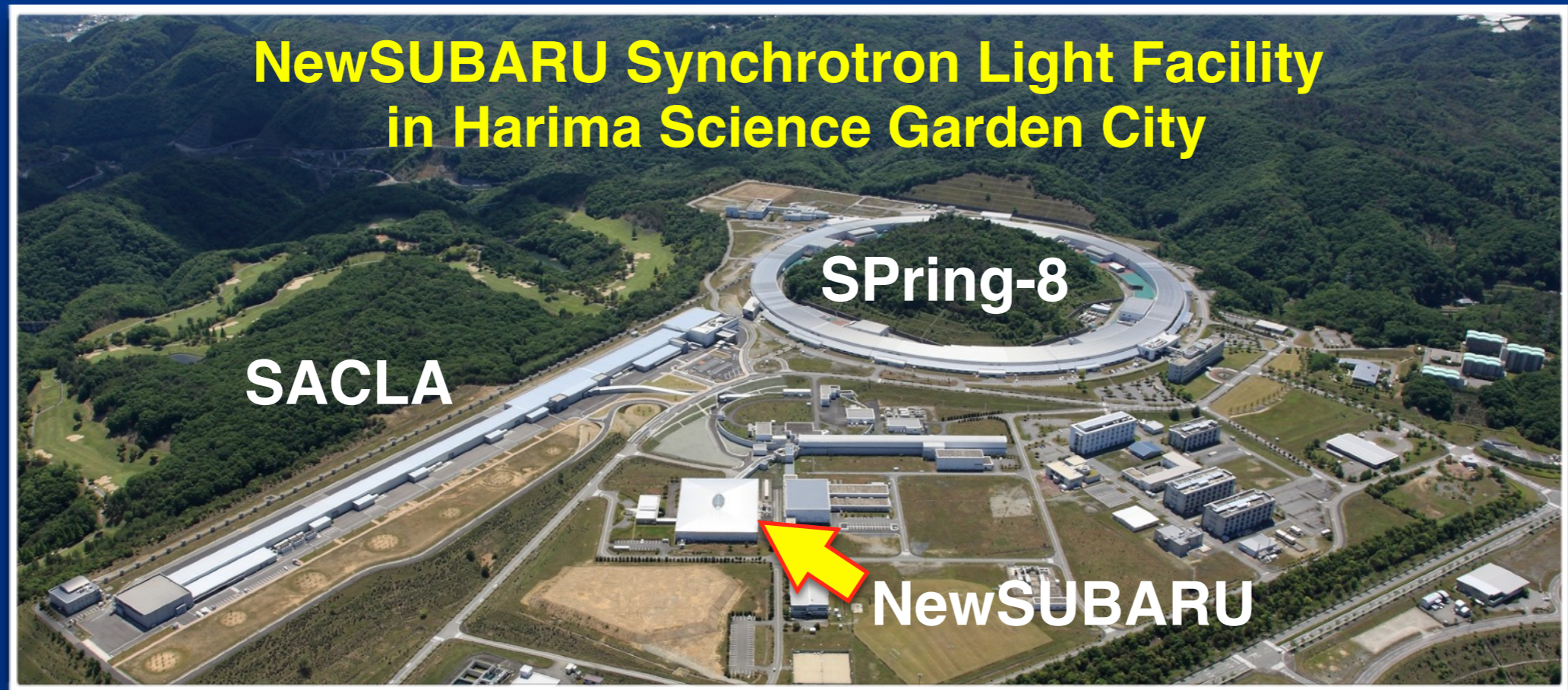


レーザーコンプトン散乱ガンマ線源の中性子応用

Application of Neutron by Laser Compton Scattering Gamma-ray Source



S. MIYAMOTO, K. SUGITA, Y. Morimoto, S. HASHIMOTO, S. AMANO
(LASTI, University of Hyogo)

Y.Arikawa (ILE Osaka University), T.Hayakawa (QST)

14th Particle Accelerator Society of Japan, Hokkaido University, Sapporo



OUTLINE

1. レーザー・コンプトン散乱ガンマ線ビームを用いた中性子源

(1) ガンマ線ビーム

$$E_{\gamma} = 1 \text{ MeV} \sim 76 \text{ MeV}, 10^6 \text{ } \gamma/\text{s}$$

光核反応中性子(GDR)

$$E_n = 2 \text{ MeV} \sim 10 \text{ MeV}, 10^4 \text{ } \gamma/\text{s}$$

(2) TOF計測のための蓄積リングの疑似単バンチ運転

2. 中性子計測と画像検出器開発のための試験

(1) 高速中性子発生分布の偏光依存計測

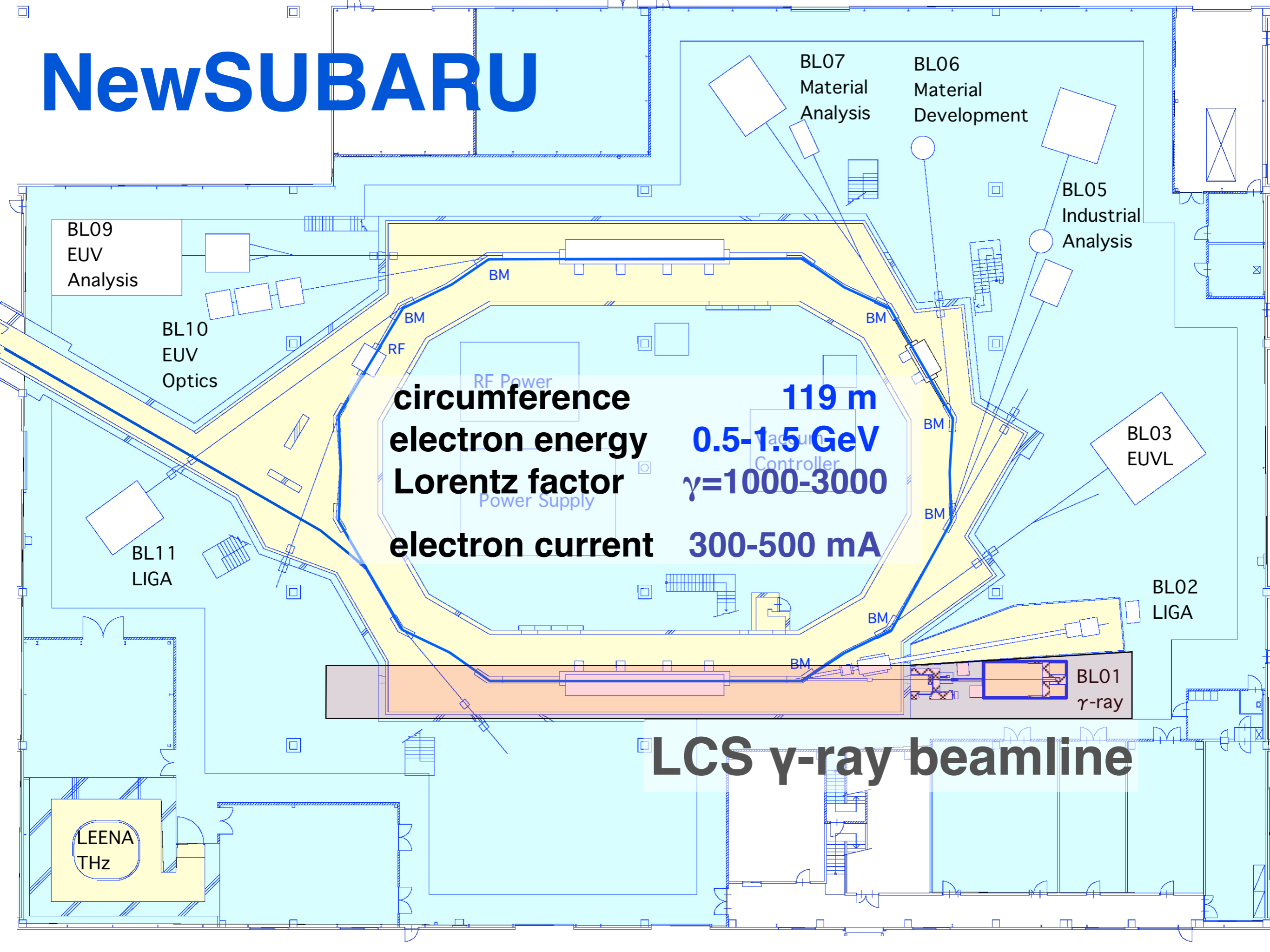
ターゲット：Au, I, Cu + Ag, Y GDR

ターゲット：Be CDR

(低エネルギー中性子発生試験)

(2) 熱化中性子による放射化計測試験

NewSUBARU



circumference 119 m
electron energy 0.5-1.5 GeV
Lorentz factor $\gamma=1000-3000$
electron current 300-500 mA

