



「光・量子融合連携研究開発プログラム」

# 小型加速器を用いた逆コンプトン散乱光源による 最適なイメージング手法の開発

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門 小型量子ビーム源グループ

黒田 隆之助、平 義隆

## 業務の目的

本研究課題「小型加速器による小型高輝度X線源とイメージング基盤技術開発」において開発する「小型高輝度X線源」に適したイメージング手法を開発するため、独立行政法人産業技術総合研究所(産総研)逆コンプトン散乱(ICS)光源を整備し、光源の最適化研究(X線エネルギーと被写体サンプルに対する幾何学的配置、撮像手法(密着法、インライン位相コントラスト法、集光法、タルボ干渉法など)、検出器のサーベイ等)を行う。

(大目標)

- **KEK・東北大・リガク・早大と協力しICS光源による撮像法の確立  
特にタルボ干渉法を実証する**
- **KEKで開発する光源にフィードバックする**

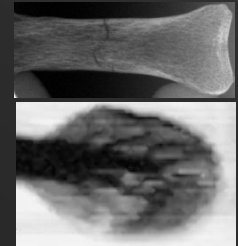
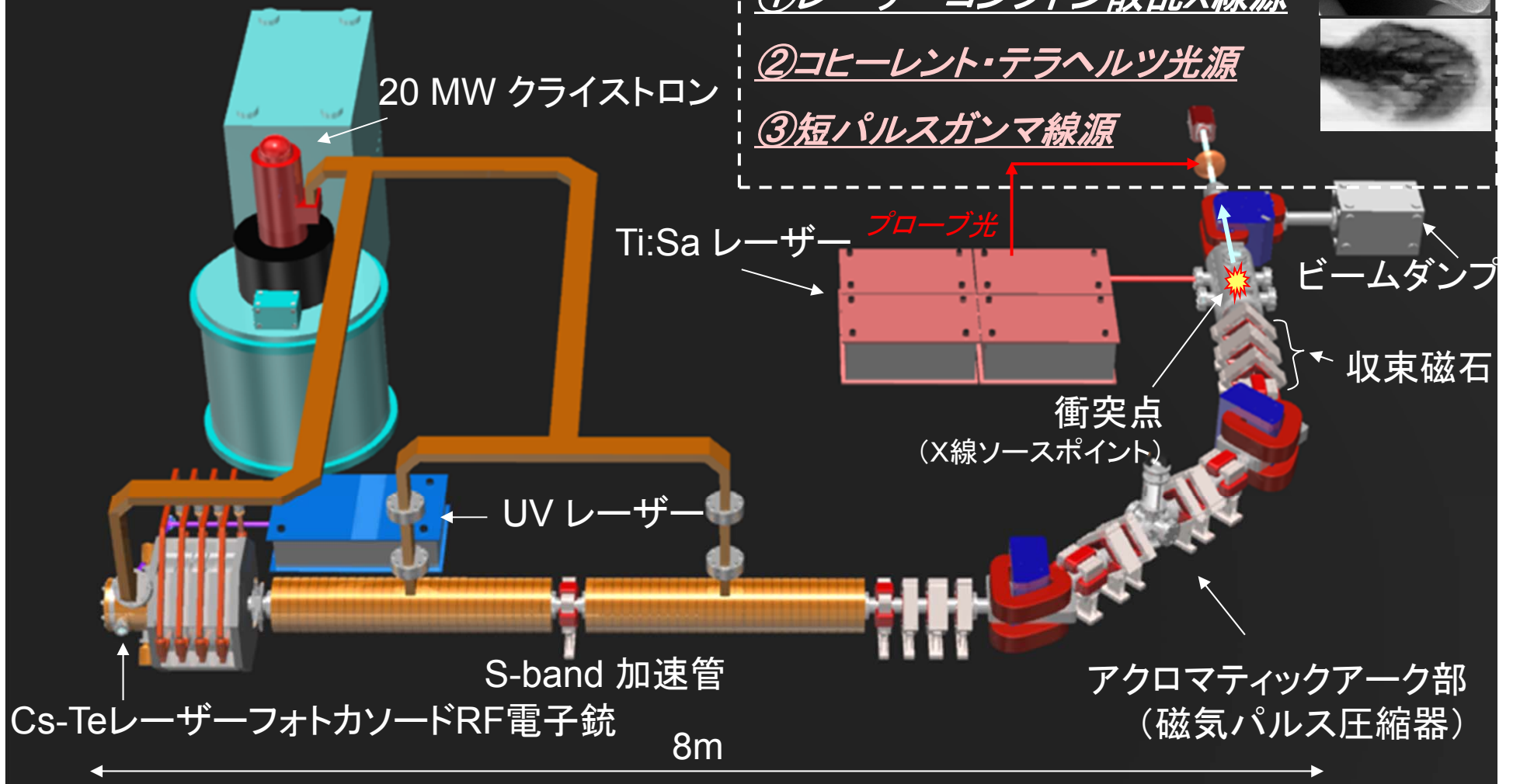
## 平成25年度の目標

