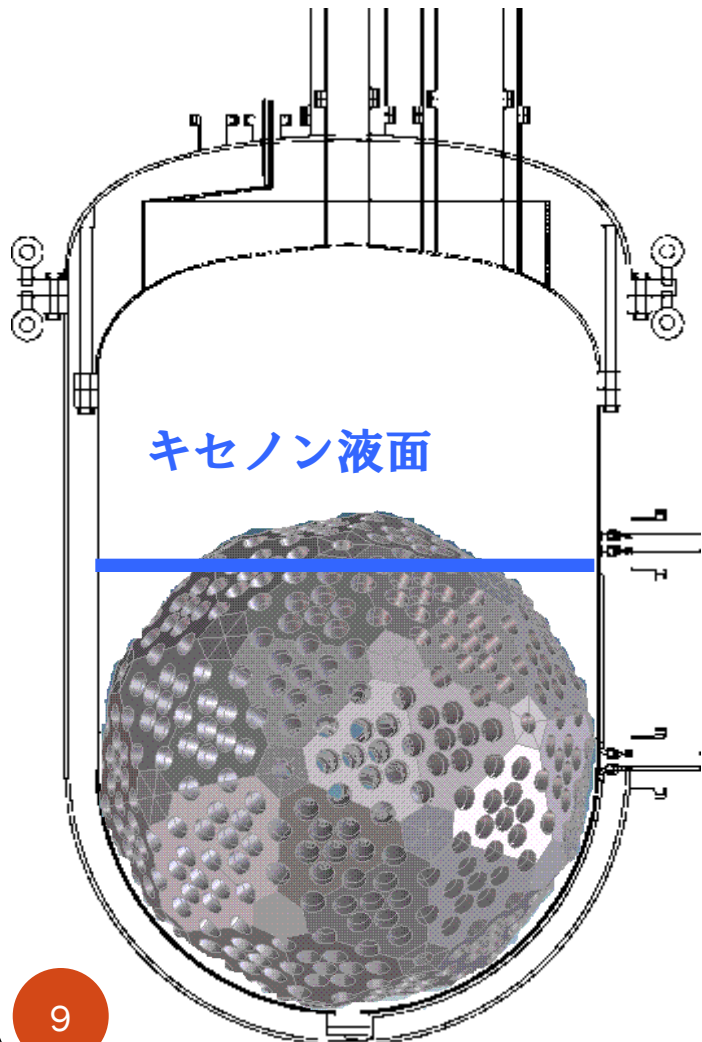


実験ホール・水タンクは
2008年度に完成。

今年11月
水タンク内にキセノン検出器
組み立て作業のための仮設
クリーンブースが完成。



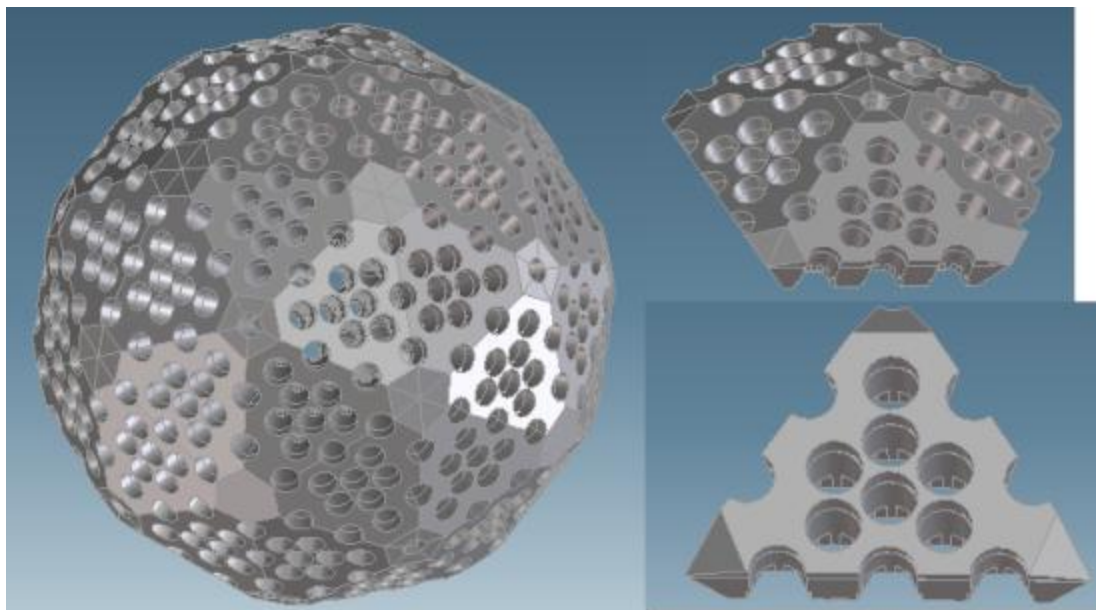
断熱真空容器



- 無酸素銅で製作。低U，Th。
- 銅には、宇宙線による破砕で ^{60}Co が発生する可能性があるため電解精製直後の無酸素銅を購入。
- 全部で5 t。耐震性能を課した。

部品加工中。
来年1月、坑内に搬入予定。

PMTホルダー



