

# KOTO実験に用いる低消費電力型PMTベースの 大量生産報告と、そのコントロールについて

京大理、KEKA<sup>A</sup>、岡山大<sup>B</sup>

増田孝彦、高橋剛、内藤大地、前田陽祐

河崎直樹、塩見公志、森井秀樹、南條創

野村正<sup>A</sup>、笹尾登<sup>B</sup>

for the KOTO Collaboration



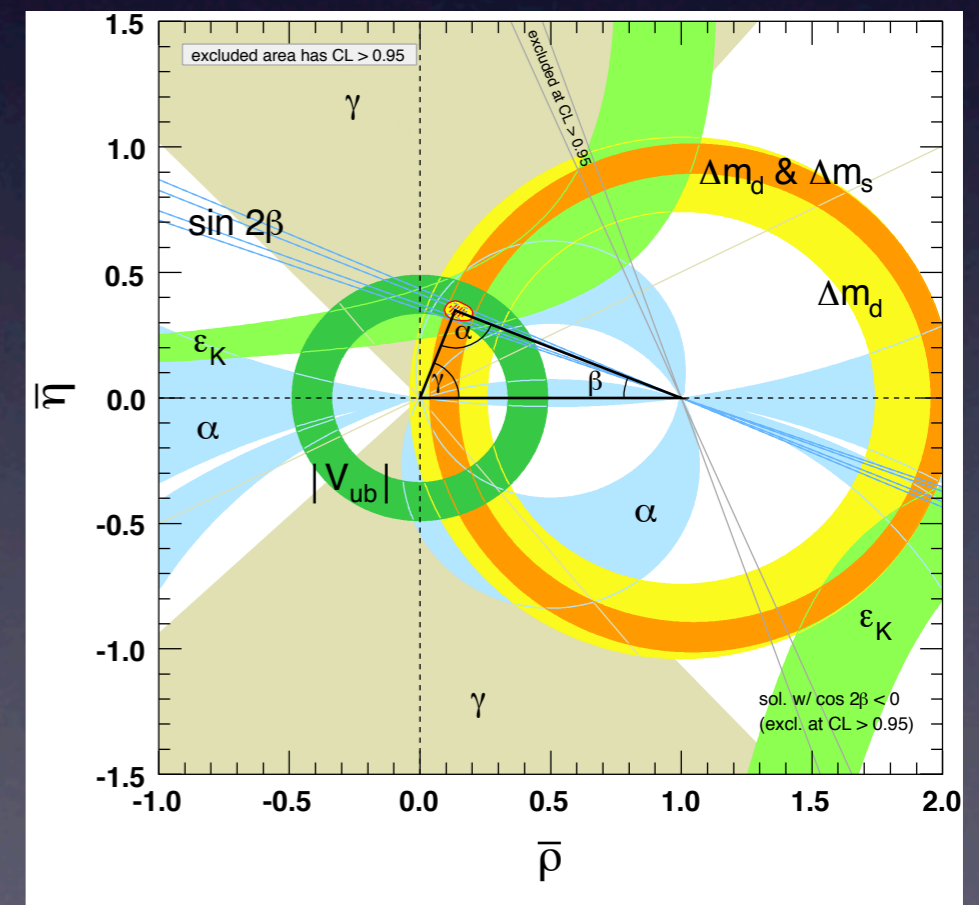
- Introduction
  - KOTO実験
  - CsIカロリメータ
  - CsIカロリメータ用PMTベース
    - 量産の進捗状況
    - コントロールシステム開発

# K<sup>0</sup>TO experiment

- K<sup>0</sup>TO (K<sup>0</sup> at TOkai)
  - $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$  : 長寿命中性K中間子( $K_L$ )の稀崩壊探索実験
  - 実験番号 J-PARC E14
  - 10月よりエンジニアリングラン(主カロリメータ)  
2011年度よりフルエンジニアリングラン、  
物理ランへと続く

- 実験目的

- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 崩壊事象の発見
- 崩壊分岐比測定による  
CPVパラメータ $\eta$ の直接決定



C. Amsler *et al.* (Particle Data Group), Physics Letters **B667**, 1 (2008) and 2009 partial update for the 2010 edition