平成25年度は、産総研Sバンド小型リニアック施設において、最大42MeVの電子ビームと衝突用レーザーシステムを整備し、逆コンプトン散乱X線生成を実施する。逆コンプトン散乱X線を用いたイメージング手法として、密着法・インライン位相コントラスト法・集光撮像法を調査すると同時に検出器のサーベイ研究を行う。

産総研Sバンド小型リニアック施設を用いた各種光源開発と利用

～安全安心・ライフイノベーションに向けた加速器技術の新展開～

Sバンド小型リニアック施設



## 本年度予算(直接経費400万)

大項目	中項目	委託費の額	備考(消費税対象額を記載)
物品費	計	3,201,280	
	設備備品費	2,620,800	※消費税対象額
	消耗品費	580,480	※消費税対象額
人件費・謝金	計		
	人件費		※消費税対象額
	謝金		※消費税対象額
旅費	旅費	92,520	※消費税対象額
その他	計	706,200	
	外注費(雑役務費)	256,200	※消費税対象額
	印刷製本費		※消費税対象額
	会議費		※消費税対象額
	通信運搬費		※消費税対象額
	光熱水料	450,000	※消費税対象額
	その他(諸経費)		※消費税対象額
	消費税相当額		
間接経費	上記経費 * 30%	1,200,000	
合計		5,200,000	

できれば倍くらい欲しい

## 本年度の具体的実施事項

1. 多用途の施設を、  
いつでも本事業を遂行できるようにICS光源の環境整備を行う  
(いつでもX線が出るようにしたい・・・今年度予算だけでは厳しい)
  - ・衝突用レーザーの発振器交換(故障のため市販品に交換)
    - 3種のレーザーを試す  
SP社製Ti:Sa 2種  
Erファイバーレーザー二倍波
  - ・クリーンブースに温調機を設置する
2. ICS光源による集光実験
  - ・ガラスキャピラリーによるICS-X線の集光を実施する。
3. 各種撮像手法と検出器のサーベイ
  - ・評価用サンプルを検討
  - ・検出器 IP、X線CCD、X線II+HARP、X線II+可視CCD、(SOI ?) など

# Sバンド小型リニアックを用いた レーザーコンプトン散乱X線のまとめ

## レーザーコンプトン散乱X線 (シングルパルスモード)

衝突角	X線エネルギー	パルス幅 (rms)	全光子数
90°	20 keV (max)	150 fs (フェムト秒利用)	~10 <sup>6</sup> /s@10Hz
165°	40 keV (max)	3 ps (イメージング利用)	~10 <sup>7</sup> /s@10Hz