- 検出器と同じ無酸素銅 (総重量1.5トン)。
- 63%の光電面被覆率を達成する。

今年11月に納入され、水タンク内の
クリーンブースで組み立てられた。

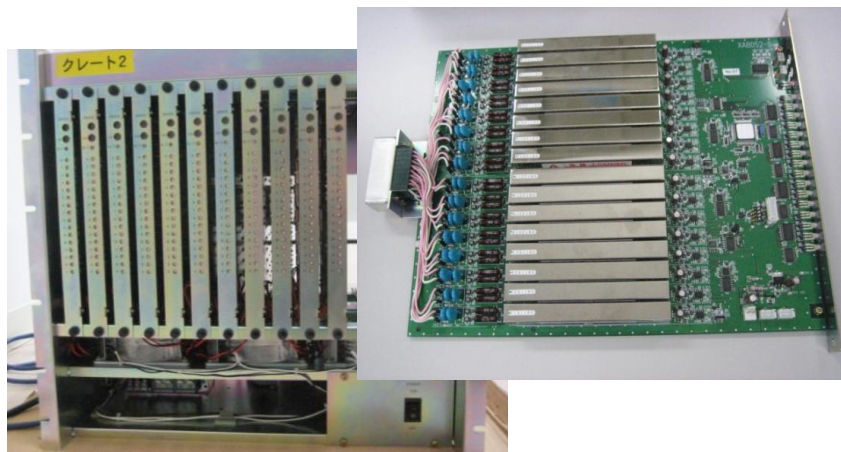
PMT



- 液体キセノンに浸して使用
- 低バックグラウンド
 - U 系列 $\sim 1.4 \text{ mBq/PMT}$
 - T h 系列 $\sim 1.9 \text{ mBq/PMT}$
- 量子効率 $\sim 30\%$ @175nm
- 低ベースカレント (30uA/PMT)
 - 642本でも 30W程度

