

# レーザーCompton散乱ガンマ線ビーム源特性と 偏光ガンマ線利用



宮本修治, 天野 壯, 橋本 智, 松本卓也, 小林花綸, 望月孝晏, 寺澤 倫孝  
坂井 信彦, 小泉昭久, 関岡嗣久

(兵庫県立大 高度研, 物質理学研究科, 工学研究科)

宇都宮弘章, 山県民穂, 秋宗秀俊 (甲南大物理)

嶋達志, 高久 圭二 (大阪大学核物理研究センター)

早川岳, 静間俊行, 原田秀郎, 北谷文人 (原子力研究開発機工)

今崎 一夫, 李 大治, 井澤 靖和 (レーザー技術総合研究所)

堀 史説, 岩瀬 彰宏 (大阪府立大学) 浅野芳裕 (理化学研究所)

皆川 康幸, 竹村 育浩, 濱田 洋輔, 伊達 伸, 大熊 春夫 (高輝度光科学研究センター)

# レーザーCompton散乱ガンマ線ビーム源特性と 偏光ガンマ線利用

SPring-8

SACLA

LINAC

ニュースバル放射光施設



# OUTLINE

1. レーザ・コンプトン散乱ガンマ線源

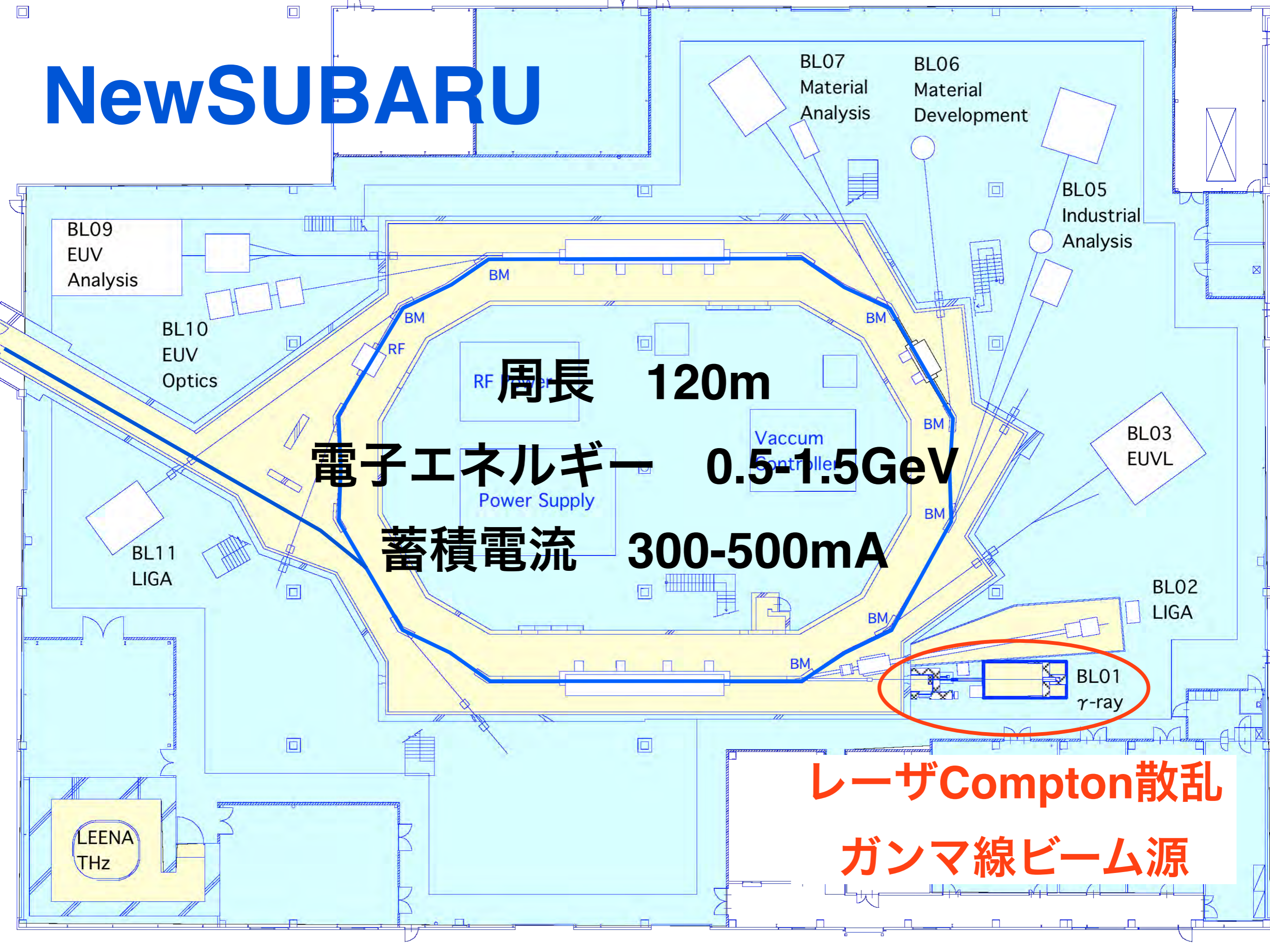
@NewSUBARU

2. ガンマ線偏光計測

3. 光核反応の偏光依存



# NewSUBARU



周長 120m  
電子エネルギー 0.5-1.5GeV  
蓄積電流 300-500mA

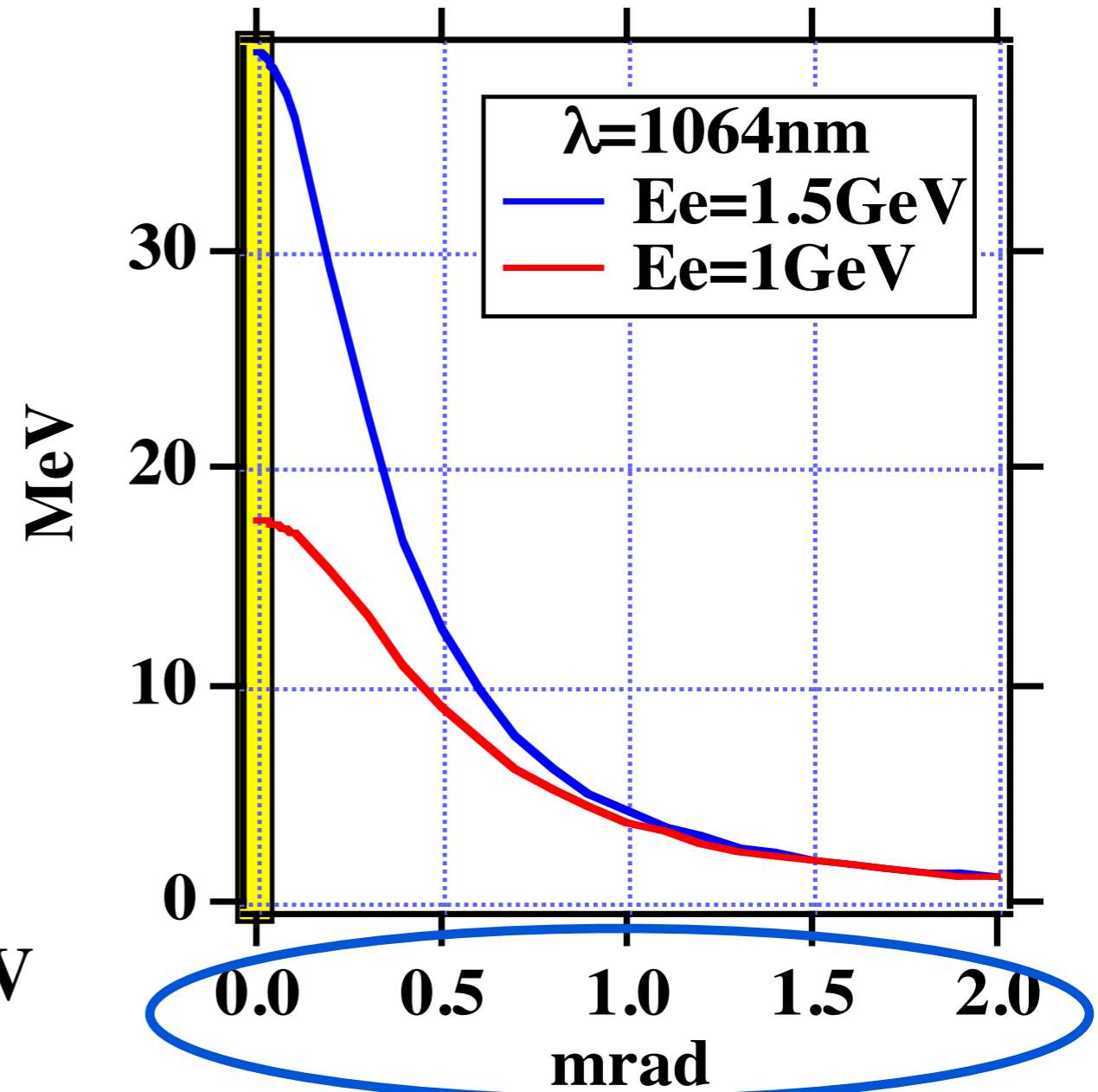
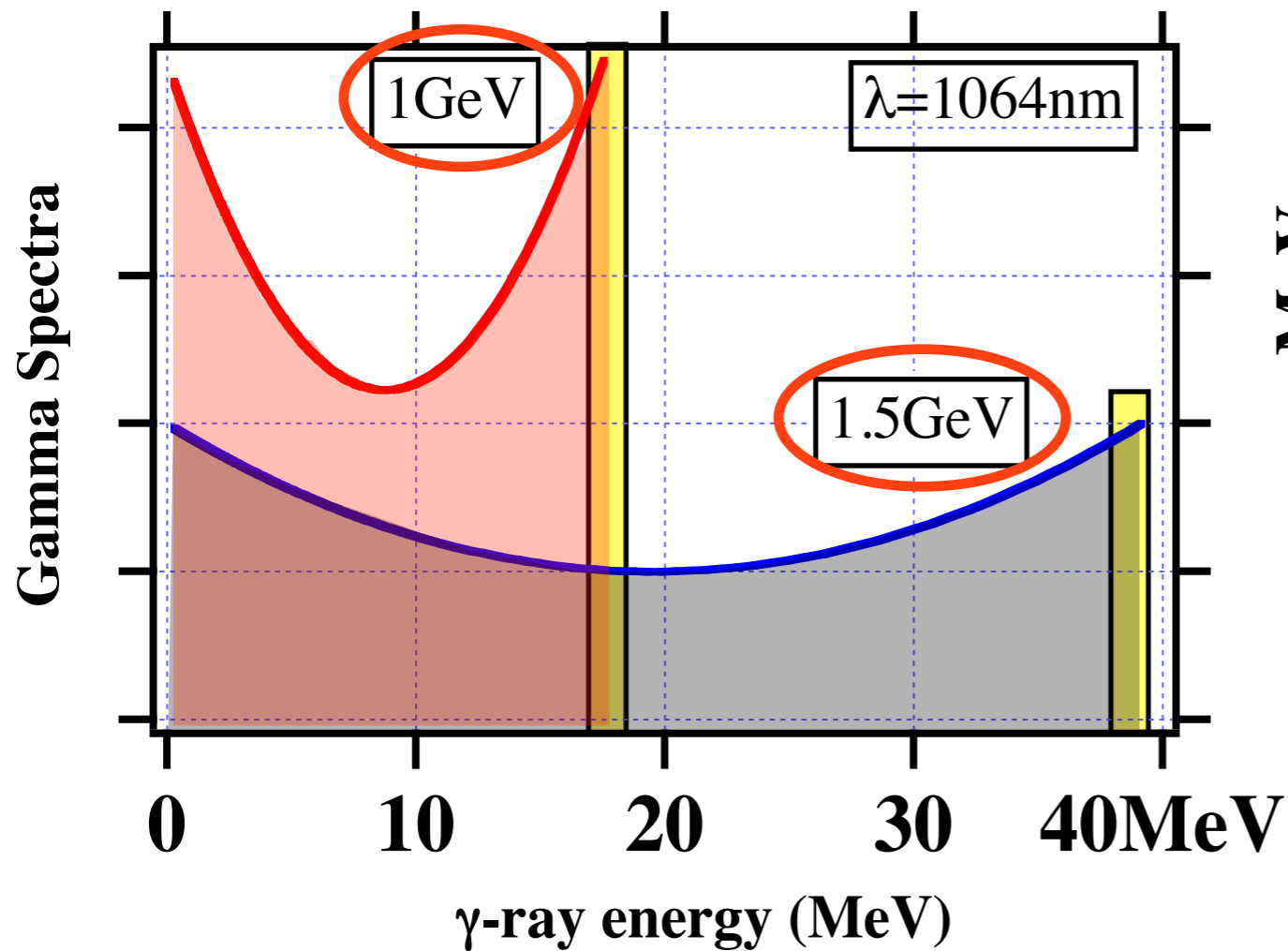
レーザCompton散乱  
ガンマ線ビーム源

# レーザーコンプトン散乱ガンマ線ビーム源

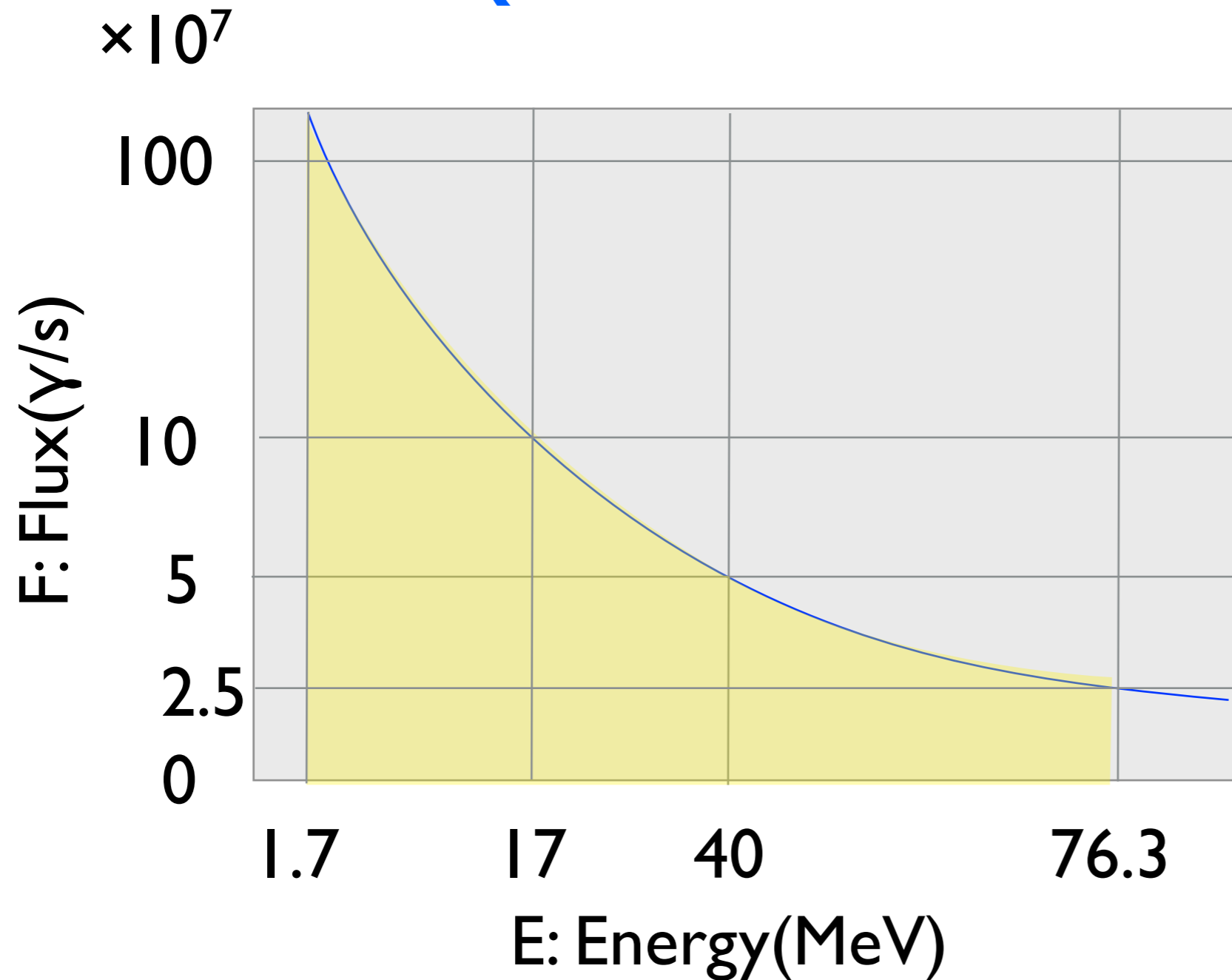
$$E_{\gamma} = \frac{4 E_L \gamma^2}{1 + \gamma^2 \theta^2}$$