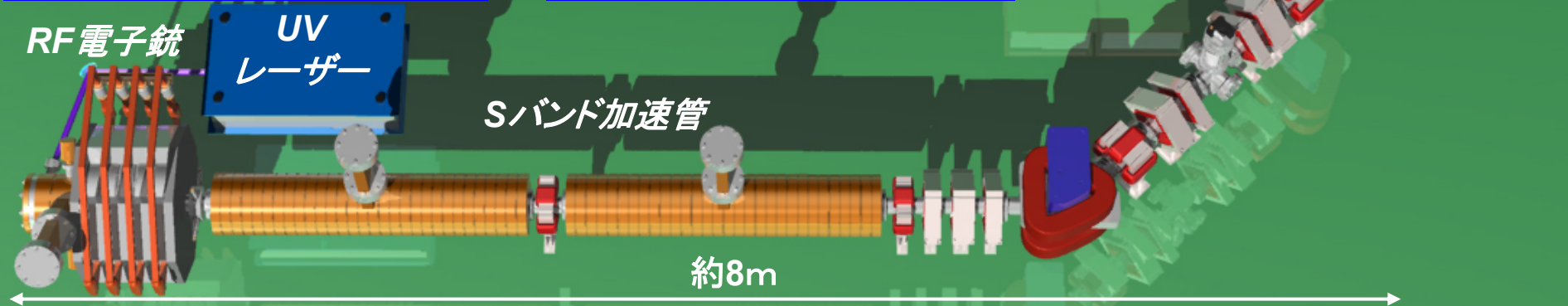
※X線エネルギー幅は、中心付近で約4%程度

### 電子ビーム

エネルギー(max)	42 MeV
電荷量	1 nC
バンチ長(rms)	3 ps

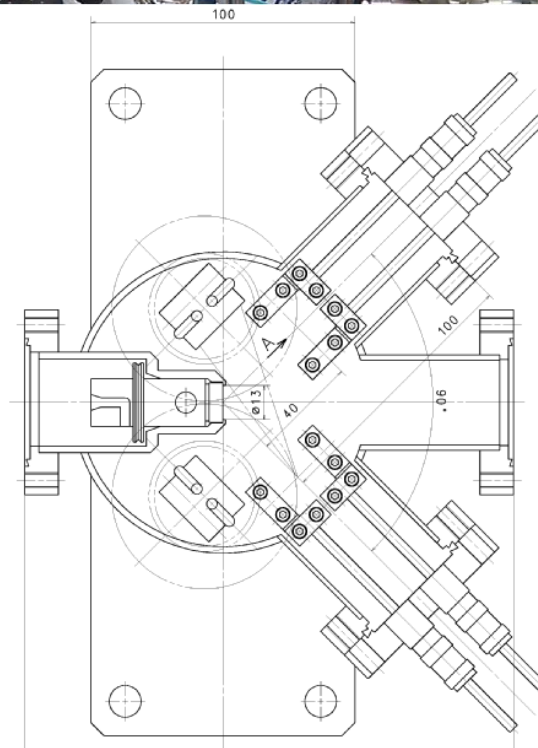