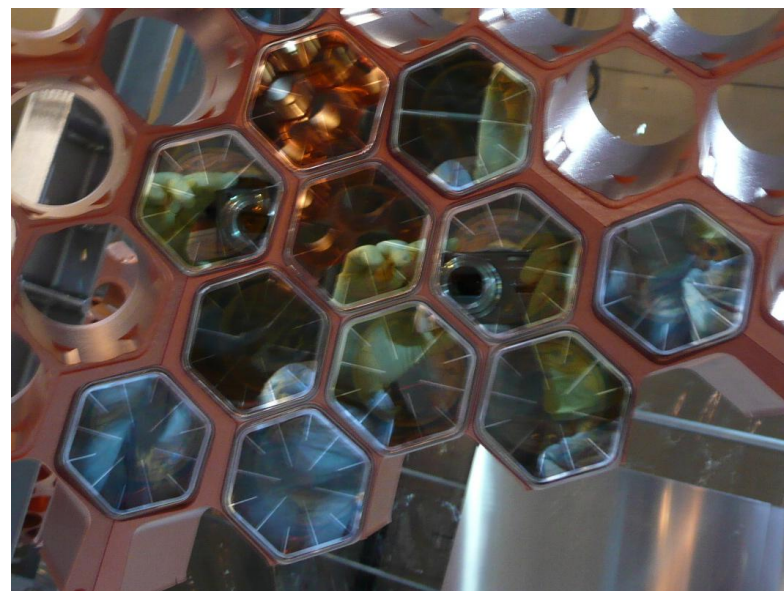
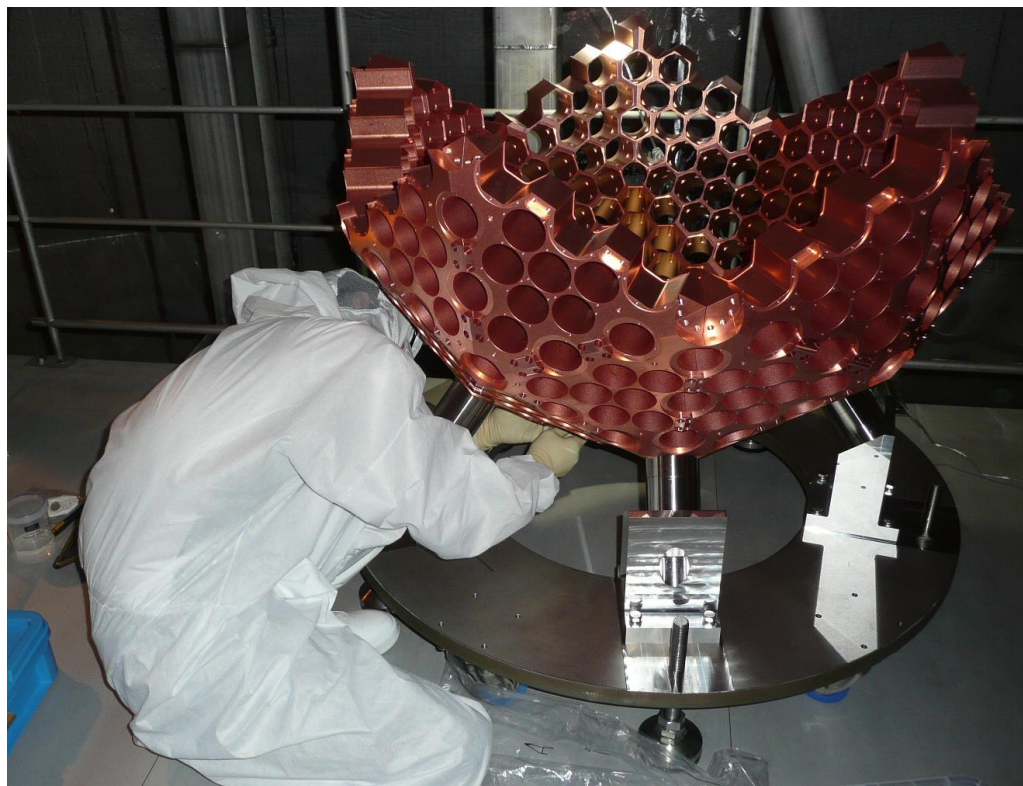
全てのPMTについて、常温および低温(-100°C)中でのゲイン・ノイズレートの測定を完了した。

XMASS実験用に
多チャンネルHVシステムを
多機能・低コストで開発した。



PMTの取り付け

**PMTホルダーへのPMTの取り付け
が今週から始まった。**



**今月中に取り付け
が完了する予定。**

読出しエレクトロニクス

プリアンプカード
(XMASS実験用に開発)