# Concept

- 信号の同定

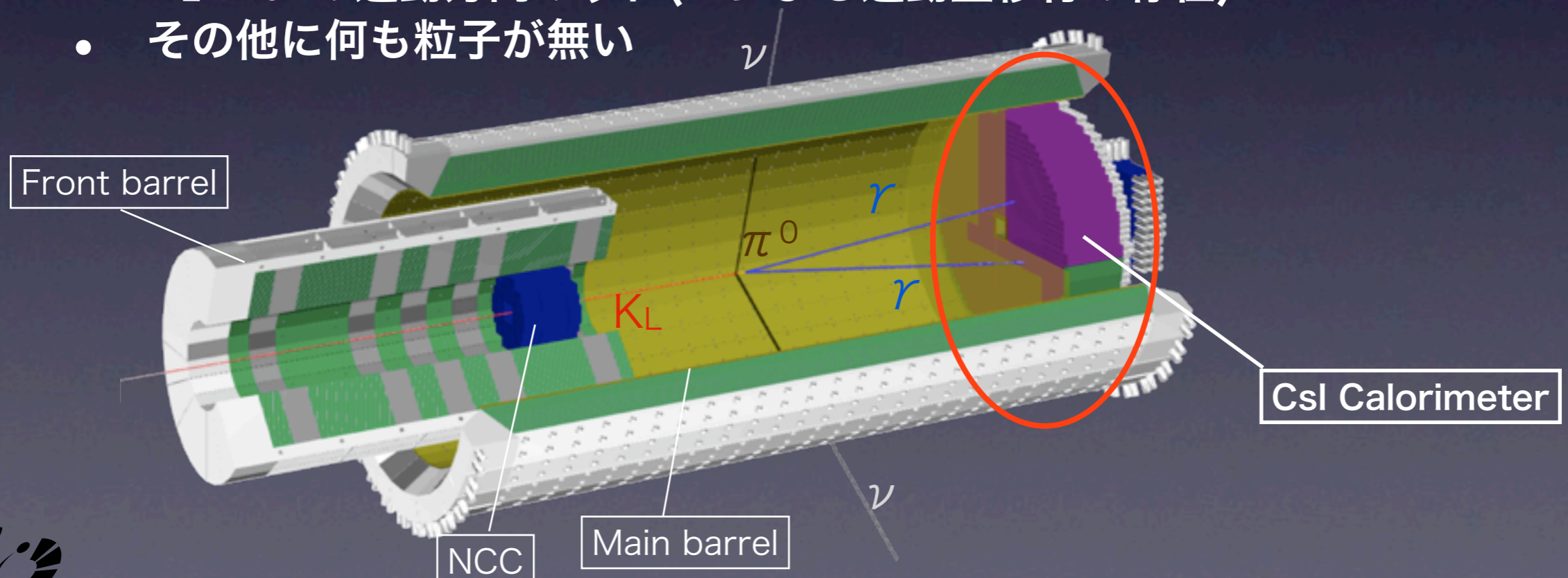
- $\nu$ は検出できないので、 $\pi^0$ からの崩壊粒子を見る

- $\pi^0$ の崩壊モード

- $\pi^0 \rightarrow e^+e^- \gamma$  荷電粒子のtrackingによる $\pi^0$ の再構成が可能 (Br 1.2%)
- $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  分岐比が大きい (Br 98.8%)

- $\pi^0$ からの $2\gamma$

- CsIカロリメータで $\gamma$ の位置・エネルギーを求め、 $\pi^0$ を再構成
- $K_L$ と $\pi^0$ の運動方向のずれ( $\nu$ による運動量移行の存在)
- その他に何も粒子が無い

