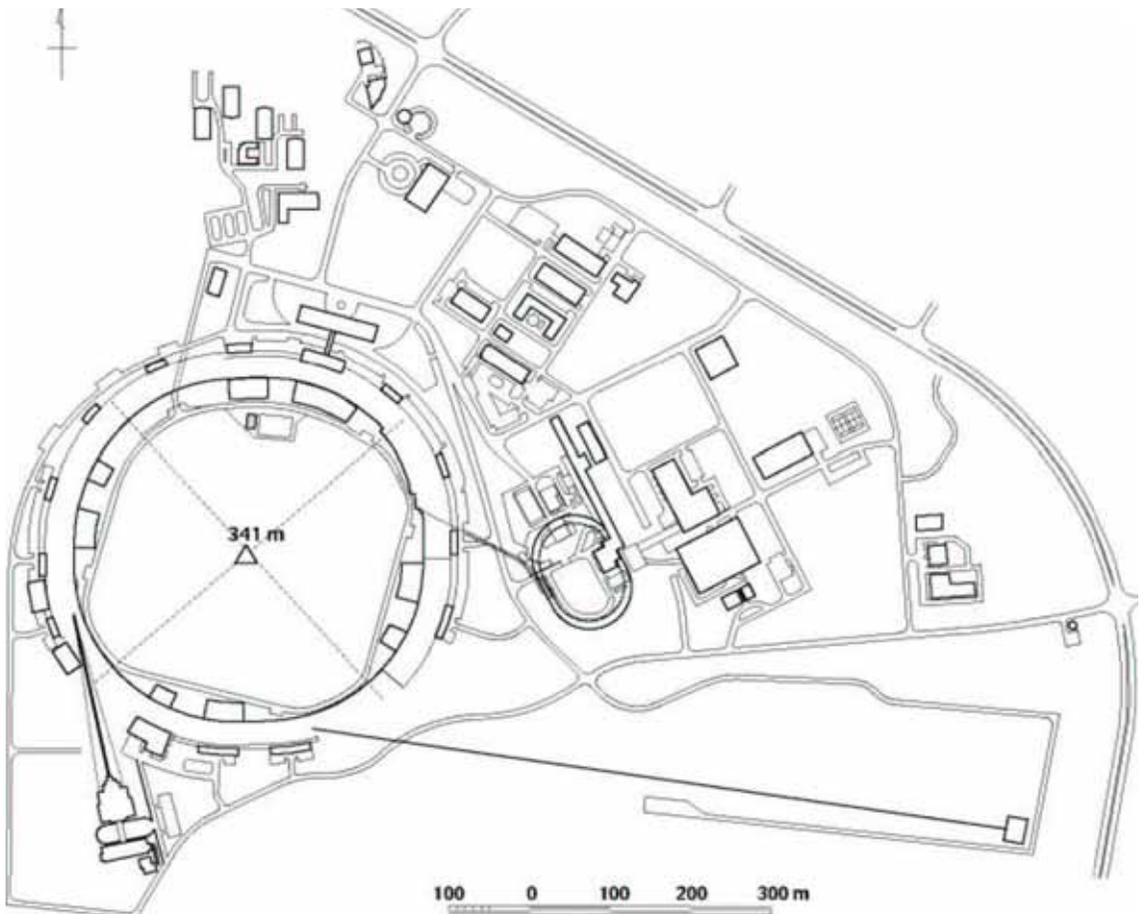


# 放射光による中性子源の可能性

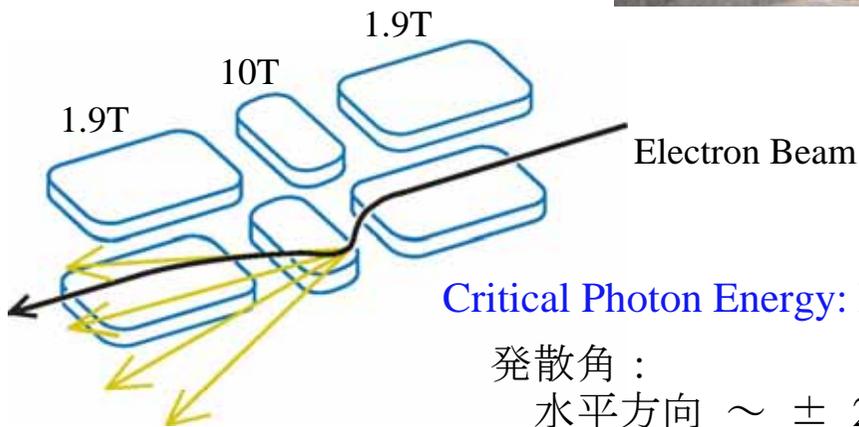
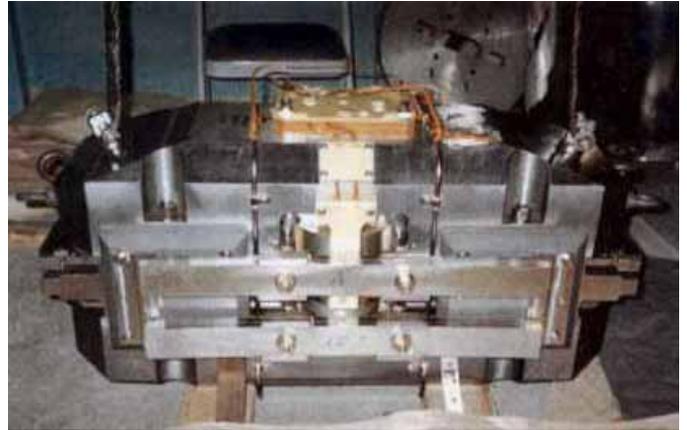
平成17年11月 18日  
京都大学化学研究所