LCS γ -ray beamline

LEENA
THz

BL09
EUV
Analysis

BL10
EUV
Optics

BL11
LIGA

RF Power

Power Supply

Vacuum
Controller

BL07
Material
Analysis

BL06
Material
Development

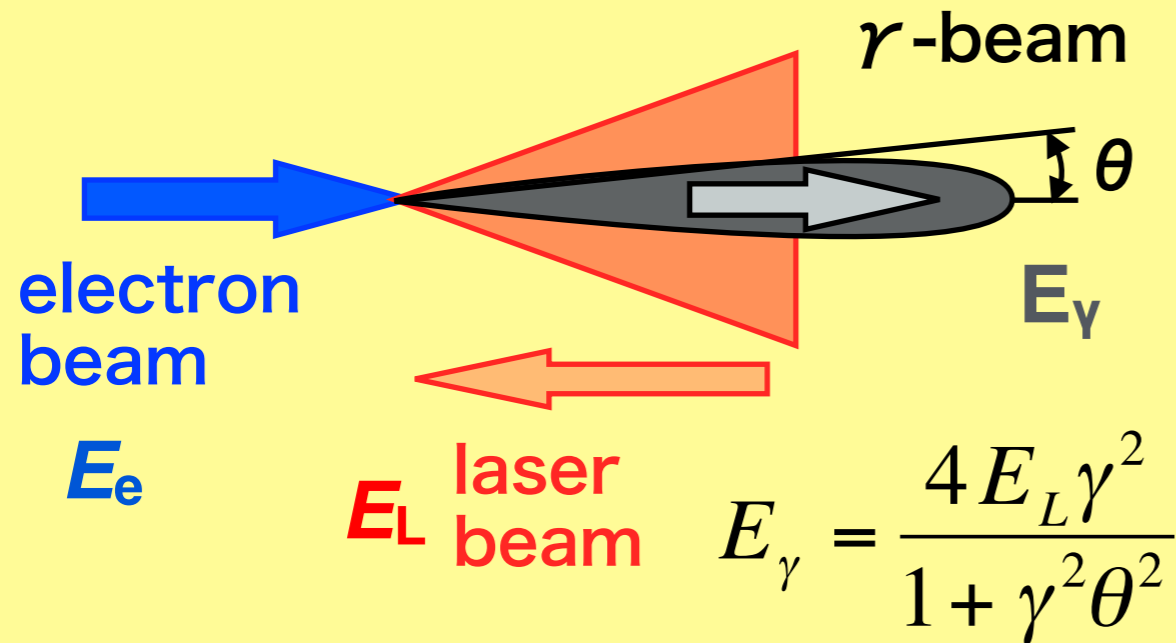
BL05
Industrial
Analysis

BL03
EUVL

BL02
LIGA

BL01
 γ -ray

NewSUBARU電子蓄積リングでの ガンマ線ビーム源の特徴



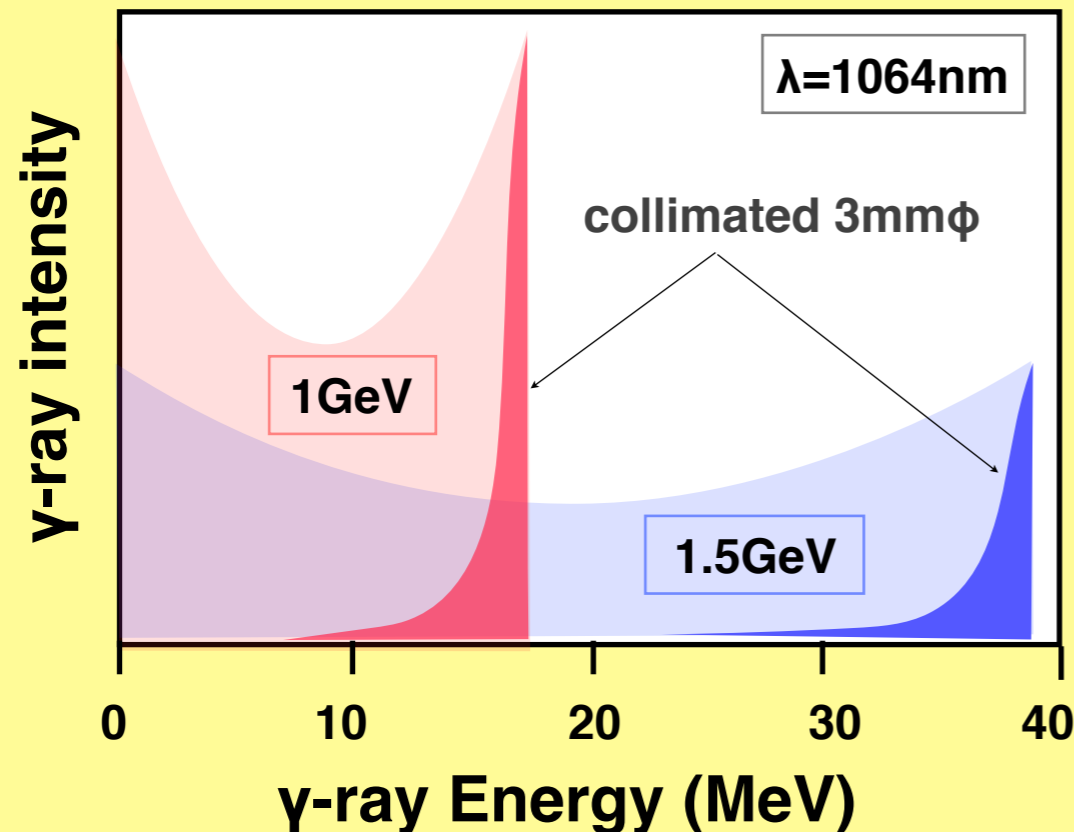
Laser Compton Scattering

電子ビーム

0.5~1.5GeV / 300 mA

レーザービーム

0.5 μ m ~ 10 μ m / 30W



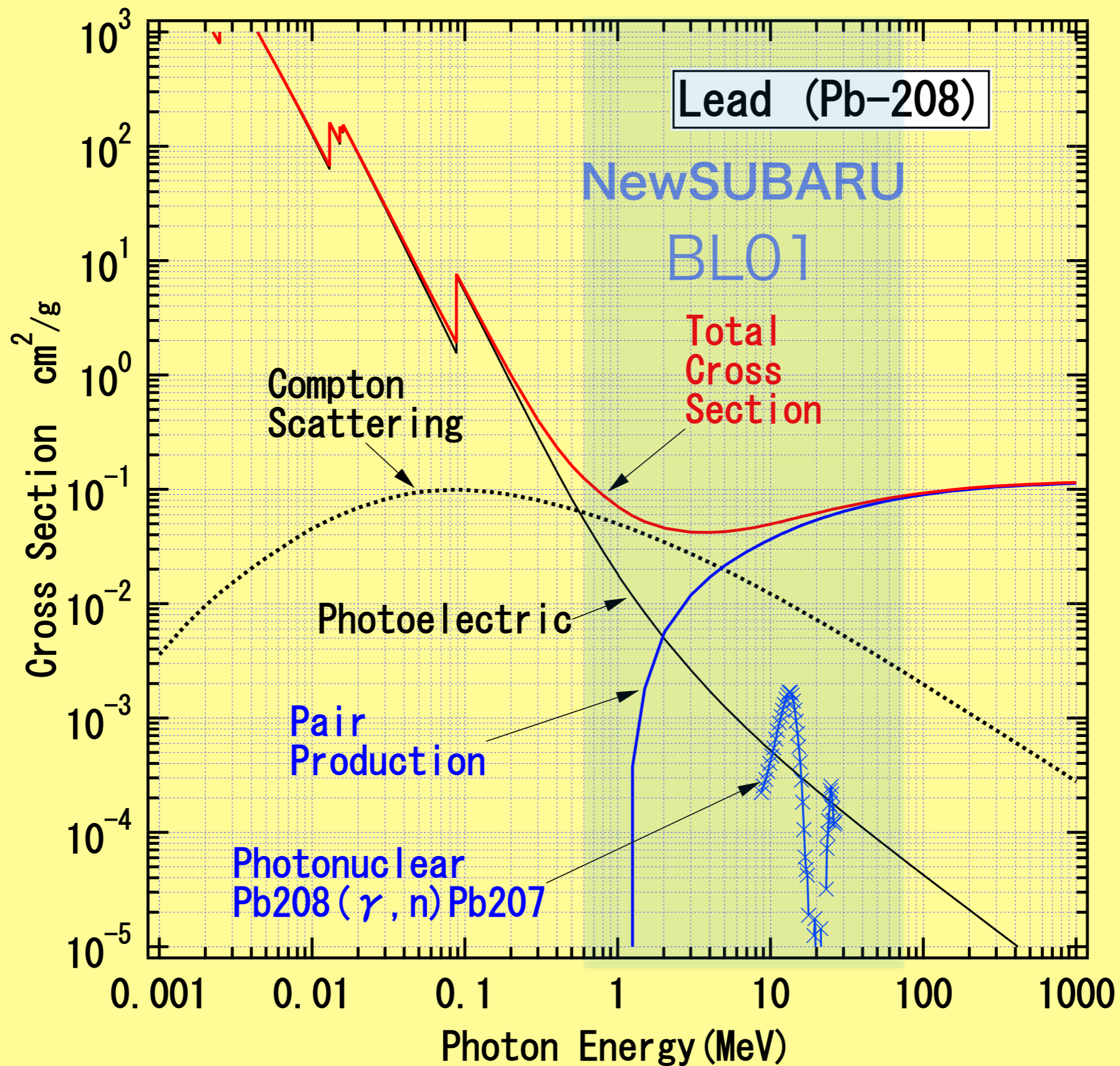
1) $E_\gamma = 1\text{MeV} - 76\text{MeV}$
Flux = 10^6 photon/s

2) 偏光ガンマ線 ビーム

- 低発散角 $\theta \sim 1/\gamma$

3) 中性子発生, 陽電子発生

相互作用断面積で見たガンマ線の利用



中性子検出器

Plastic scintillator
TOF measurement



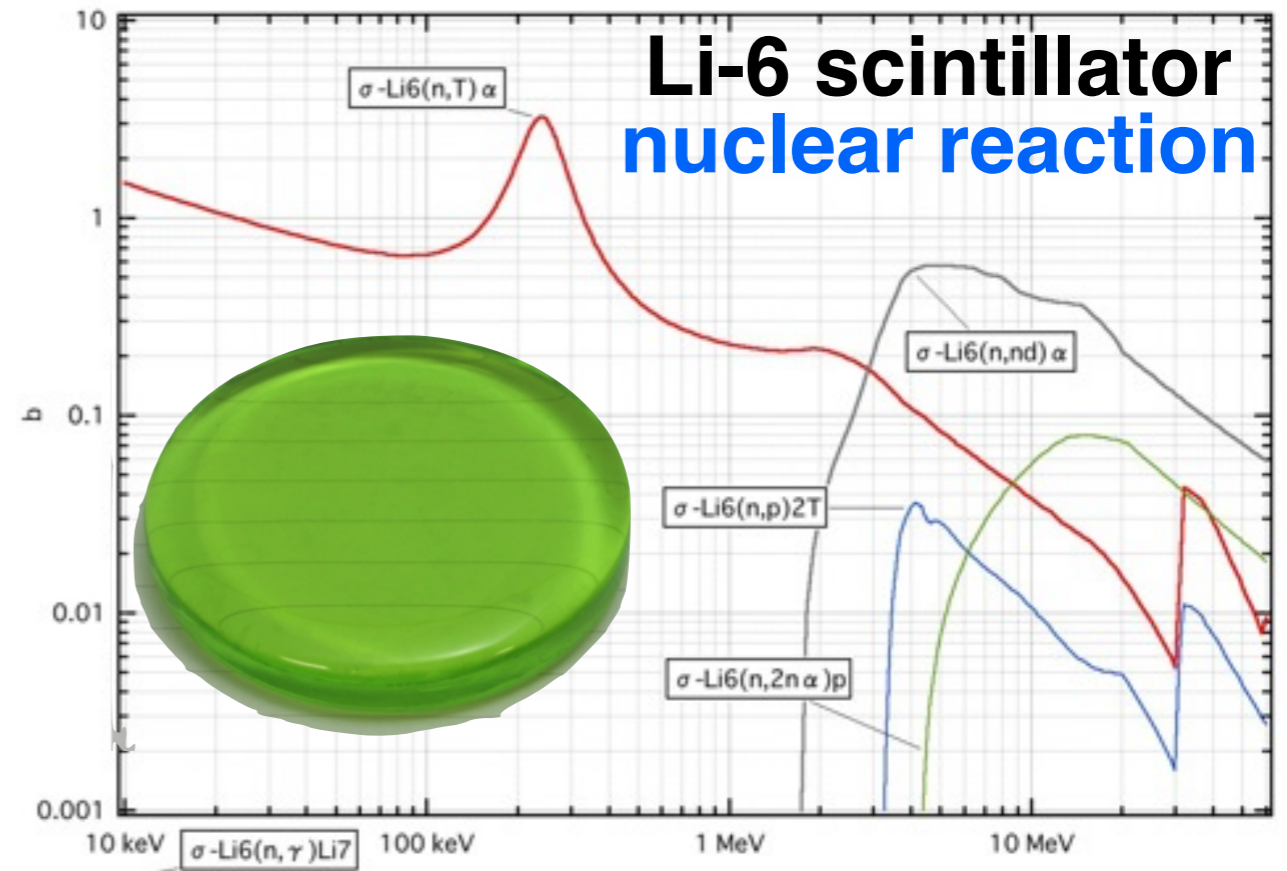
Liquid scintillator
pulse shape
discrimination