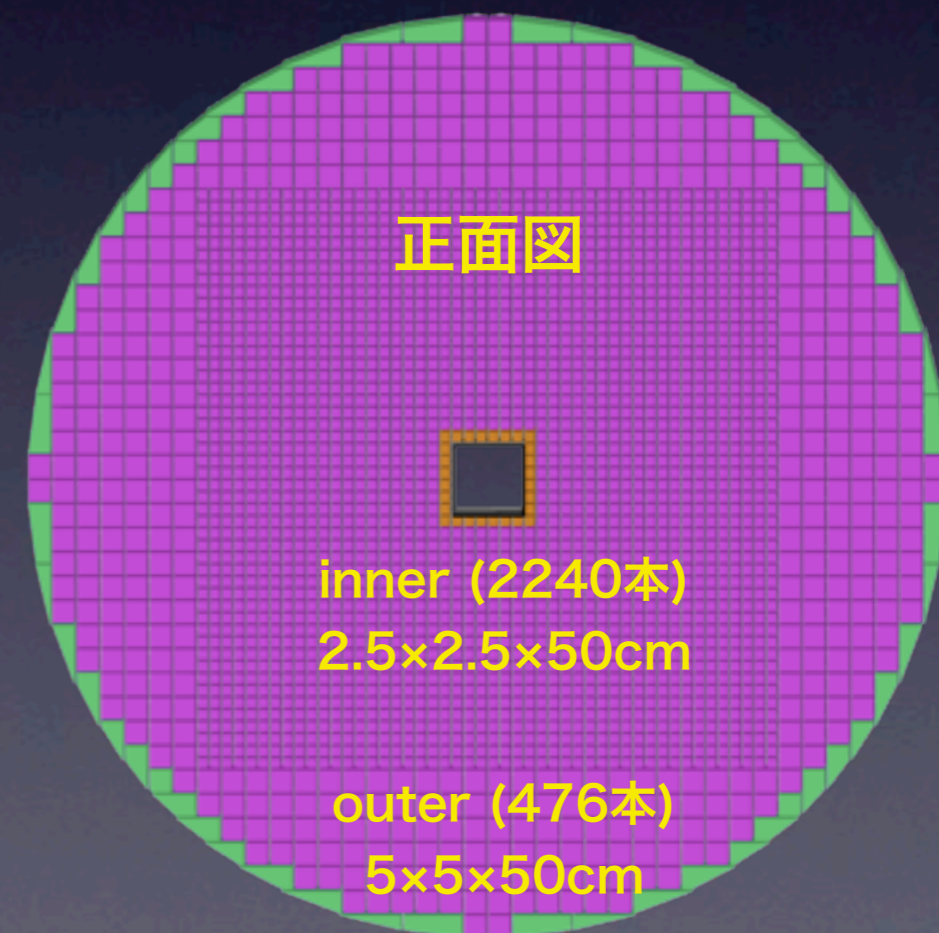


# Csl calorimeter

- 概要

- 長手方向50cm、2716本のpure Csl結晶を使用
  - KTeV実験の再利用品
- 中央部：2.5×2.5cmの結晶を48×48本正方形に並べる
- 外周部：5×5cmの結晶を直径190cmの円形に並べる

- 詳細、及び建設状況は次の講演(13pSL08)で。



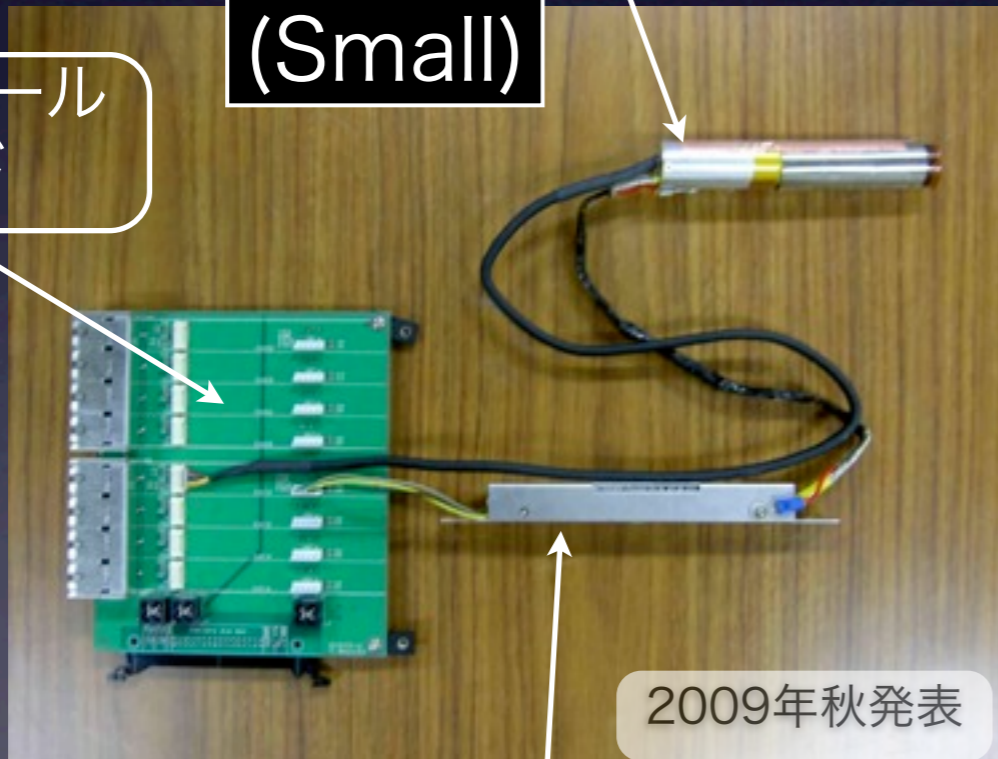
# CW base

- 真空中で使用するため、低消費電力のCW circuitを採用した
- 1MeV signalを観測するため、20~60倍のPreamplifierを搭載しつつ、十分な低ノイズを実現した
- 使用するPMTに応じて2種類、さらにSmall用にはCsI結晶の光量に応じて、倍率の異なる2種類の内蔵プリアンプを用意している。