SPring-8 米原 博人

# SPring-8概観



# SCW磁石

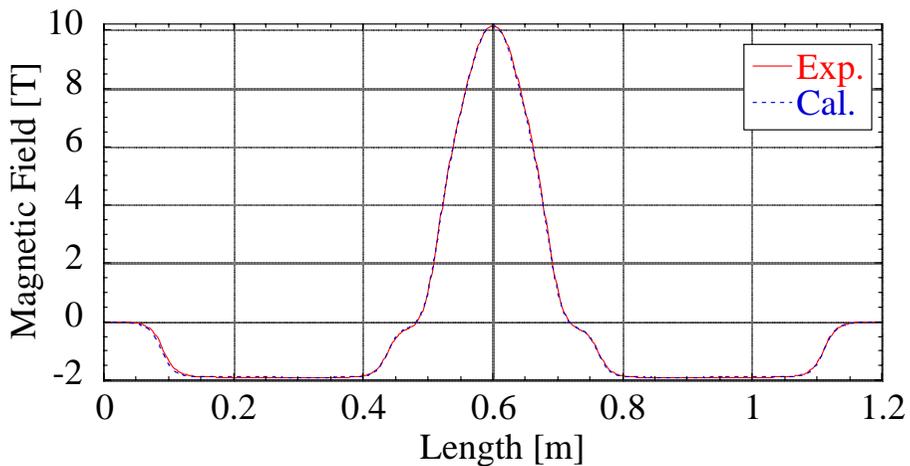


Critical Photon Energy:  $E_c = 426 \text{ keV}$

発散角：

水平方向  $\sim \pm 25 \text{ mrad}$

垂直方向  $\sim \pm 25 \mu\text{rad}$  for  $1 \text{ MeV } \gamma$

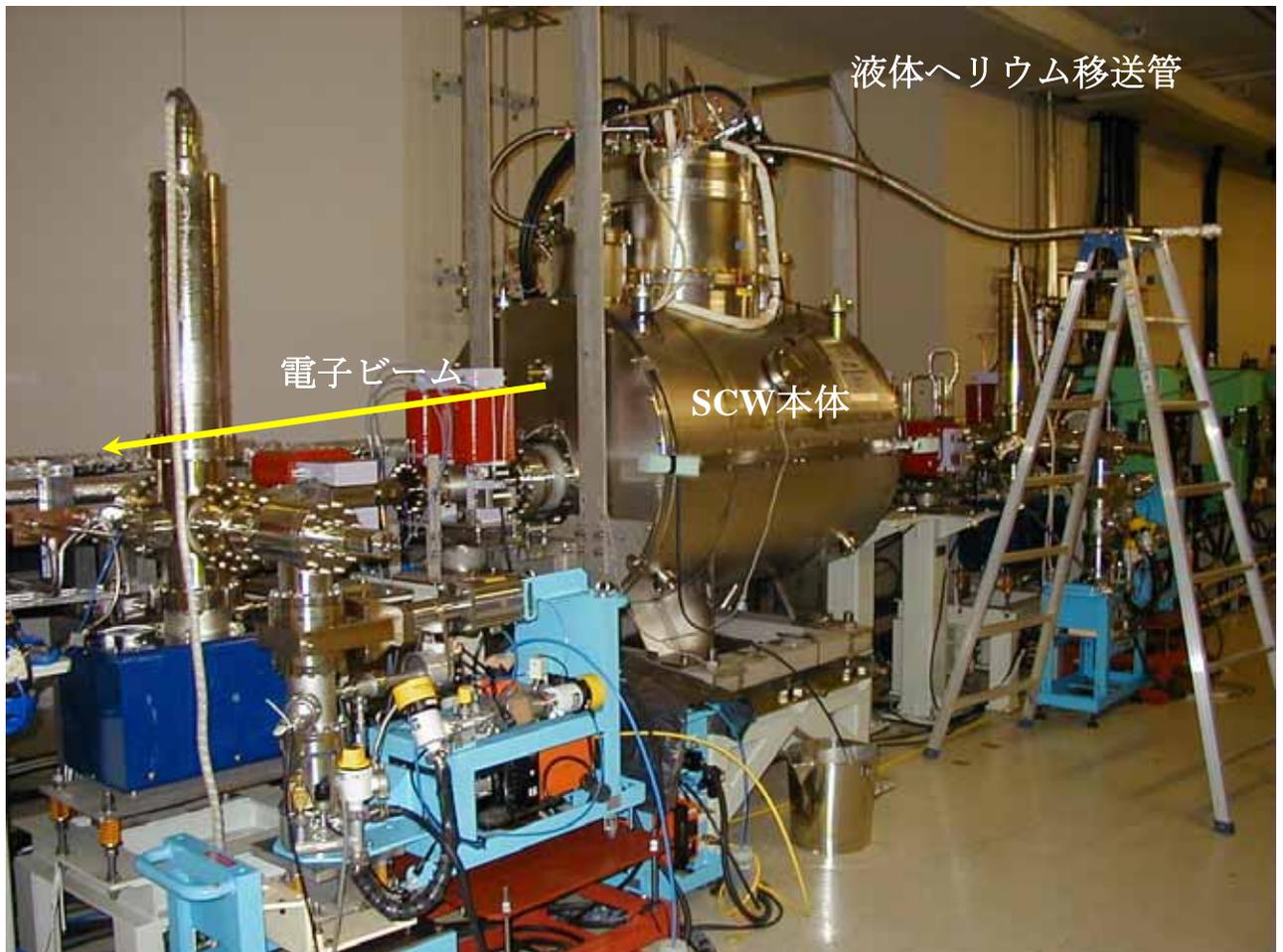


パワーの大部分は Critical Photon Energy  $E_c$  で決まる周波数帯  $\nu_c = E_c/h$  の付近に放射される。

by K.Soutome

# SCW、蓄積リングに設置

## Cell-05 Normal Straight

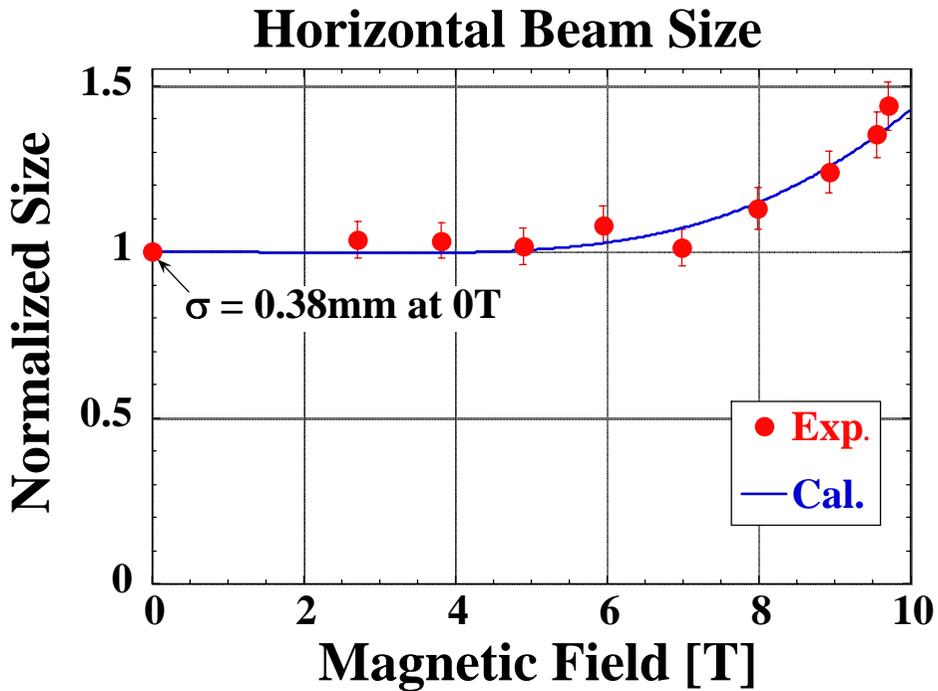
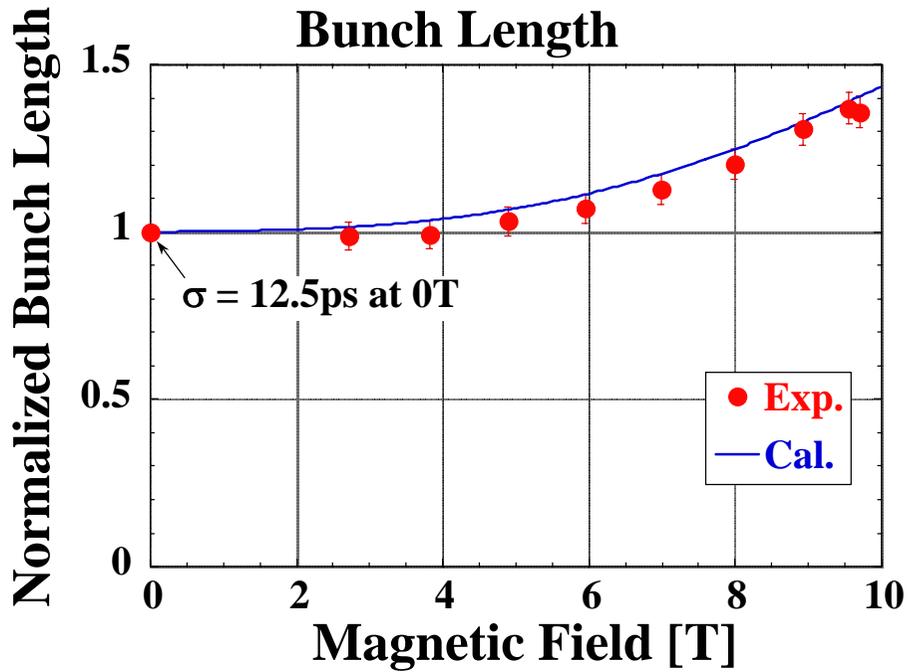


2002年8月 SCW を SPring-8 蓄積リングに設置。

- ・ SCW励磁のまま入射実現。
- ・ ビームへの影響観測。

現在は、蓄積リングから撤去し、実験室で各種試験。

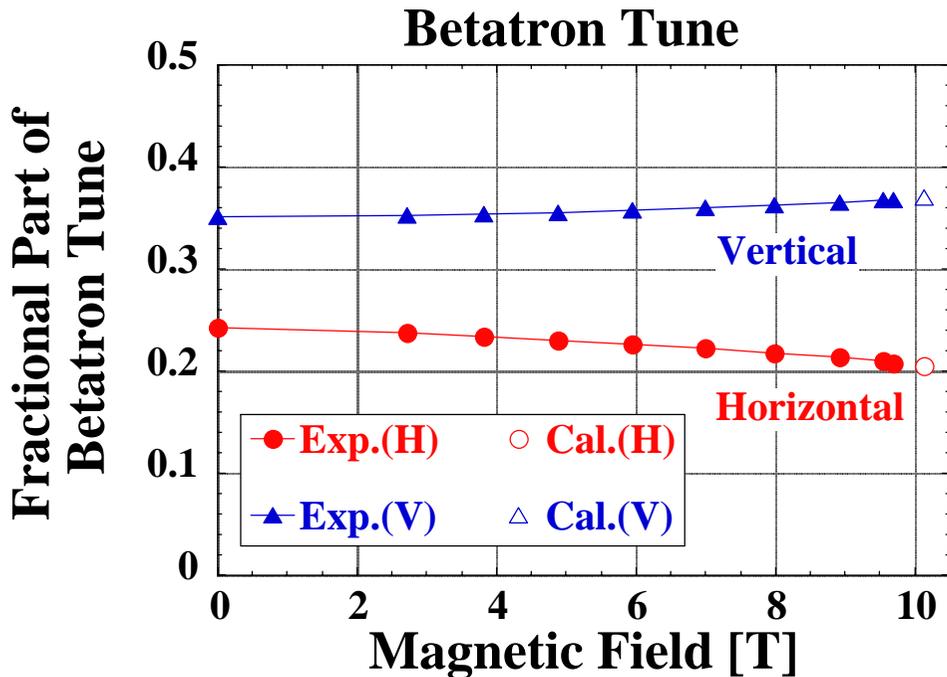
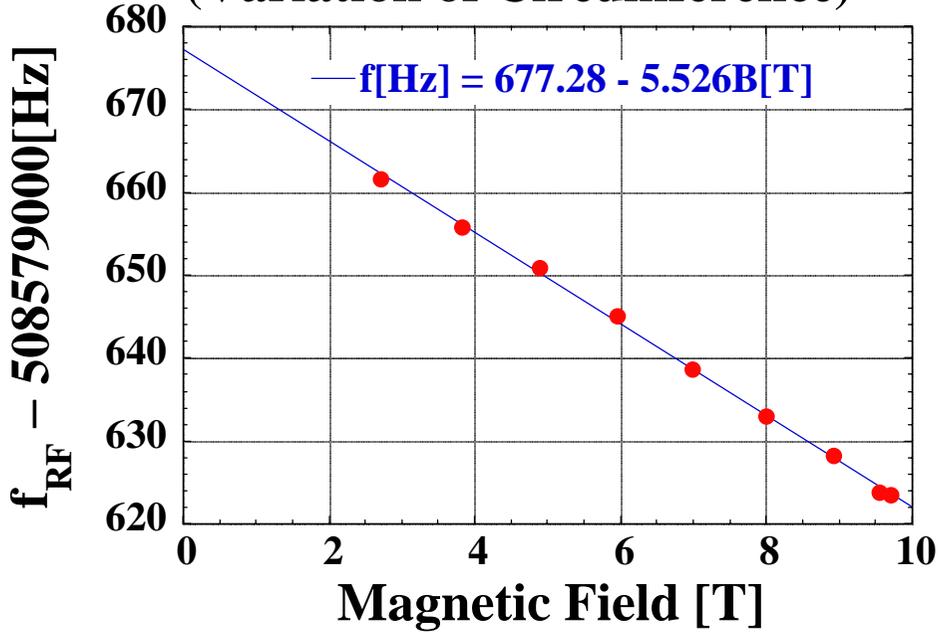
# 電子ビームへの影響