He-3 detector
Space integration



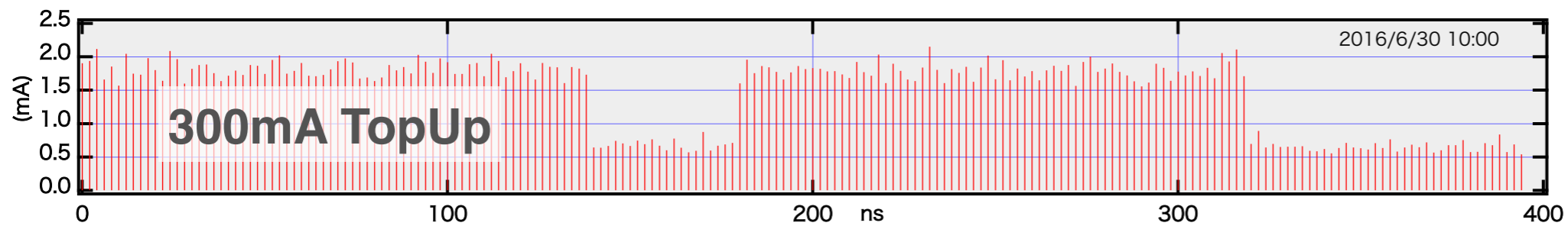
moderator

He-3
proportional
counter x 40

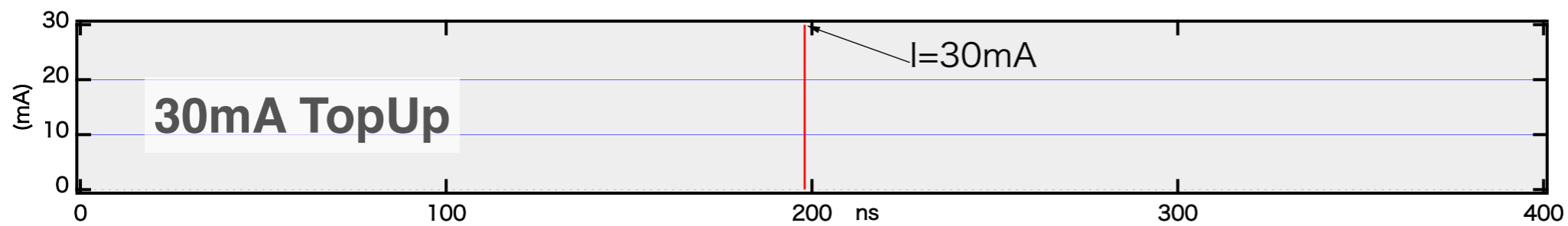


Bubble detector
Time integration

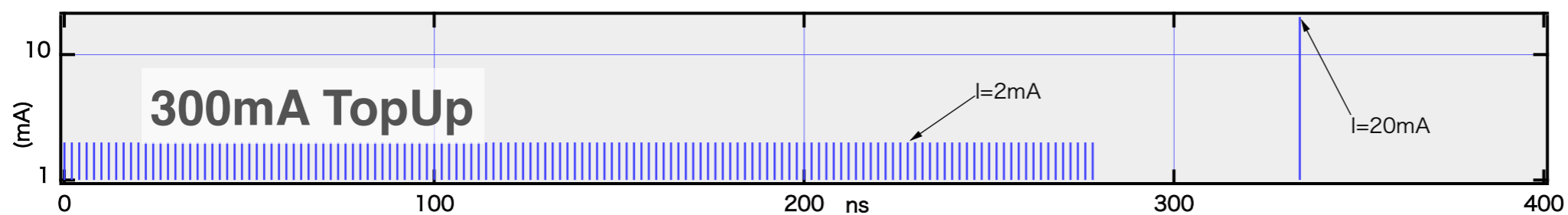
NewSUBARU 電子蓄積リングの フィリングパターン



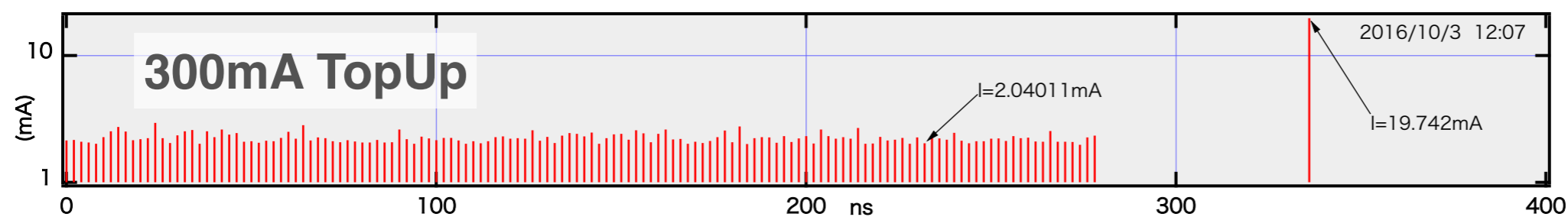
70+70 oner
FullFill 3:1



TOF計測(夜間)
単バンチ運転

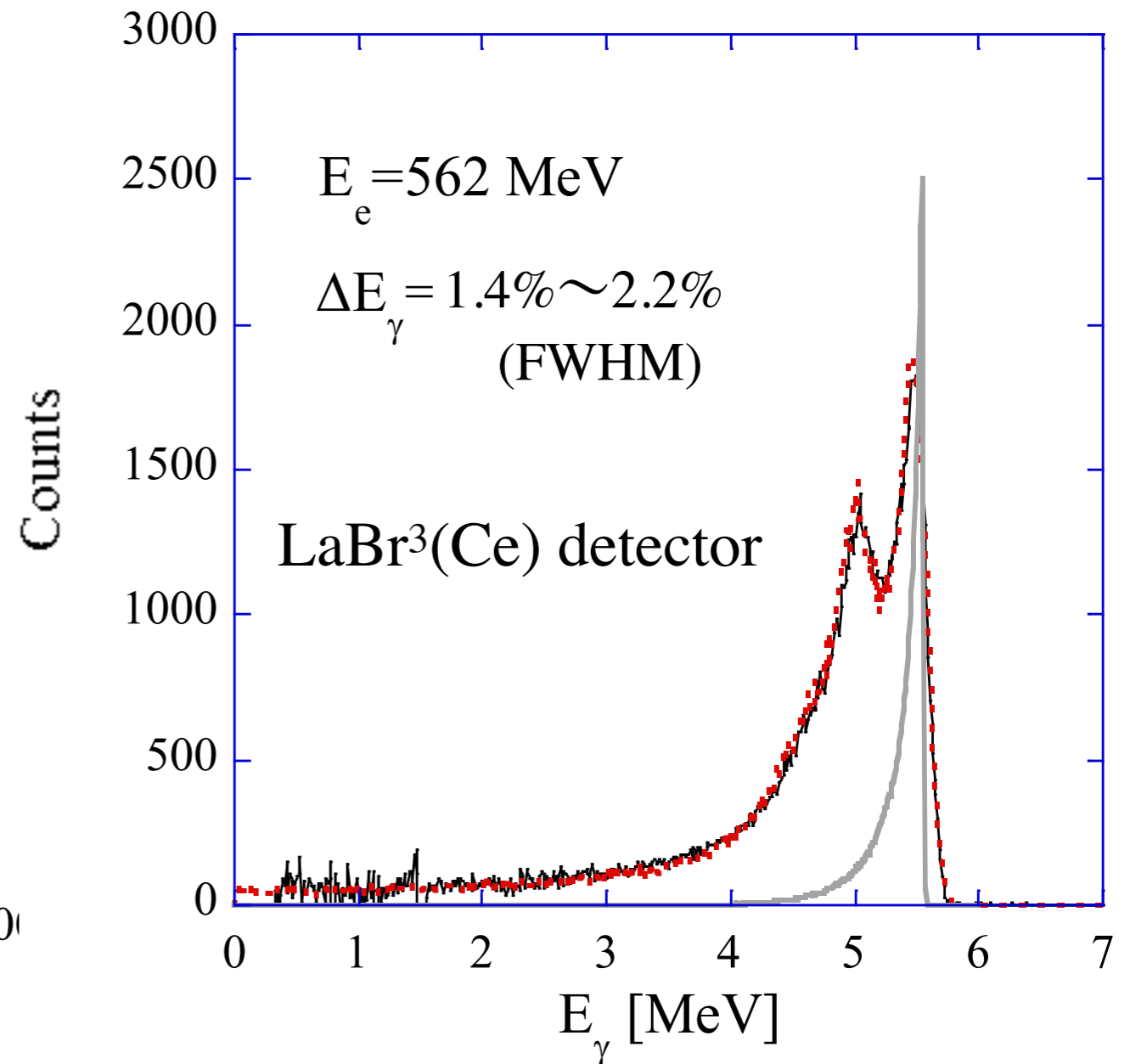
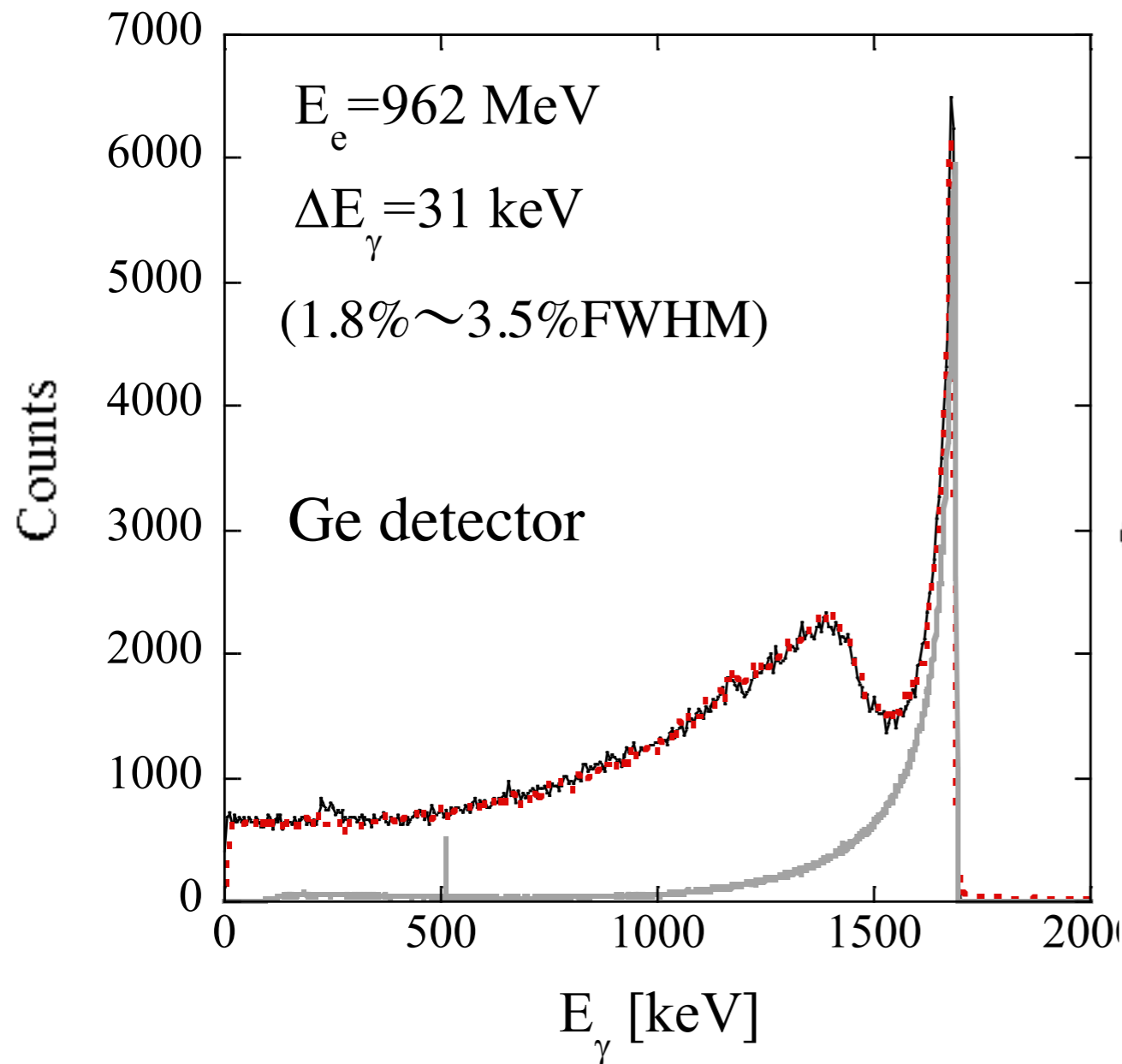


