

# 方向感度をもつ暗黒物質検出器の 開発をめざした異方性を有する シンチレータ開発の検討 V

2017年9月15日 日本物理学会 2017年秋季大会 宇都宮大学

○黒澤俊介<sup>1,2</sup>、関谷洋之<sup>3</sup>、山路晃広<sup>4</sup>、塚原美紗<sup>2</sup>、  
堀合毅彦<sup>4</sup>、小玉翔平<sup>4</sup>、大和慎之介<sup>4</sup>、庄子育宏<sup>4</sup>、  
大橋雄二<sup>4</sup>、鎌田圭<sup>1</sup>、横田有為<sup>1</sup>、吉川彰<sup>1,4</sup>、大西 彰正<sup>2</sup>、北浦 守<sup>2</sup>  
(1:東北大NICHe, 2:山形大理 3:東大宇宙線研, 4:東北大金研)

## 目次

- 目的と前回までのまとめ
- その他の結晶での異方性調査
- ZWOの現状
- まとめ

# DAMA's report : 異方性結晶の可能性

Eur. Phys. J. C (2013) 73:2276  
DOI 10.1140/epjc/s10052-013-2276-2

THE EUROPEAN  
PHYSICAL JOURNAL C

Regular Article - Experimental Physics

## On the potentiality of the $\text{ZnWO}_4$ anisotropic detectors to measure the directionality of Dark Matter

F. Cappella<sup>1</sup>, R. Bernabei<sup>2,3,a</sup>, P. Belli<sup>3</sup>, V. Caracciolo<sup>4</sup>, R. Cerulli<sup>4</sup>, F.A. Danevich<sup>5</sup>, A. d'Angelo<sup>1,6</sup>, A. Di Marco<sup>2,3</sup>, A. Incicchitti<sup>6</sup>, D.V. Poda<sup>5</sup>, V.I. Tretyak<sup>5</sup>