バンチ長（上図）と入射部での水平ビームサイズ（下図）の変化。縦軸は、0T 時の値で規格化した量。

# 電子ビームへの影響

## RF Frequency (Variation of Circumference)



RF 加速周波数（上図）とベータトロンチューン（下図）の変化。10T 励磁時の RF 加速周波数の変化は -55Hz であり、これは周長の変化にして +0.155mm に相当する。

# 懸案あるいは問題点 1

- 1) エミッタンス増大  
調整用四極、六極電磁石追加



長直線部Cを想定

## 非対称リングの研究

SCW励磁時、1.3倍程度まで回復

- 2) 軌道再現性  
磁場漏洩を鉄材で囲み、抑制  
完全飽和から低磁場部まで分布



SCW励磁停止後、**強い残留磁場**

緊急停止後のビーム軌道；

ビーム運転を通して、確立。

## 懸案あるいは問題点 2

### 3) 除熱

10-T SCW 光パワー 22 W/mrad/mA は、  
偏向電磁石 (0.68 T) 1.5 W/mrad/mA の15倍

専用光吸収体付き真空槽 新規製作

光吸収体のため、長い距離必要；長直線部

### 4) 放射線防護

水平方向発散角  $\pm 25$  mrad；真空ダクト直撃

年間積算 (100 mA, 5,000 hr) 量； $> 6 \times 10^9$  Gy

→ 高分子系絶縁物にとり重大な損傷

エネルギー高く、鉛遮蔽厚 400 mm

真空槽は新規開発

## 懸案あるいは問題点 3

5) 液体ヘリウム消費量改善・完全再液化  
現状；**10日間連続励磁**可能。



永久電流モードスイッチ (**1W**) の撤去計画

いずれは、

完全再液化に**SCW**改造

又は、

外部自動補給化

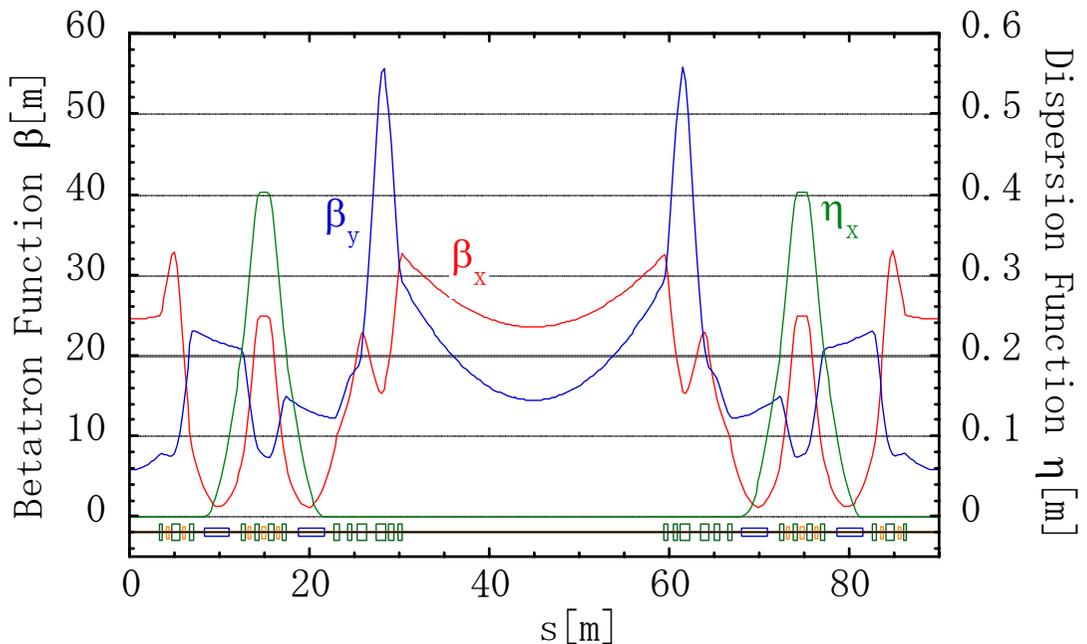
6) **SCW**光本格運用

～ソサイエティの確立

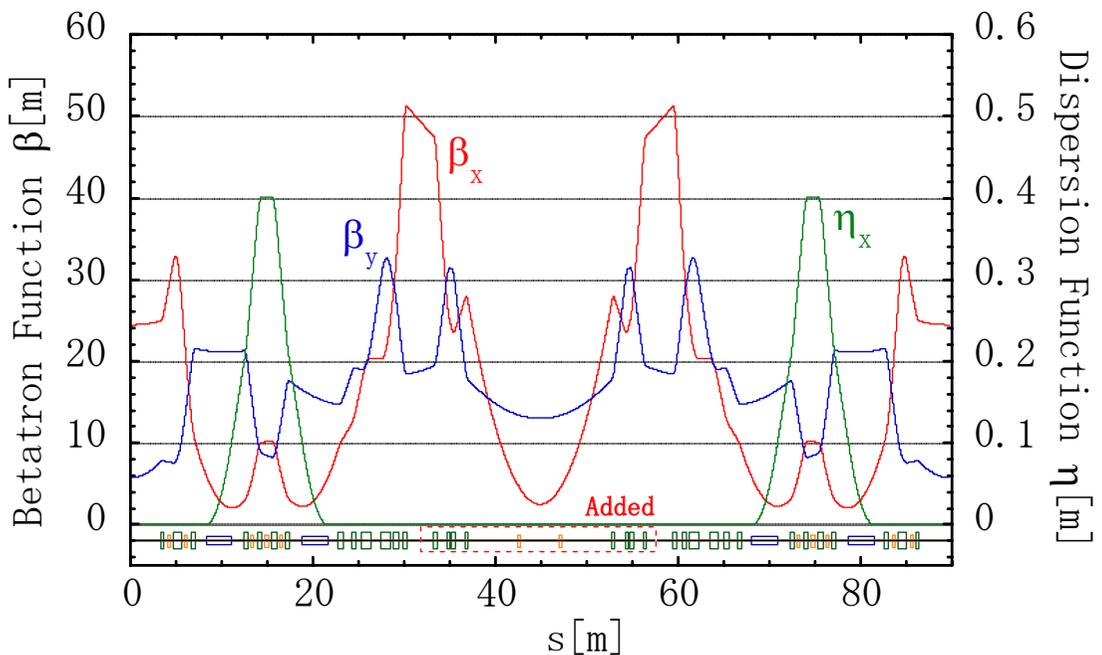
実験ハッチ建設を計画

研究テーマ、資金、人、. . .

