

LYSOシンチレーターの特性評価

富島佑允

西原一幸、難波俊雄、浅井祥仁、小林富雄

東京大学素粒子物理国際研究センター

LYSO結晶 ($\text{Lu}_{1.8}\text{Y}_{0.2}(\text{SiO}_4)\text{O}$) について

今回の実験には、高いエネルギー分解能が求められる。また、ハイレートでイベントをとるため、応答の早いシンチレーターを用いて、イベントの piled-up を防ぐ必要がある。



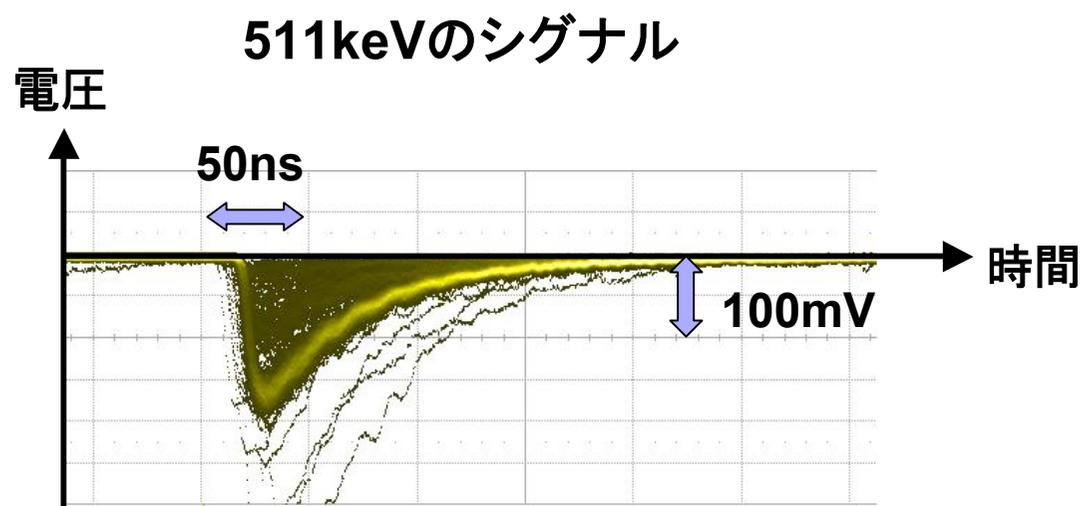
LYSO結晶 (SAINT-GOBAIN社製)

寸法 : Φ 30mm \times 30mm

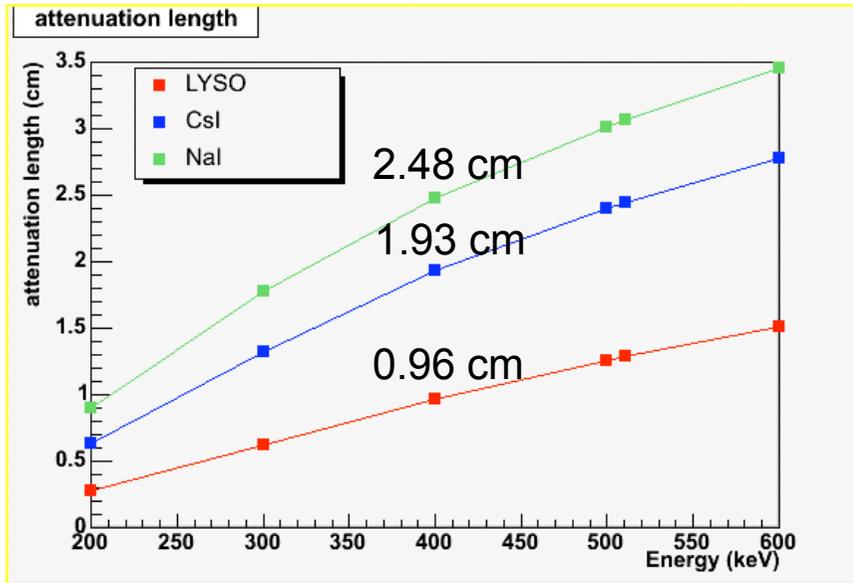
利点 : 高い検出効率 (LuのZ=71, $\rho = 7.1 \text{ g/cm}^3$)

time resolutionが良い (減衰時間40ns)