疑似単バンチ
モデル



TOF計測(昼間)
疑似単バンチ

光核反応スペクトル断面積計測時の ガンマ線スペクトル(2mmφコリメーター)



A response function and the energy distribution of an LCS γ -ray beam.

H. Utsunomiya et al, "Photodisintegration of ^9Be through the $1/2^+$ state and cluster dipole resonance", Phys. Rev. C 92, 064323 (2015) .

OUTLINE

1. レーザー・コンプトン散乱ガンマ線ビームを用いた中性子源

(1) ガンマ線ビーム

$$E_{\gamma} = 1 \text{ MeV} \sim 76 \text{ MeV}, 10^6 \text{ } \gamma/\text{s}$$

光核反応中性子(GDR)

$$E_n = 2 \text{ MeV} \sim 10 \text{ MeV}, 10^4 \text{ } \gamma/\text{s}$$

(2) TOF計測のための蓄積リングの疑似単バンチ運転

2. 中性子計測と画像検出器開発のための試験

(1) 高速中性子発生分布の偏光依存計測

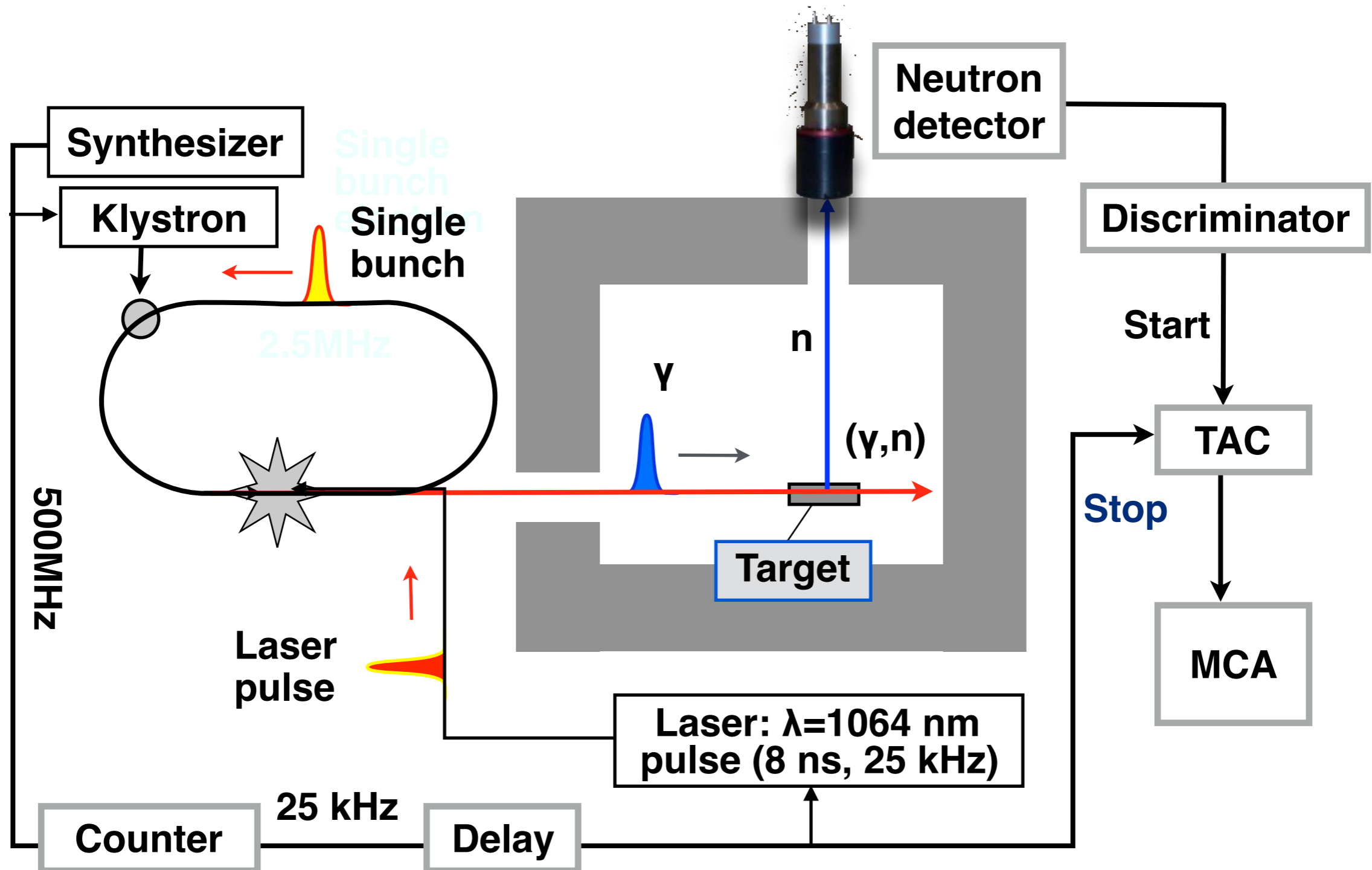
ターゲット：Au, I, Cu + Ag, Y GDR

ターゲット：Be CDR

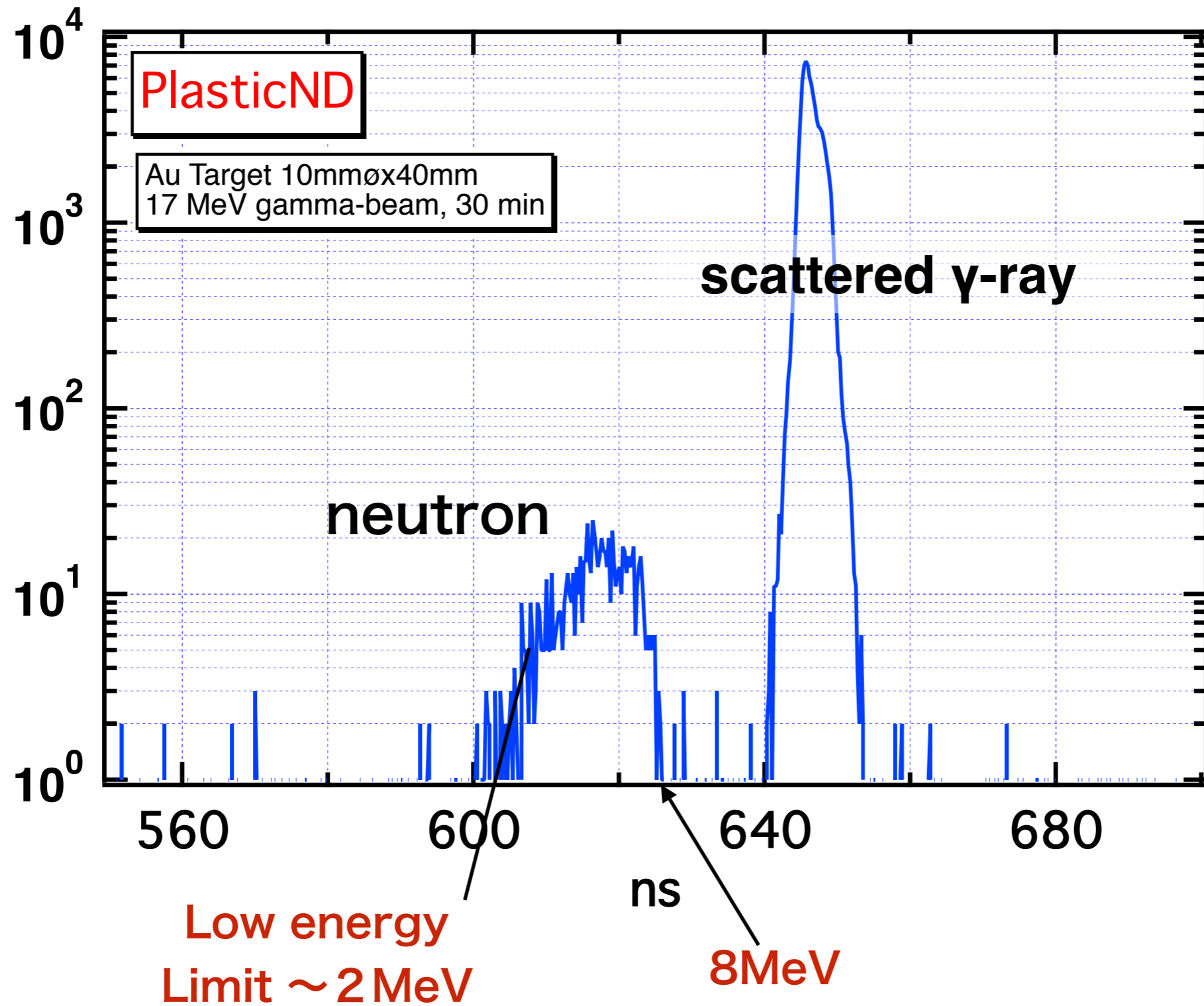
(低エネルギー中性子発生試験)