PMT



12bit ADC/TDC

広いエネルギー領域をカバーする。

- TKOモジュール
- ADCダイナミックレンジ: 0~400 pC
- TDCダイナミックレンジ: 0~1 usec



8bit Flash ADC

低エネルギー事象の波形を測定して
信号・バックグラウンドの区別を行う。

- ダイナミックレンジ: 0~-1V
- サンプリングレート: 500 MS/s
- プリサンプル数: 512~8,160
- 時間幅: 16.32 usec

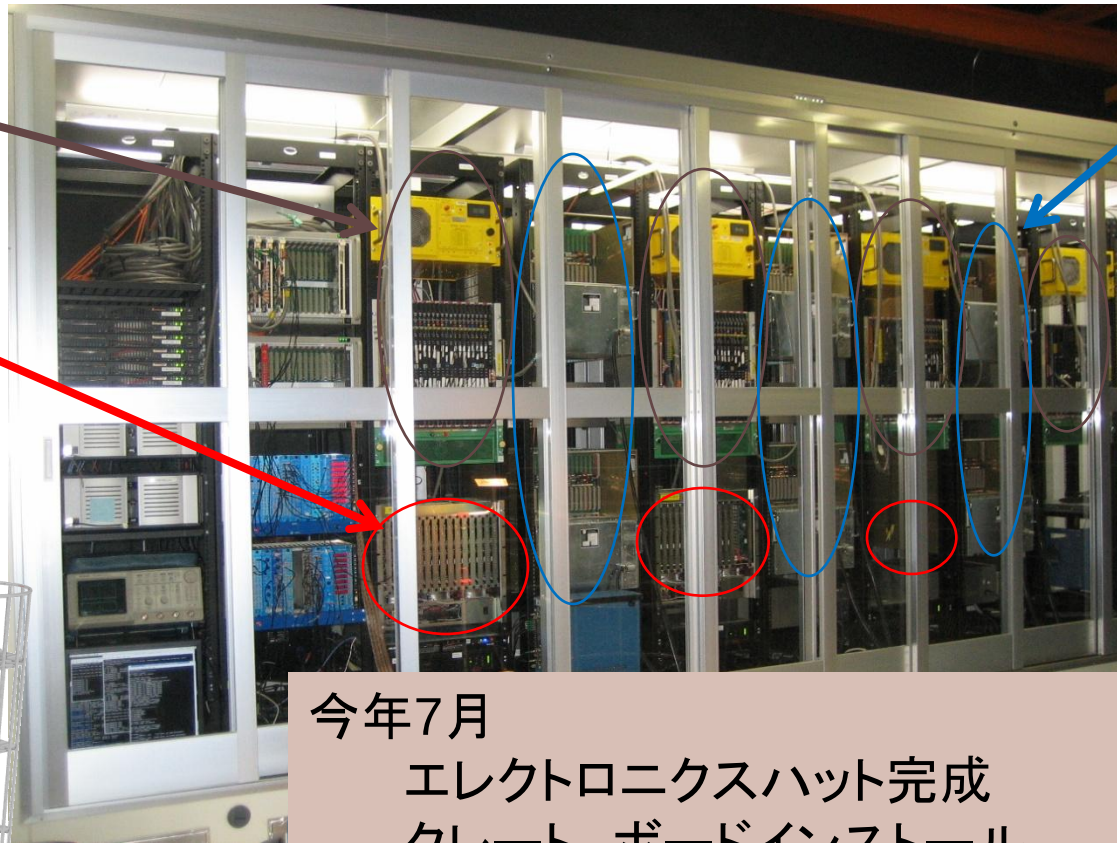
スーパーカミオカンデで使われていた
エレクトロニクスを再利用

DAQシステムの構築

ATM

HV

FADC



今年7月

エレクトロニクスハット完成
クレート、ボードインストール

今年8月～現在

ATM、FADCのテスト
グローバルDAQの準備

検出器内部の不純物除去

キセノン導入前に除去する不純物

- 放射性物質 (U,Th,Kr)
- O₂, N₂
 - シンチレーション光に影響（発光、吸収）



- ・低バックグラウンド部材の選定
- ・蒸留
- ・ゲッター

キセノン循環によって除去する不純物

- 放射性物質
 - PMTなど検出器の部材から放出されるラドン (7 μ Bq/m³ for 1e-5dru)
- H₂O
 - シンチレーション光に影響（吸収、散乱）



フィルターを用いて除去

キセノン蒸留装置

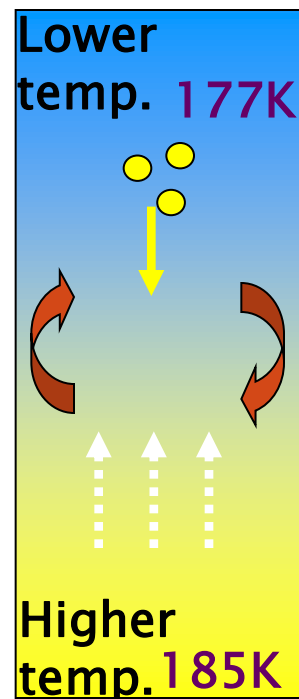
- 市販のXeガス中には0.1 ppm程度のKr
- Krには放射性同位体 ^{85}Kr （半減期10.8年、 $Q_{\beta} = 687\text{KeV}$ ）
→ DM探索のBGとなるので除去しなければならない