PMT直後の円筒内部に  
プリアンプを設置

(Small)

コントロール  
ボード

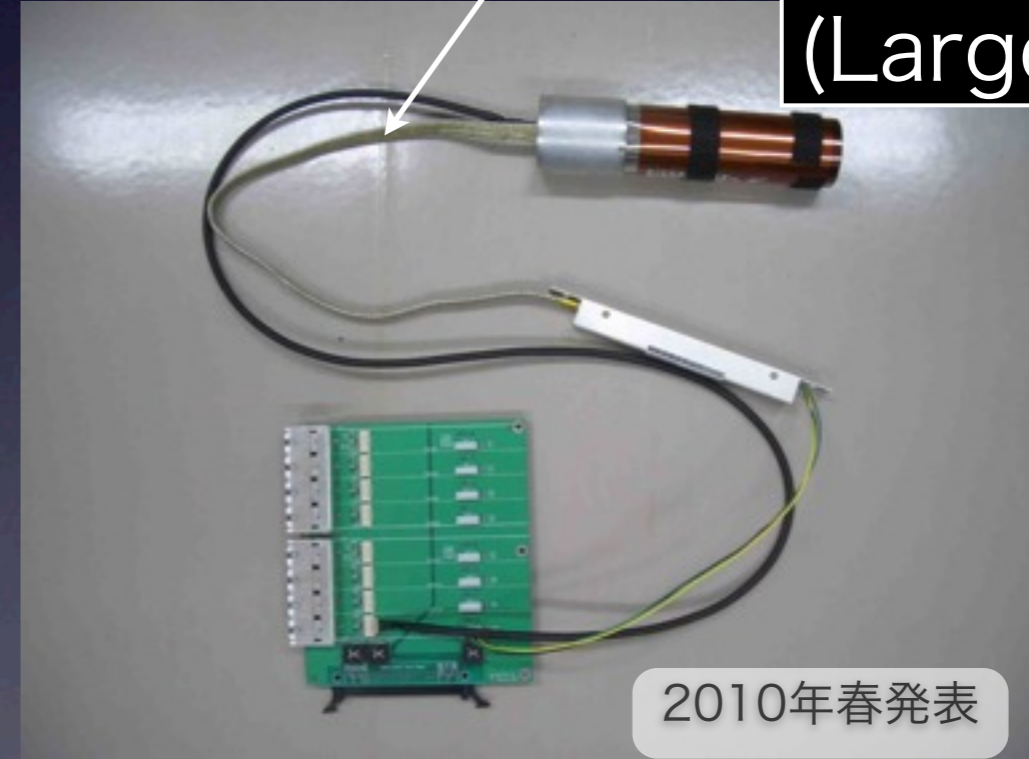


2009年秋発表

直方体の箱体の内部に  
CW circuitを内蔵

シールド付フラット  
ケーブルでHVを供給

(Large)