## ビーム性能回復のため長直線部変更

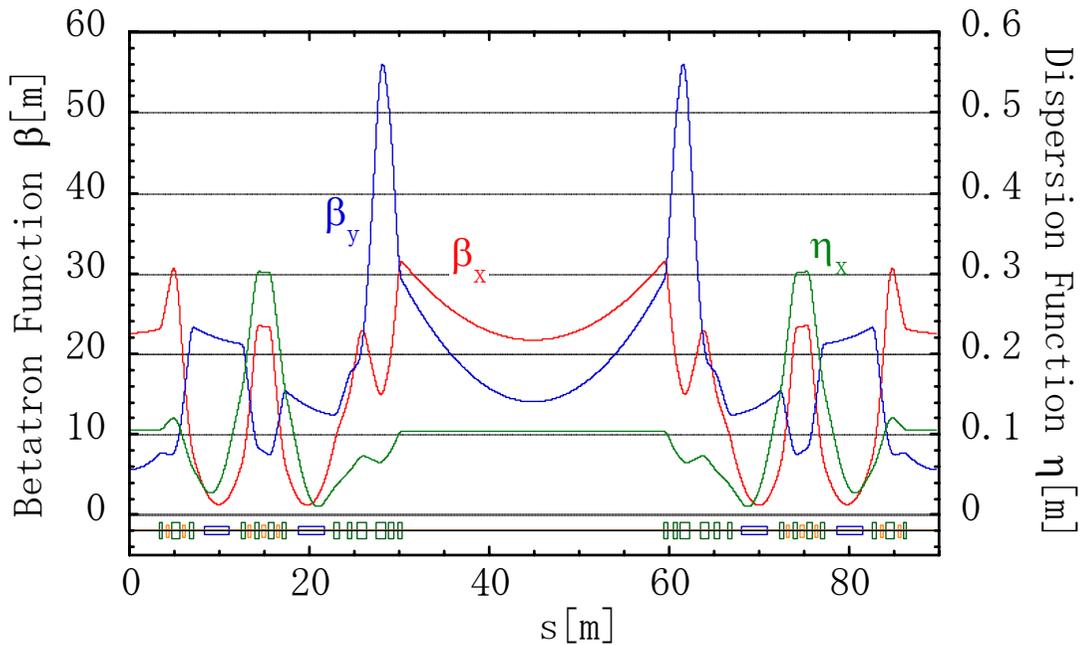


変更前の LSS-C ゾーンのエプトイクス。電磁石の並びも示す。青色は偏向電磁石、緑色は4極電磁石、橙色は6極電磁石。

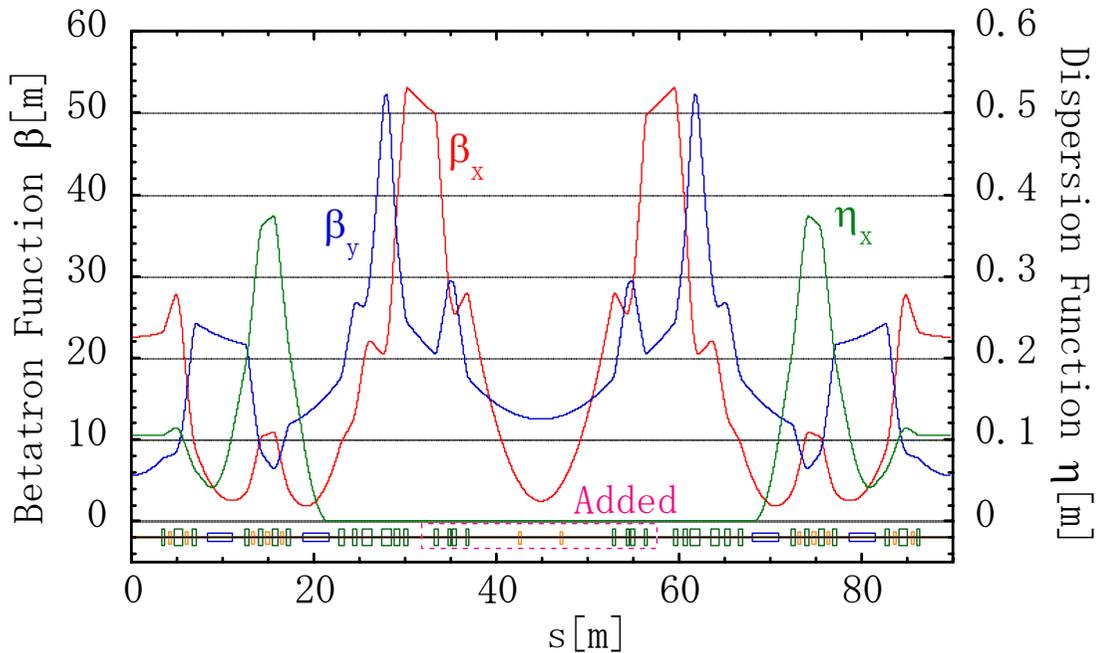


変更後の LSS-C ゾーンのエプトイクス。"Added" とあるものが、今回の試験用に追加した電磁石の並びである。

# ビーム性能回復のため長直線部変更

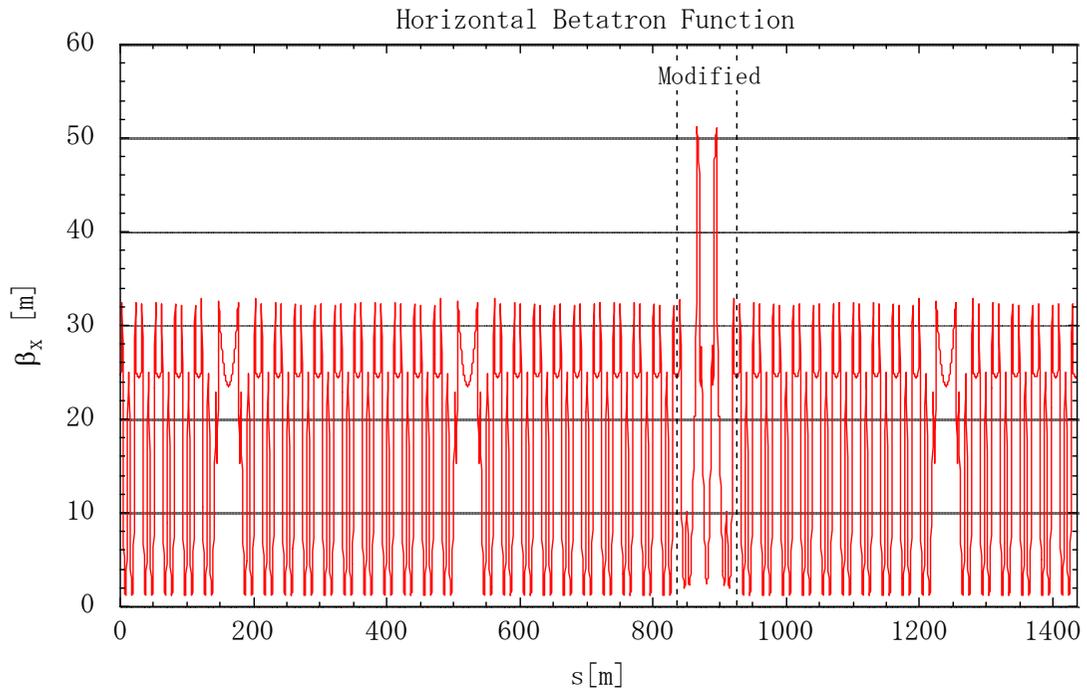


低エミッタンス・オプティクス 変更前

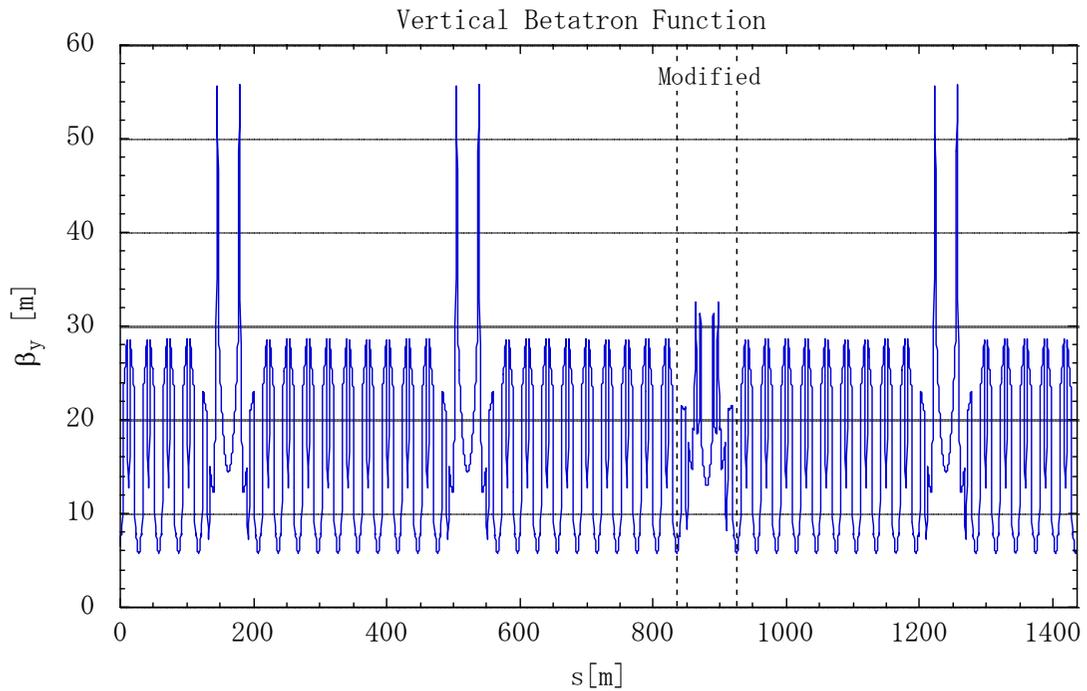


低エミッタンス・オプティクス 変更後

# オプティクス変更

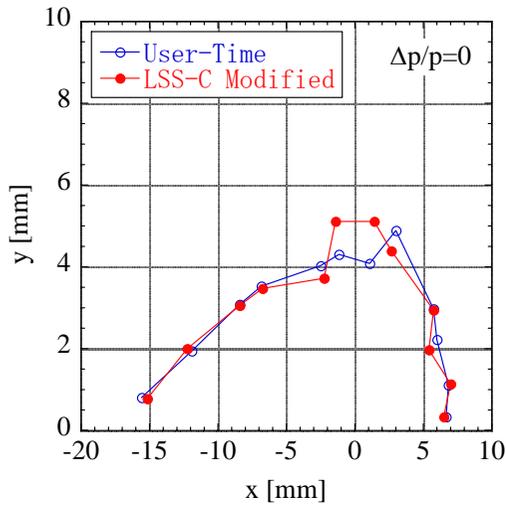


オプティクス変更後、リング1周水平ベータトロン関数。

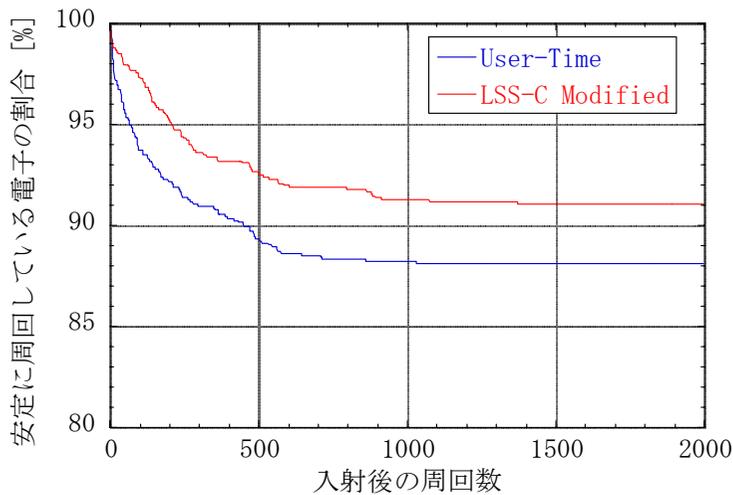
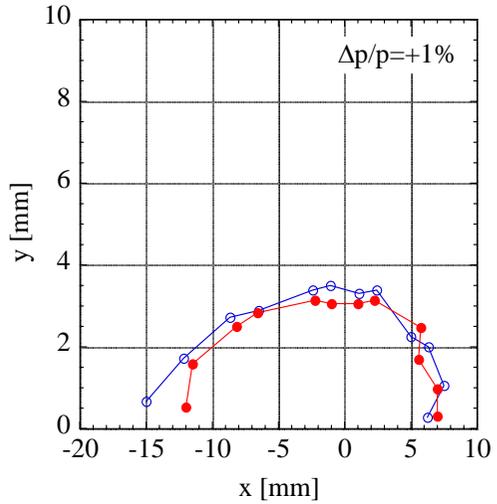
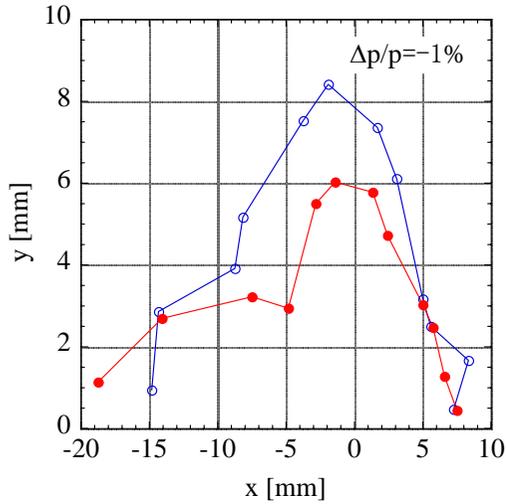