Directional response  
with MeV alpha particles

“Estimated” quenching factor @ 5keV

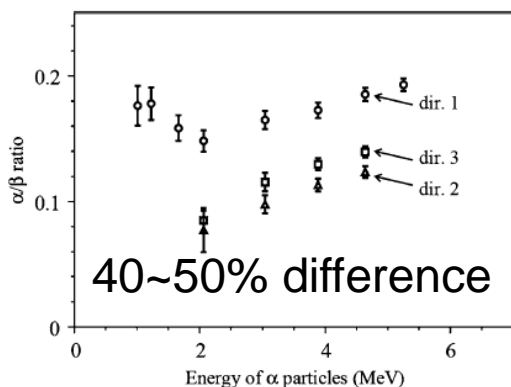
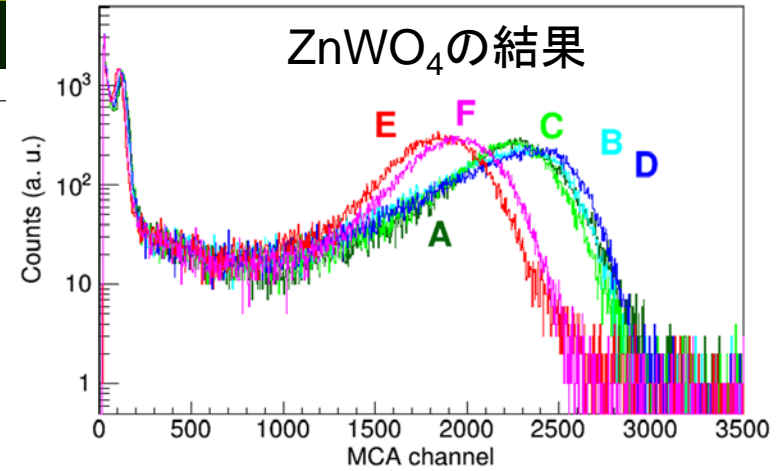
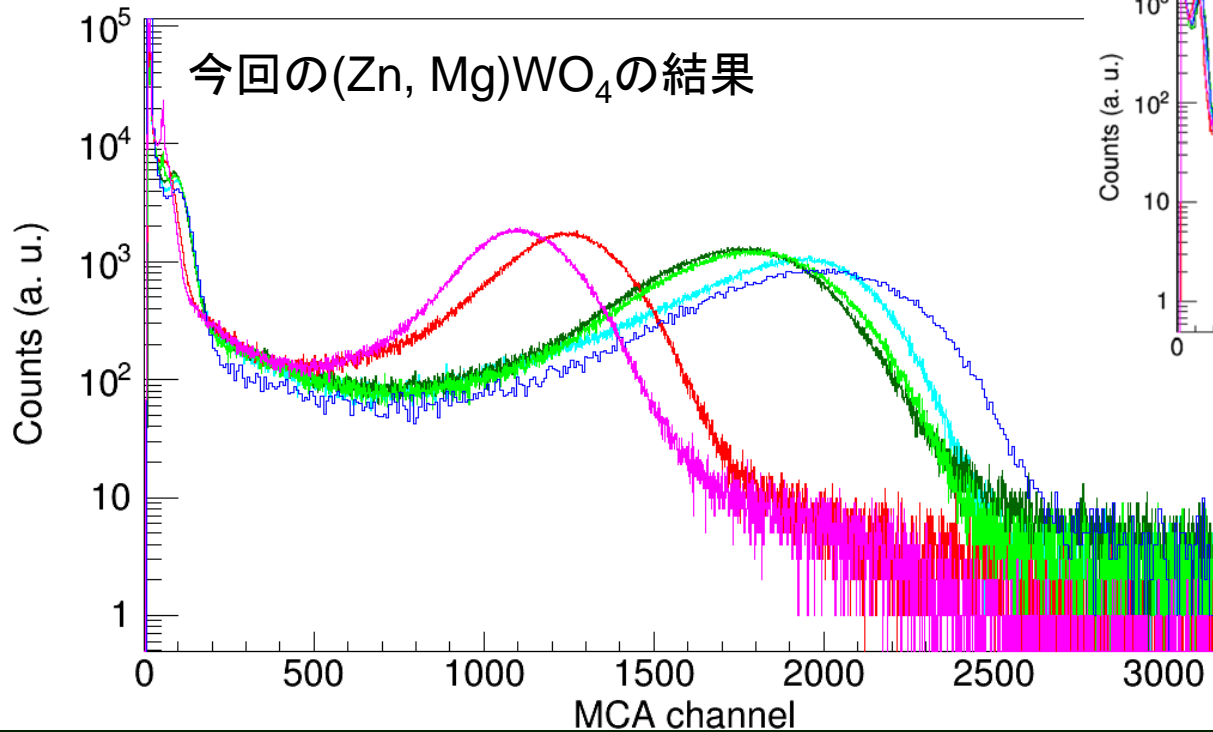


Fig. 3 Dependence of the  $\alpha/\beta$  ratio on energy of  $\alpha$  particles measured with  $\text{ZnWO}_4$  scintillator. The crystal was irradiated in the directions perpendicular to (010), (001) and (100) crystal planes (directions 1, 2 and 3, respectively). The anisotropic behaviour of the crystal is evident [99]

Table 2 Quenching factors for O, Zn and W ions with energy 5 keV for different directions in  $\text{ZnWO}_4$  crystal. Systematic uncertainties are estimated on the level of 20 % using data of [90]

Ion	Quenching factor		
	dir. 1	dir. 2	dir. 3
O	0.235	0.159	0.176
Zn	0.084	0.054	0.060
W	0.058	0.037	0.041

# 前回までの報告: X-ray(59.5 keV) / Alpha (5.5 MeVee) ratio



X-ray / Alpha  
(59.5 keV/5.5 MeVee)比

		Mg 無	Mg 有
A	c-axis	0.056	0.050
B	b-axis	0.051	0.048
C	c-axis	0.057	0.051
D	b-axis	0.051	0.048
E	a-axis	0.057	0.050
F	a-axis	0.056	0.049