(2) 熱化中性子による放射化計測試験

NewSUBARU単バンチ運転による 中性子飛行時間法計測システム



中性子信号と散乱ガンマ線信号(TOF信号例)



中性子放出分布の偏光依存性計測

neutron detector

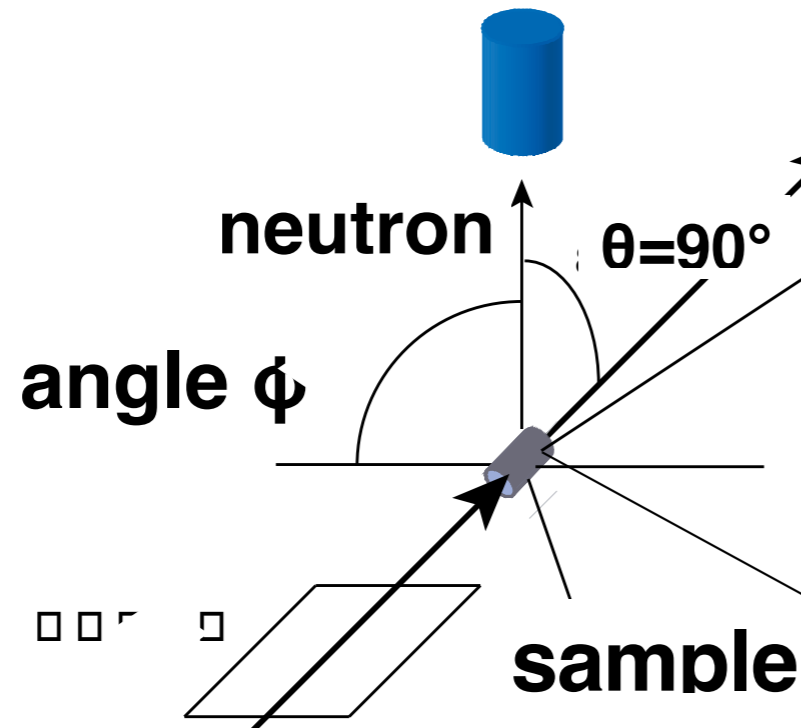
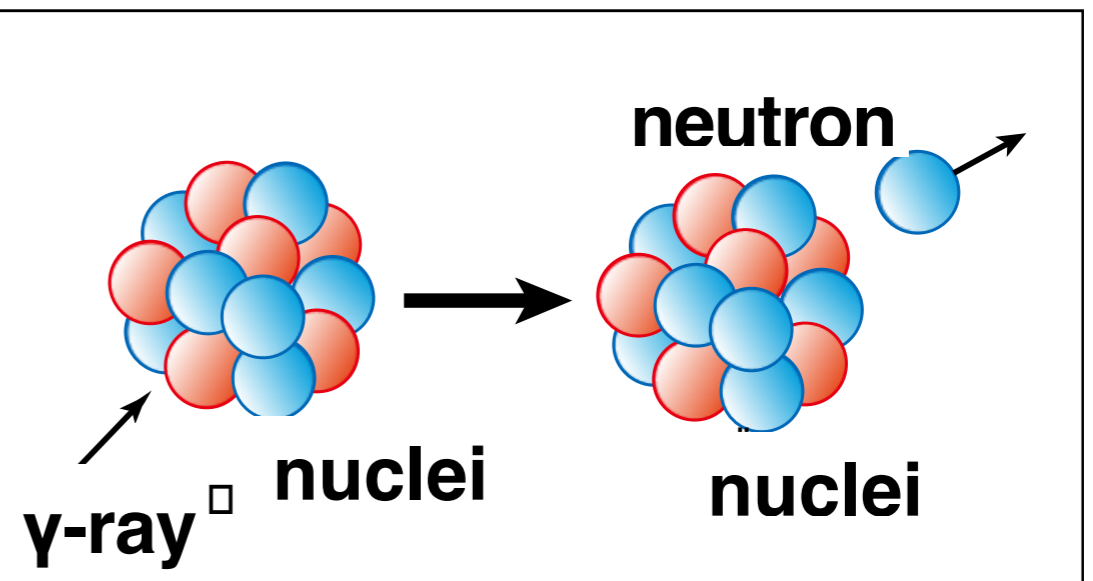


Photo nuclear reaction



γ -ray
polarized
plane

LCS gamma-ray

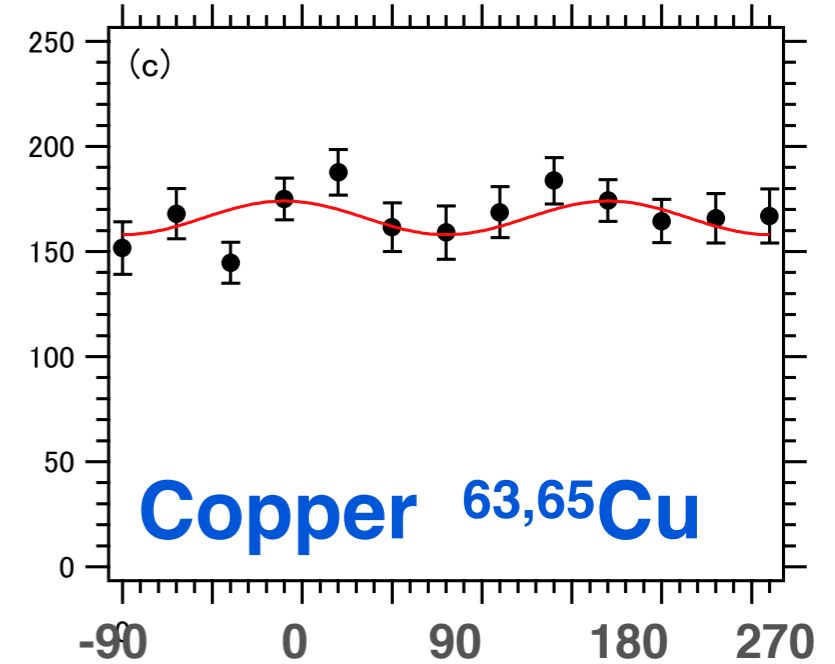
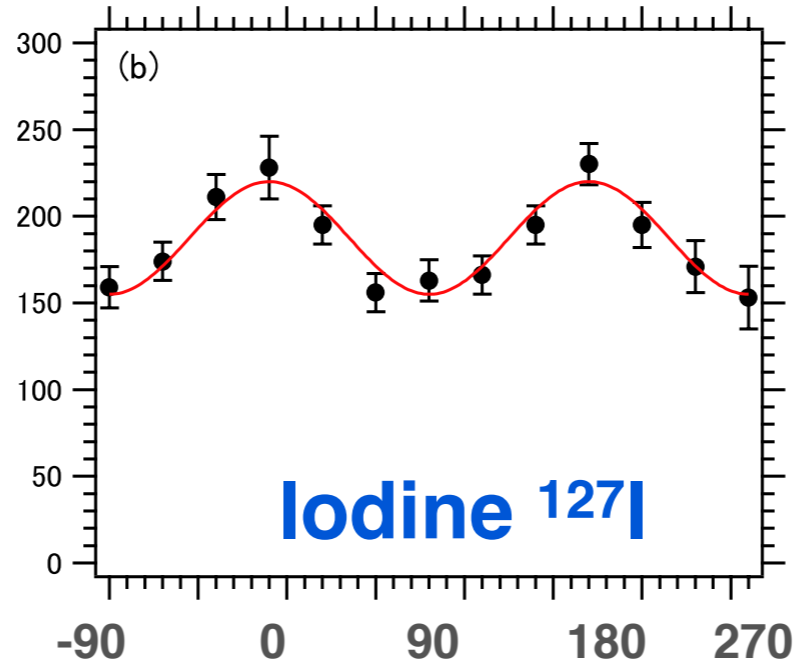
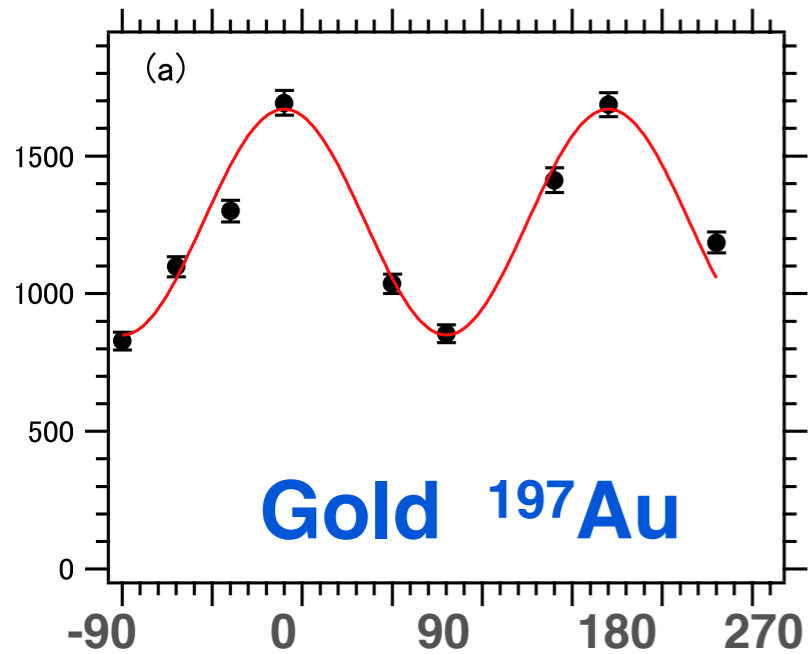
偏光依存発生分布

$$I_n = a + b \cdot \cos(2\phi)$$

Ref. A. Agodi, Nuovo Cimento 5 (1) (1957) 21.