偏光保存

準単色



# Maximum gamma-ray Power (radiation control)



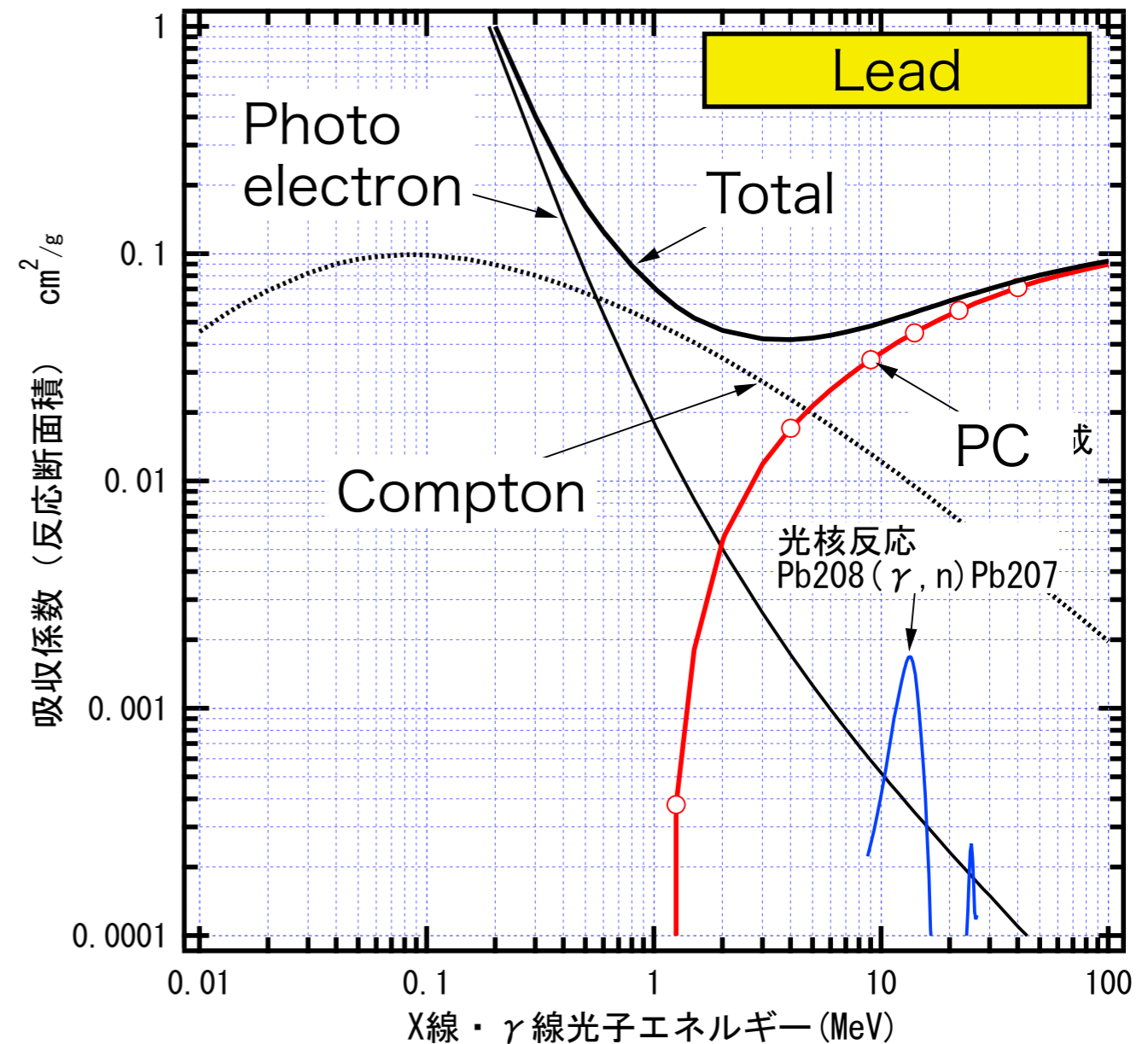
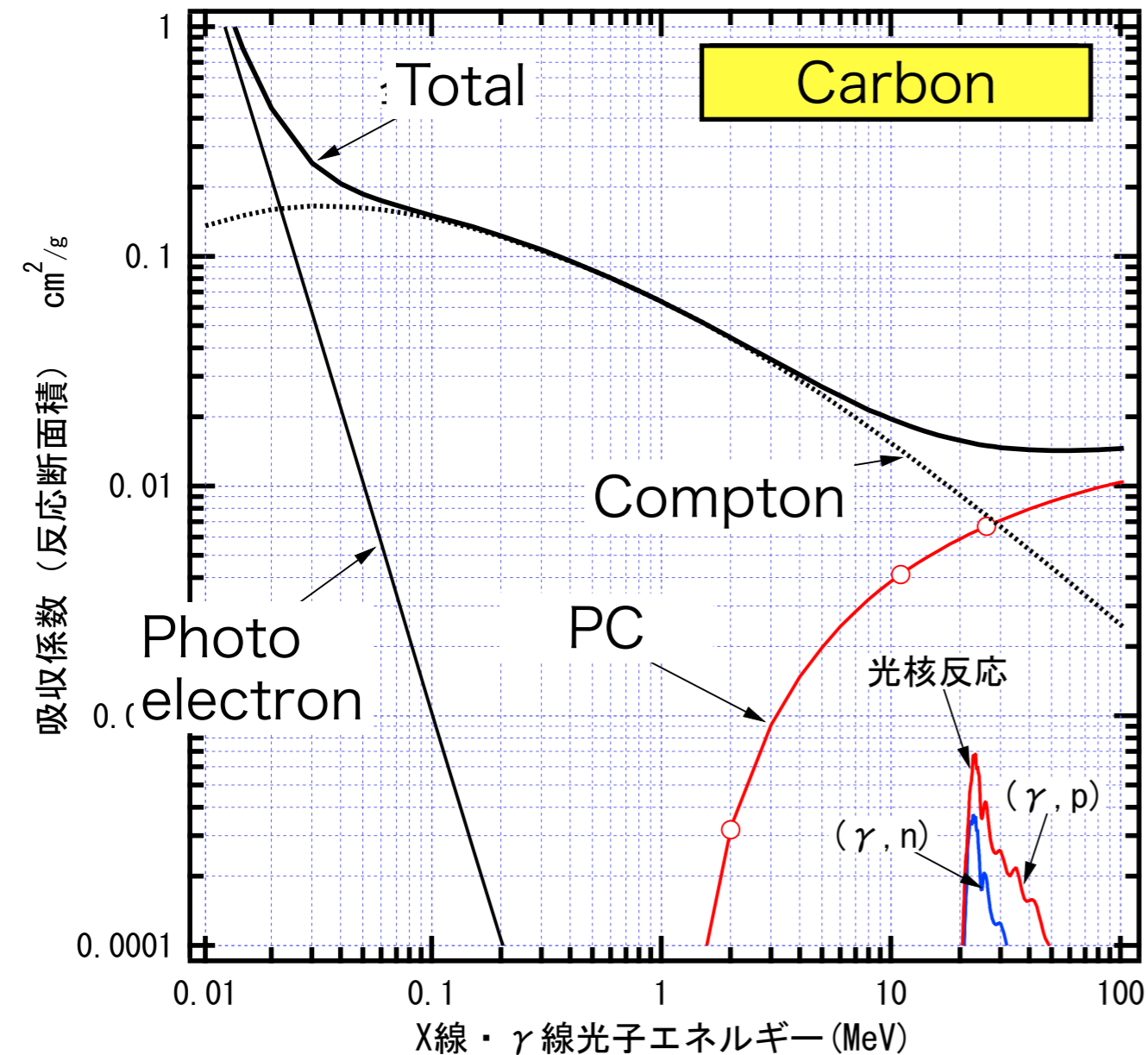
max gamma  
power  
= 0.33 mW

max gamma  
energy  
= 76.3 MeV

$$\text{Flux} = 2.06 \times 10^{15} (\text{photon eV/s}) / E(\text{eV}) \quad (\text{without collimator})$$



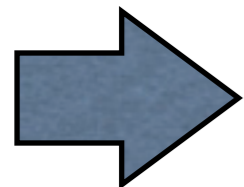
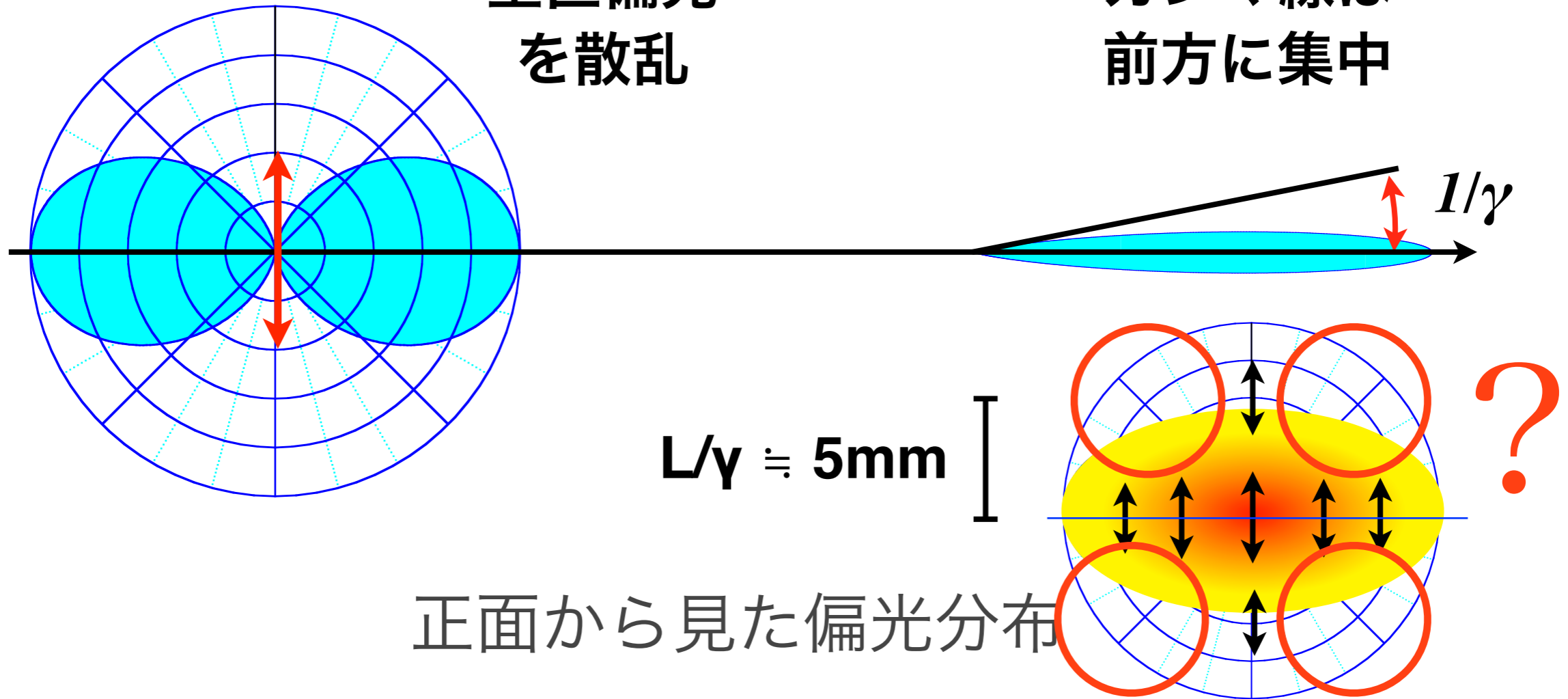
# 高エネルギーガンマ線と物質の相互作用