2010年春発表

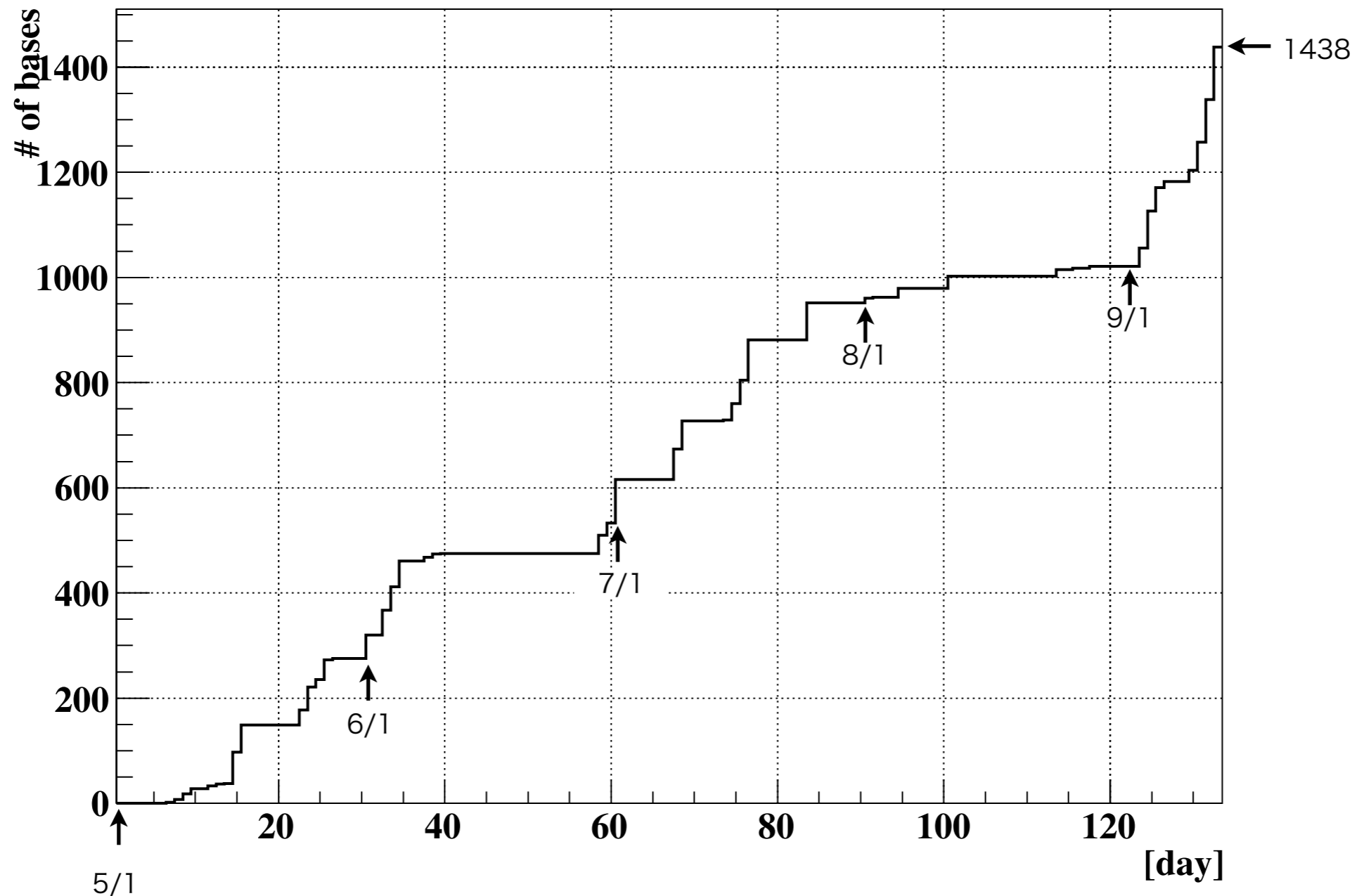
# Mass production

- 京都に納品後、最終の組立工程及び受入検査を実施している
- 誰にでも扱えるロバストな作業システムを構築し、学生アルバイト3人による流れ作業で進めている。
  - 約50本/日
- 主な検査項目
  - 消費電流 ←真空中での発熱の低減
  - ノイズ(1~100MHz) ←1MeVの信号を観測するため
  - リップル(0~1MHz)
  - カソード、全ダイノード電圧
  - プリアンプ倍率
  - 充電時間
  - 充電時消費電流
  - 放電時定数
  - プリアンプオフセット