オプティクス変更後、リング1周垂直ベータトロン関数。

# ビーム入射



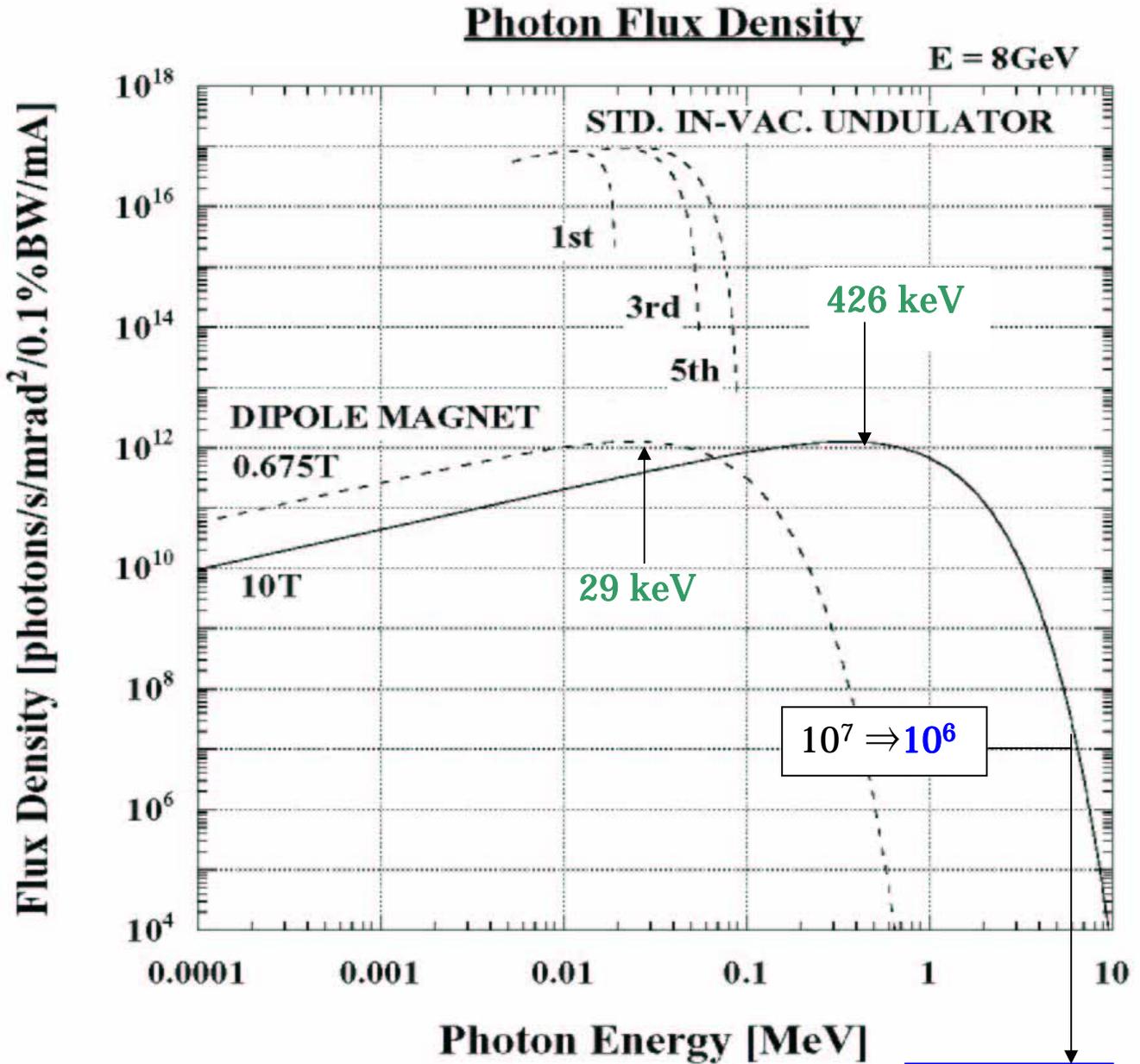
蓄積リング入射点での  
ダイナミック・アパー  
チャーの計算値。



入射効率の計算。

# 10-T SCW Synchrotron Radiation

by K.Soutome

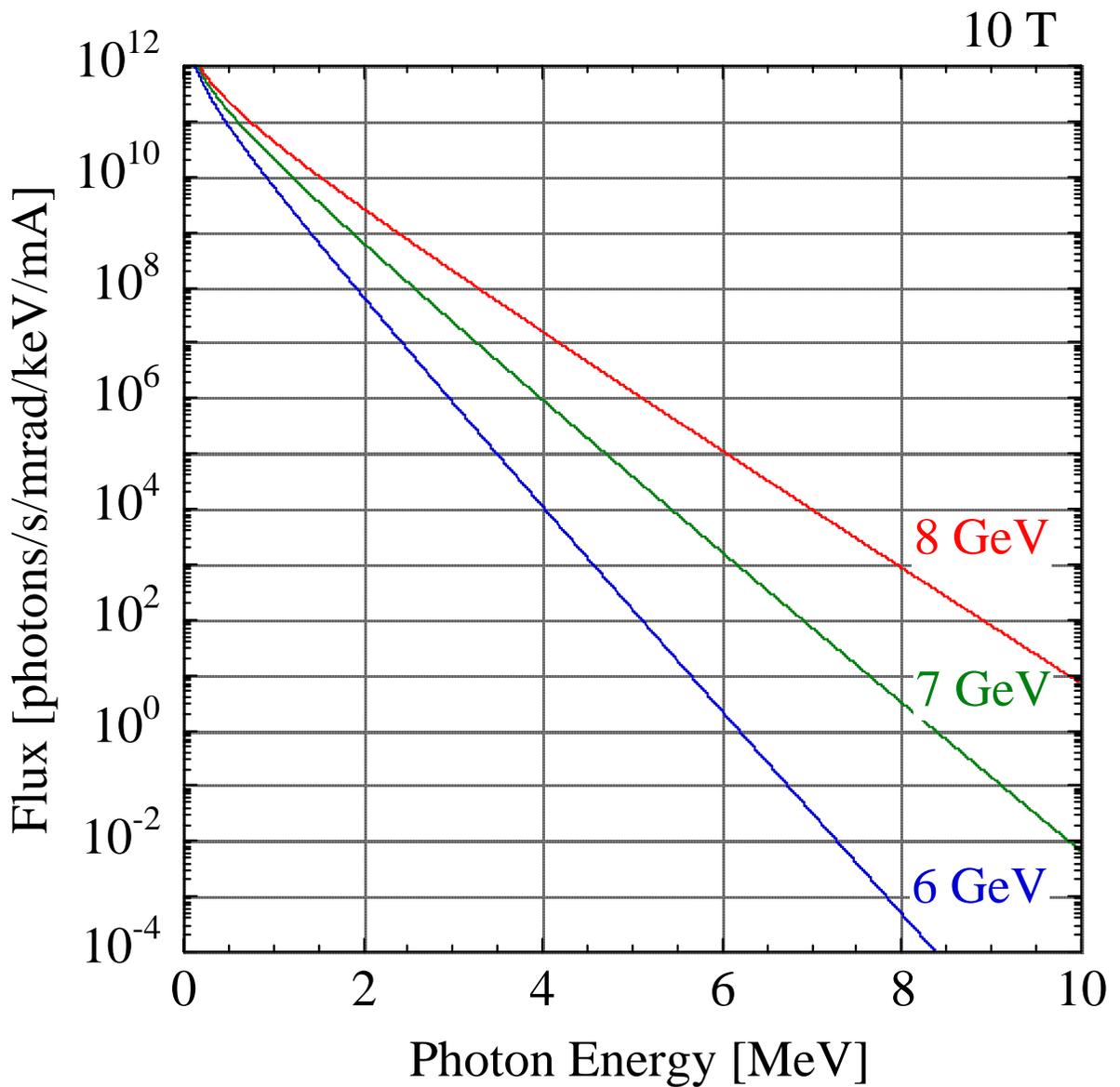


$$E_c[\text{keV}] = 0.665 \times E_e[\text{GeV}]^2 \times B[\text{T}]$$

**≤ 6 MeV**

	$E_e$	$E_c$
10-T SCW +		
SPring-8	8 GeV	426 keV
APS	7 GeV	326 keV
ESRF	6 GeV	239 keV