# LCSガンマ線の偏光分布？

垂直偏光  
を散乱

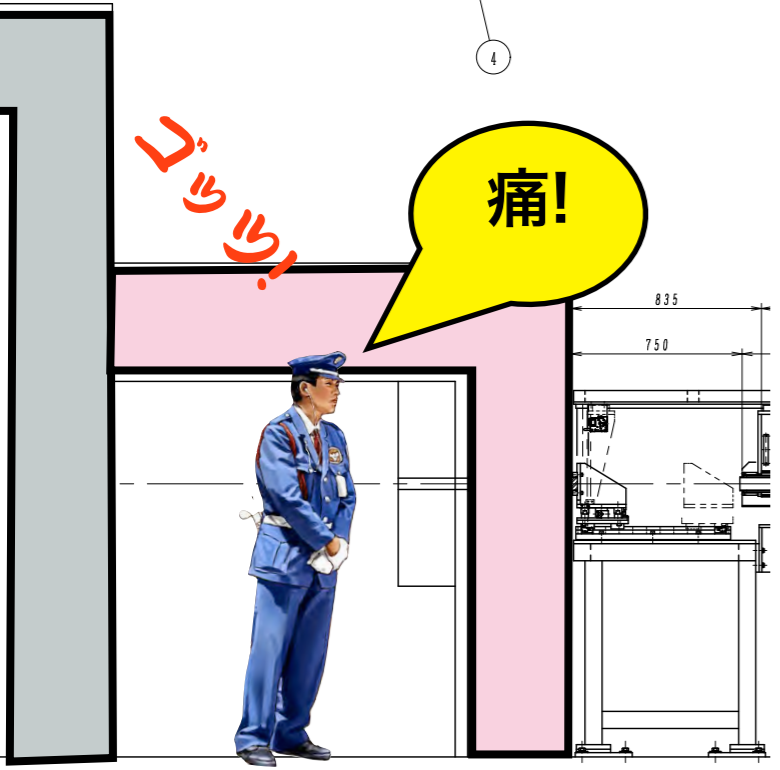
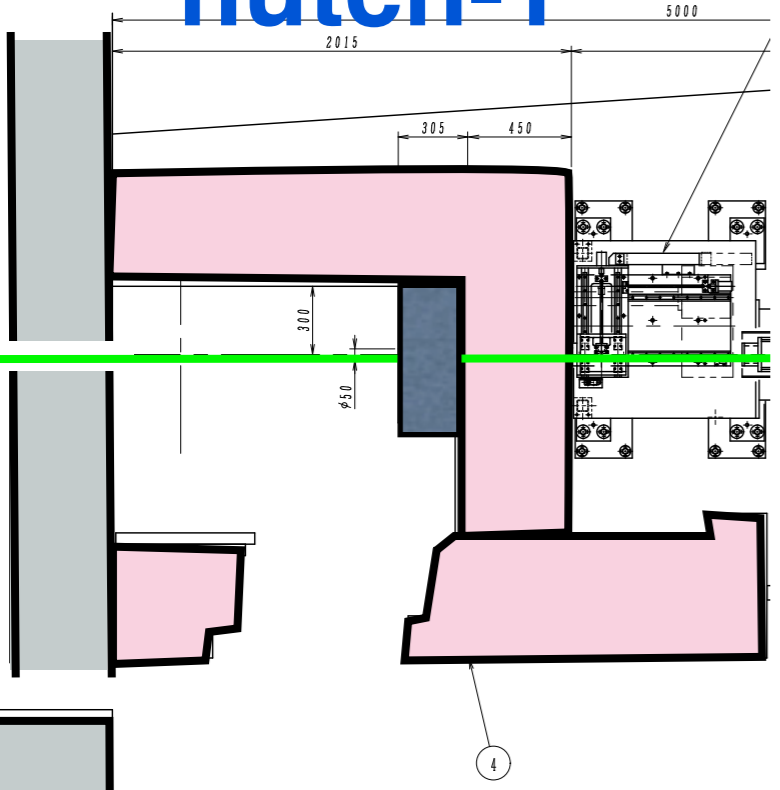
ガンマ線は  
前方に集中



**LCSガンマ線ビームの偏光分布確認**



# Gamma hutch-1



## その前に

ユーザーから、「狭すぎて真っ直ぐ立てない！」と言われた旧ガンマ線ハッチ.....

甲南大学などと協力して設置した新ガンマ線ハッチが使えるようになりました。

(5) (6)

|   |                                     |                           |                         |               |   |                |
|---|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|---|----------------|
| 会社機密<br>SECURITY  | DIM. IN<br>mm                       | SCALE<br>1:15             | FIRST ORDER<br>19111101 |               | REGISTRY<br>2011 KX 0013                        |                |
|   |                                     |                           | 作成<br>DRAWN             | 照査<br>CHECKED | 設計<br>DESIGNED                                  | 検印<br>APPROVED |
| 本図面は明昌機工株式会社に関する財産的情報です。当社の書面による許可無く、開示したり転載された製品等を製造あるいは使用する事を禁止します。 | 明昌機工株式会社<br>MEISYO KIKO CORPORATION | 作成日付<br>DATE<br>2011-12-6 | 片瀬                      | 笠倉            | TITLE<br>ガンマ線ビーム照射システム<br>DWG. NO.<br>K1X11N000 |                |

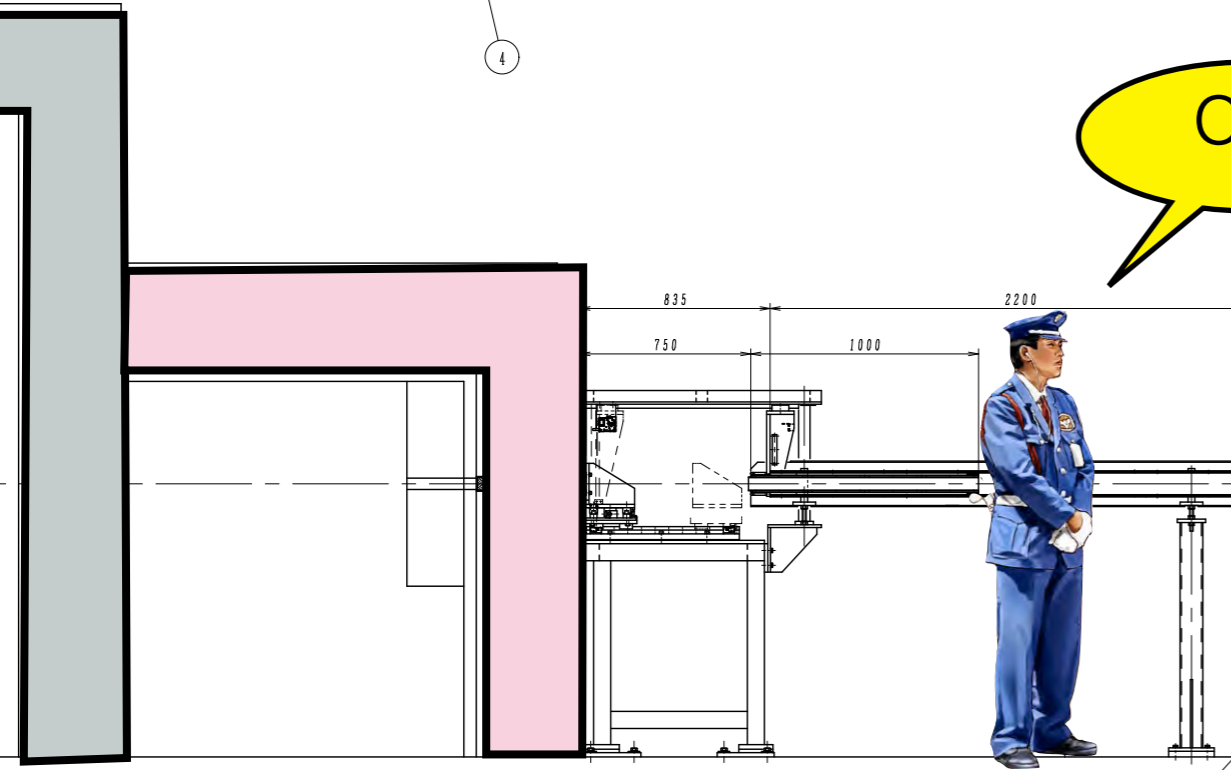
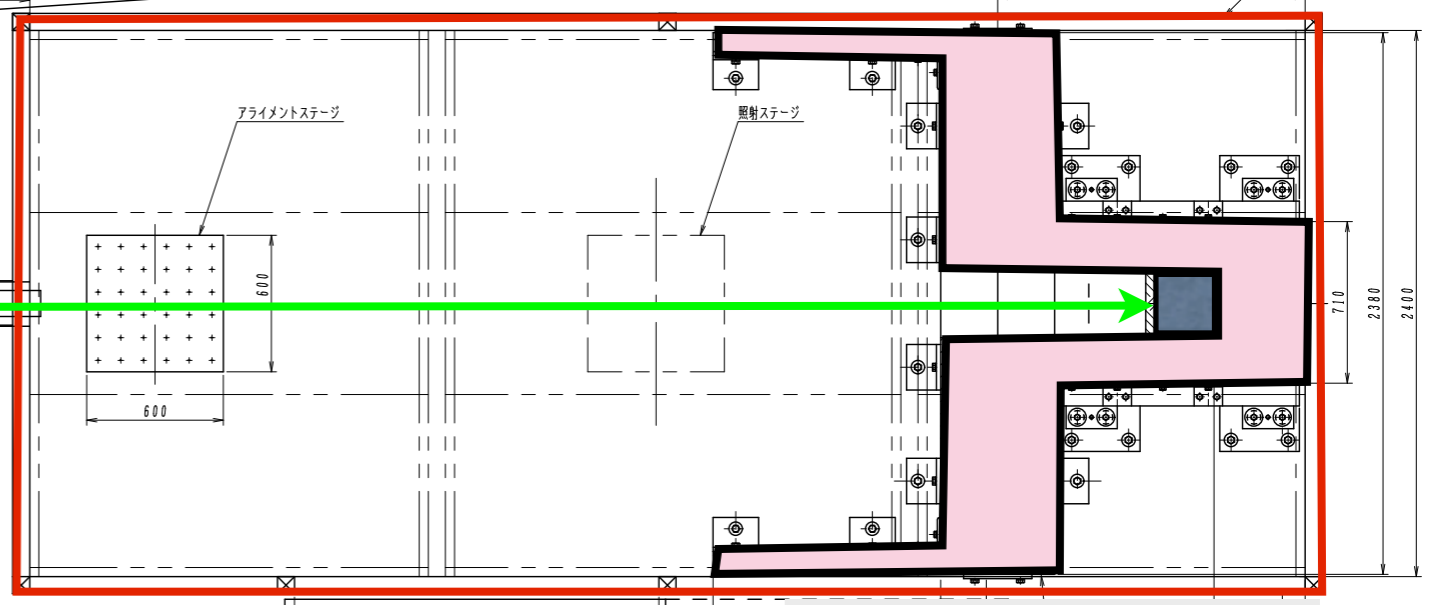
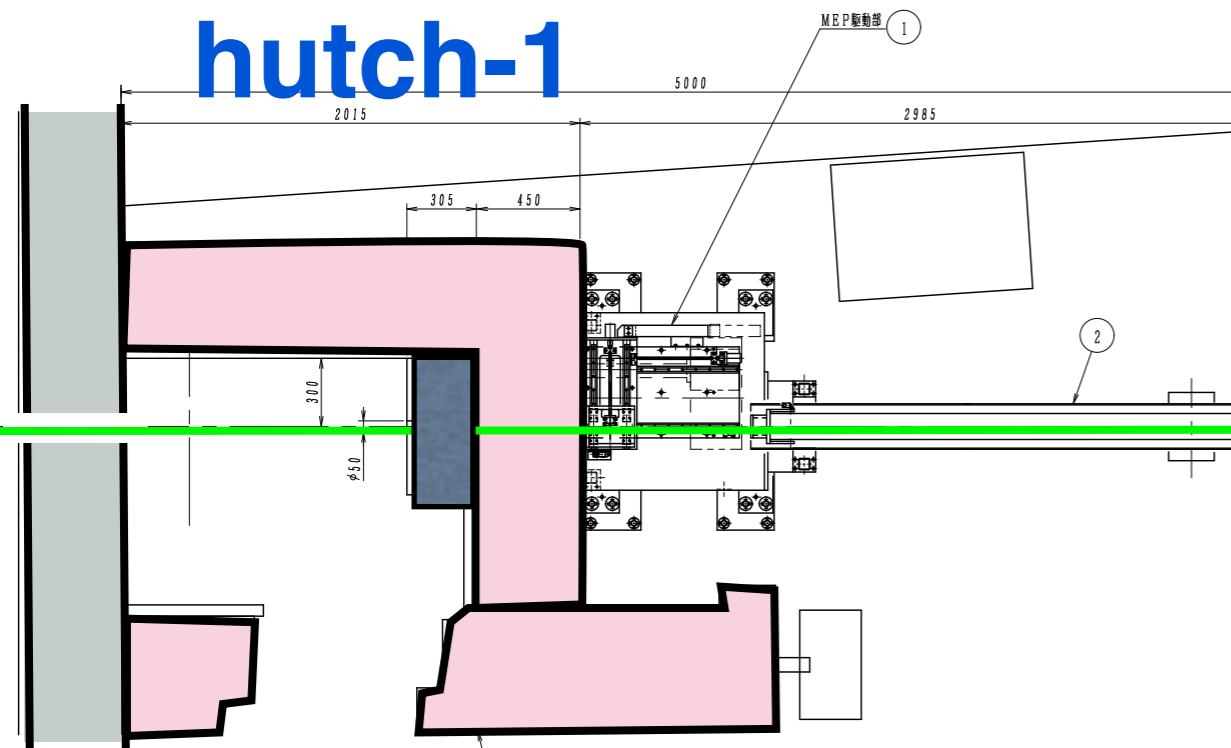
| 所要数 | REQD | 品番 | 品名          | 材料        | 材料 (部品図面)  | 摘要 (処理) |
|-----|------|----|-------------|-----------|------------|---------|
|     | ITEM |    | DESCRIPTION |           | (DWG. NO.) | REMARKS |
| (1) | 1    |    | MEP駆動部組立    | K1X11N001 |            |         |
| (1) | 2    |    | ガンマ線散乱防止ダクト | K1X11N002 |            |         |
| (1) | 3    |    | ビームダンプ部組立   | K1X11N003 |            |         |
| (1) | 4    |    | 光学ハッチ1改造    | K3X11N004 |            |         |
| (1) | 5    |    | アライメントステージ  | K1X11N020 |            |         |
| 4   |      |    |             |           |            | スマ      |