欠点 : ^{176}Lu (天然存在比2.59%) の崩壊によるbackground

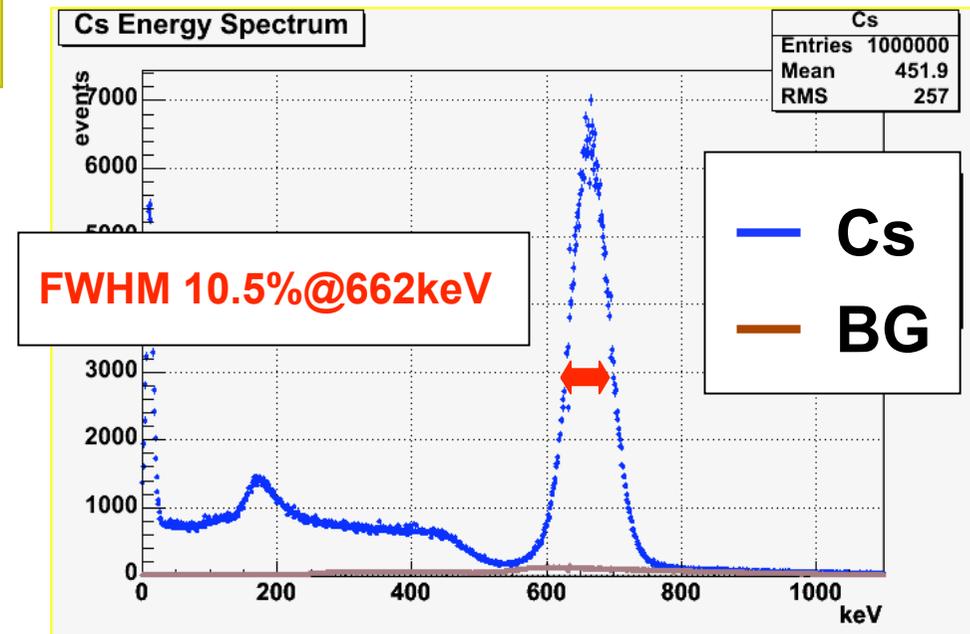


Z, 密度が大きい → 減衰長が短い → 高い検出効率

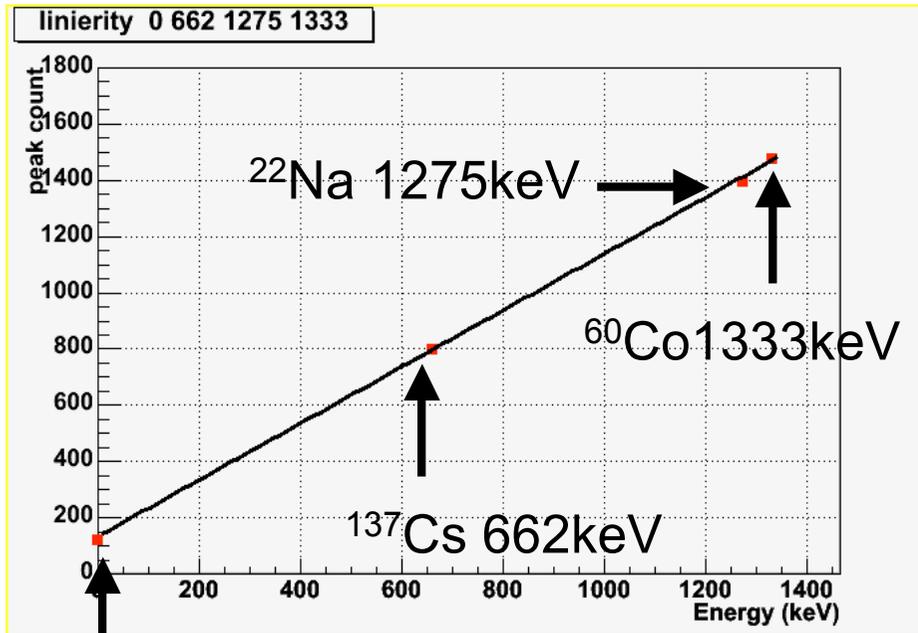


LYSO, NaI, CsI
の減衰長の比較

^{137}Cs のスペクトル

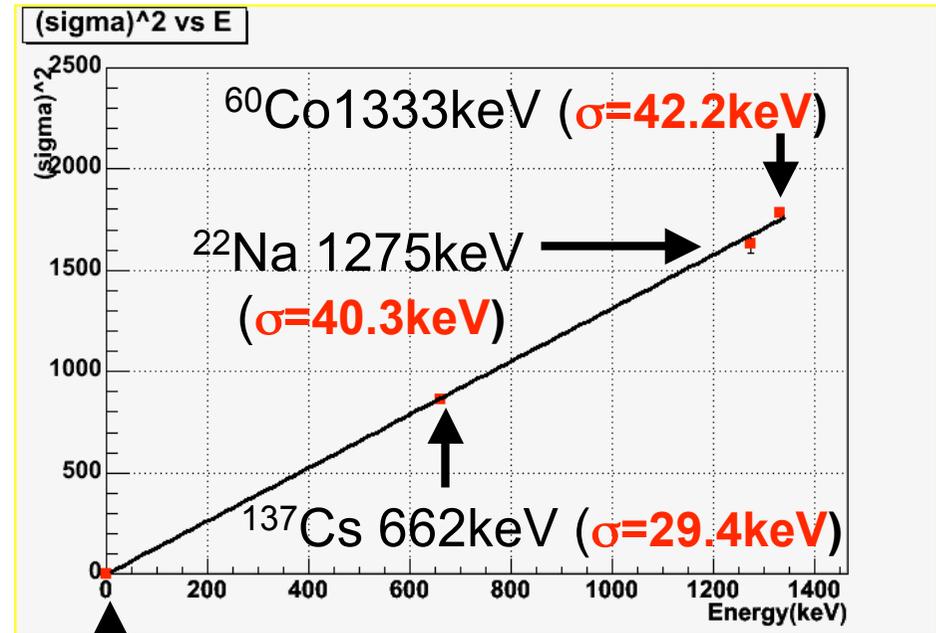


LYSO結晶の光量の線型性



pedestal

ピーク的位置(ADCカウント値)とEnergyの関係



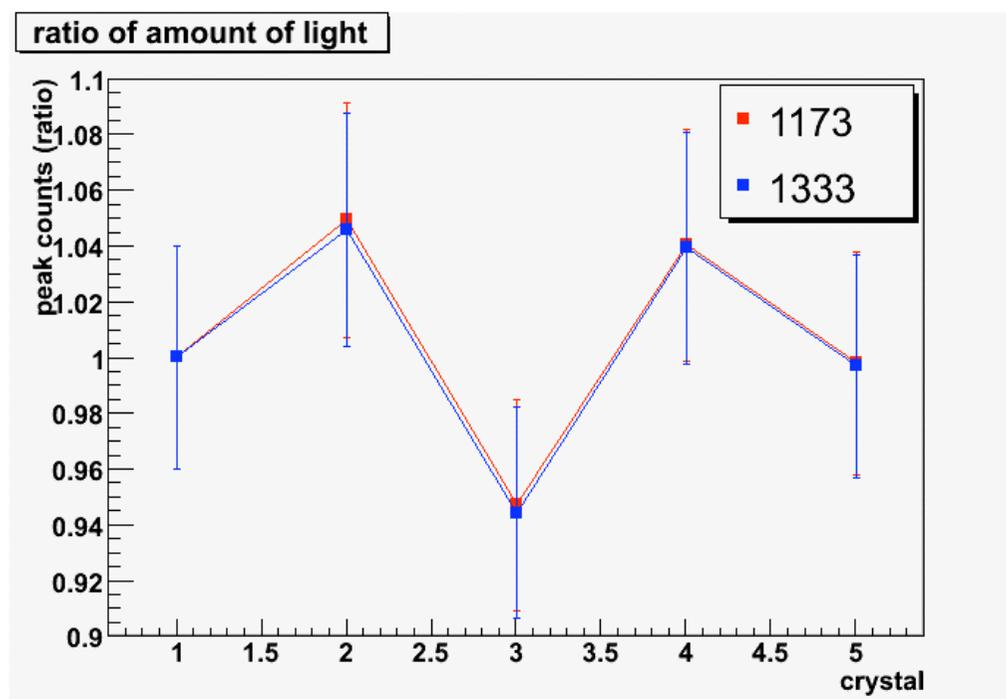
pedestal

Resolutionの二乗とEnergyの関係

⇒ O.K.

結晶の光量比

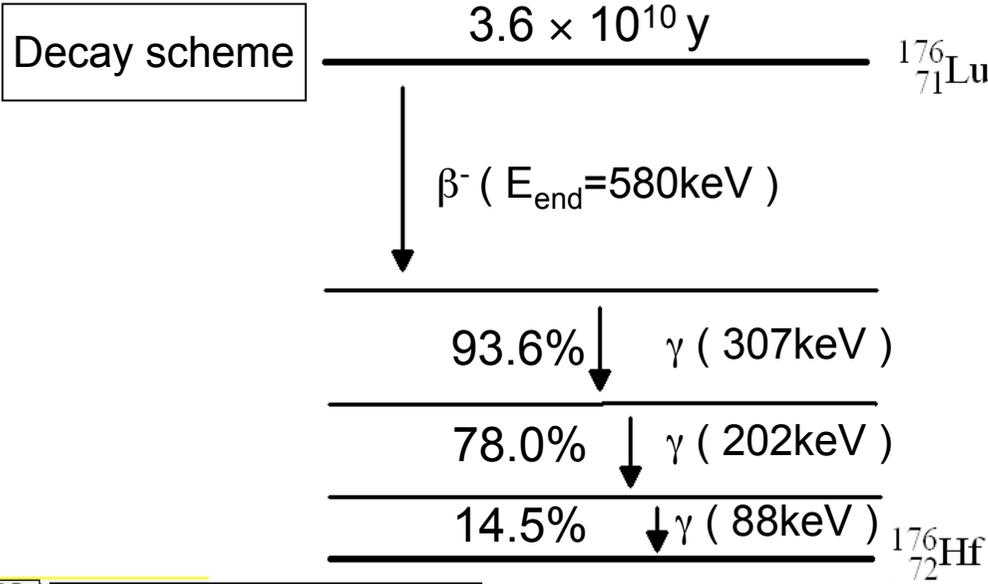
同じPMTを用いて、5つのLYSO結晶を付け替えてそれぞれ ^{60}Co のスペクトルを測定した。1173keVと1333keVのピークの位置を比較することで、光量比を出した。