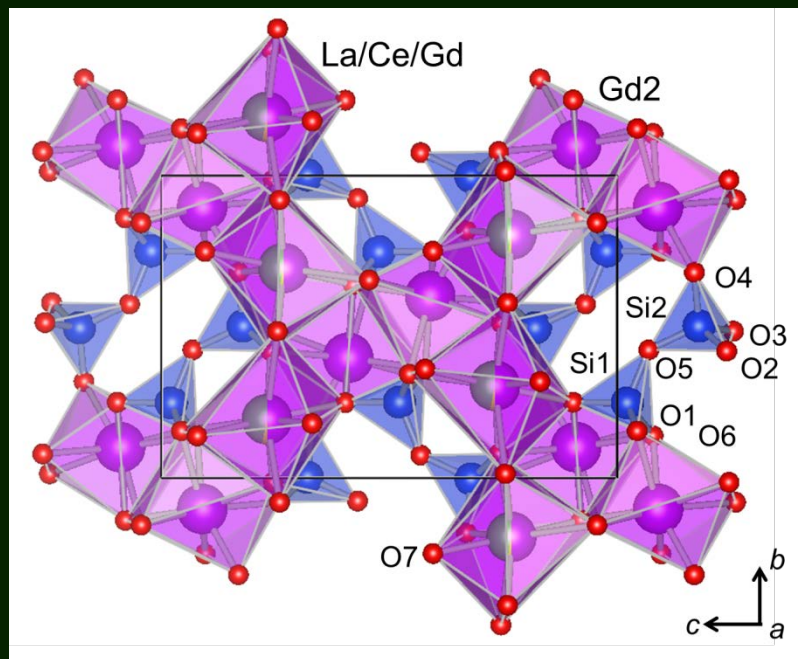
- 全体の発光量はZnWO<sub>4</sub>に比べて25%程度低下
- X-ray / Alpha 比のb面とその他の違いは1.02程度 (~ 0.050/0.048)  
ZnWO<sub>4</sub>では1.07程度
- 異方性は小さくなる傾向

# 他の結晶での異方性の確認

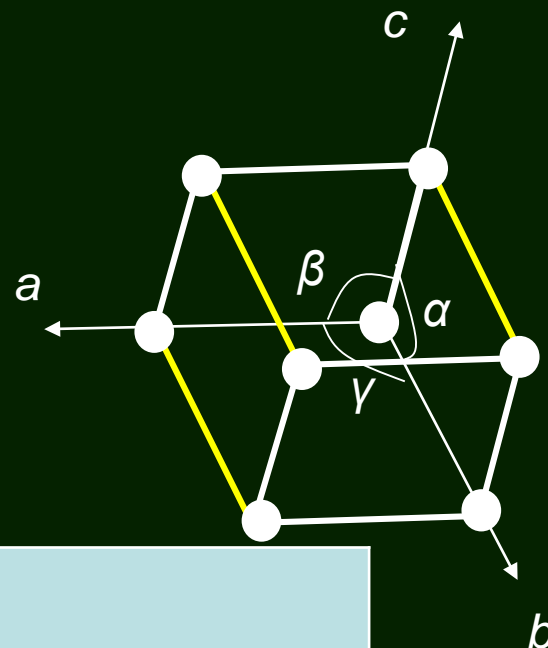
本研究の目的： 他の結晶での発光量の異方性はあるか？ を見る

選定条件： ZnWO<sub>4</sub>と同じ結晶構造(単斜晶系)  
& 光る  
& 複屈折

Ce: (La, Gd)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

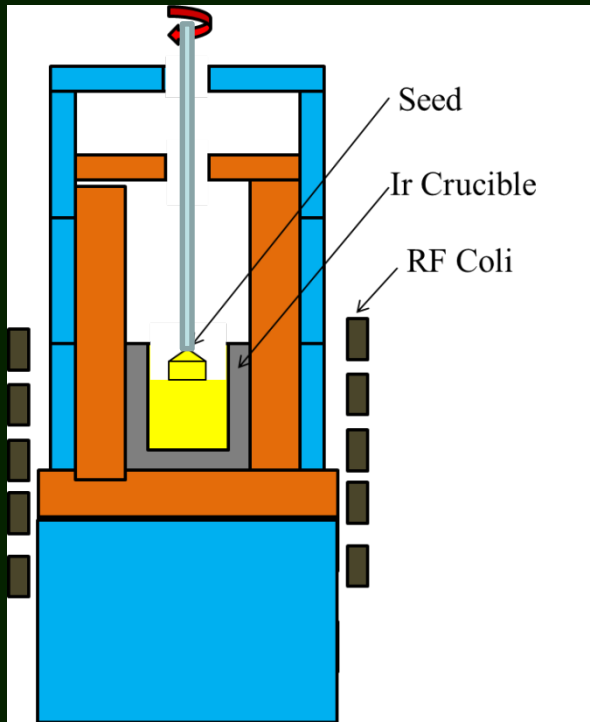


層状になっている



Unit cell parameters	
$a$ [Å]	5.3905(8)
$b$ [Å]	8.5605(11)
$c$ [Å]	13.957(2)
$\beta$ [度]	112.223(6)