# Gamma hutch-1

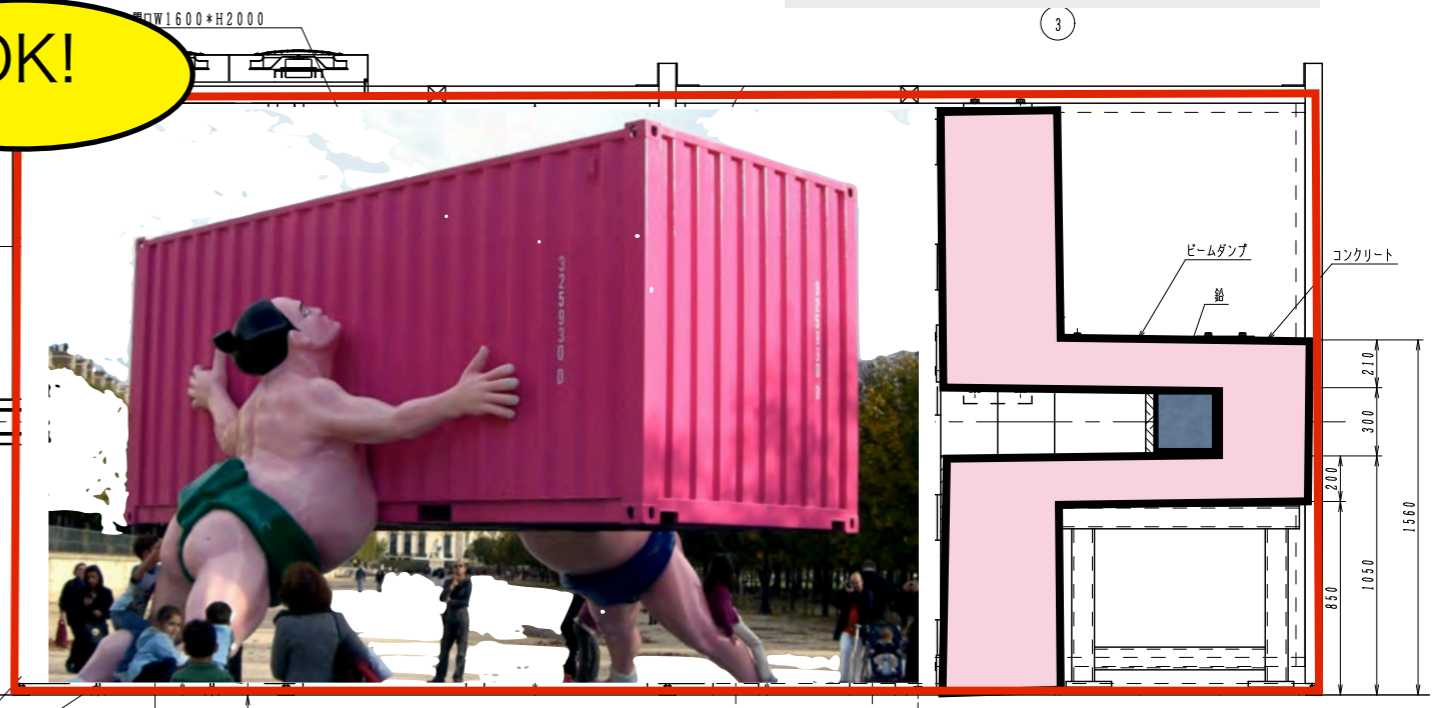
# Gamma hutch-2

# GACKO

# Konan Univ.

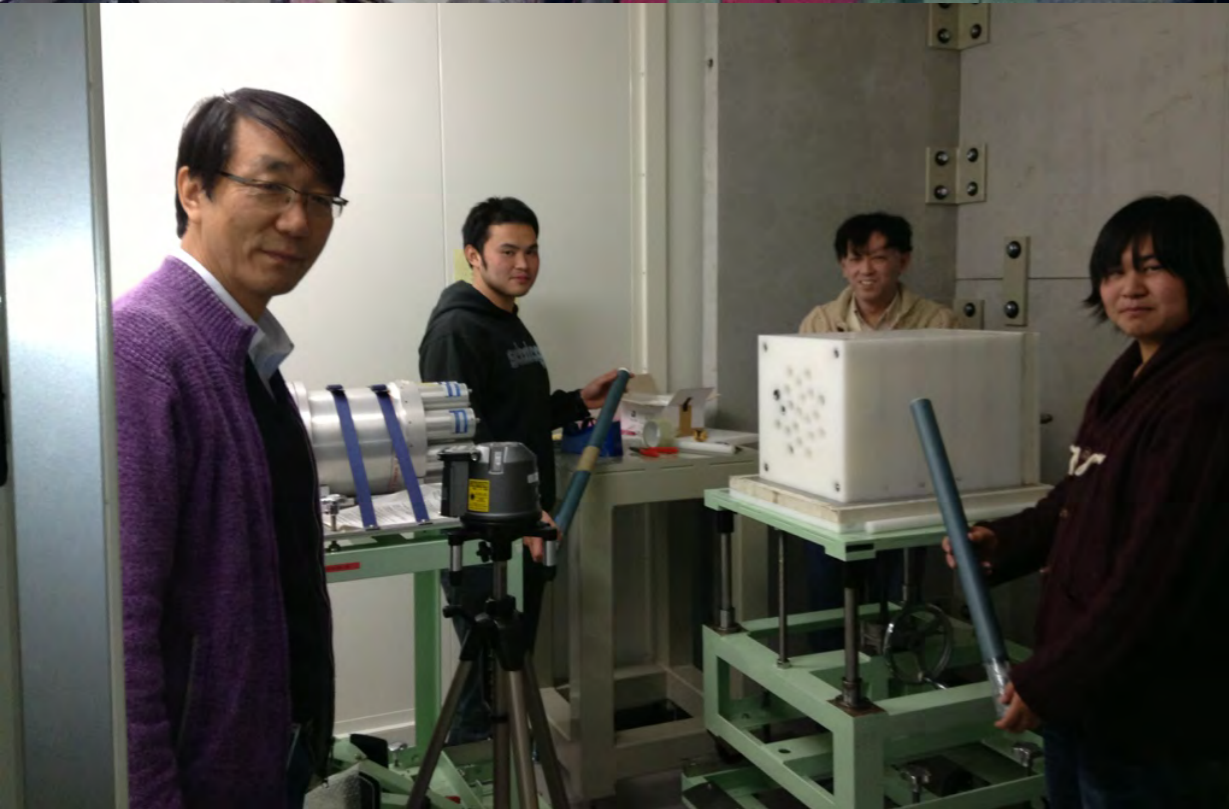
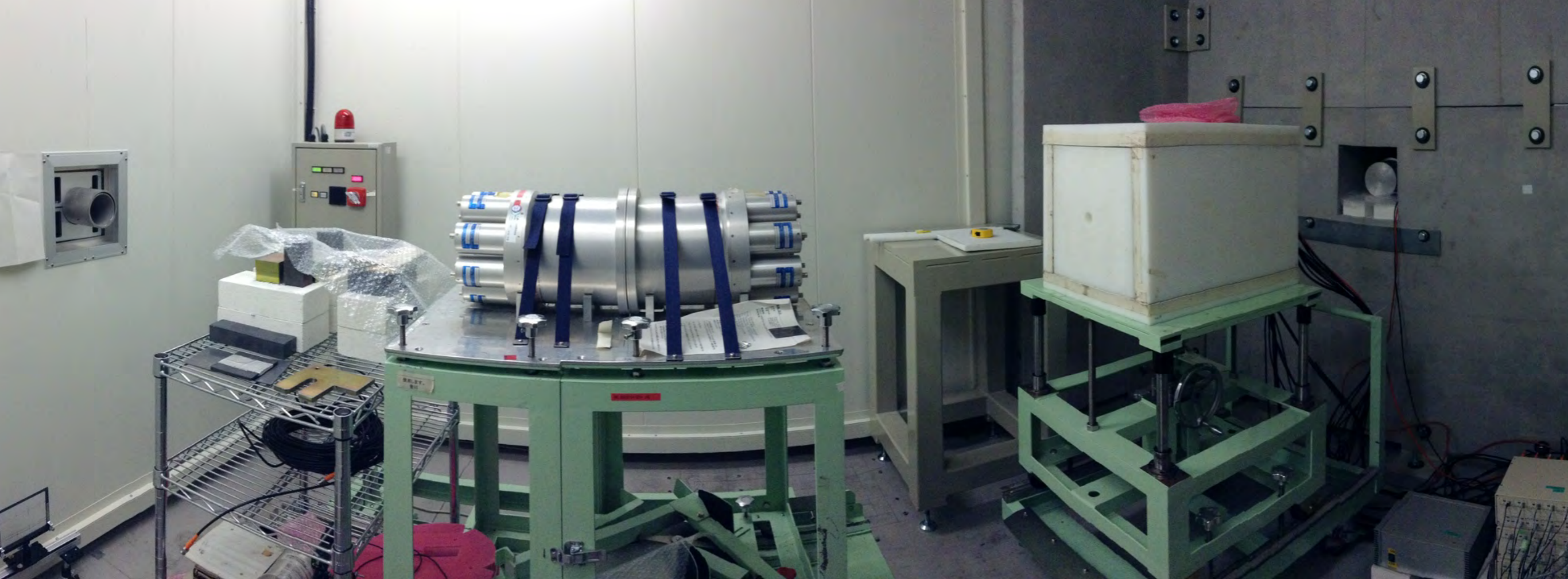


OK!



CHANGE

|  |           |             |         |                 |          |                        |      |
|--|-----------|-------------|---------|-----------------|----------|------------------------|------|
| 会社機密   | SECRCY    | FIRST ORDER | 1911101 | 2011            | REGISTRY | KX                     | 0013 |
| <small>本図面は明細機工株式会社に属する財産的情報です。当社の書面による許可無く、開示したり記載された製品等を複製あるいは使用する事を禁止します。</small> |           |             |         | <b>明昌機工株式会社</b> |          | TITLE<br>ガンマ線ビーム照射システム |      |
| 尺 寸  | SCALE     | 作 成         | 検 査     | 設 計             | 検 認      | DWG. NO.               |      |
| 1:15   | 1:15      | 片 瀬         | 片 瀬     | 片 瀬             | 片 瀬      | K1X11N000              |      |
| 作 成 日 付  | DATE      | 管 倉         | 片 瀬     | 管 倉             |          |                        |      |
| 2011-12-6  | 2011-12-6 |             |         |                 |          |                        |      |

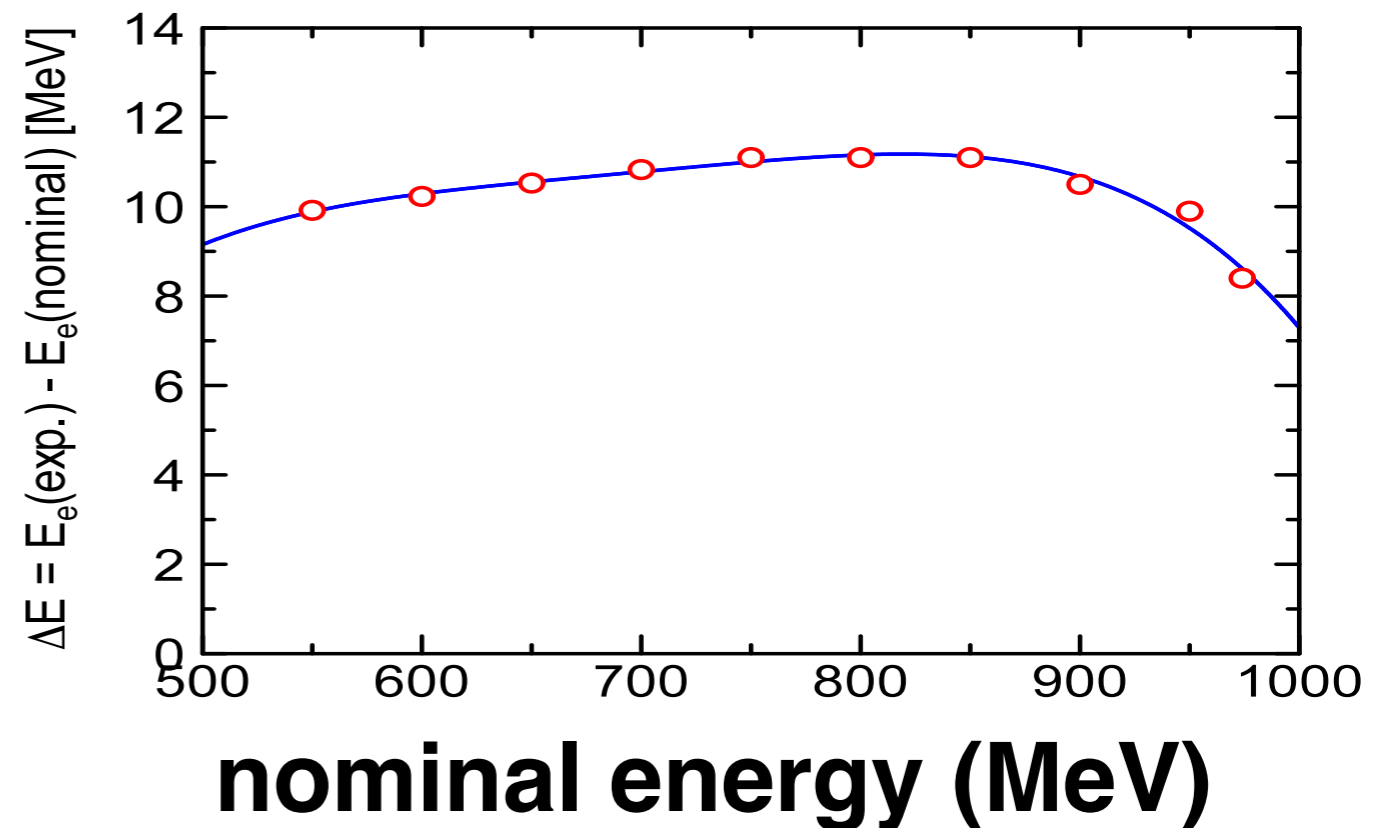
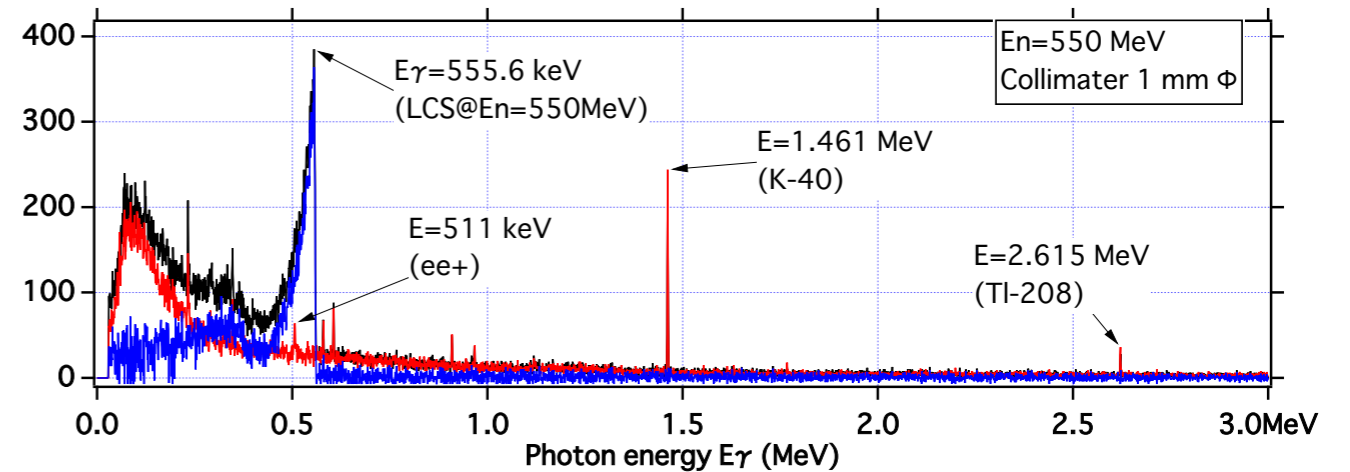
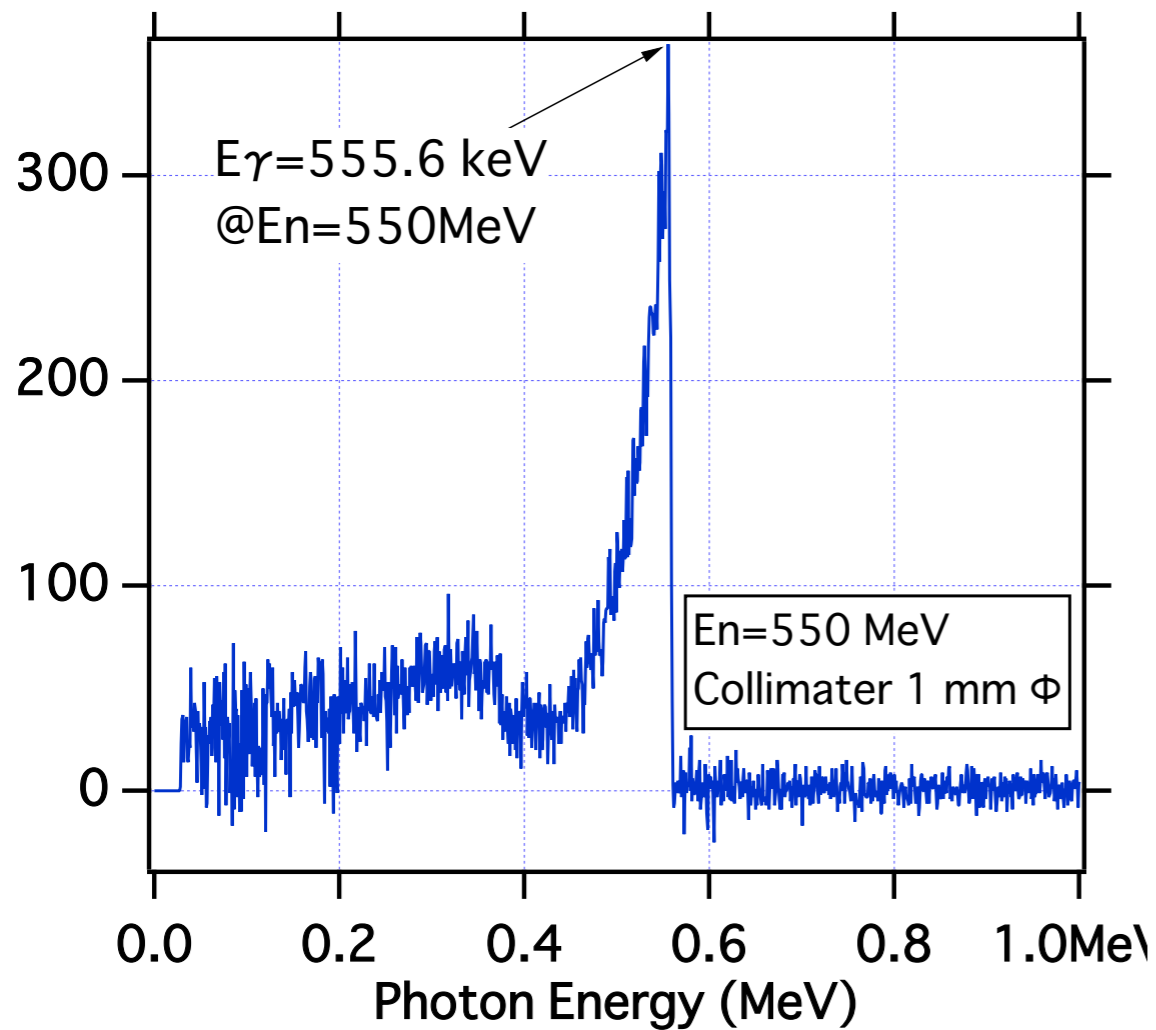