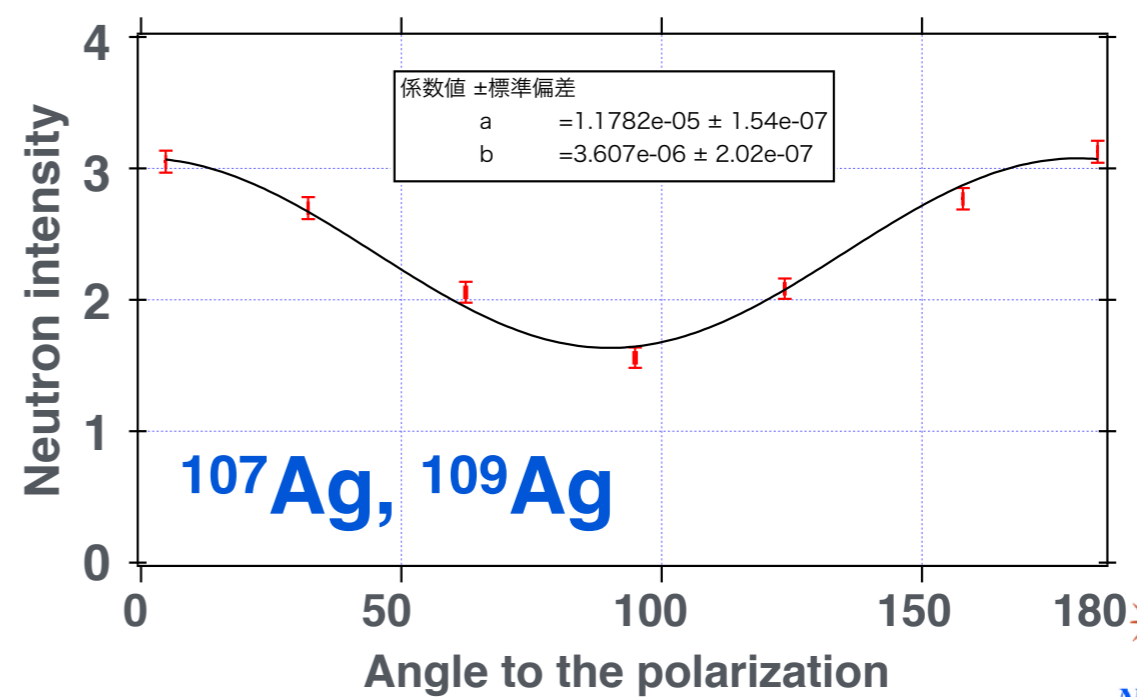
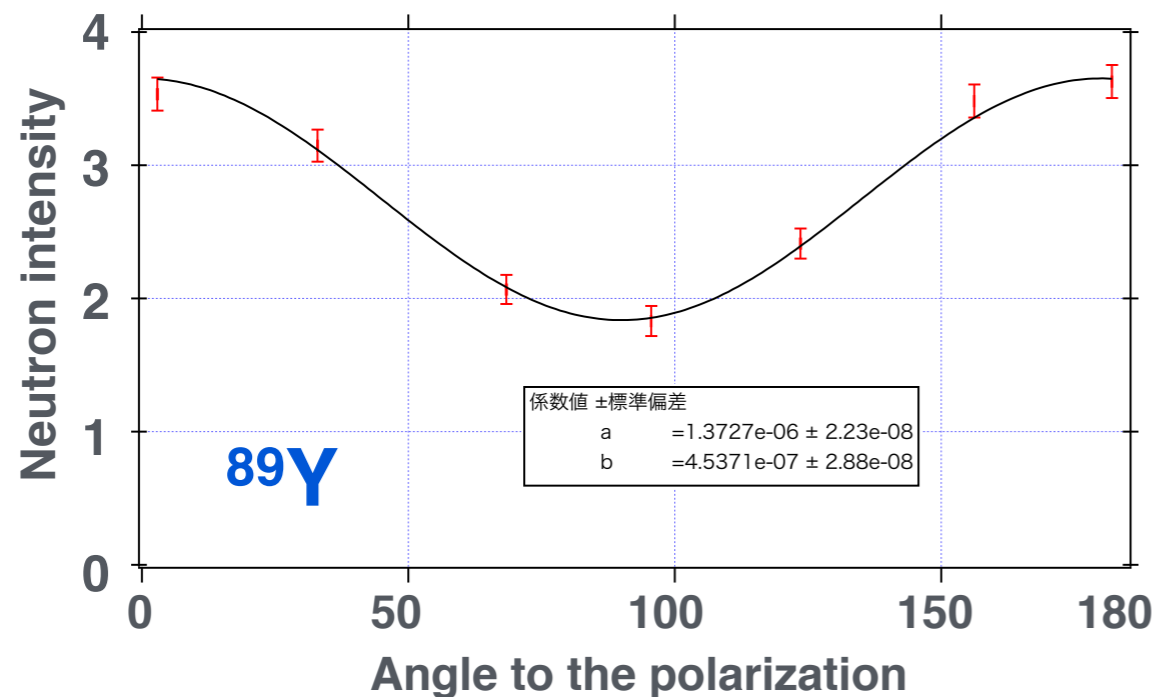
中性子放出分布の偏光依存性計測

16.7 MeV γ -ray

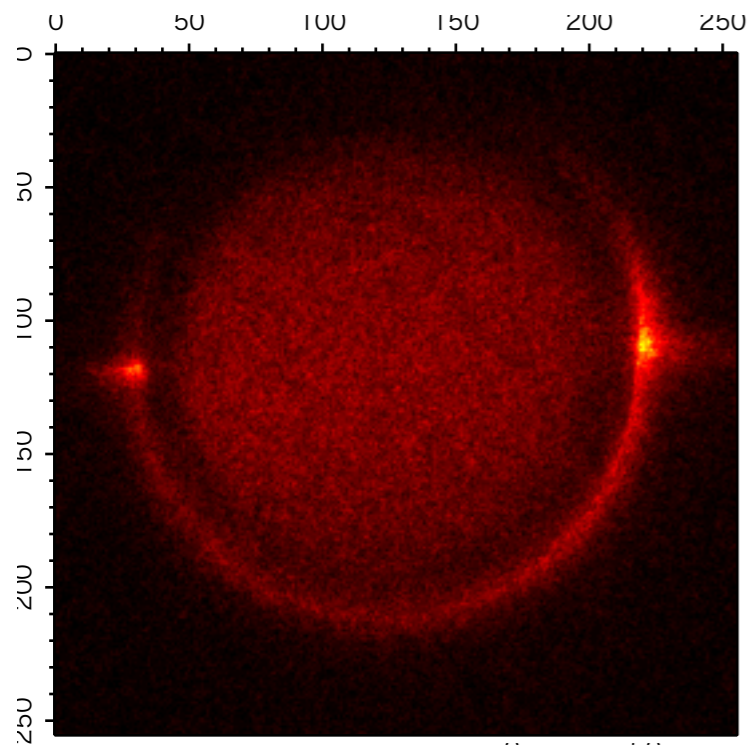


The solid lines show a function in form of $I_n = a + b \cdot \cos(2\phi)^*$.

K.Horikawa, et al., Physics Letters B, 737, pp.109-113 (2014).