# Production progress

CW base test progress

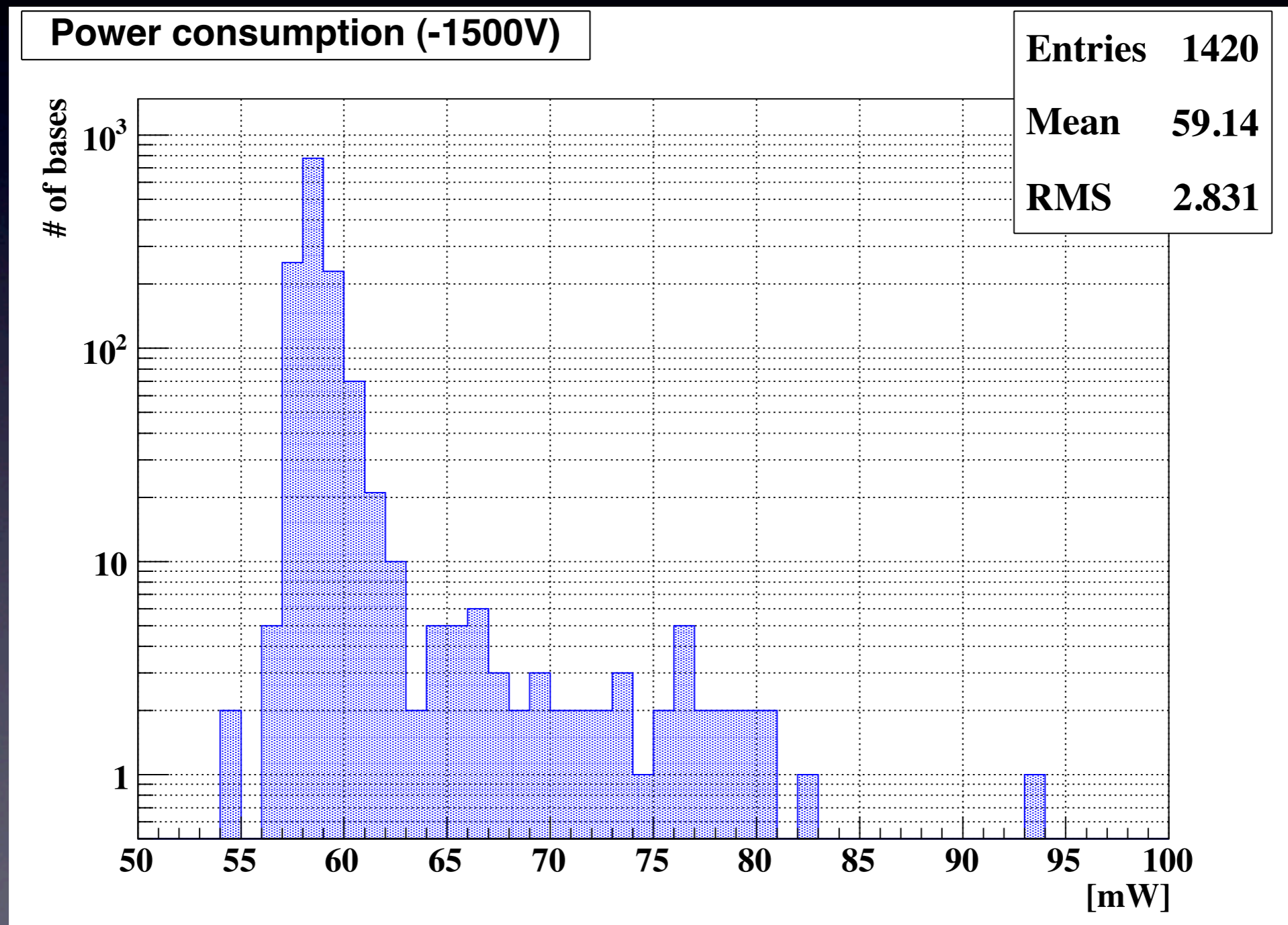


- 9月中旬に2000本、10月中旬に2400本まで行く予定



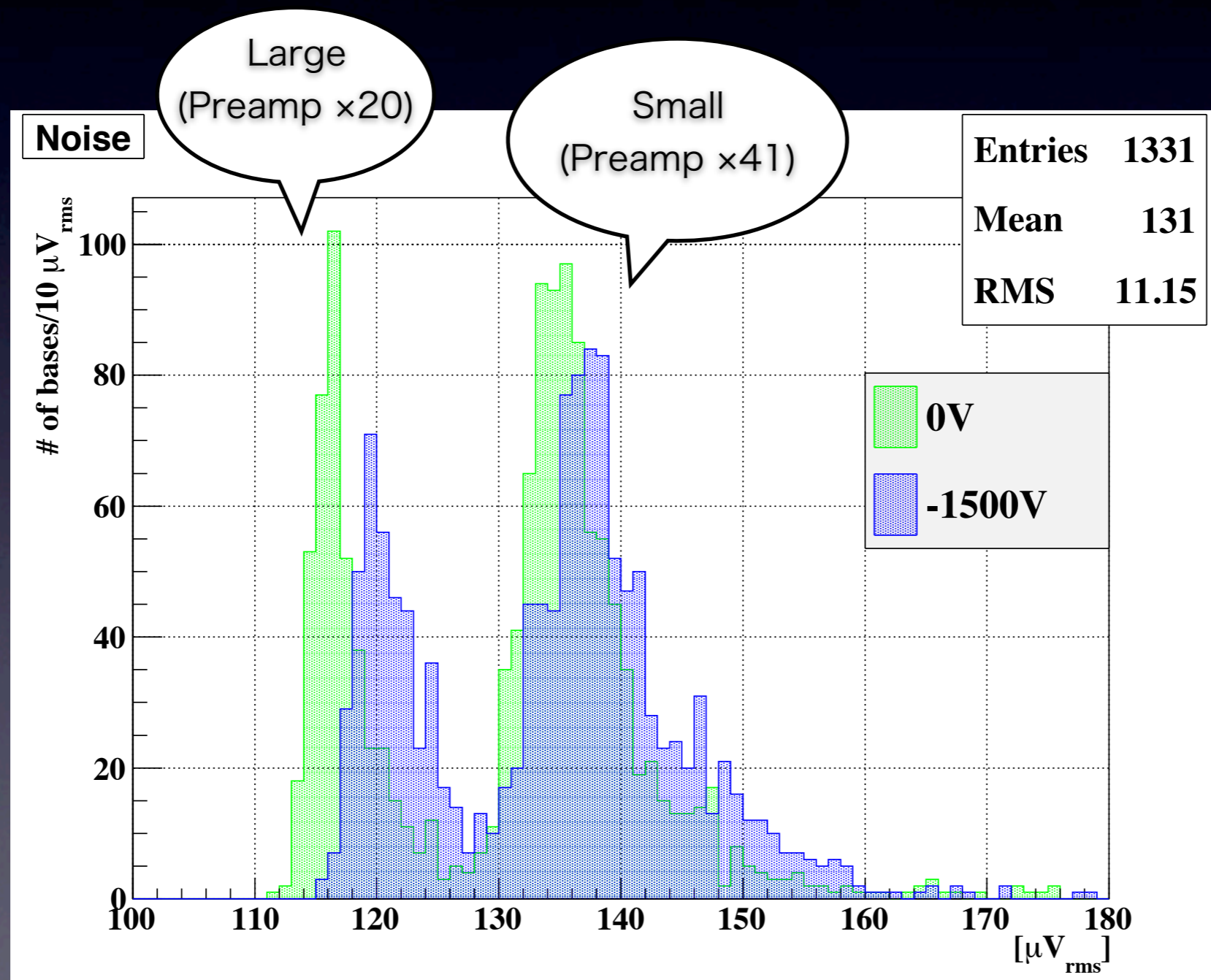
# Power consumption

- ほぼ設計値周辺に分布している
  - 一部消費電力の大きい物が存在している。現在確認中。



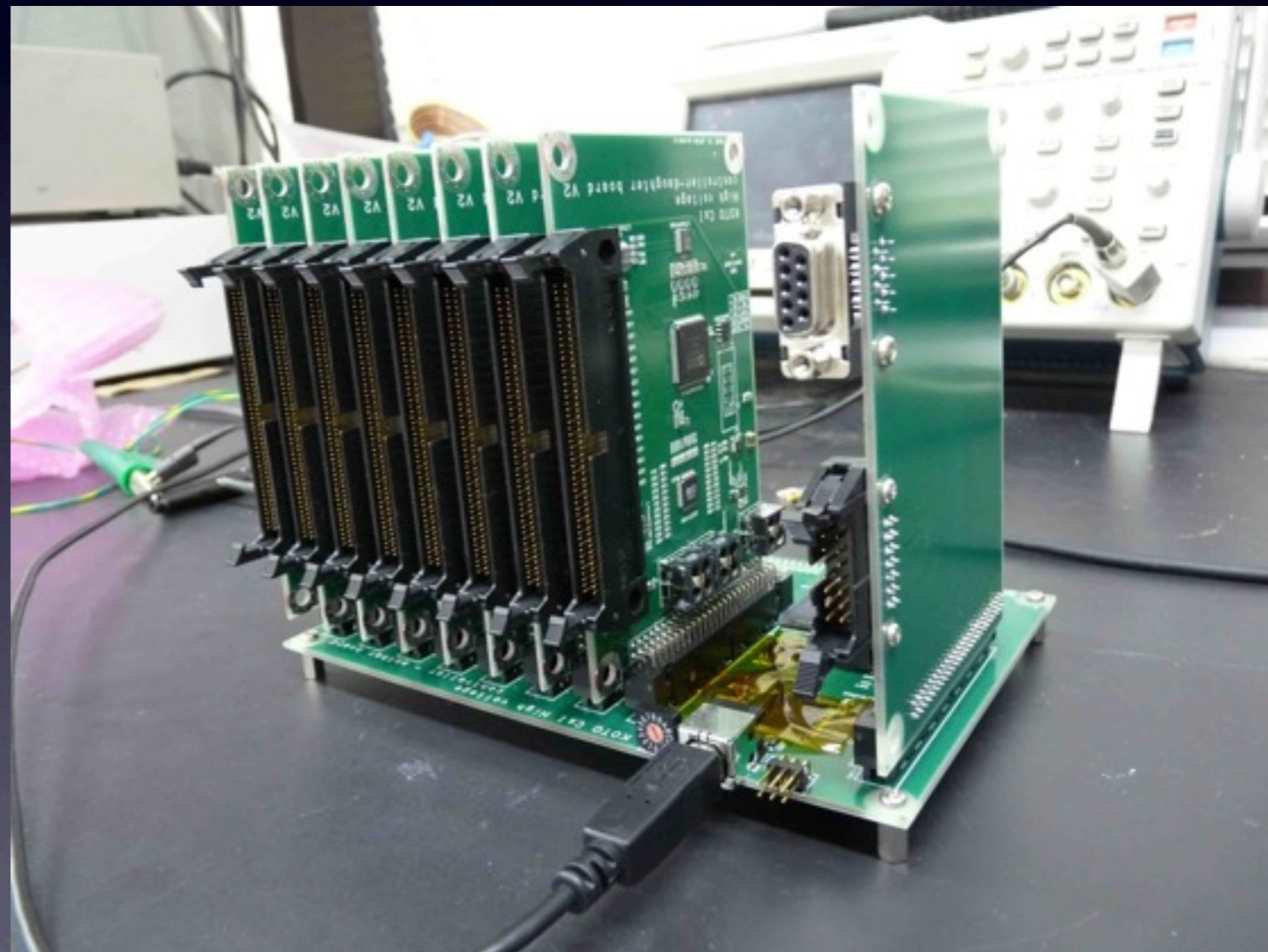
# Noise

- 1MeVを測定するために必要な条件( $<180\mu\text{V}_{\text{rms}}$ )を全て満たしている



# Control system

- 全2800chのCW baseを制御するためのシステム開発を行っている



# Feature of control system

- 全チャンネルのコントロール/モニタリングを行う
- 中真空中で高電圧を使用しているため、  
万一の放電による被害を最小限に食い止める設計になっている

FEATURE		NOTES	