**NewSUBARU Synchrotron Radiation Facility, University of Hyogo  
Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry**



# Gamma-ray spectrum by HP-Ge

## Calibration of electron energy



# OUTLINE

1. レーザ・コンプトン散乱ガンマ線源

@NewSUBARU

2. ガンマ線偏光計測

3. 光核反応の偏光依存



# コンプトン散乱を用いた偏光計測

## Compton 散乱

$$E_{\gamma}^{Scatter} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{mc^2}(1 - \cos\theta)}$$

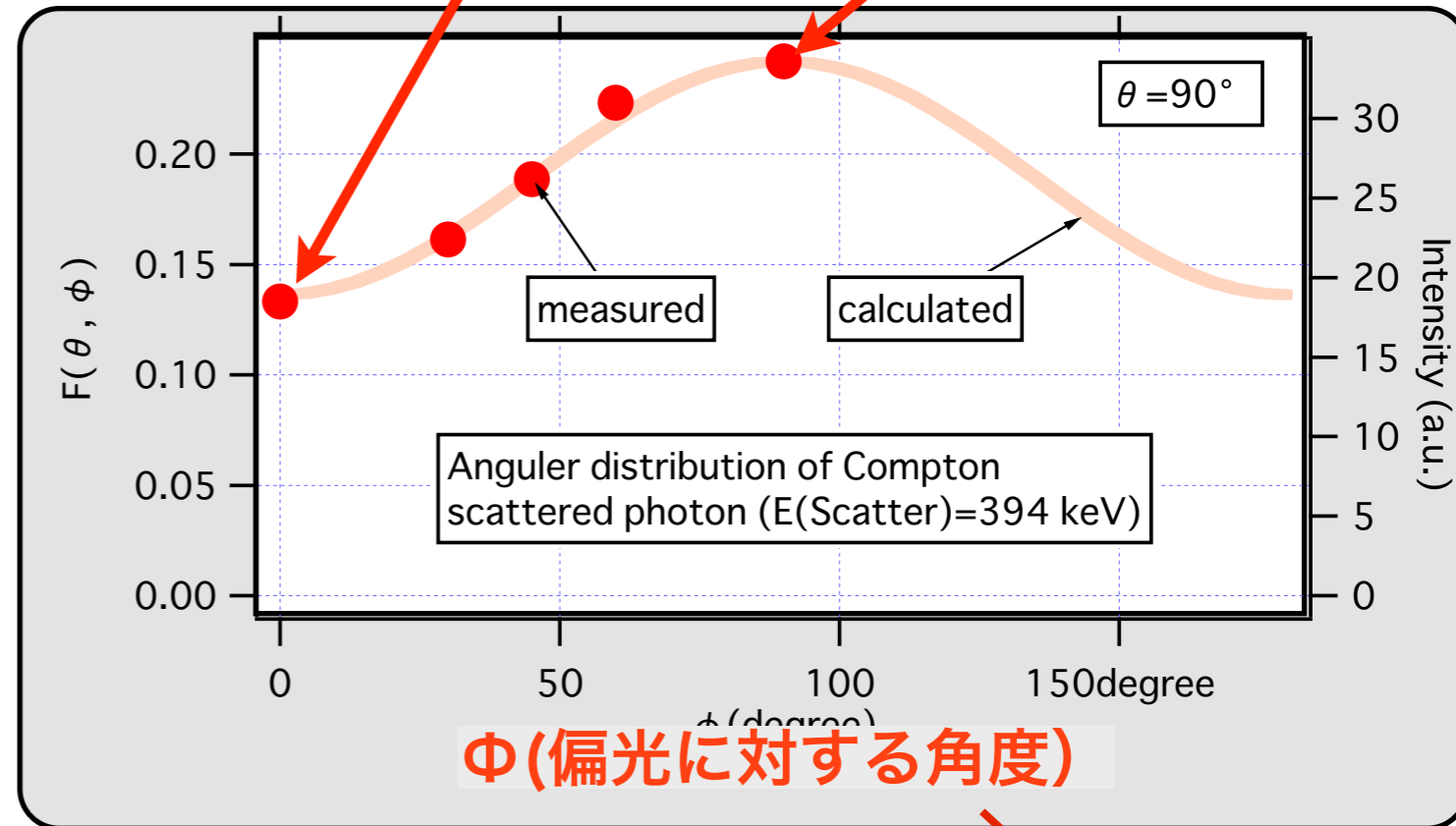
$\theta=90^{\circ}$

$$E_{\gamma} = 1.7 \text{ MeV}$$

$$E_{\gamma}^{Scatter} = 393.4 \text{ keV}$$

偏光方向

直角方向

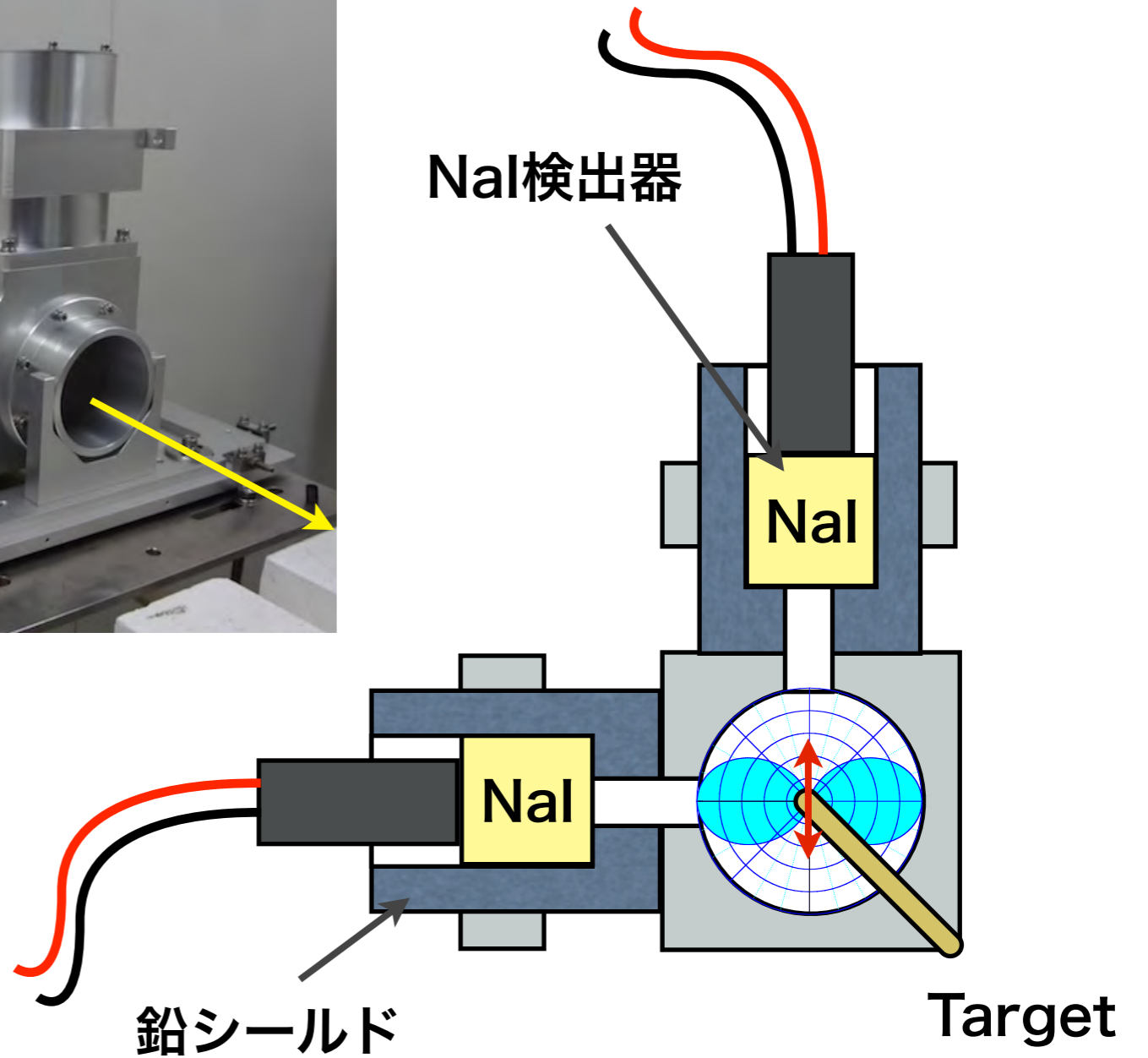
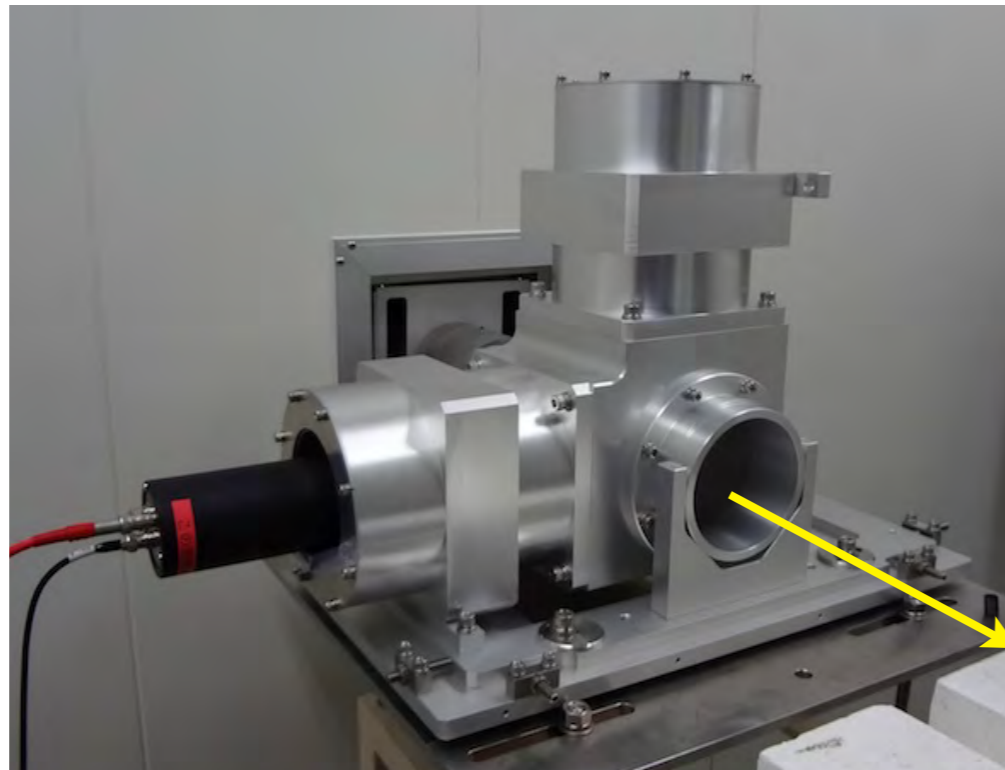


$\phi$  (偏光に対する角度)