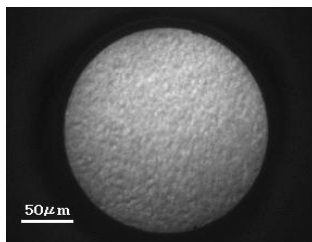
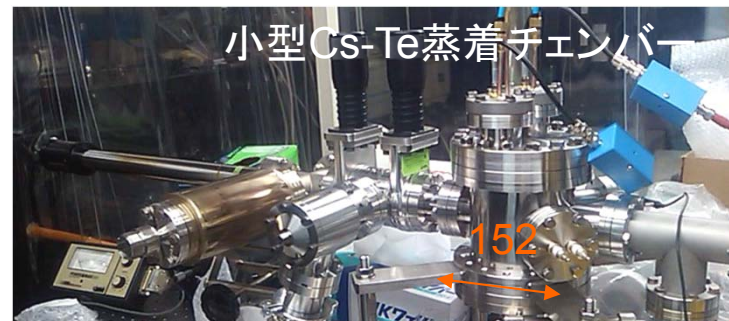
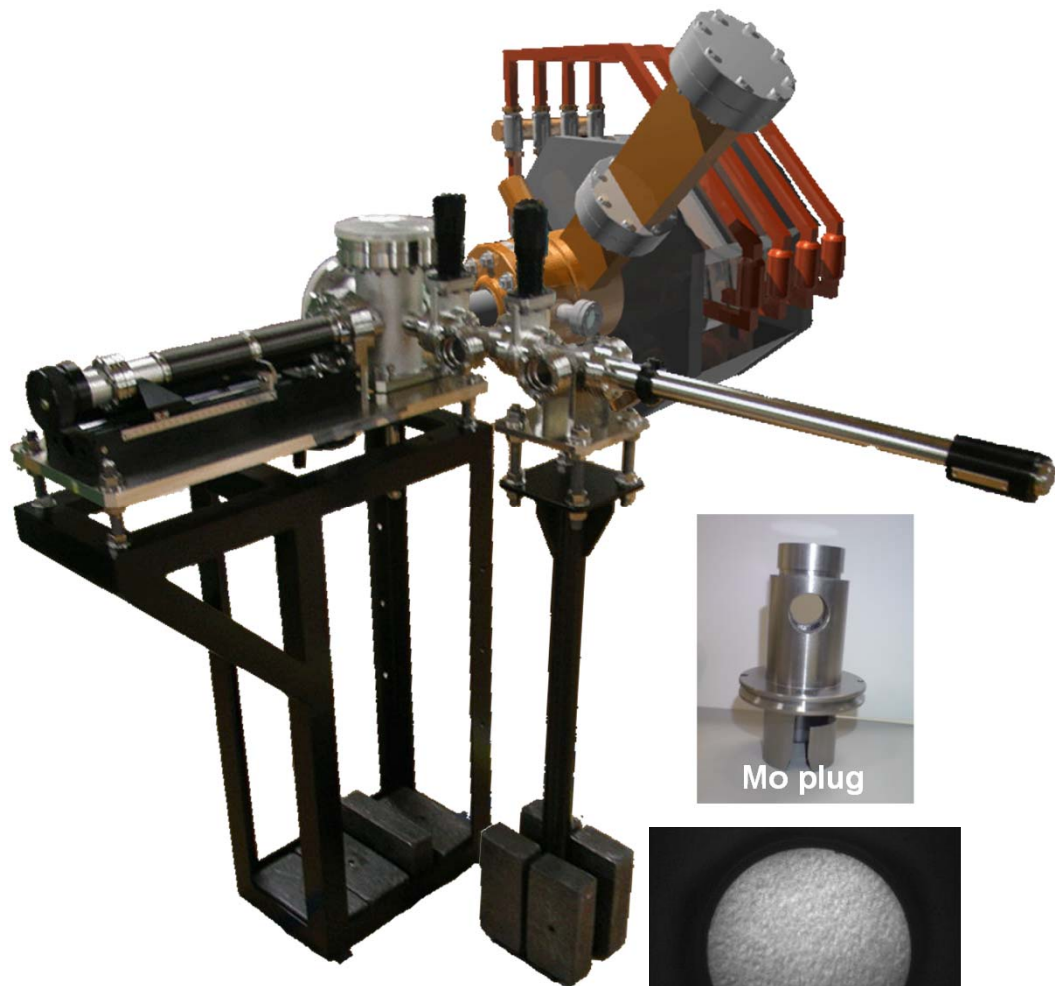
### Ti:Sa レーザー