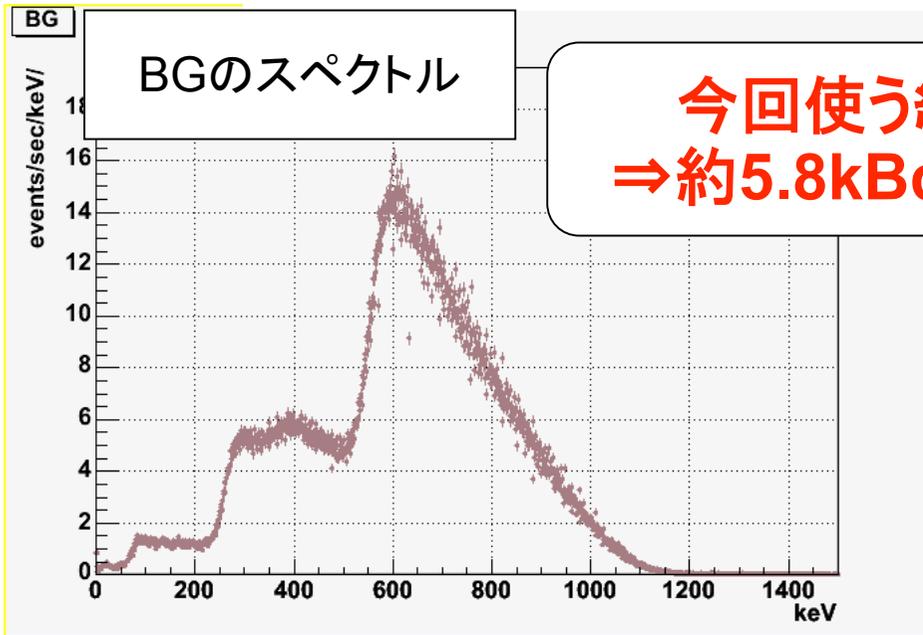
エラーバーは、反射材の巻き方などによるシステムティックエラー

光量の個体差 ~ 5% 程度

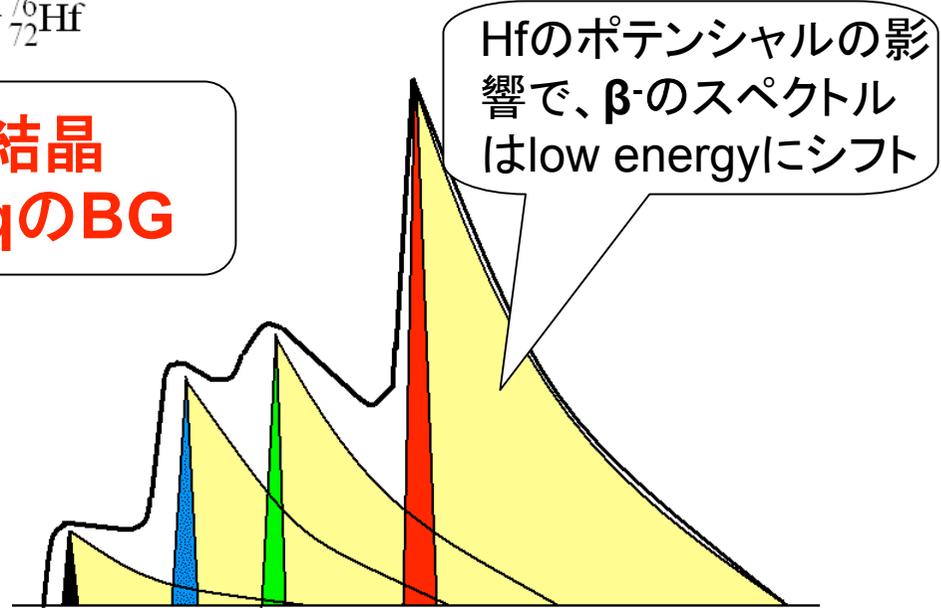
^{176}Lu の崩壊によるbackground



- 88+202+307keVの光電ピーク
- 88+307keVの光電ピーク
- 88+202keVの光電ピーク
- 88keVの光電ピーク
- $\beta^- (E_{\text{end}} = 560\text{keV})$



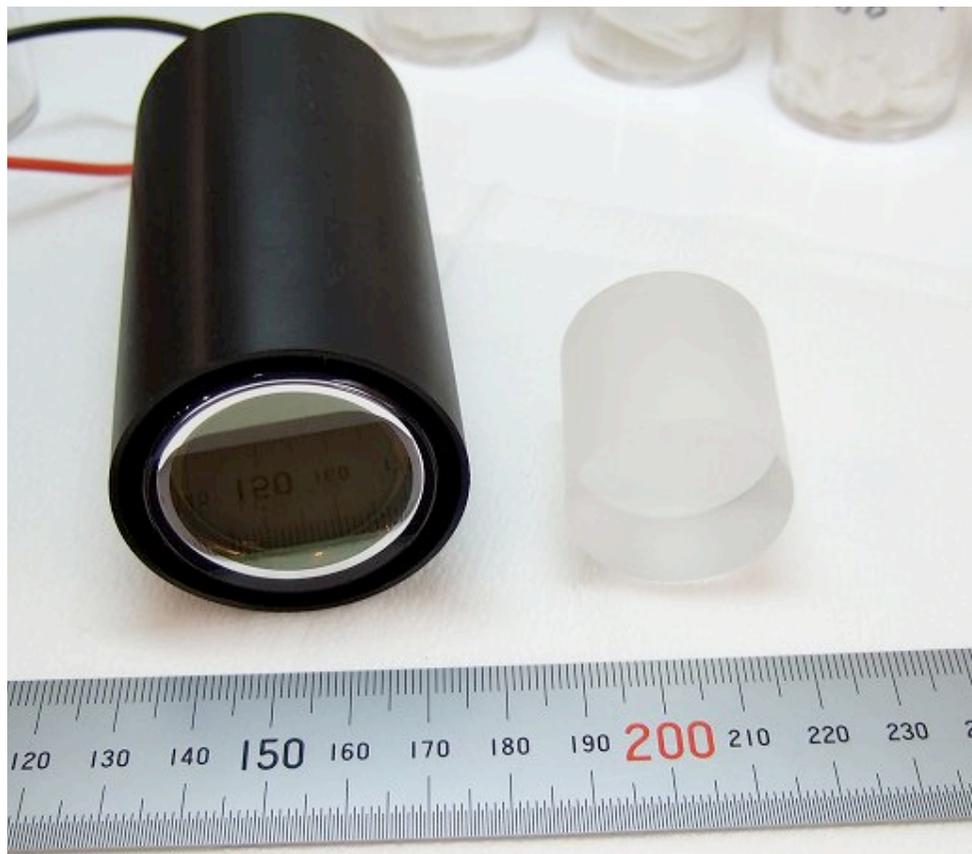
**今回使う結晶
⇒約5.8kBqのBG**



使用する光電子増倍管について

H8409-70 (HAMAMATSU)