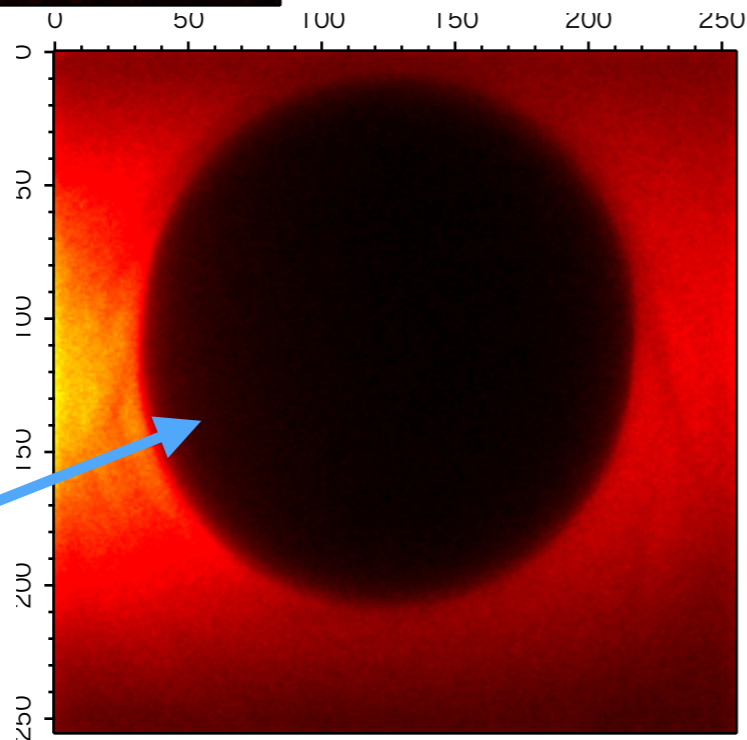
MiniPIXによるターゲットアライメント



collimator
=6mm ϕ

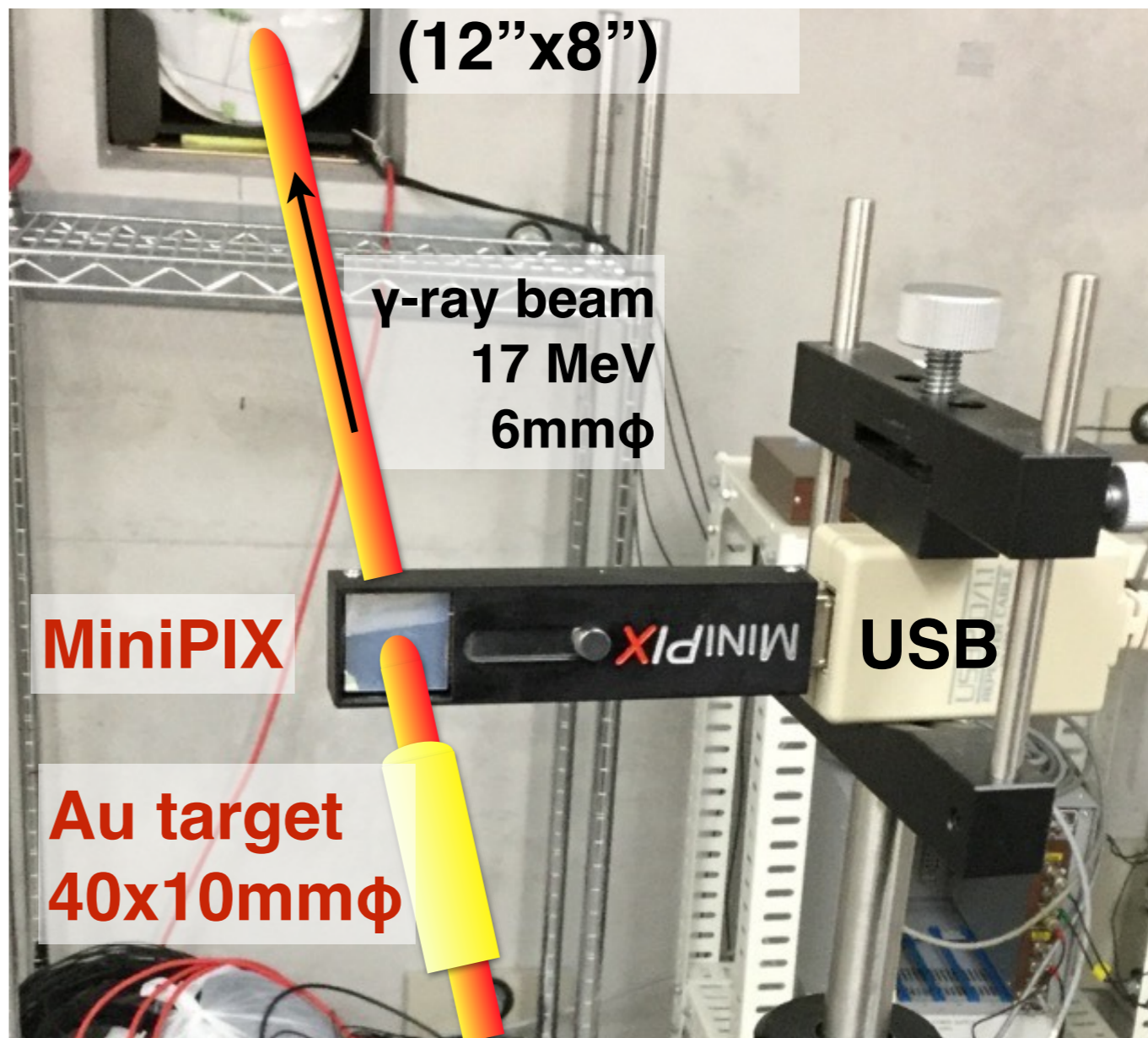
30分積算

no
collimator



金
10mm ϕ

Acquisition time [s]=1800



Nal detector
(12"x8")

γ -ray beam
17 MeV
6mm ϕ

MiniPIX

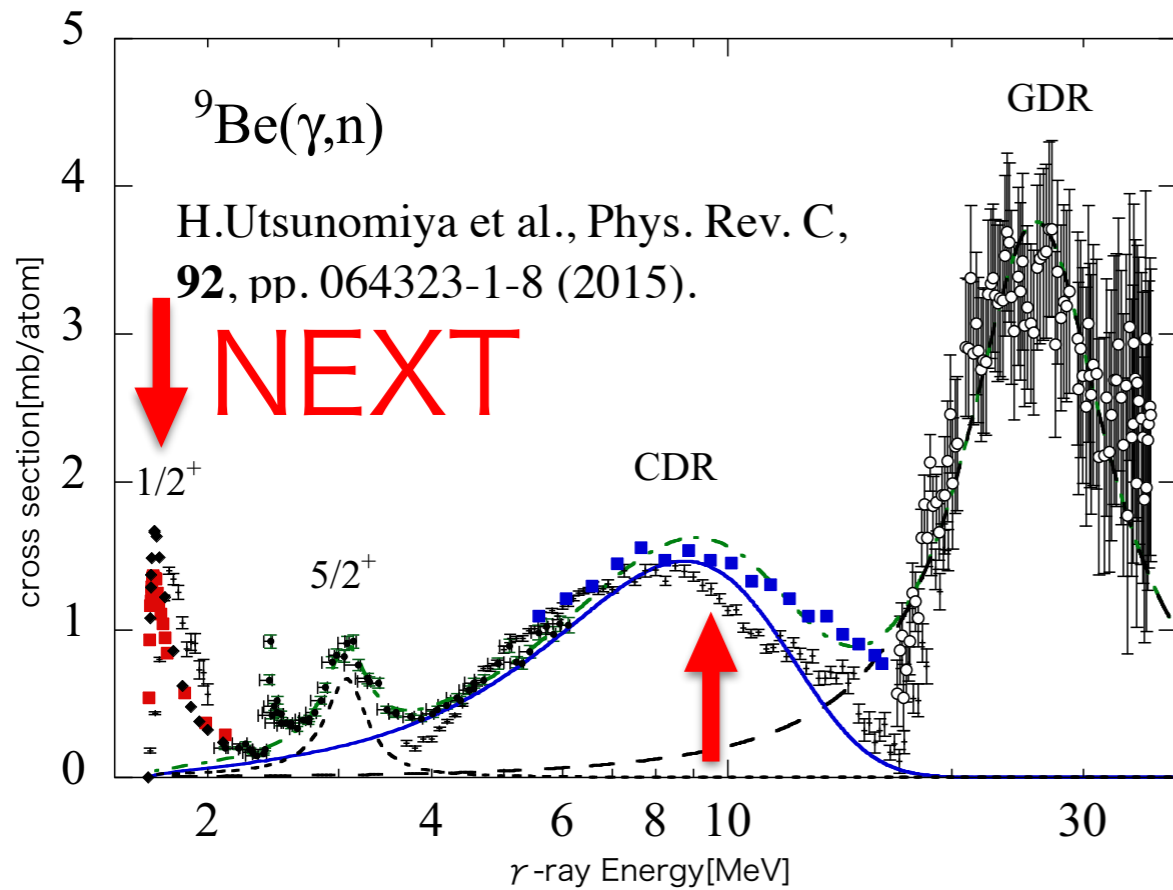
USB

Au target
40x10mm ϕ

MiniPIX
(ADVACAM)

55 μ m pixel
256x256

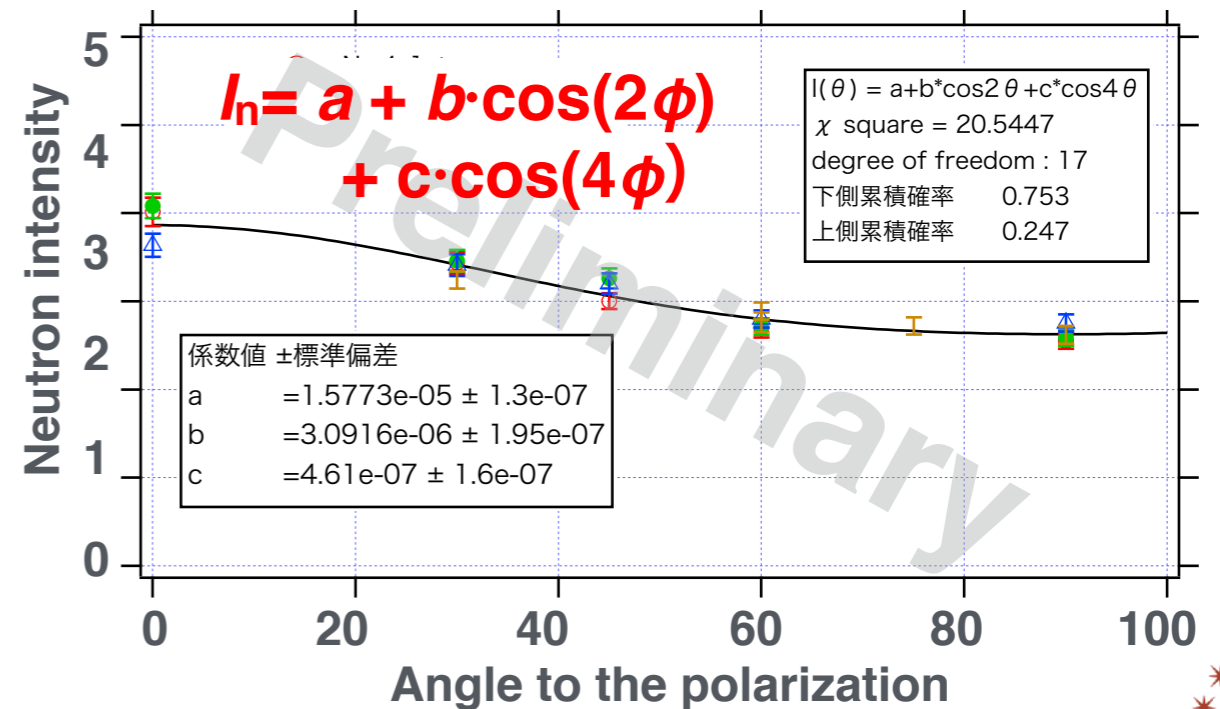
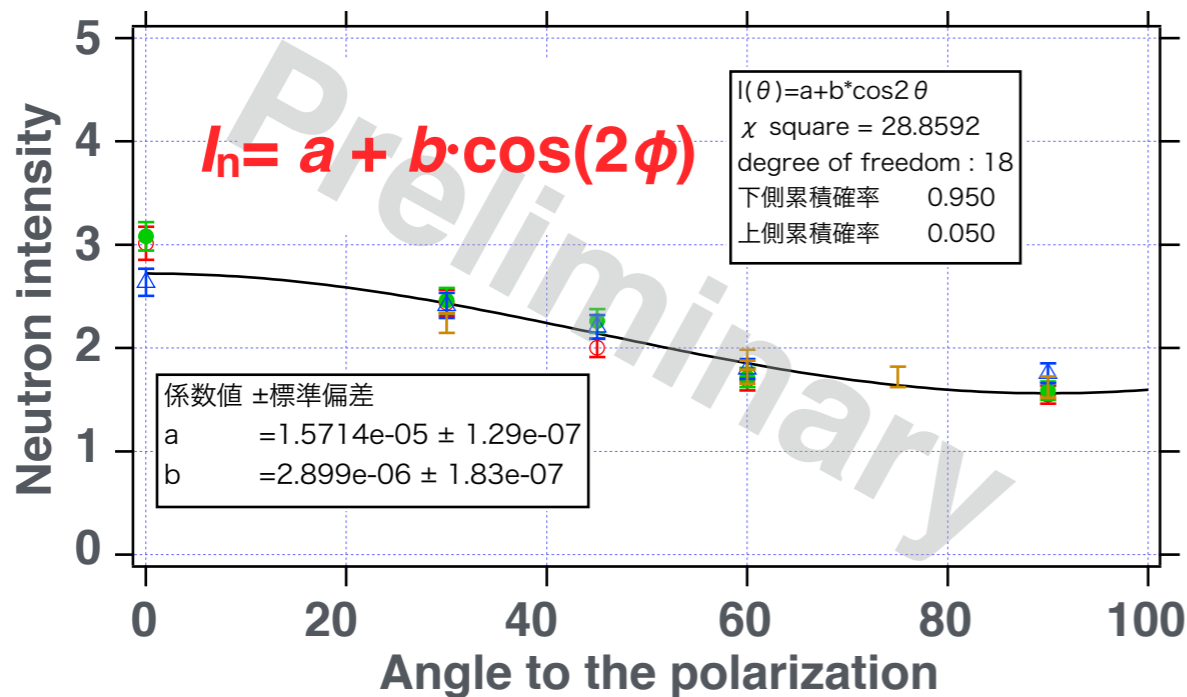
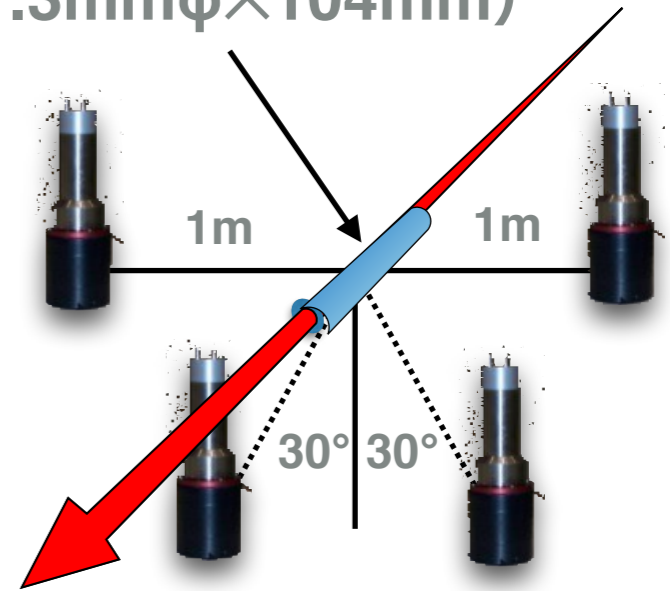
^9Be クラスタ共鳴からの中性子発生偏光依存