波長	800 nm
パルスエネルギー	140 mJ
パルス幅 (FWHM)	100 fs



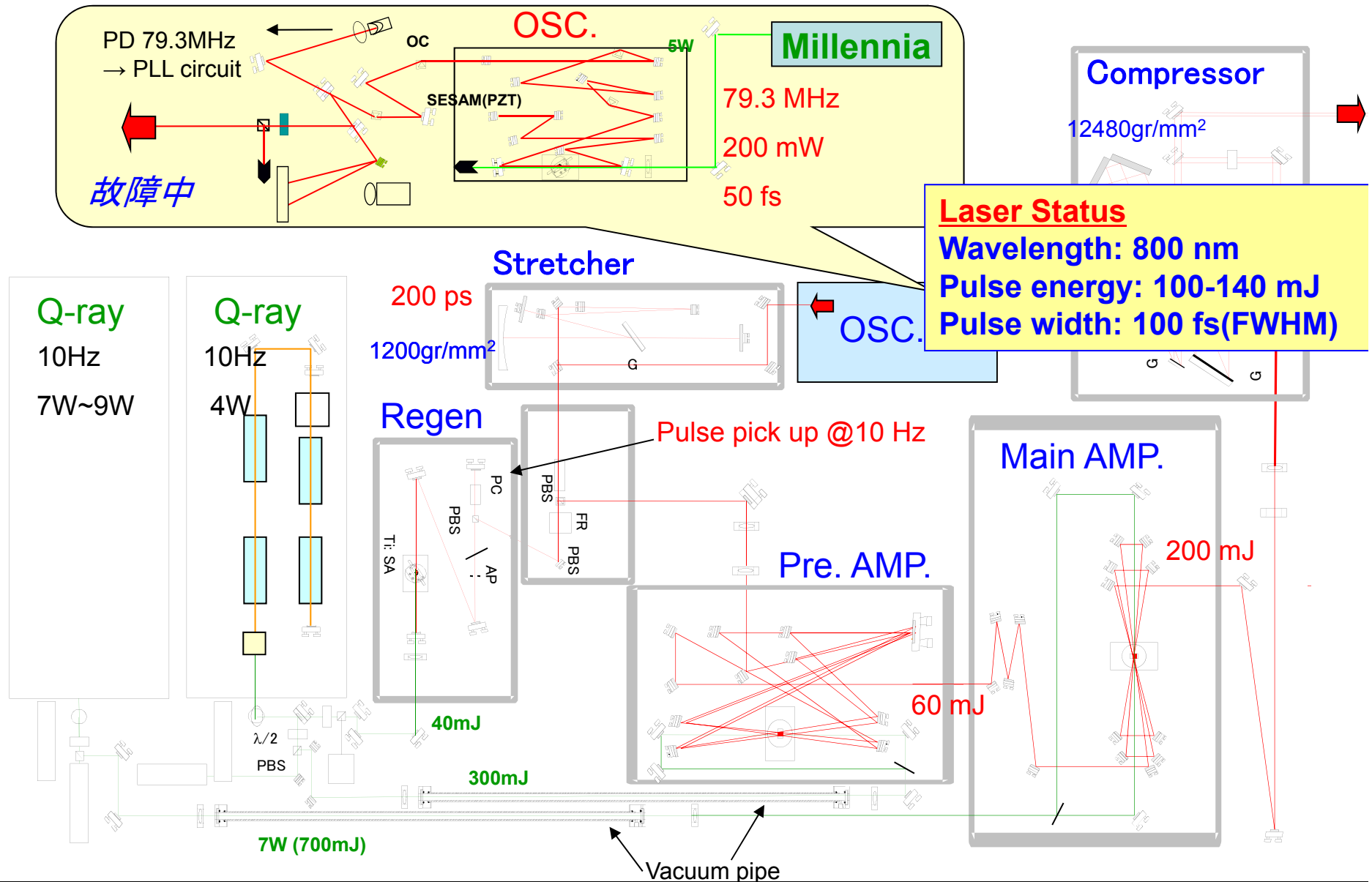
# フォトカソードRF電子銃の開発

(Collaborating with KEK、早大、京大、阪大)