ダイノード構造：ファインメッシュ⇒高磁場中(1T)での動作が可能
(実際は、700G程度の磁場中で使用する予定)

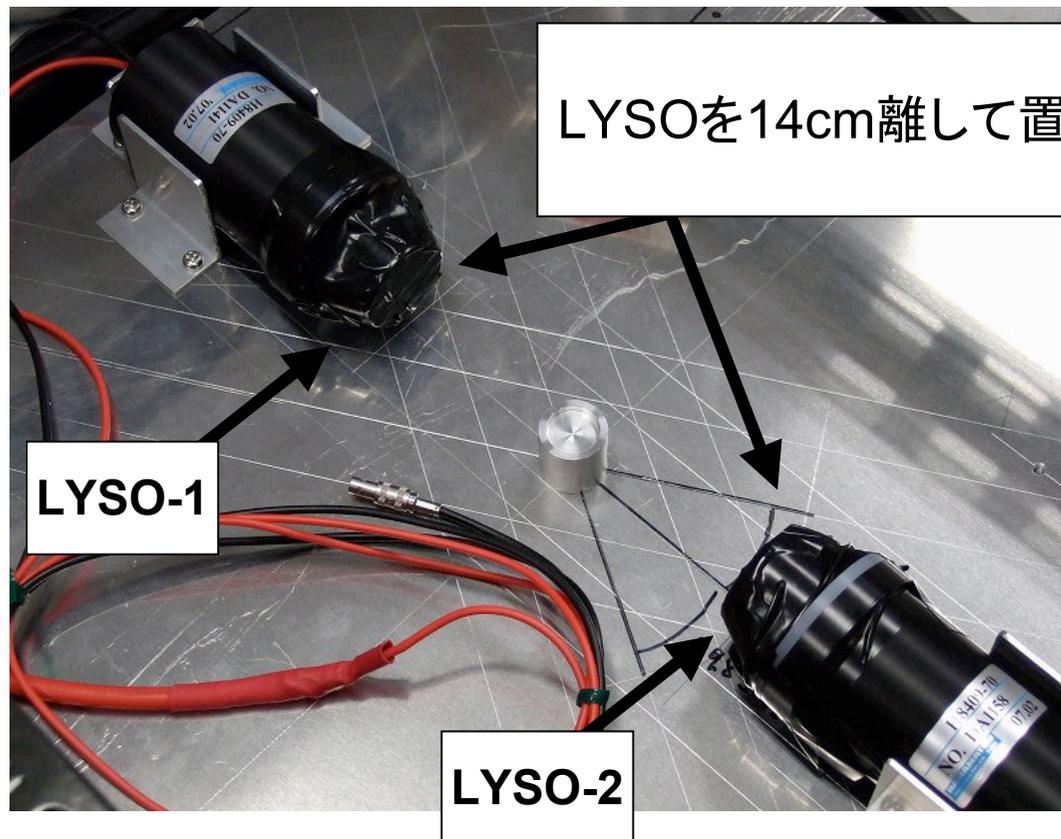


寸法	Φ45×80(mm)
印加電圧	+2000V
段数	19段

LuのBackground対策

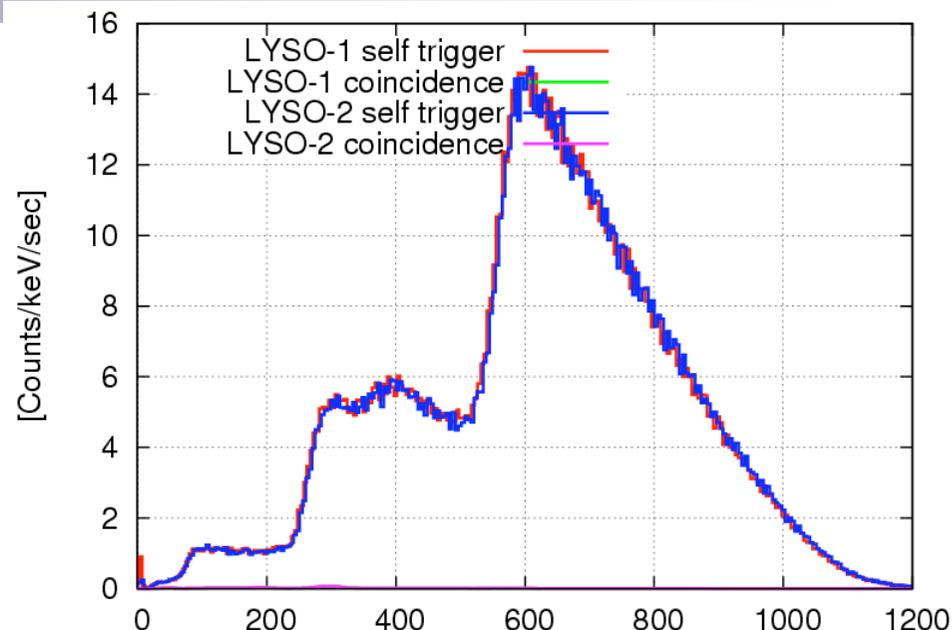
LYSOは、本実験に適したシンチレーターであることが分かったが、結晶自身のbackgroundを除去しなければ、実際に使うことは出来ない。そこで、2つのPMTのコインシデンスを取ることによって、結晶のbackgroundを抑えることを考える。