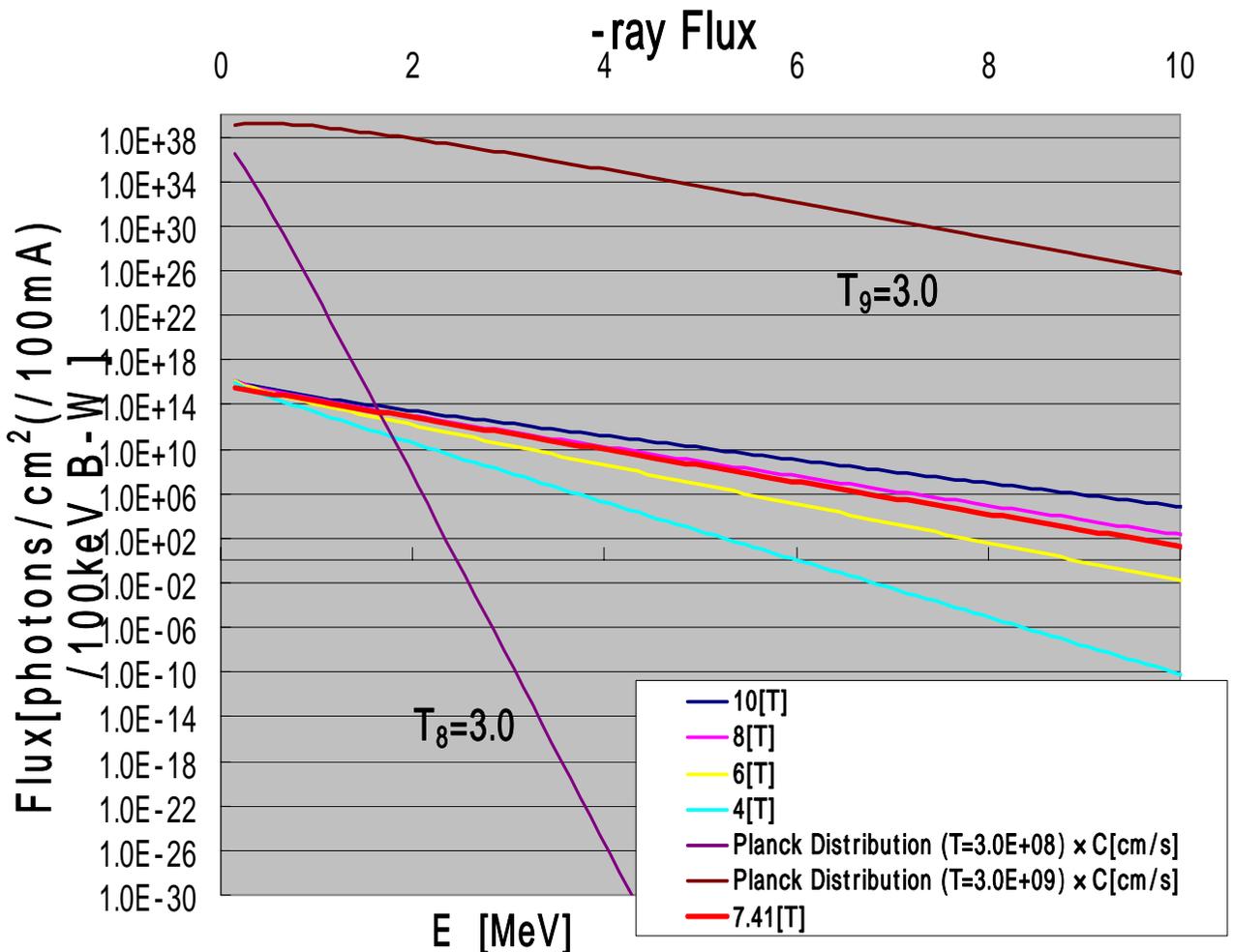
# ビームエネルギーによる放射光フラックスの違い



# SCW放射光による直接測定

( $\gamma, n$ ) 反応率  $\lambda(T) = \int_0^{\infty} c n_{\gamma}(E, T) \sigma_{\gamma}(E) dE$

- 超新星爆発時の高温の熱浴 ( $T_9 = 1.7 - 3.3$ ) で得られるガンマ線のエネルギー分布を良く再現する。 $\gamma$ -processの研究に最適
- 中性子閾値エネルギーでも大強度  $10^8 - 10^9$  photons/sec/MeV