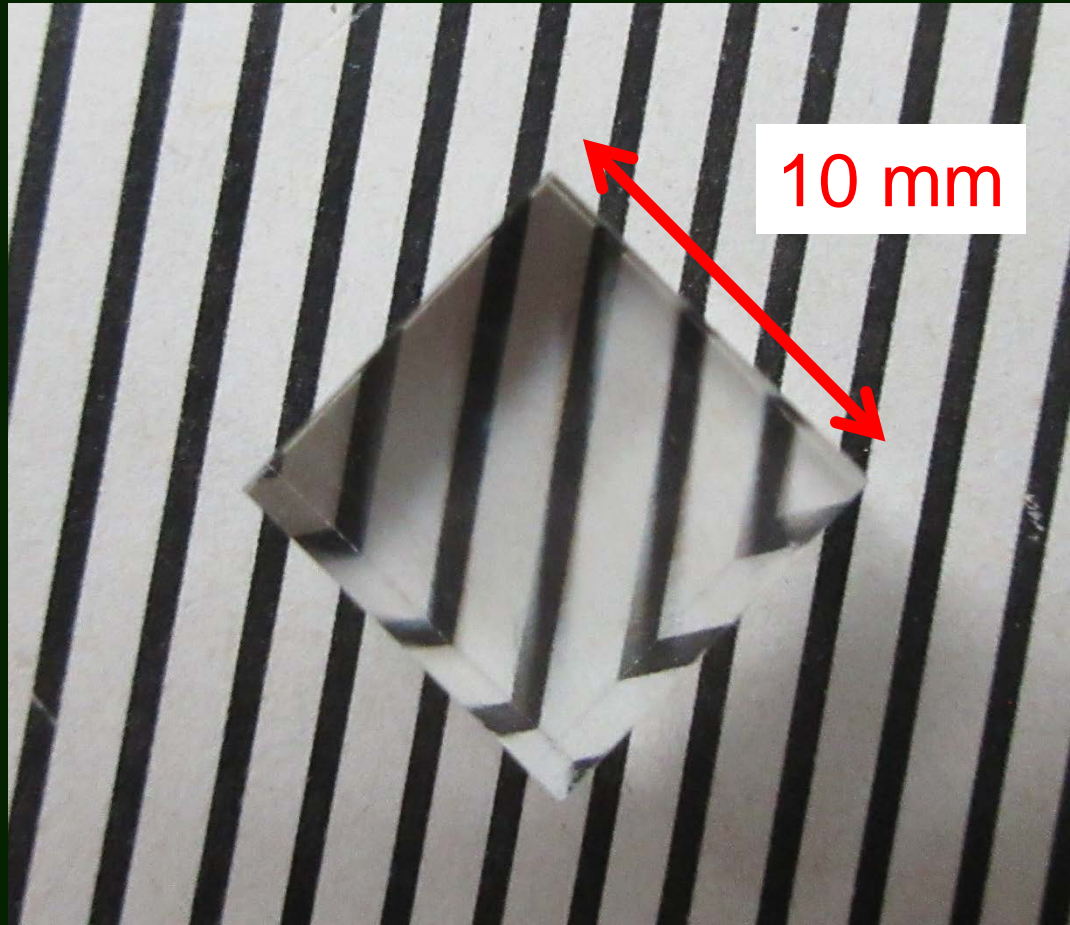
# 他の結晶での異方性の確認



## チョクラスキー法(引き上げ)による結晶育成

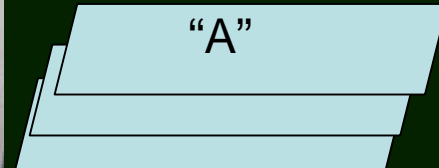
出発原料	$\text{La}_2\text{O}_3$ , $\text{CeO}_2$ , $\text{Gd}_2\text{O}_3$ (純度99.99%) $\text{SiO}_2$ (純度99.995%)
引き上げ速度	0.5 mm/h
雰囲気	$\text{Ar} + \text{O}_2$ (2%)
回転数	10rpm