setup



Self-triggerの場合と、コインシデンスを取った場合のLYSO-1,LYSO-2のEnergy Spectrum

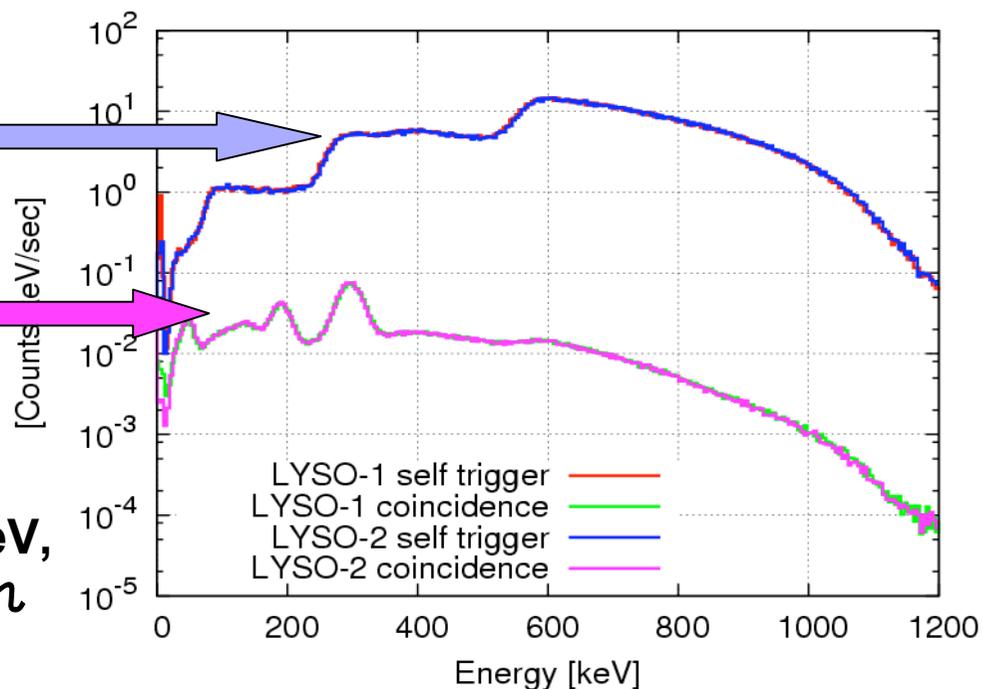
(右上図:リニア 右下図:ログ)