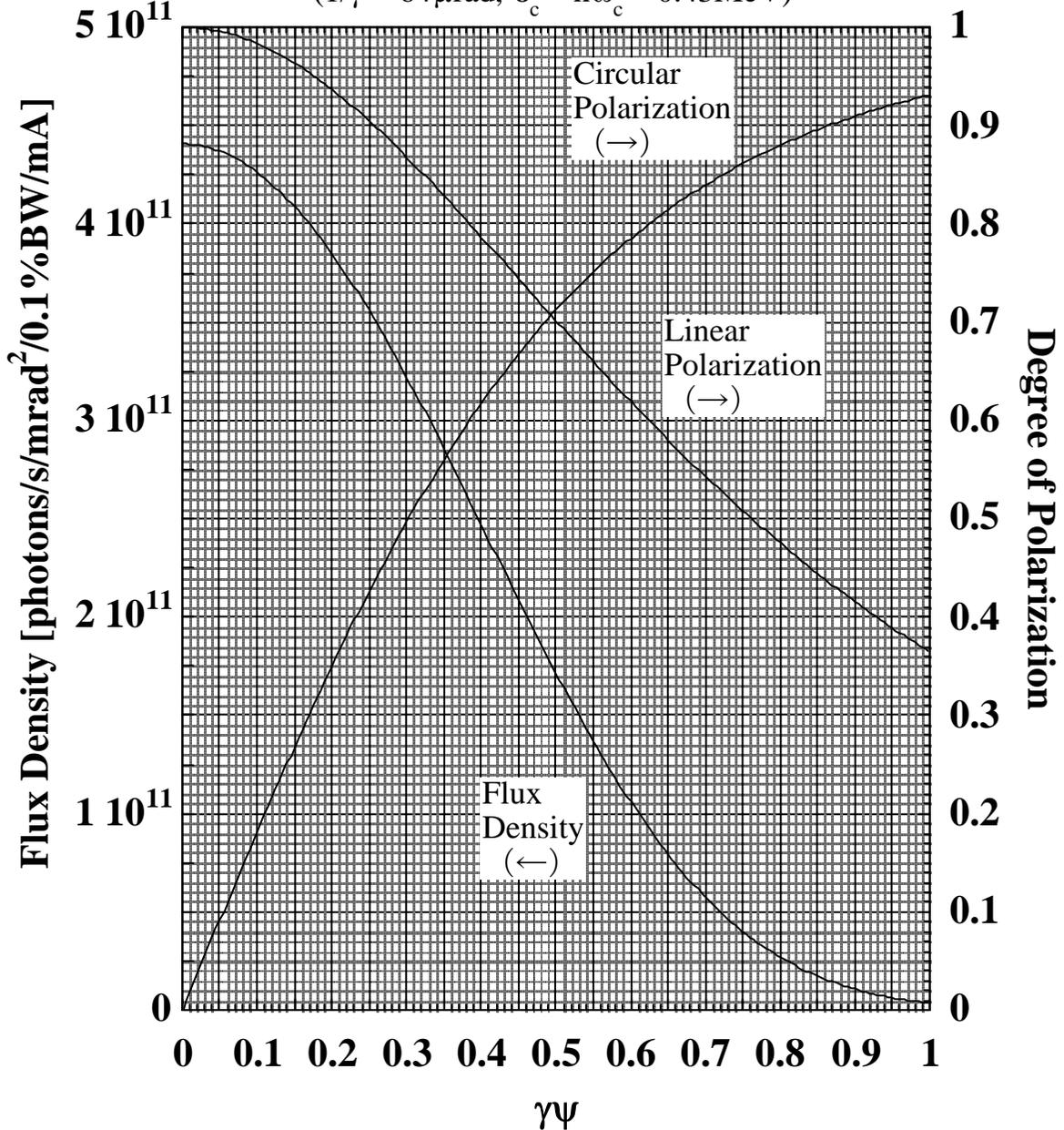


by H.Utsunomiya

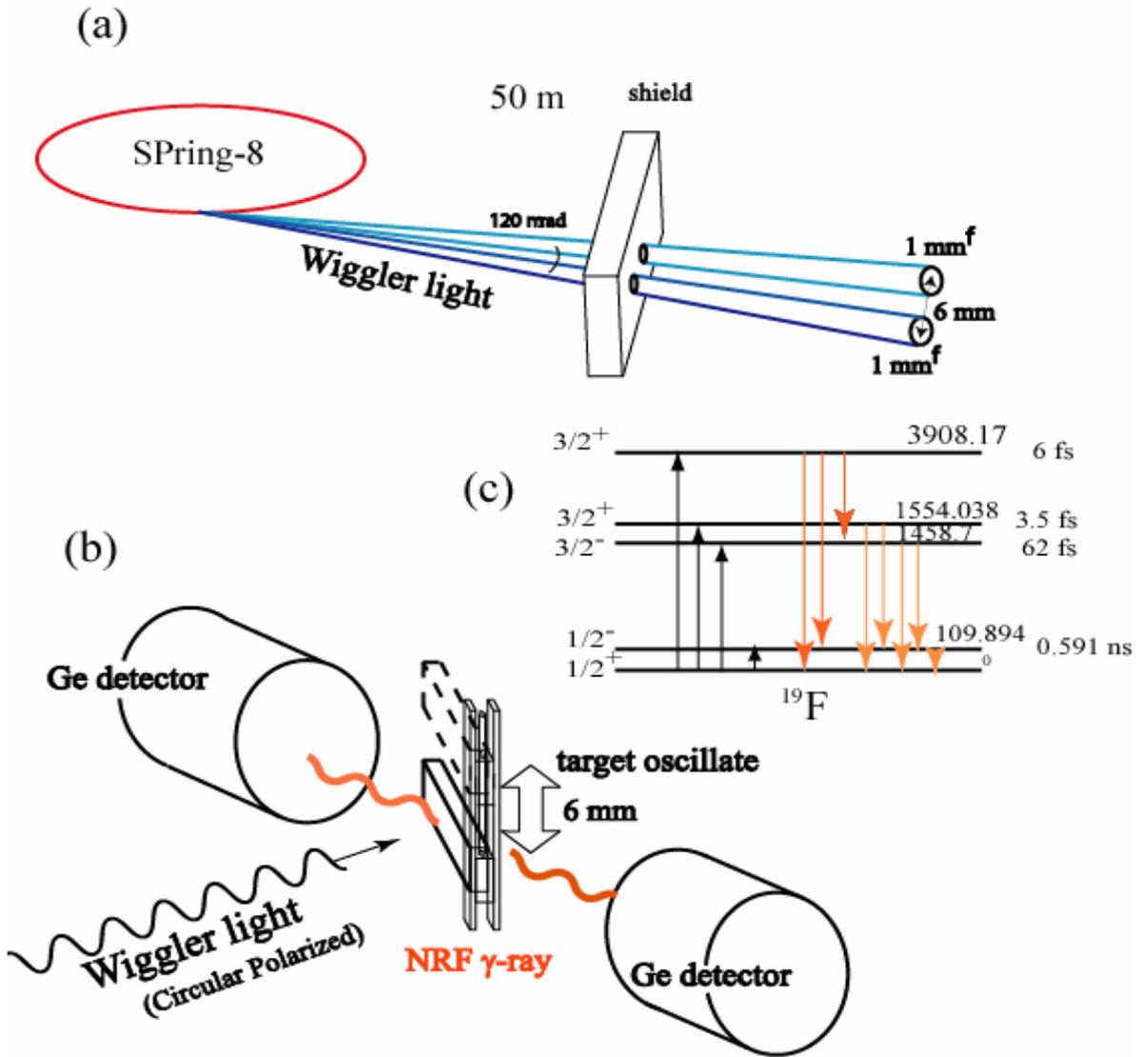
## Polarization of Photons

$$E = 8\text{GeV}, B = 10\text{T}, \omega/\omega_c = 3$$

$$(1/\gamma = 64\mu\text{rad}, \varepsilon_c = \hbar\omega_c = 0.43\text{MeV})$$



SCW光の偏光度と光子密度（光エネルギー; Critical Energy の3倍の  $1.3\text{MeV}$ 、エネルギー幅;  $1.3\text{keV}$ ）。 $\gamma\psi = 0$  は SCW の median plane を示し、 $\gamma\psi$  の反対側では Circular Polarization の向きが反対になり、偏光度は等しい。



(a) ウィグラー光の分離はウィグラーから適当な距離の位置に設置した二つの穴をもつシールドで行う。(b) ターゲット駆動装置とゲルマニウム検出器。(c)  $^{19}\text{F}$  の励起レベル。 $^{19}\text{F}$  の基底状態は  $1/2$  のスピんでパリティが異なる  $109.89\text{keV}$  の第一励起準位と接近しているので大きなパリティ非対称効果が観測される。

by M.Fujiwara

# ソレノイド磁場による陽電子の輸送の評価

by K.Soutome

陽電子生成条件

【 SCW : 10T, Window: Al 3mm,  
SR Aperture : +1.69mrad, -0.69mrad 】

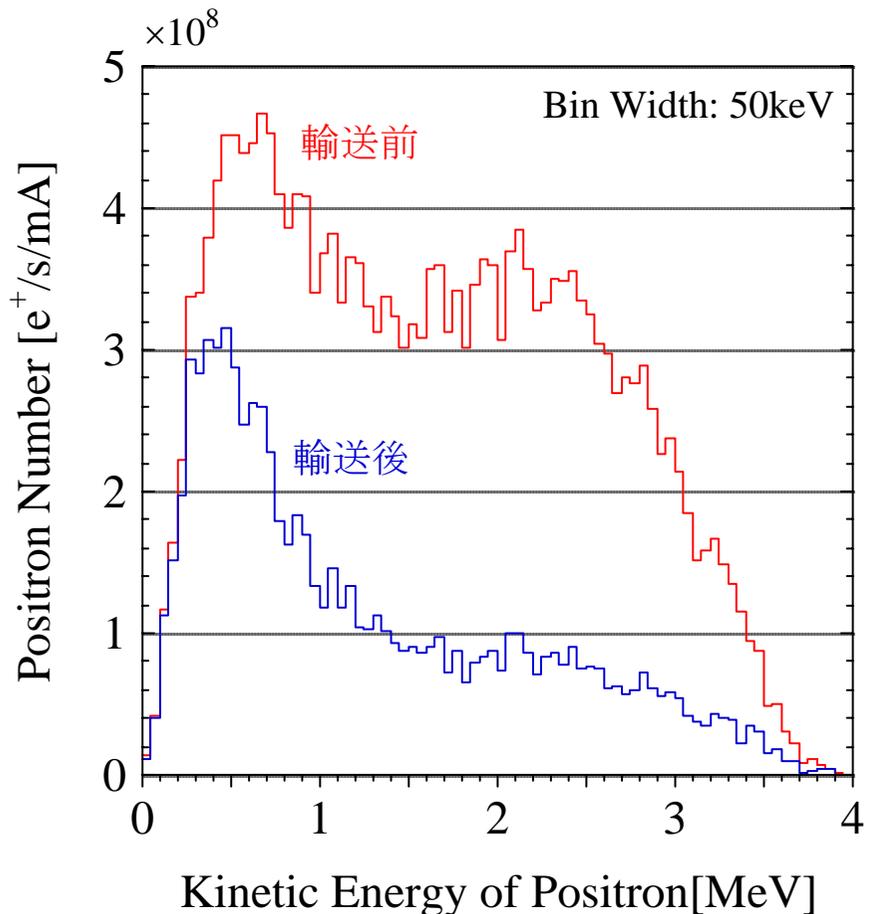
ソレノイド

【磁場 : 0.1T, 直径 : 100mm 】

陽電子数

【輸送前 :  $1.6 \times 10^{10}$  [e<sup>+</sup>/s/mA],  
輸送後 :  $6.1 \times 10^9$  [e<sup>+</sup>/s/mA] 】

効率 : 38%



超伝導ウィングラによる高エネルギー放射光利用実験提案書  
(案 Ver.3.1)

July 31, 2003 Ver3-1; September 29, 2003 米原 博人  
天体核物理 ; 宇都宮 弘章、静間 俊行、後神 進史  
原子核パリティ非保存実験 ; 藤原 守  
コンプトン散乱による物性研究 ; 坂井 信彦

提案主旨 ;

- SPring-8光子エネルギー領域拡大 ; 天体核物理、原子核物理分野。  
数MeV以下の適当な $\gamma$ 線源が無い。光子エネルギーの連続性
- 高い光子エネルギーによる磁気コンプトン散乱実験

- 中性子源の可能性 ;  $10^{12}/s$  [  $\text{Be}^9 (\gamma, n) \text{Be}^8$  ]
- SCW光と陽電子 ( $10^{12}/s$ ) を組合せた実験 ; 新分野・新手法??

数keVから8GeV弱までの光子ビーム : 光子科学実験施設  
+ 光子による陽電子 ( $10^{12}/s$ )・中性子 ( $10^{12}/s$ ) 発生/プローブ



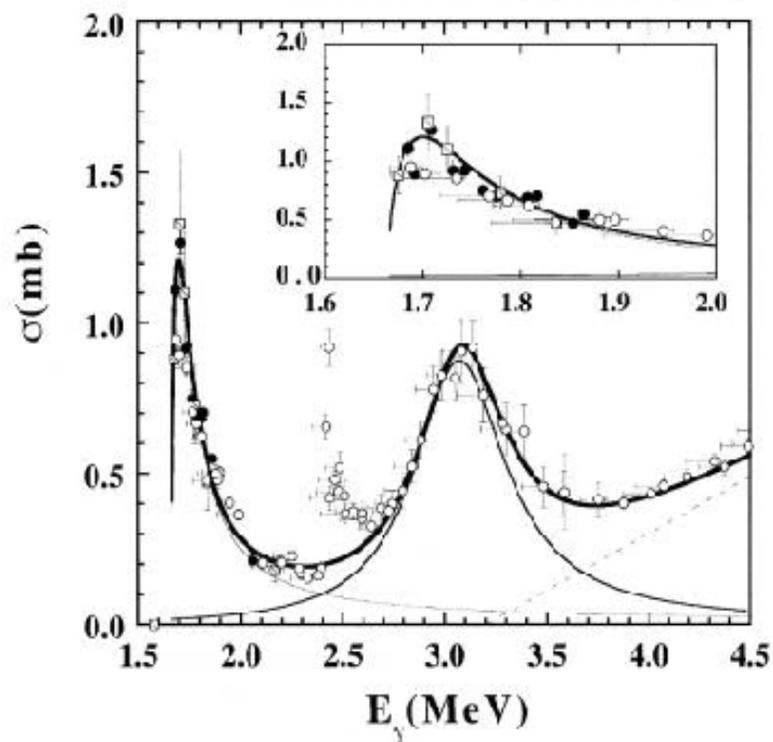
HFR計画への可能性

HFR計画 ; SPring-8 Internal Report: “SPring-8 High Flux Ring 計画加速器検討書”