全CH独立のHVコントロール/モニターシステム		指定のCHと電圧を入力するだけで、 フレキシブルに電圧調整が可能	
PMT HV 設定	1ch毎	PMTコントロール /モニター	
PMT HV モニタ電圧 読み出し			-350 ~ -2000Vまで1V刻みに調整可能
PMT HV コントロール電圧 読み出し			5V/12bitの分解能
<b>CW base 電源ON/OFF</b>	1ch毎	<b>フォールト トレランス</b>	
<b>プリアンプ電源ON/OFF</b>			モニタ電圧とコントロール電圧両方の読み出しで ダブルチェックを行う
<b>過電流時オートパワーオフ</b>	32ch毎	<b>フェイルセーフ</b>	
各電源電圧モニタ			<b>万一CW baseが故障した際の 異常発熱を防ぐ</b>
各電源電流モニタ			<b>万一Preampが故障した際の 異常発熱を防ぐ</b>
温度モニタ			<b>万一放電が発生した場合に、すぐHVを落とすことで 被害を最小限に抑える</b>
			ショート、リーク、断線等の早期発見
			放電検知、プリアンプの故障検知
			異常な温度上昇の検知

# Fault tolerant system

- 実験中に何らかの理由で真空度が悪化した場合、
  - CW baseの放電限界を超え、放電が発生する。
  - 放電が起こると、CW base/Preamp内部の素子が破壊される可能性がある
  - 1chの1回の放電を検知すると、周囲のCW base 32chのHVを強制的に落とし、周りの被害を防ぐ。
- 放電による素子破壊が起こってしまった場合、
  - 放っておくと、破壊された箇所のショートによって、その部分が異常に発熱する
  - CW base/Preampのメイン電源を独立にON/OFFさせ、ショートしたチャンネルの電流を遮断することができる。
    - 少数の場合はデッドチャンネルとして、そのまま(真空を破らずに)実験を継続することが可能。

# Summary

- KOTO 実験に用いるCW baseの量産状況、及びコントロールシステム
  - 量産
    - 現在京都で最終の組立/検査を行っている
    - 現在1400本終了
    - 10月中旬に2400本まで行く予定
  - コントロールシステム
    - 全CW baseのHVコントロール/モニタリングシステム
    - 万一の放電による被害を最小限に食い止めるフォルトトレラント設計