Self triggerだと、
トリガーレート5.8kHz

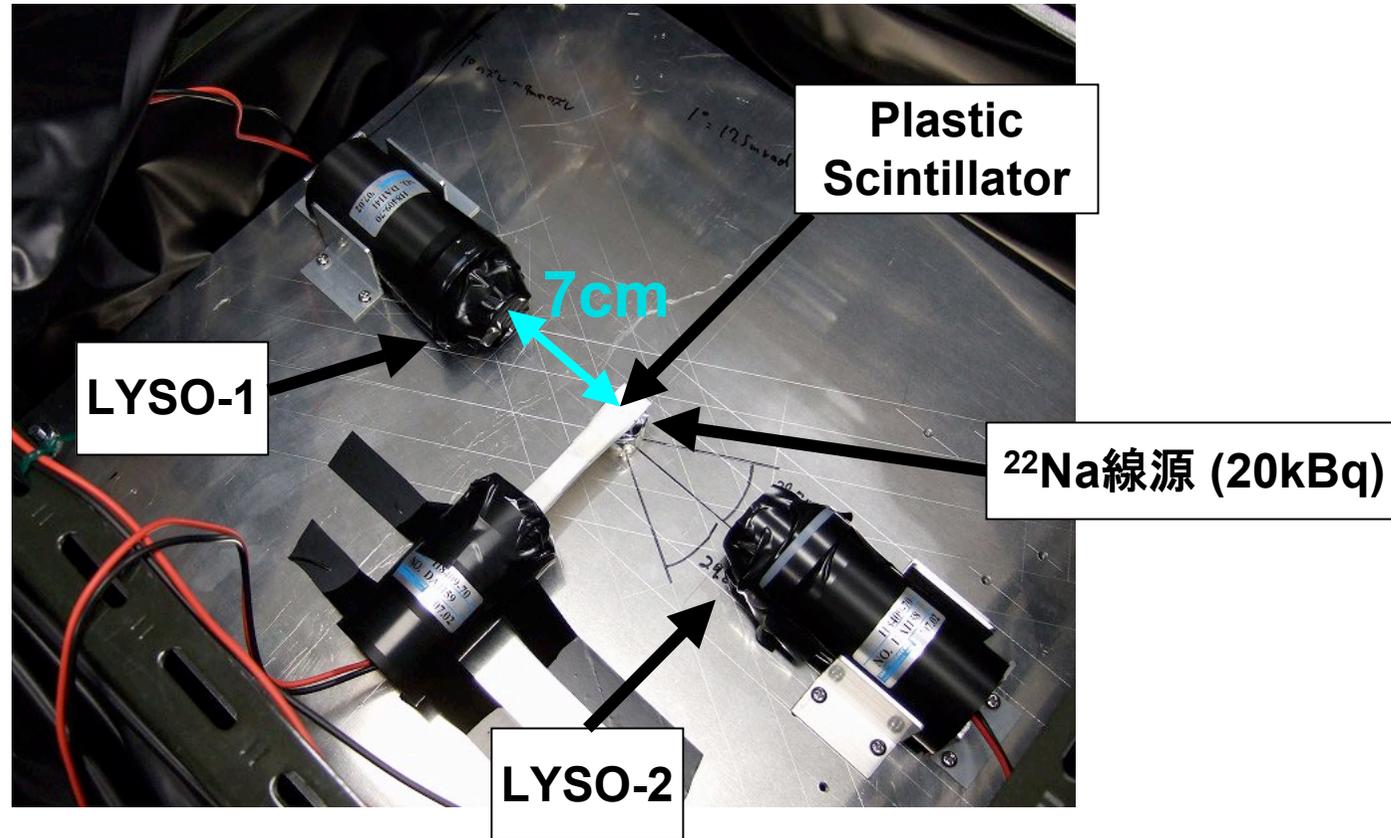
Coincidenceをとると、
16Hzにまで抑えられる

16Hzのうちfake signal (一方300~400keV, 他方400~500keV)を作るものは、それぞれ1.7%に過ぎない。

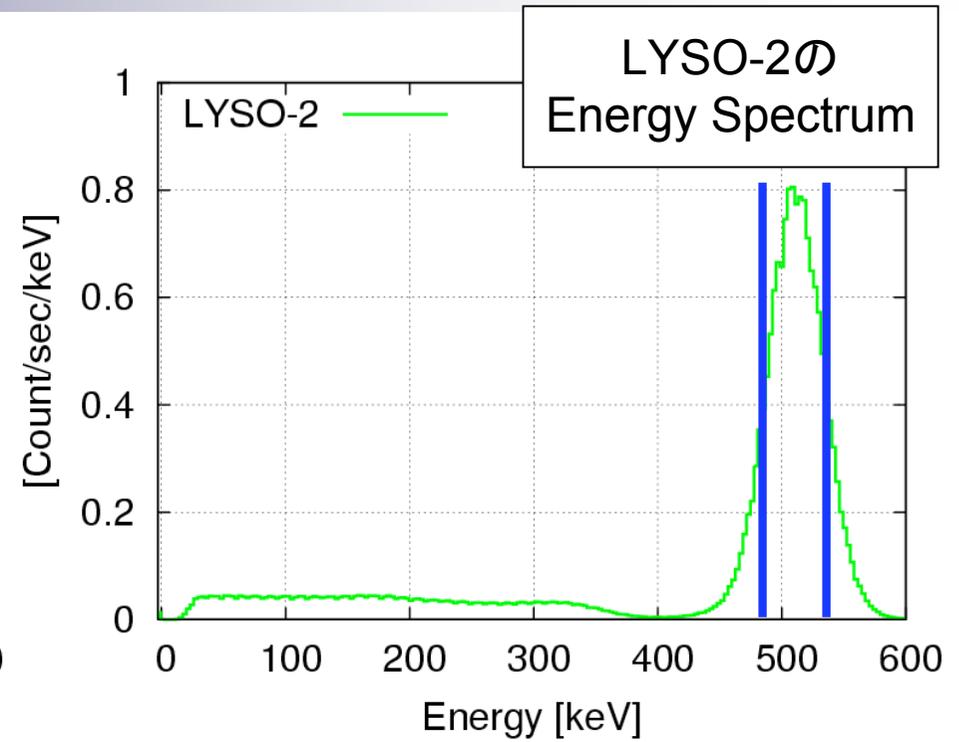
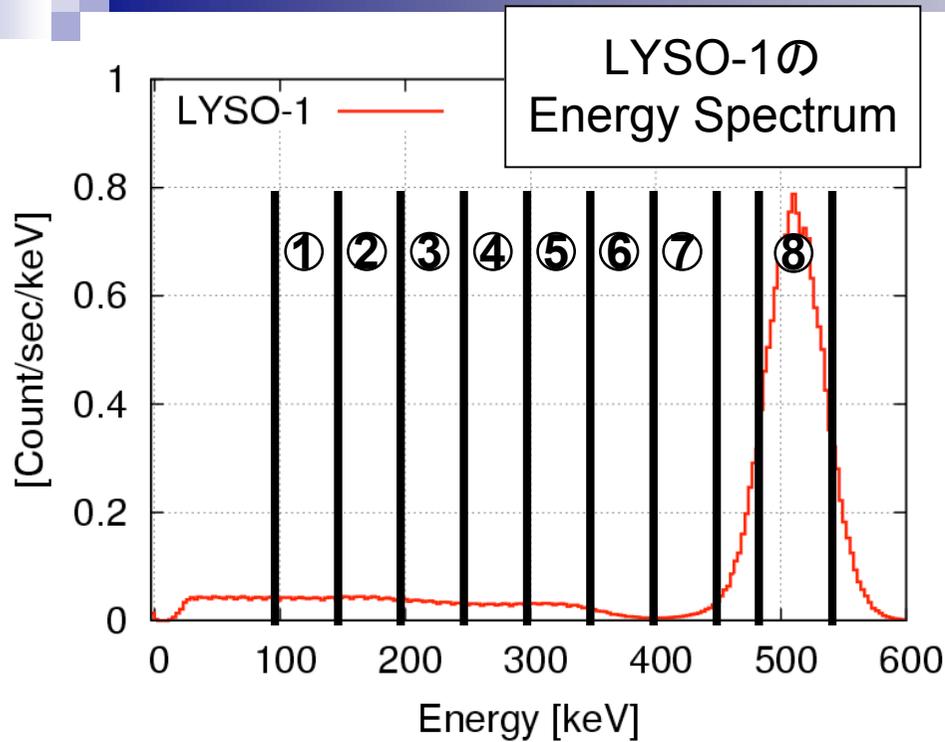


Timing resolutionの評価

setup