# 結晶の写真



10 mm

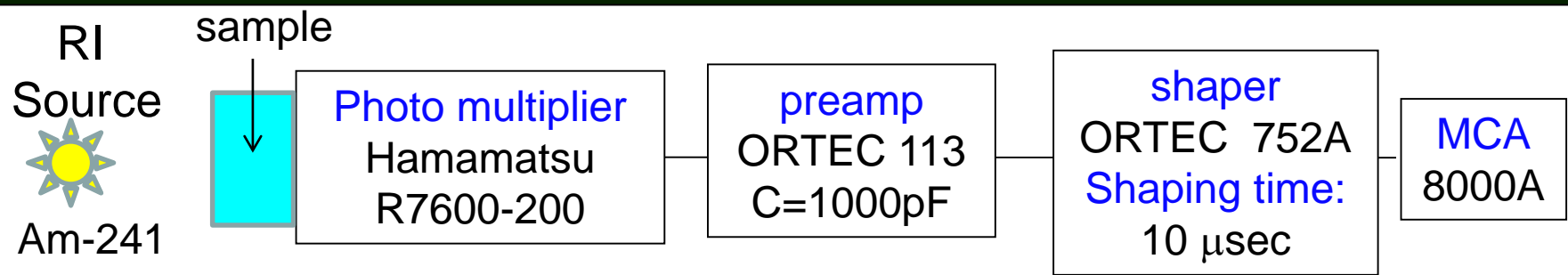
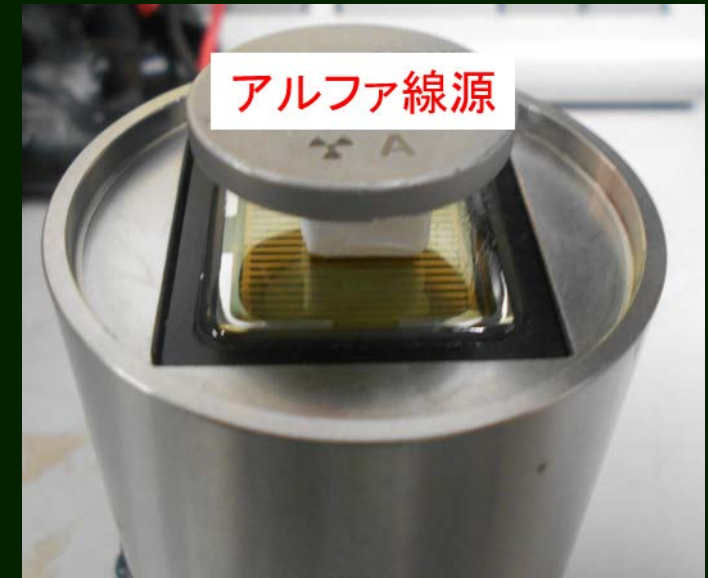
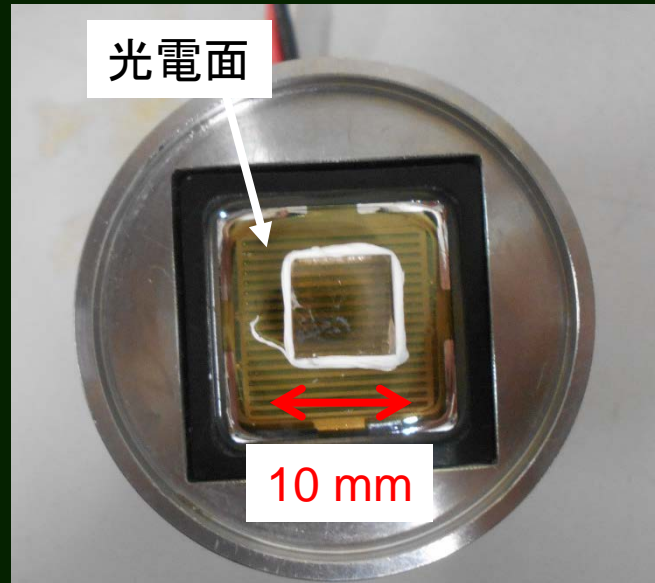
層状でカット