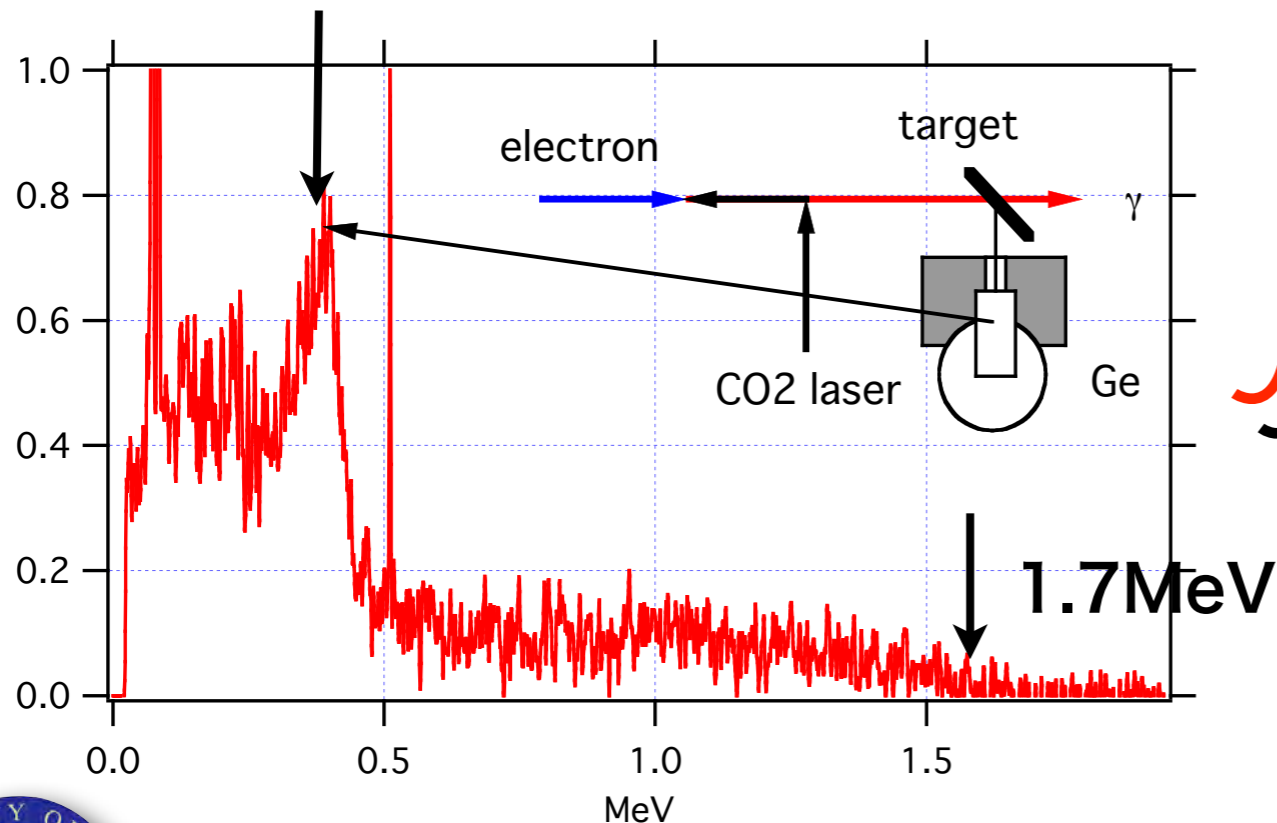
$\theta=90^{\circ}$

$$\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{\text{ComptonScatter}} = \frac{1}{2} r_0^2 \left( \frac{E_{\gamma}^{Scatter}}{E_{\gamma}} \right)^2 \left( \frac{E_{\gamma}^{Scatter}}{E_{\gamma}} + \frac{E_{\gamma}}{E_{\gamma}^{Scatter}} - 2 \sin^2 \theta \cos^2 \phi \right)$$

# 直線偏光度測定システム



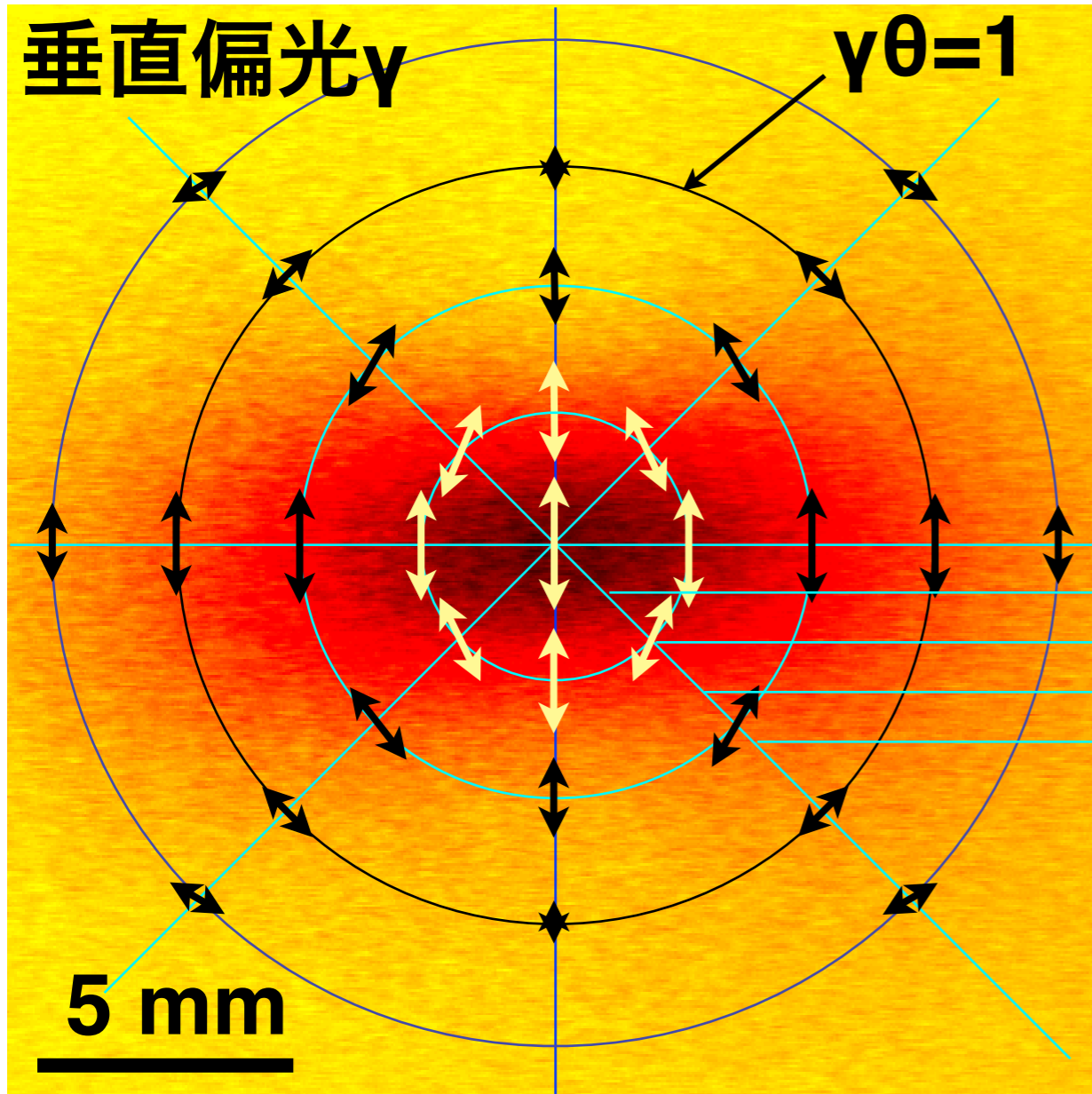
0.4MeV



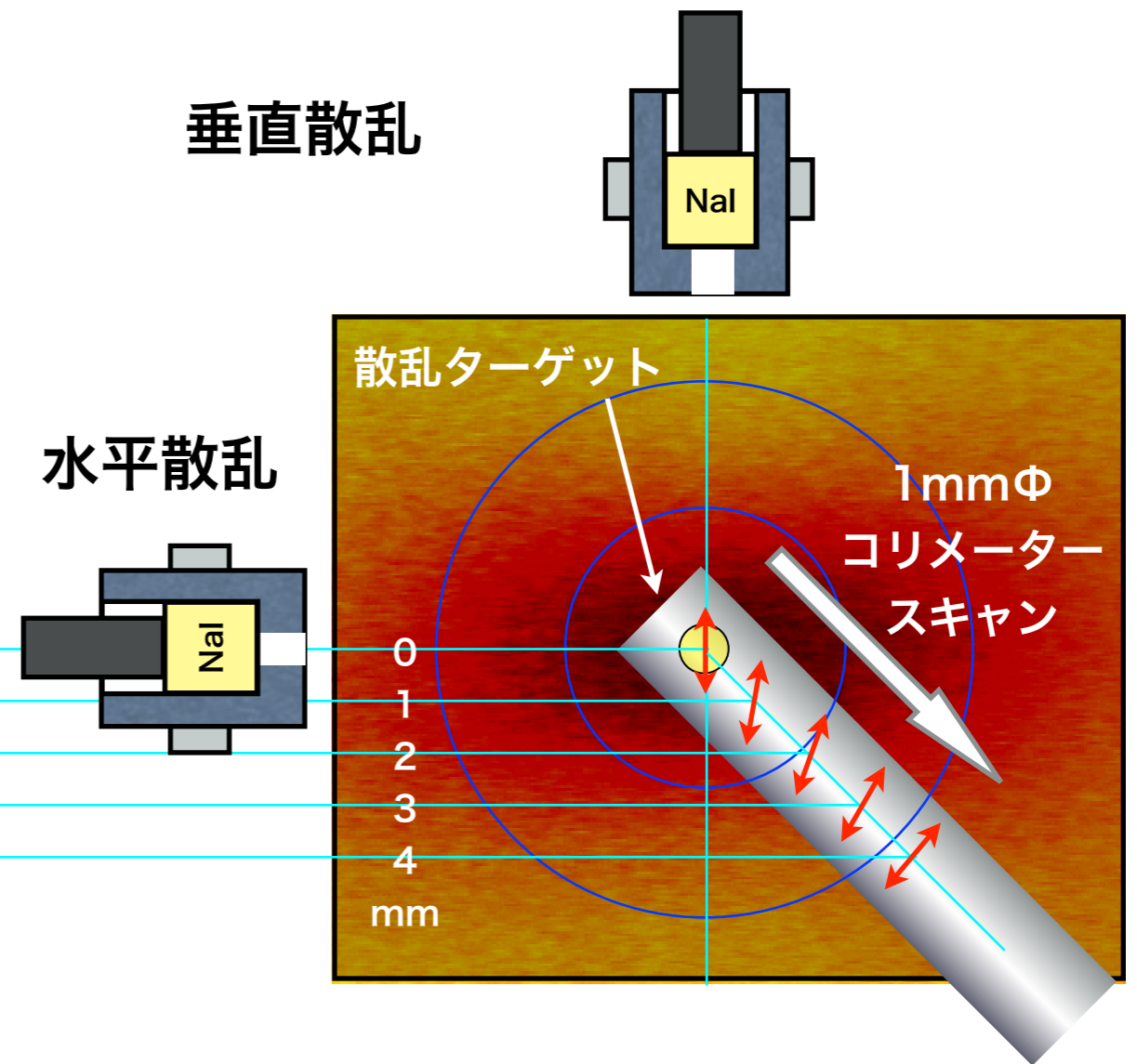
散乱強度比から  
偏光方向を評価

# LCSガンマ線の偏光分布？

斜め方向は偏光が回転  
(偏光回転のイメージ)