^9Be target (7.3mm ϕ × 104mm)

neutron detectors

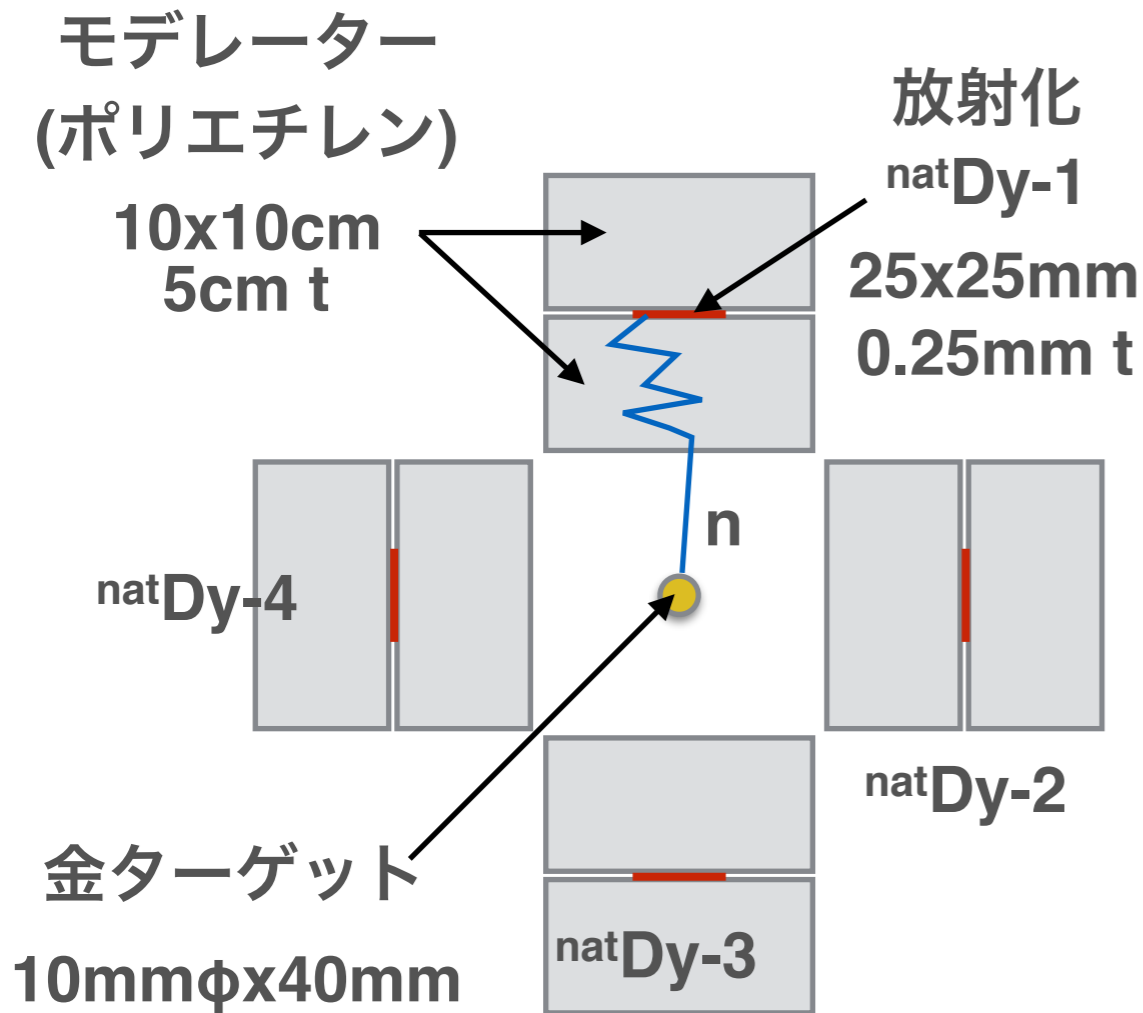
γ -ray



カウント数を増やした計測精度向上が必要。

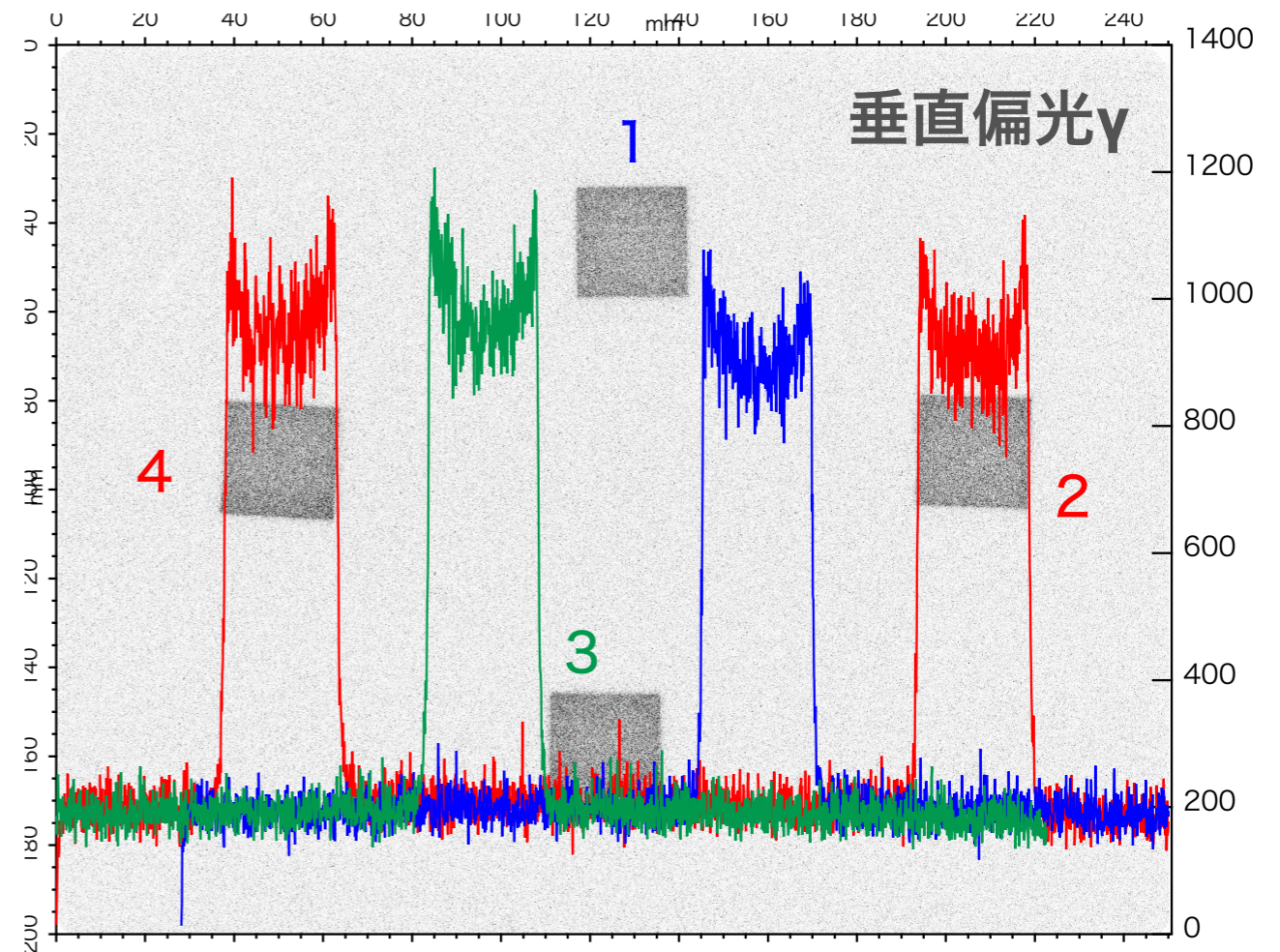
放射化法による中性子放出角度分布測定

放射化計測では中性子の偏光依存は弱く見える



電子ビーム： 1GeV / 300mA
レーザー： 1.064nm / 17W
γエネルギー： 16.7 MeV (20%)
γフラックス： 5×10^6 γ/s
照射時間： 4 時間

$^{164}\text{Dy}(n)$ $^{165}\text{Dy}(\beta^-)$ ^{165}Ho
崩壊をイメージングプレートに転写



放射化サンプル内に強度分布が
観測された。モデレーターの最
適設計が必要。

Thank you !

Last



University of HYOGO

謝辞：本研究は、以下の支援のもと行われた。

(1) JST A-STEP 課題番号：AS2721002c

「コンパクト中性子源とその産業応用に向けた基盤技術の構築／レーザー駆動
中性子源の開発と高速ラジオグラフィへの応用」

(2) 科学研究費補助金 基盤研究(B) 研究課題番号 15H03665

「直線偏光ガンマ線で生成された中性子非対称性測定による新しいプローブ」