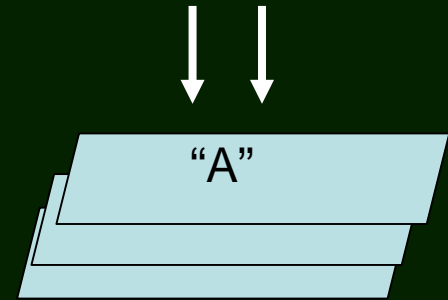
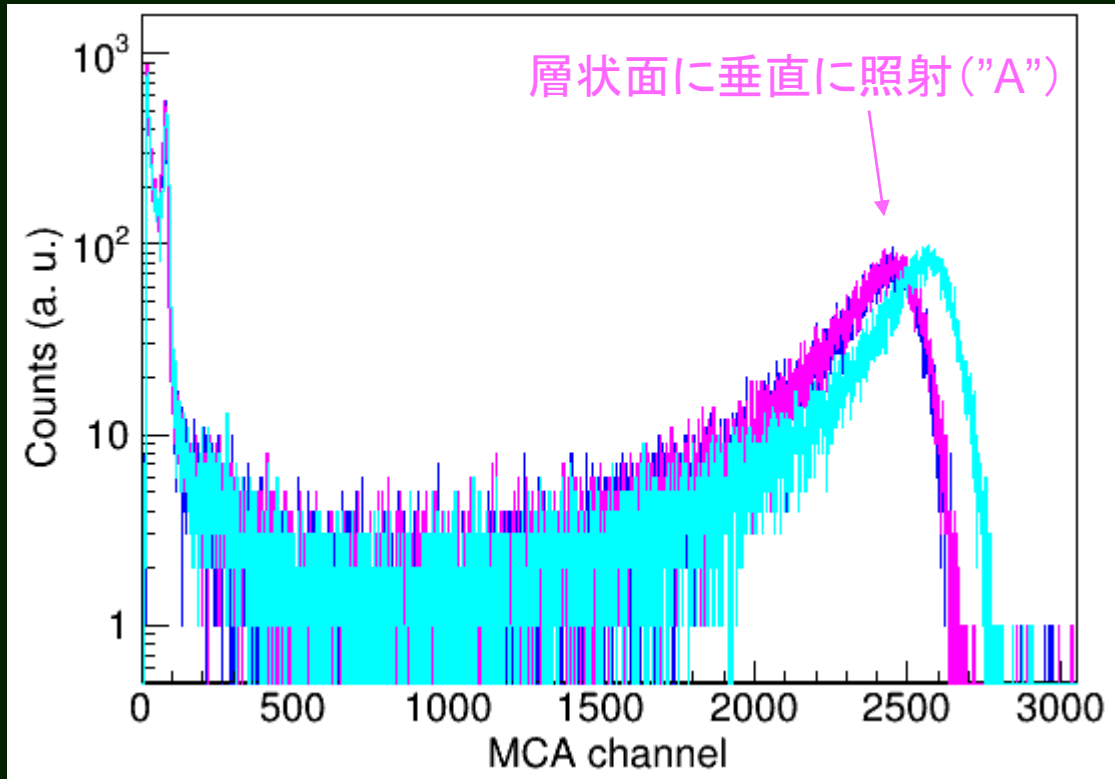
“A”