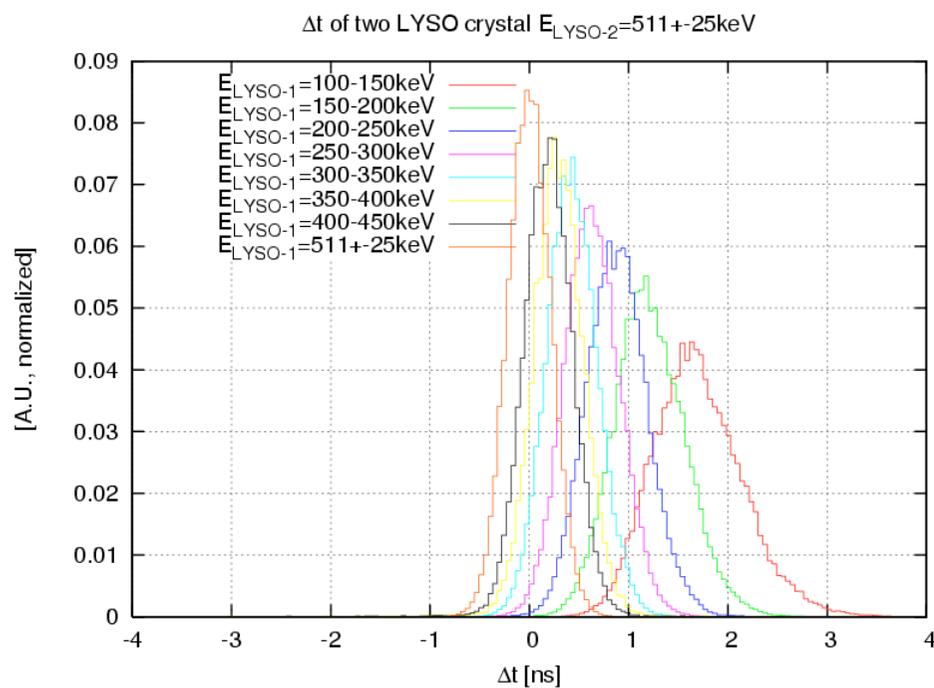
Plastic Scintillator, LYSO-1, LYSO-2のトリプルコインシデンス
を取ることによって、back-to-backに放出された511keVの γ を選ぶ。



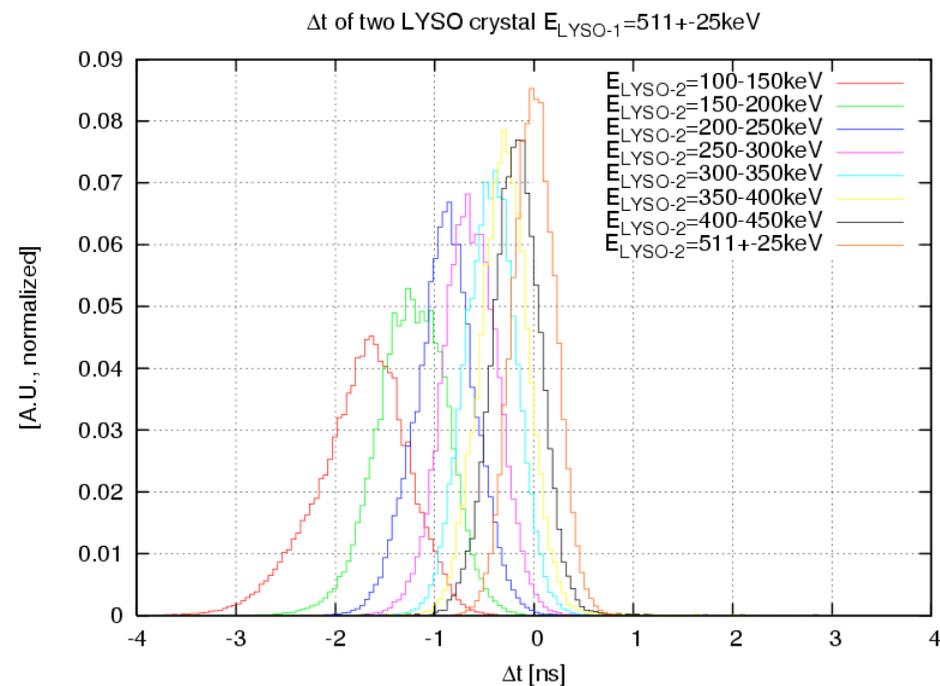
- ① 100keV~150keV
- ② 150keV~200keV
- ③ 200keV~250keV
- ④ 250keV~300keV
- ⑤ 300keV~350keV
- ⑥ 350keV~400keV
- ⑦ 400keV~450keV
- ⑧ 511-25keV~511+25keV