蒸留法によってXe中の
Krを除去する装置を開発

	Boiling point (@0.2MPa)
Xe	178K
Kr	140K~150K

目標 Xe中Kr 0.1 ppm→1 ppt以下

今年7月に、10ppmKr含有Xeを用いた試験で
Kr濃度を0.1ppbまで落とすことができた。
(約5桁の除去性能を確認)



蒸留概念図とXe精留塔

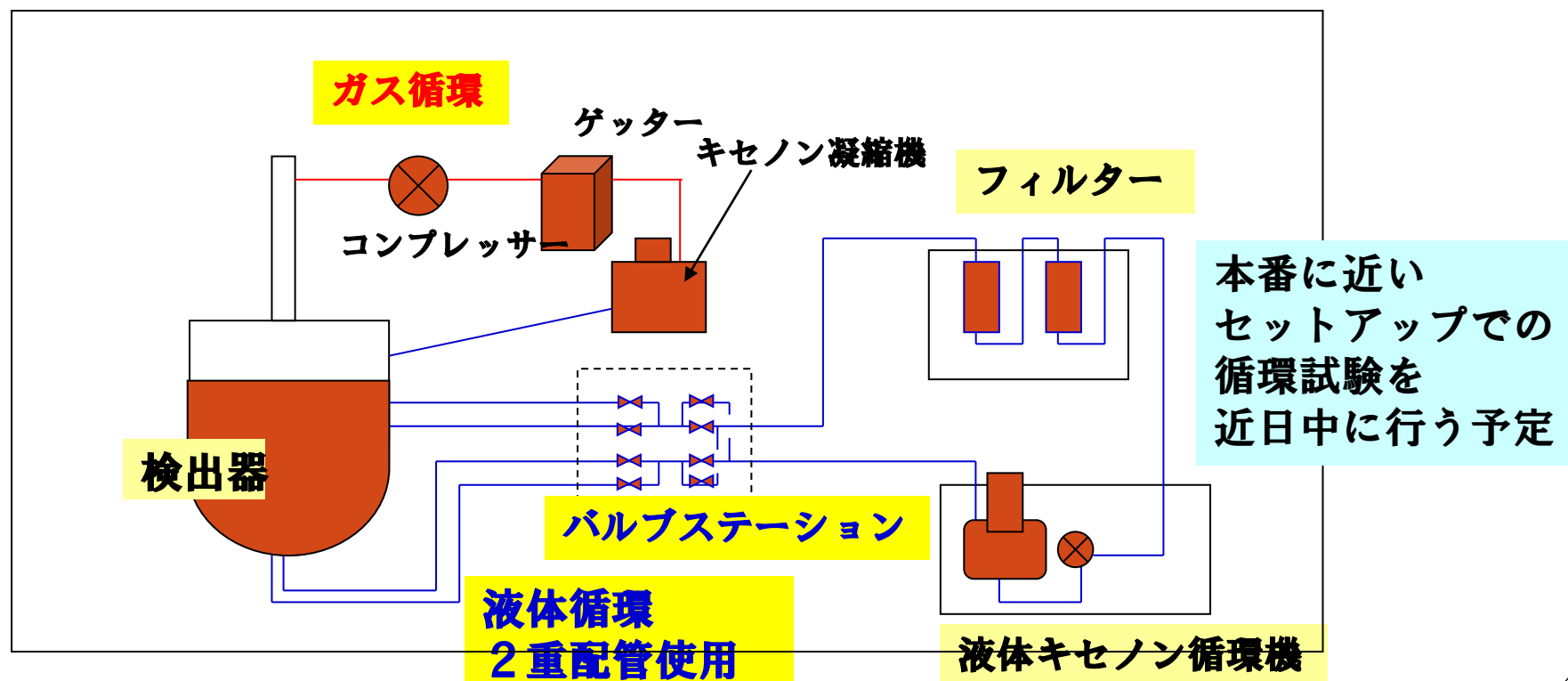
キセノン循環

1) キセノンガスの循環

- 循環速度は冷却パワーに依存する。360W冷凍能力～4L/h（液体）が限度

2) 液体キセノンの循環

- 大流量のためには液体キセノン循環が必要



まとめ

- XMASS実験は、1 トンクラスの検出器を建設中
- 現行の実験より10倍から100倍良い感度で、ダークマターの発見を目指す
- 準備は着々と進んでいる
- 今年度中に運転開始予定
- 査定金額：30万円（旅費）