# 測定方法



# 結果

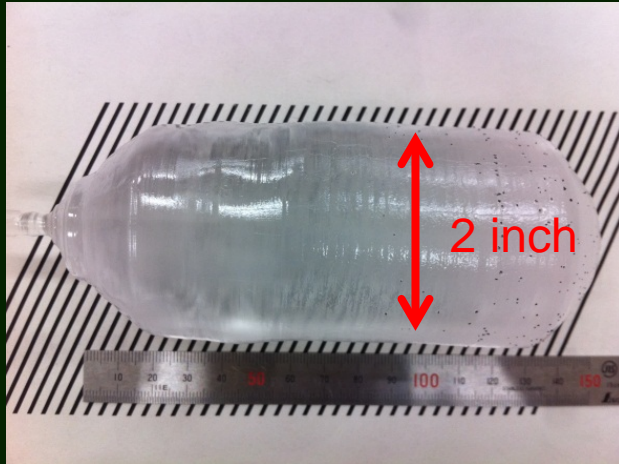


X-ray / Alpha  
(59.5 keV/5.5 MeV)比

	X-ray / Alpha
“A”面	0.031
その他の面B	0.032
その他の面C	0.031



# ちなみに

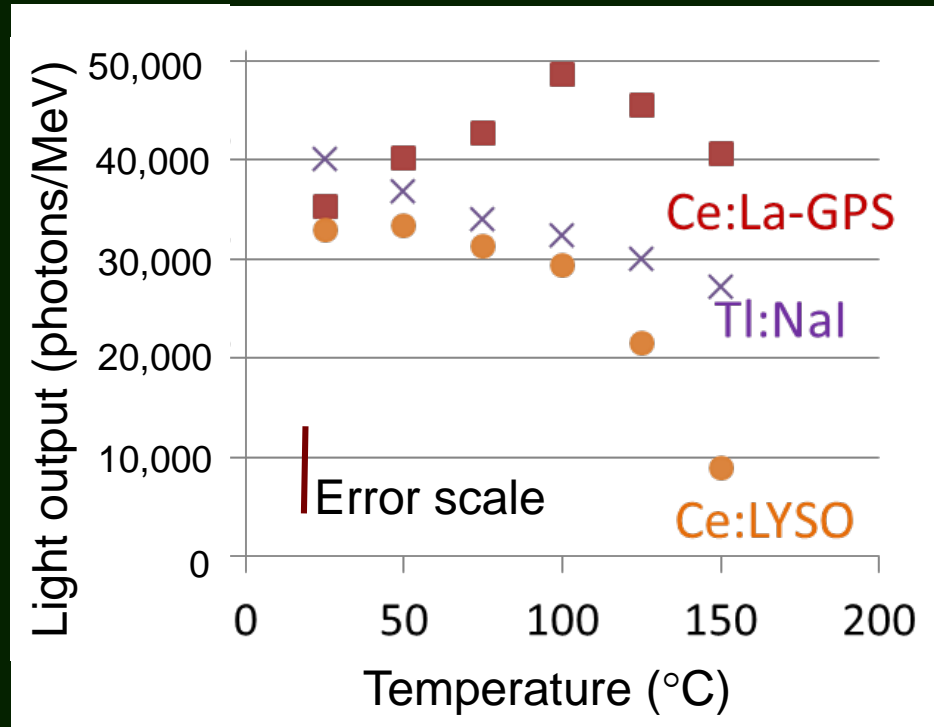
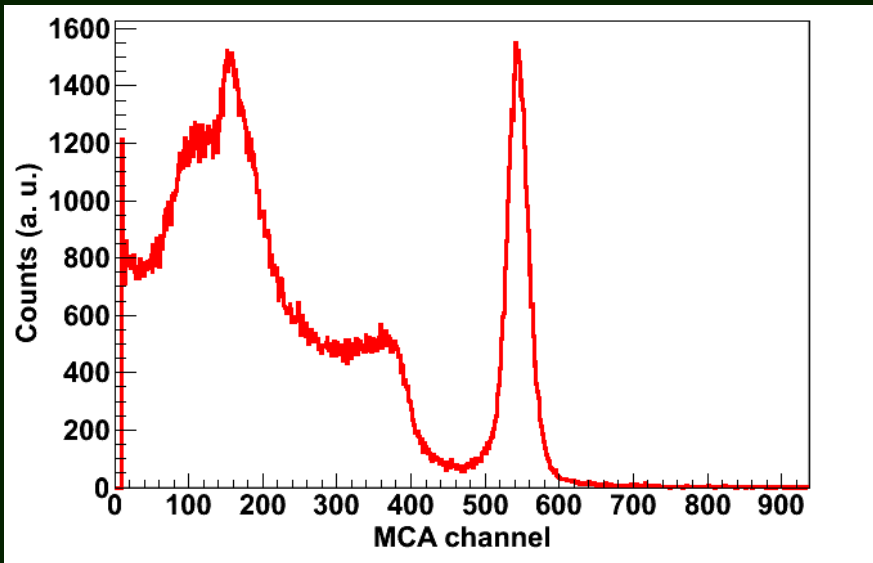


発光量:

$40,000 \pm 2,000$  photons/MeV

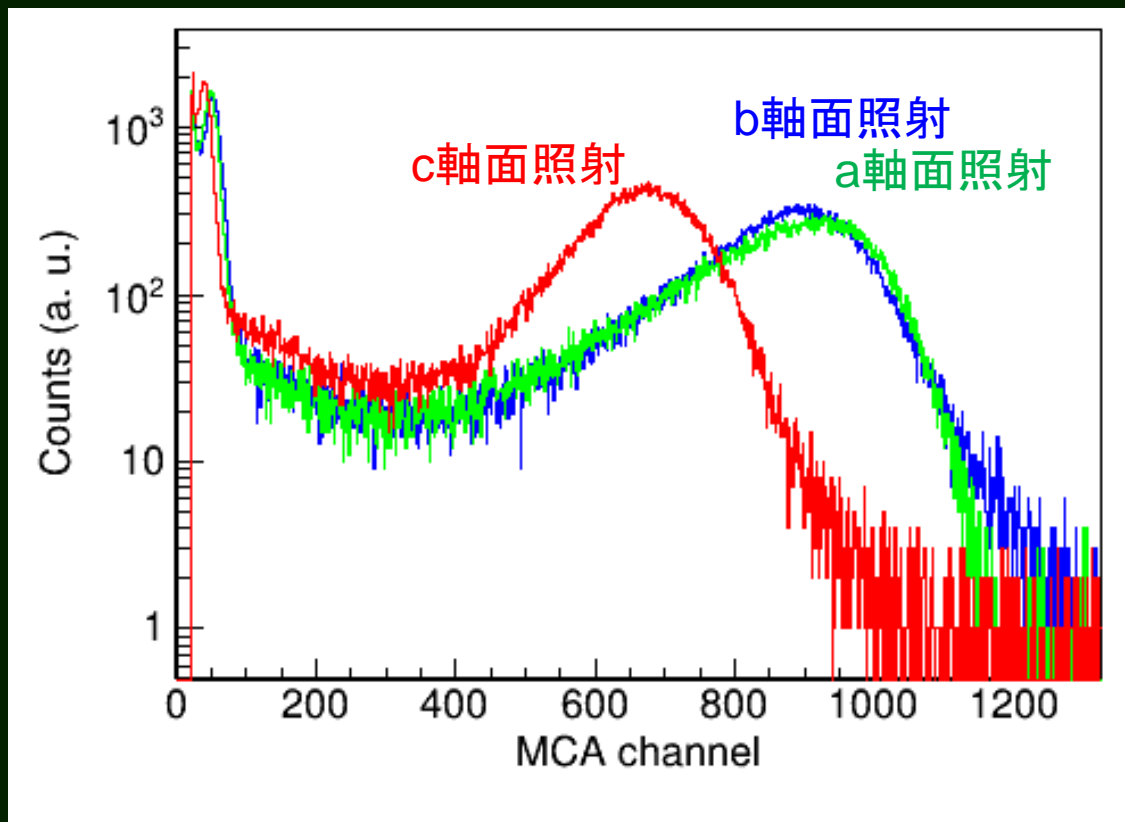
エネルギー分解能:

$5.8 \pm 0.2\%$  (FWHM, 662 keV)



# ZnWO<sub>4</sub>の測定

現在、結晶の大型化 & さまざまな育成サンプルで再現性を測定



X-ray / Alpha  
(59.5 keV/5.5 MeVee)比

	X-ray / Alpha
a軸面	0.057
b軸面	0.052
c軸面	0.058

これまでに10 mm 角 ZWO  
10 サンプル  
全てにおいてb軸面の比が  
他の軸に比べて  
6-9%程度低い

# まとめ＋考察

- $\text{ZnWO}_4$ 以外のサンプルで異方性が無いか調査
  - $(\text{Gd}, \text{La})_2\text{Si}_2\text{O}_7$ :異方性なし
  - 他のサンプル( $\text{Gd}_2\text{SiO}_5$ など)でも見られない
- 方解石などの複屈折材料なら？
- $\text{ZnWO}_4$ の再現性は取れているかもしれない？  
→いそう  
異方性の比:6－9%程度

➡  $\text{ZnWO}_4$ を第一候補として大型化（1－2インチの検討）  
+中性子実験に今後取り組む