LYSO-1のtiming resolutionを評価するときは、LYSO-2のEnergy windowは 511 ± 25 keVに固定して、LYSO-1のEnergy windowを上記の①~⑧のように設定し、各windowにおけるtiming resolutionを評価した。LYSO-2のtiming resolutionを評価するときは、その逆を行った。

LYSO-2のEnergy windowを固定、 LYSO-1を動かした場合のtiming差

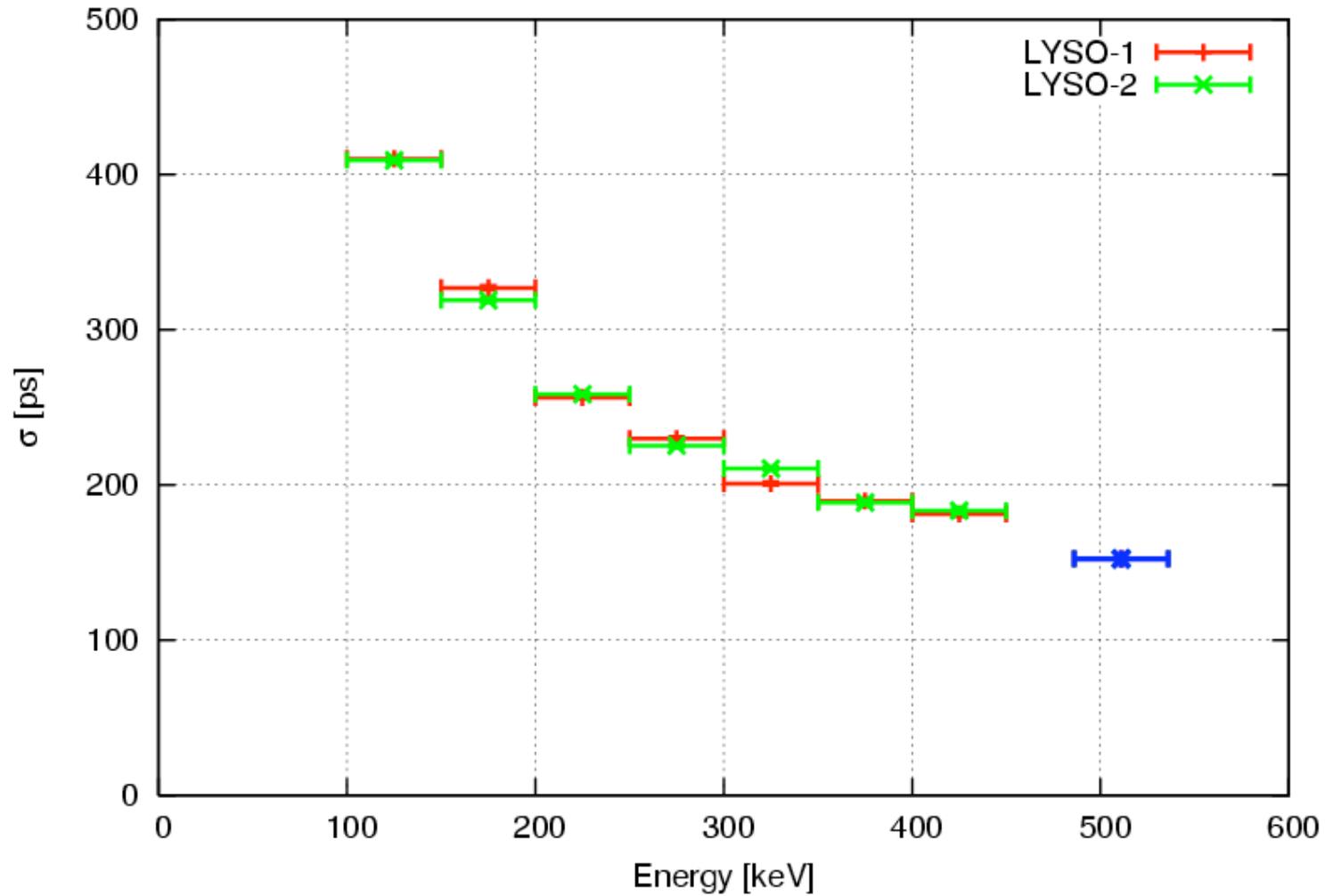


LYSO-1のEnergy windowを固定、 LYSO-2を動かした場合のtiming差



timing resolutionとEnergyの関係

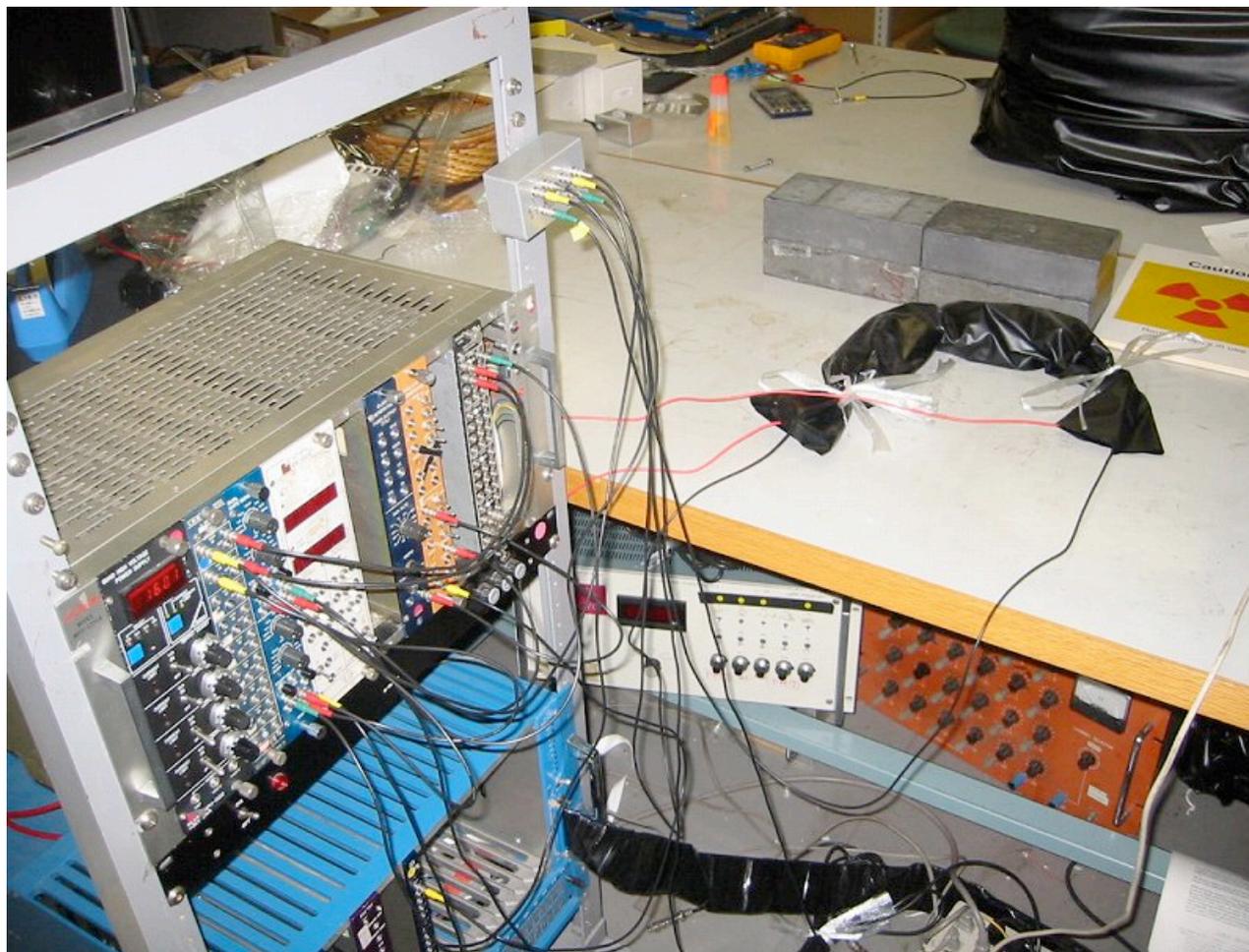
Energy dependence of timing resolution (Another crystal's resolution subtracted)

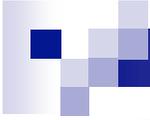


300keV~500keVで、timing resolution 200ps

長期安定性の確認

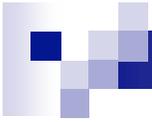
現在測定中





まとめ

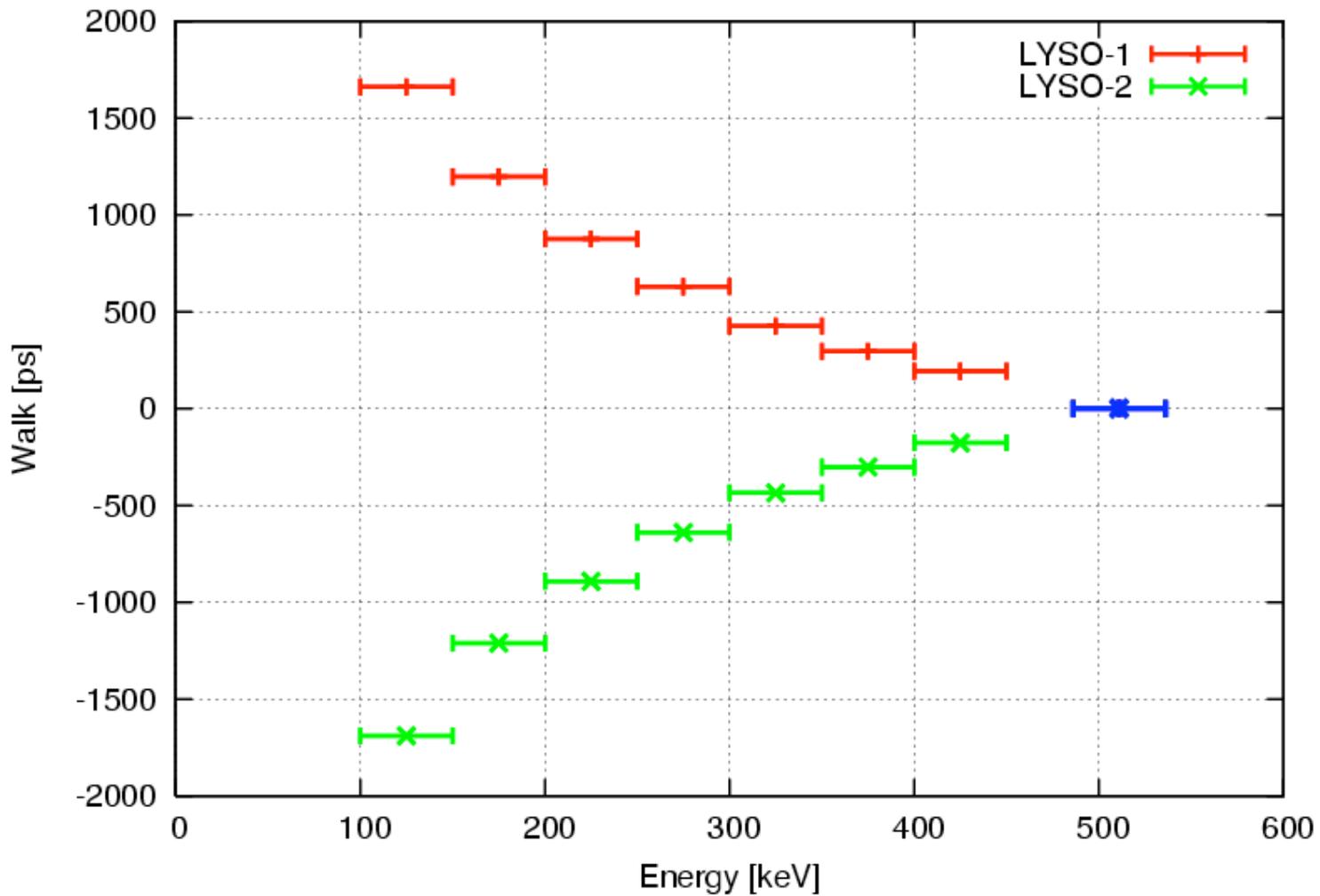
- LYSO結晶で ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{22}Na を測定し、光量の線型性を確認した。
- ^{60}Co の測定によって、結晶の光量の個体差を出した。その結果、個体差は5%程度であった。
- LYSO結晶自体のbackgroundは、二つの結晶のコインシデンスによって抑制出来ることを確かめた。
- LYSO結晶のtiming resolutionを評価した。300~500keVでは、200ps程度である。
- 長期安定性については、現在測定中



backup



Energy dependence of center value





Energy dependence of timing resolution(including another crystal's resolution)