## ${}^9\text{Be}(\gamma, n)\alpha\alpha$ 断面積 (産総研)

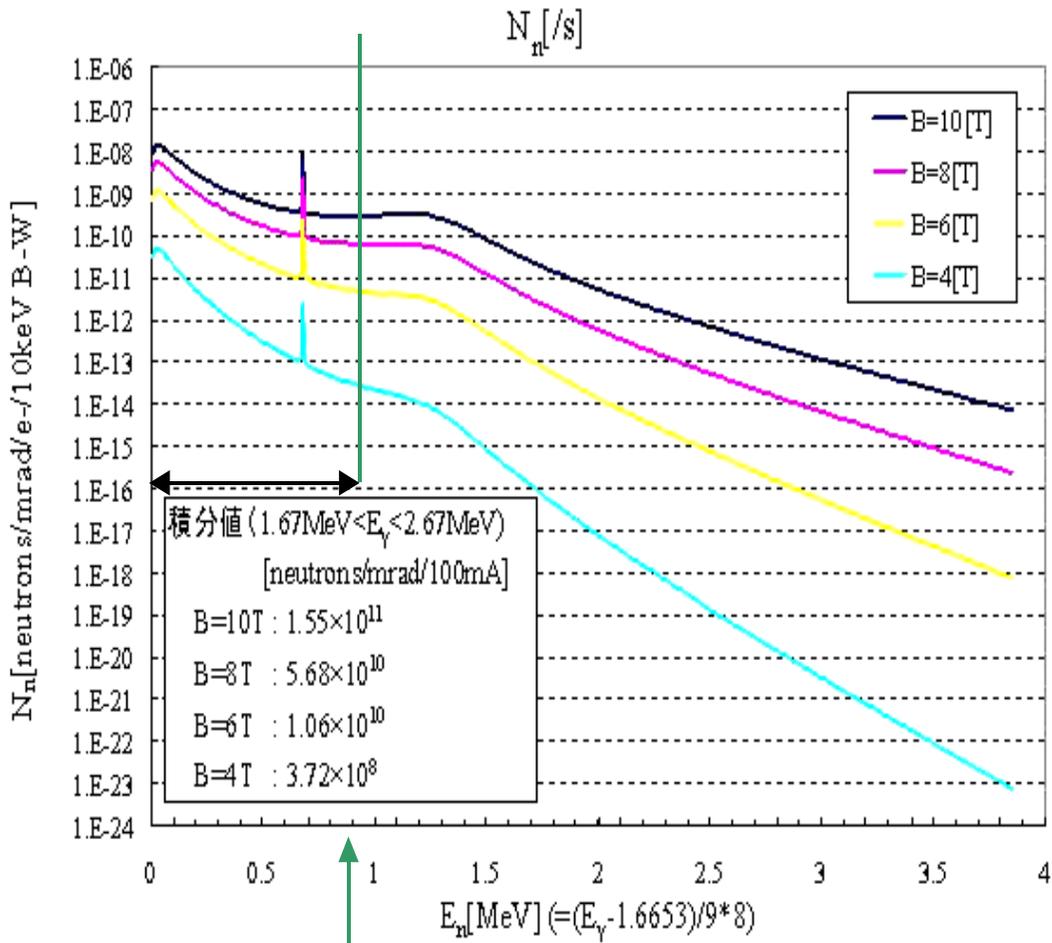
H. Umemoriya et al., Phys. Rev. C63, C18831 (2001)

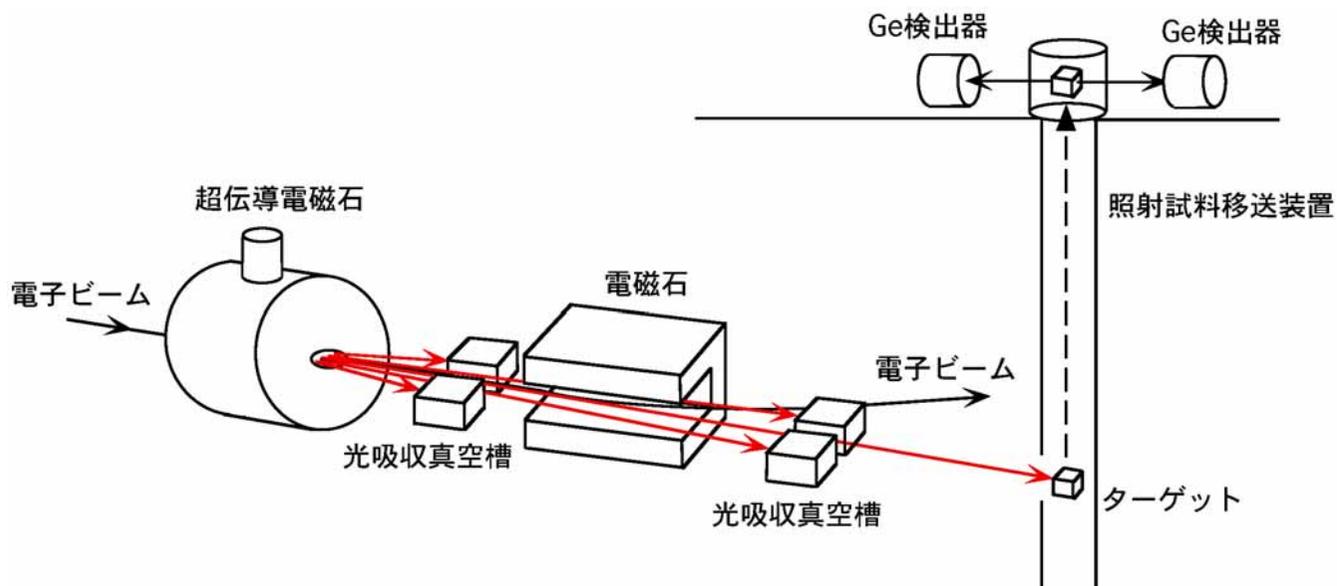
K. Sumiyoshi et al., Nucl. Phys. A709, 467 (2002)



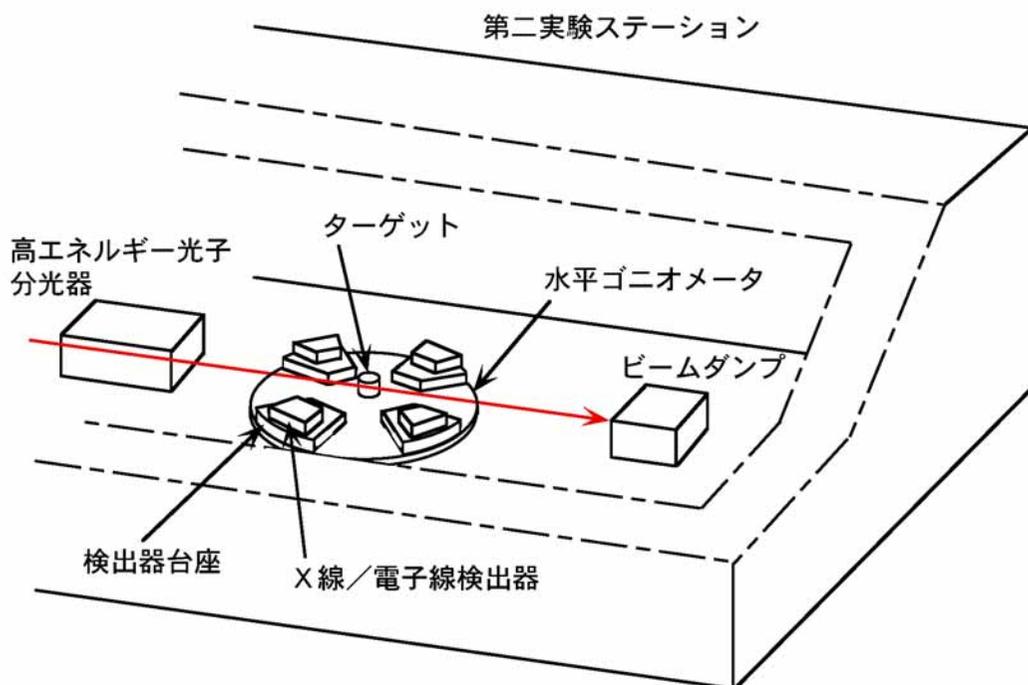
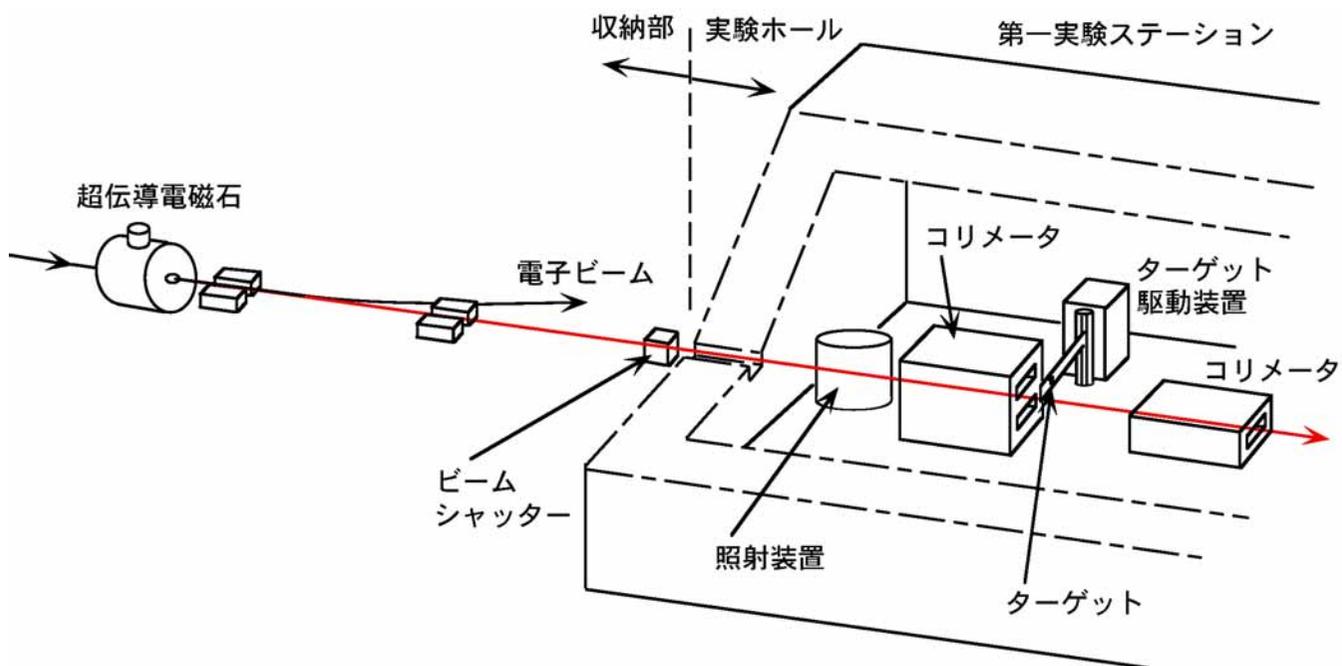
# SCW中性子束

10cm  $^9\text{Be}$  標的





天体核物理・光核反応実験（2007年）



実験ハッチ ( 2009年 )