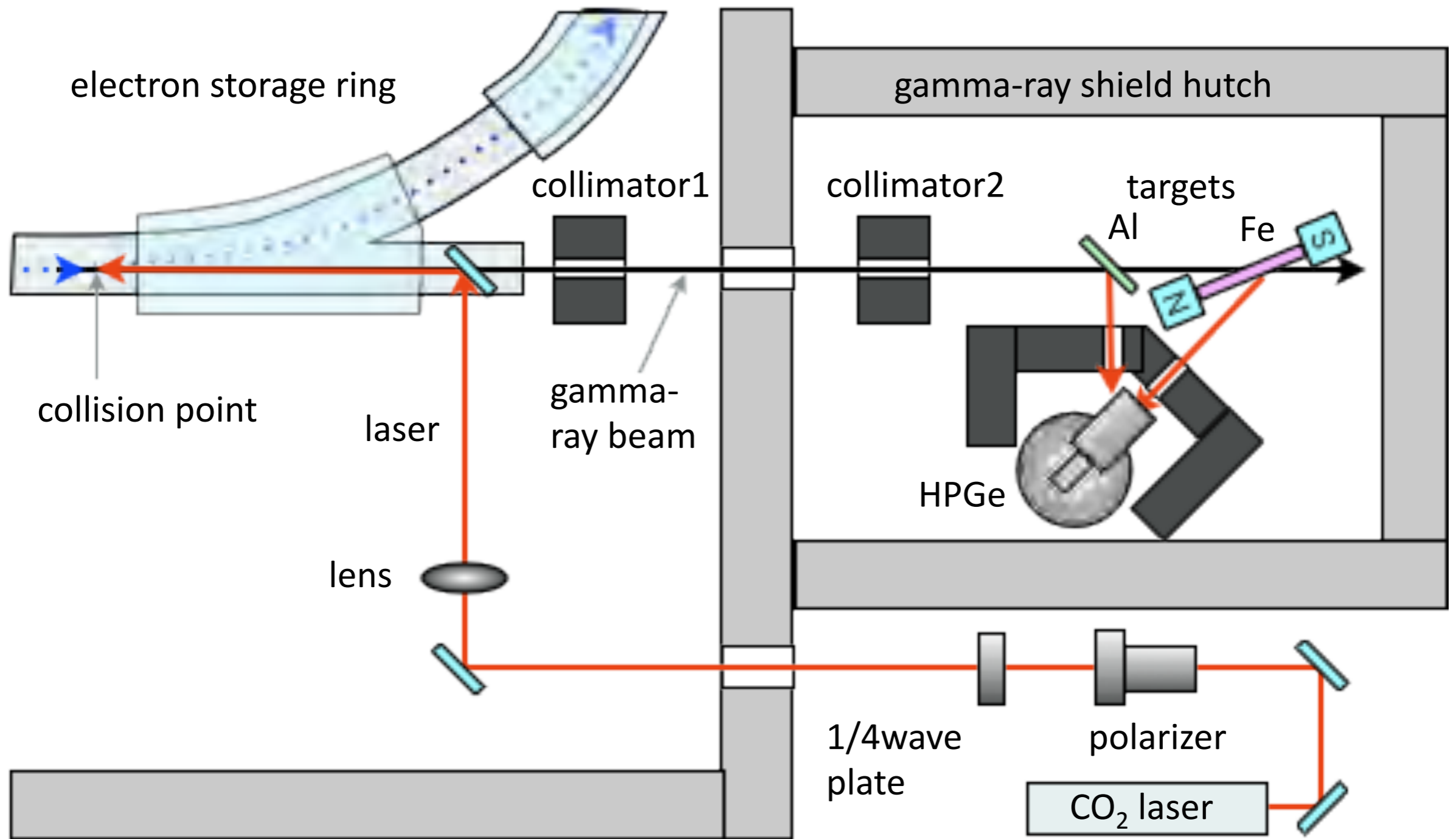


↗ 計測した偏光

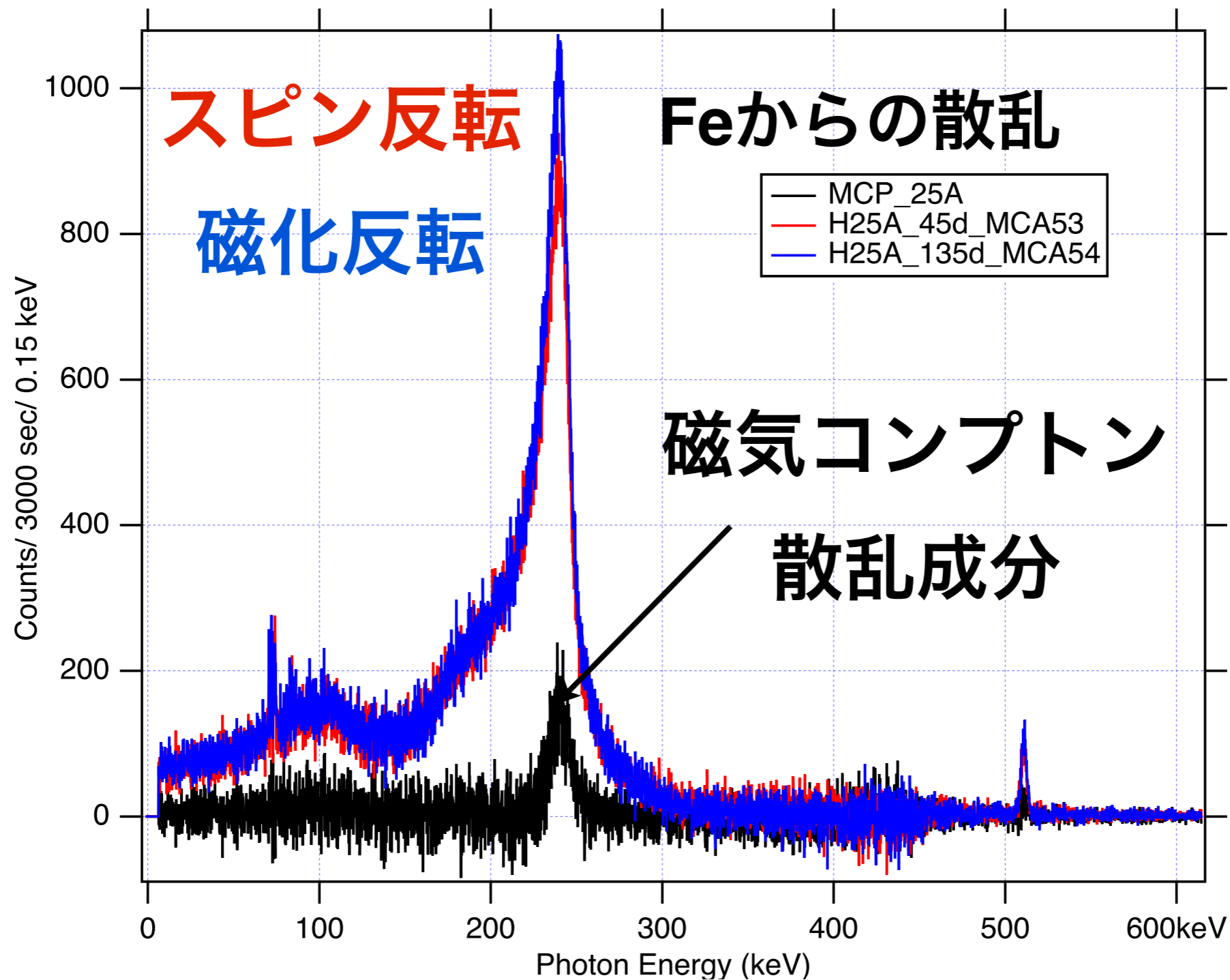




# 磁性体による円偏光ガンマ線の散乱



# 磁気コンプトン散乱信号 (旧データ)



NewSUBARU Synchrotron Radiation Facility, University of Hyogo  
Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry



# OUTLINE

1. レーザ・コンプトン散乱ガンマ線源

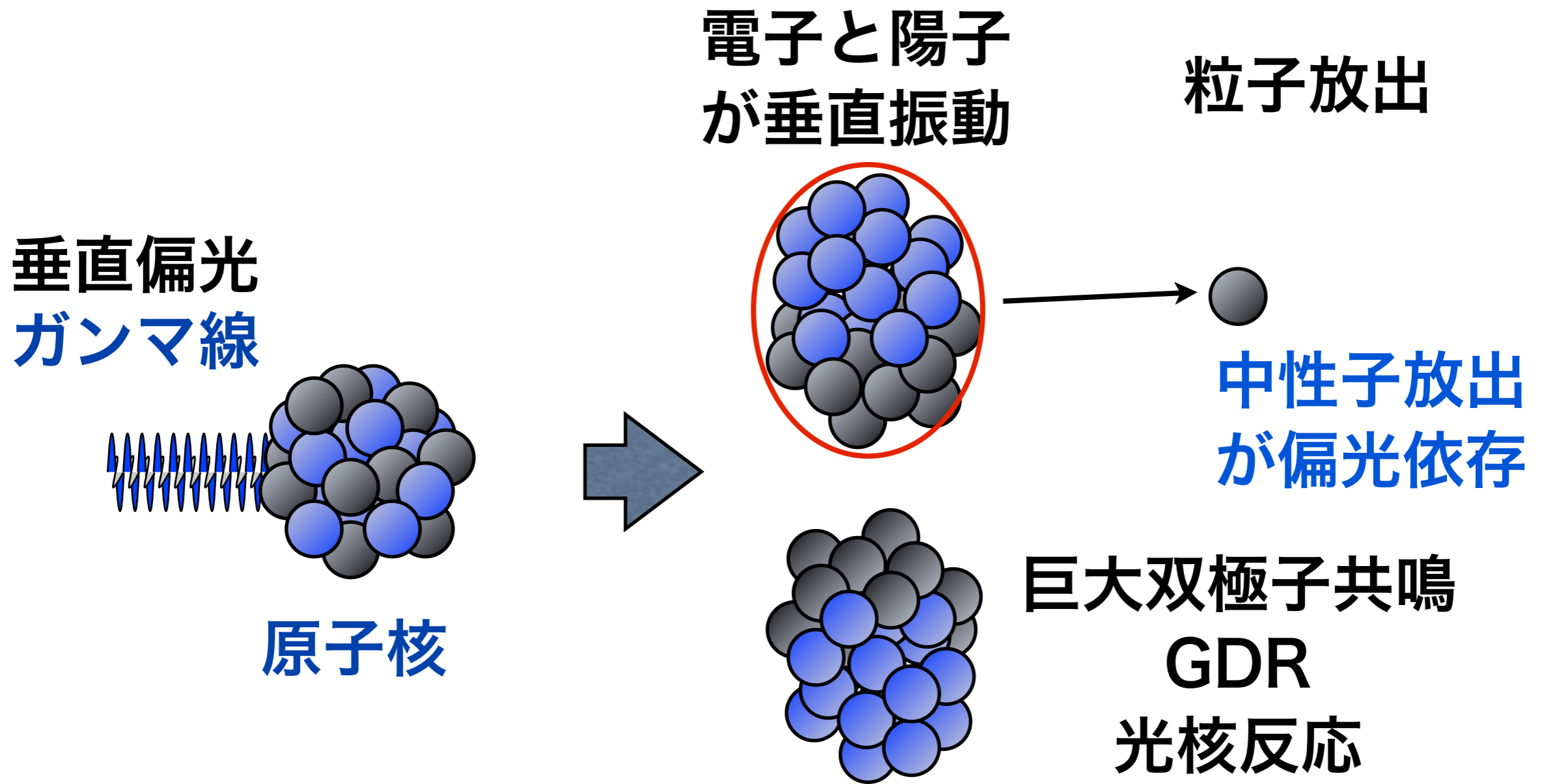
@NewSUBARU

2. ガンマ線偏光計測

3. 光核反応の偏光依存



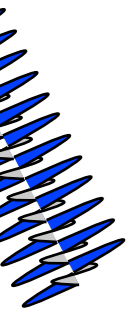
# 光核反応の偏光依存性



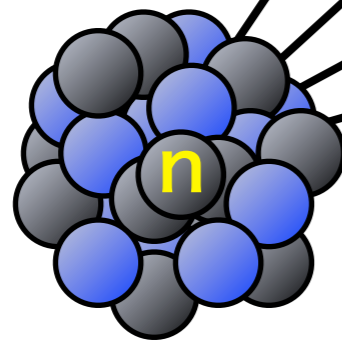
$$a + b \cdot \sin^2 \Phi$$

A. Agodi, Il Nuovo Cimento, 1, 21(1957).

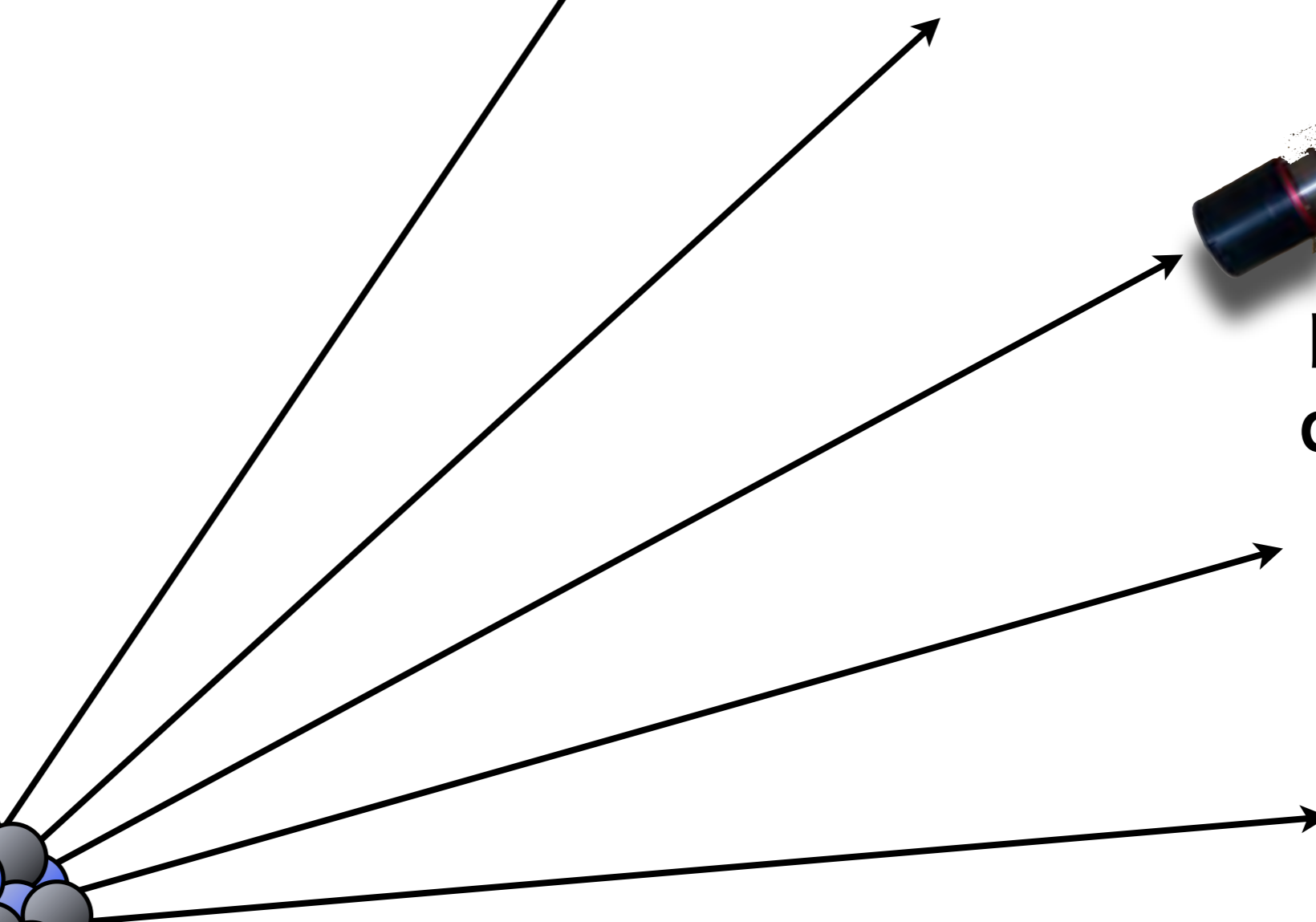
# Neutron Time of Flight



Gamma-ray

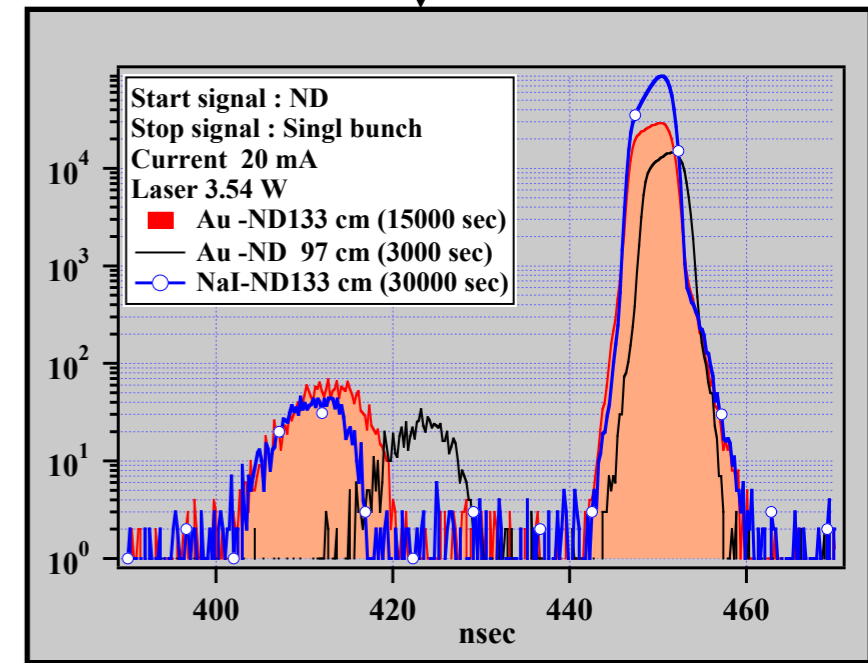
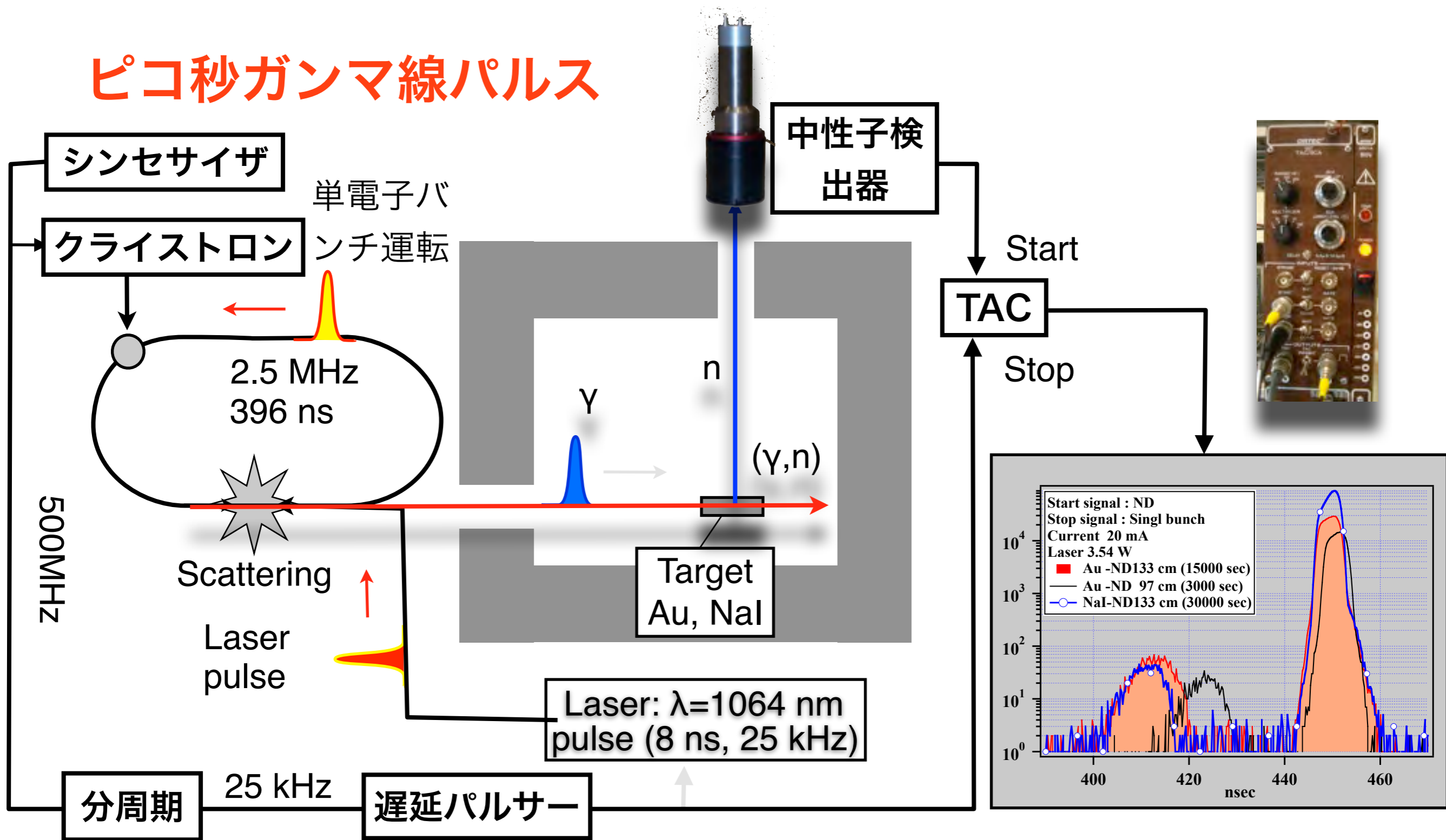


Neutron detector

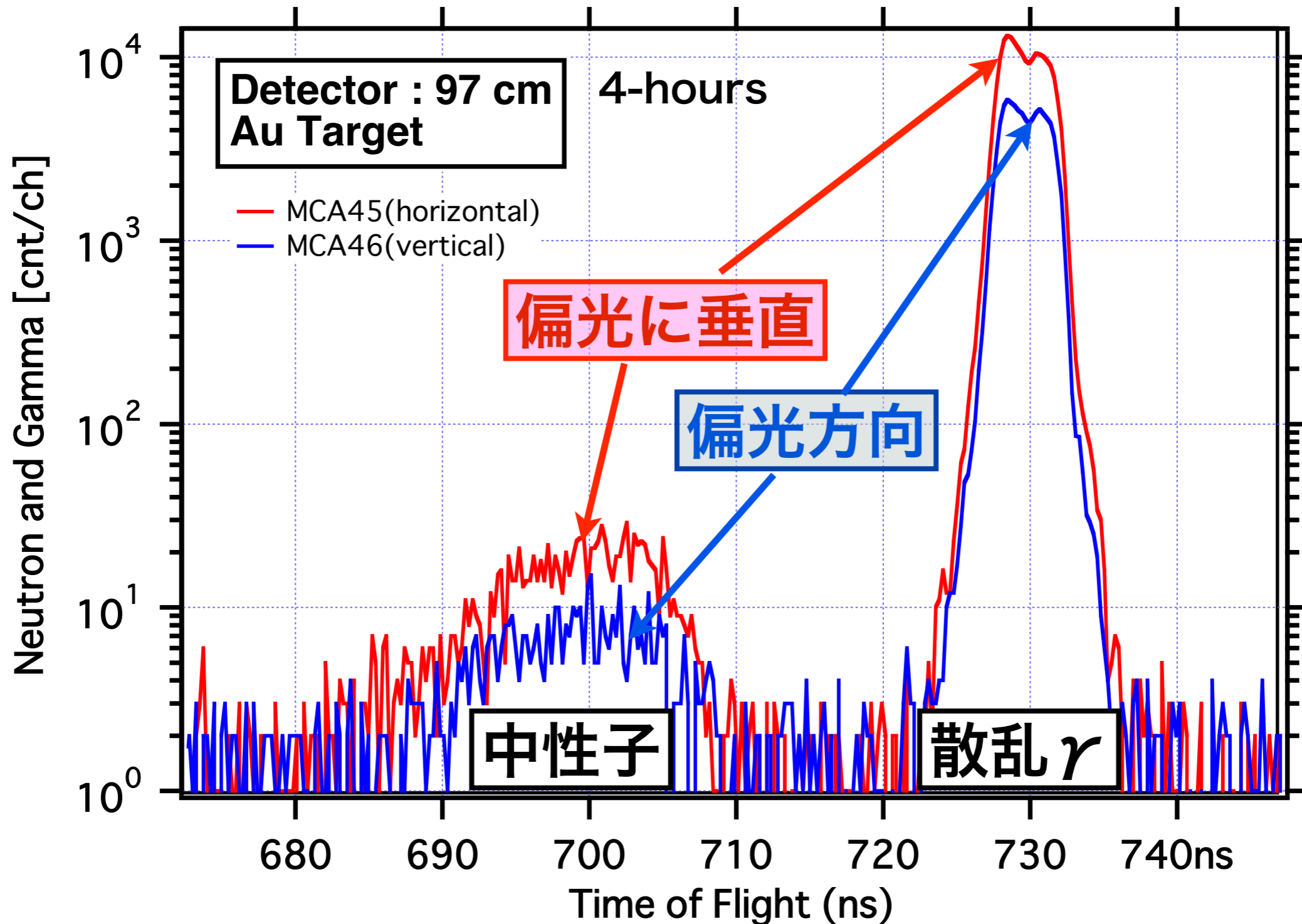


# 光核反応中性子のTOF計測

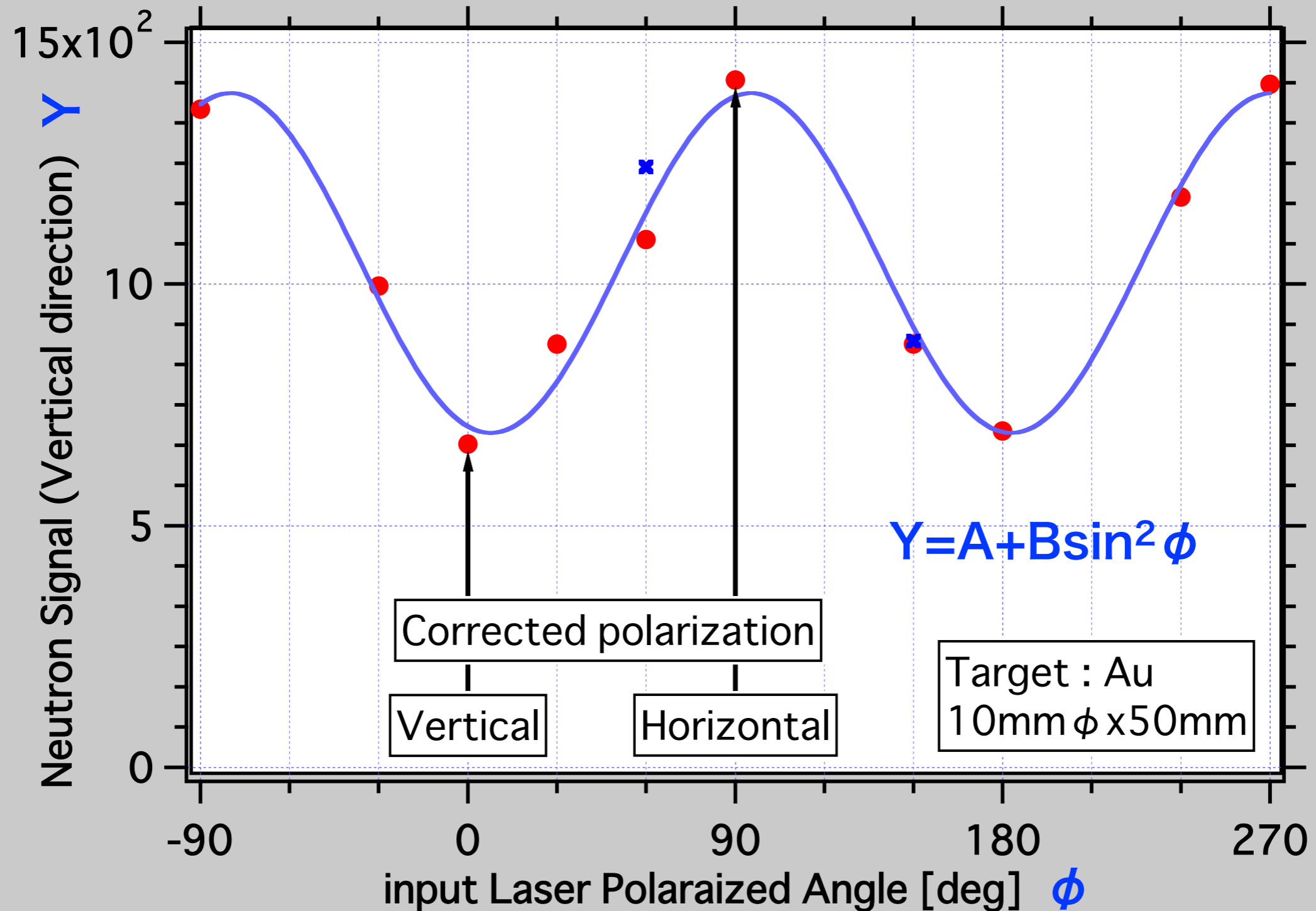
## ピコ秒ガンマ線パルス



# 光核反応中性子放出角度のガンマ線偏光依存

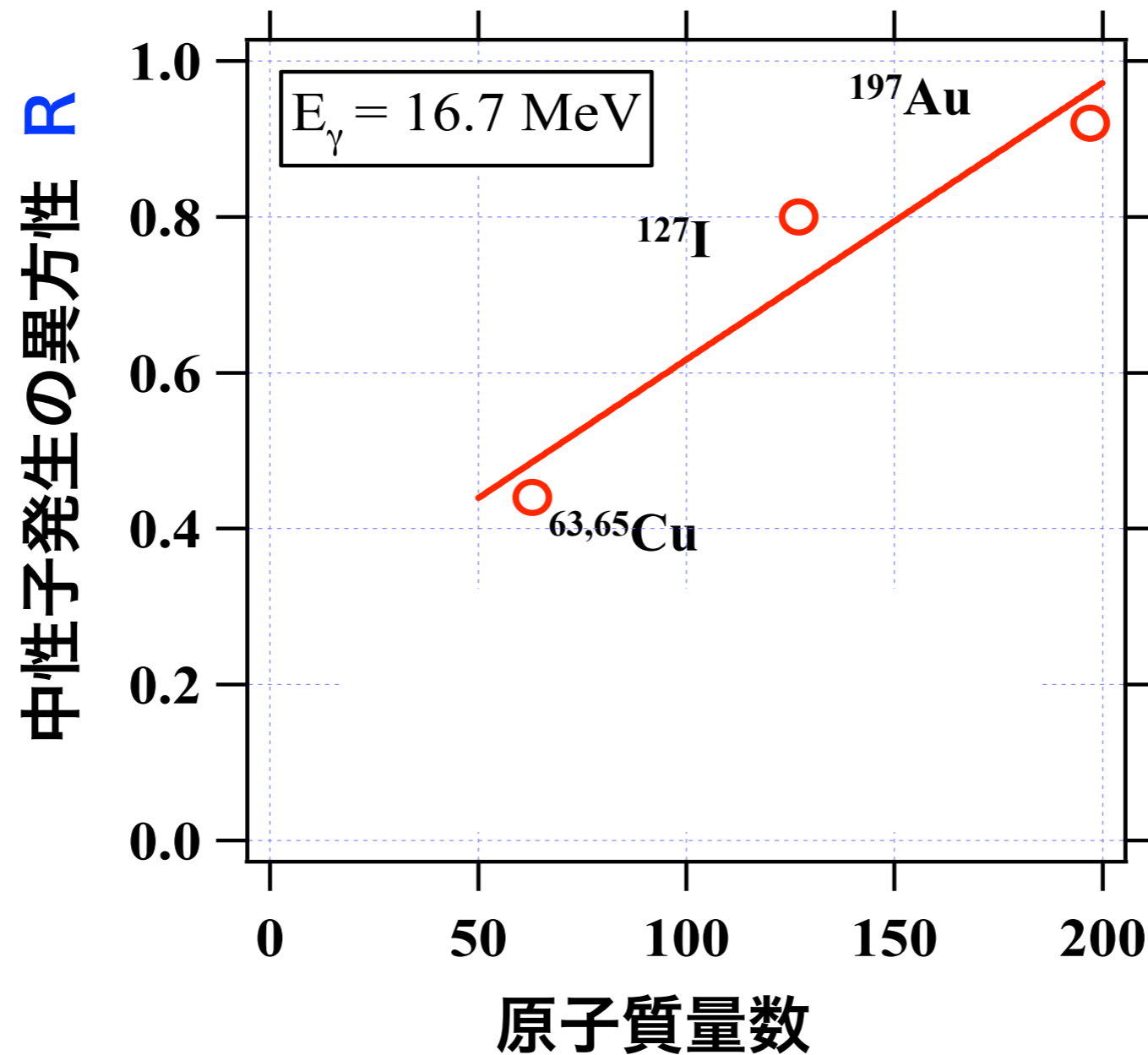


# 光核反応中性子発生 の偏光方向依存





# 中性子放出分布偏光依存性の質量数依存



中性子発生分布  $Y = A + B \sin^2 \phi$  より 異方性  $R = B/A$  定義



# まとめ

## 1. レーザ・コンプトン散乱ガンマ線源

準単色・偏光ガンマ線

max 76.3MeV, 0.33mW

## 2. ガンマ線偏光計測

Compton散乱直線偏光計測システム

## 3. 光核反応の偏光依存

光核反応中性子分布の直線偏光依存実証



**Thank you !**

Lausti  

**Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry**  
**University of Hyogo**

NewSUBARU Synchrotron Radiation Facility, University of Hyogo  
Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry