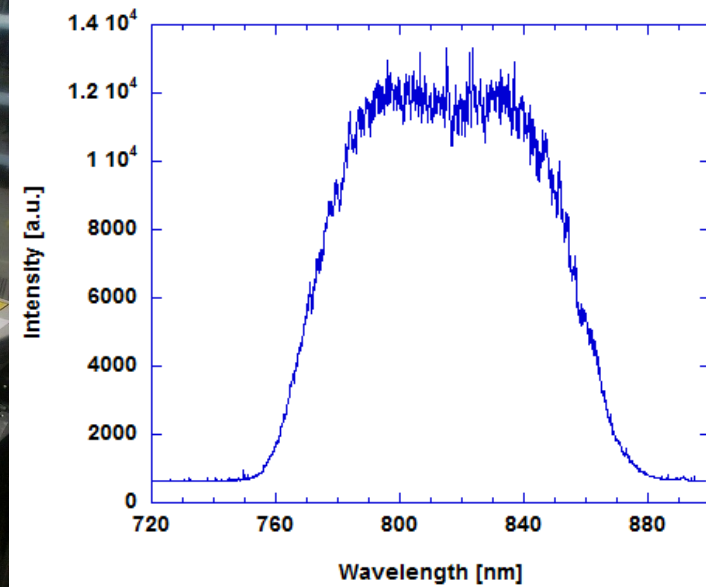
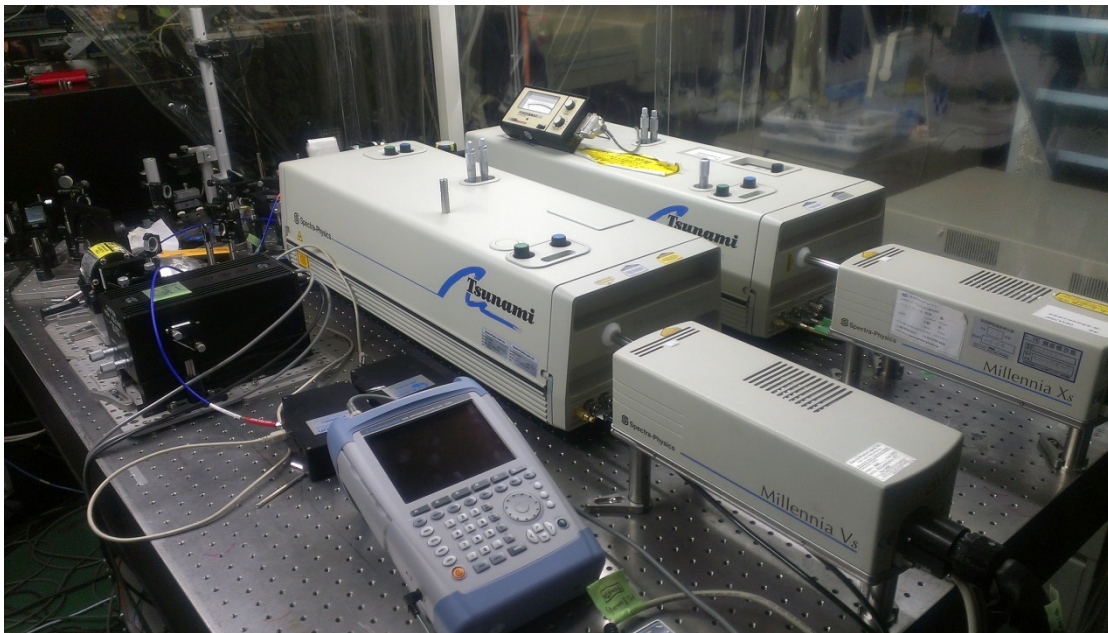
広大との共同でマルチアルカリを試してみたい

# Collision Laser (CPA Ti:Sa laser) for single collision LCS





## Ti:Saレーザー発振器を手作りからSP社製に変更



800nm <100fs 1.5W

800nm < 30fs 500mW

## Erファイバーレーザー (Kphotonics)



Parameter	Specification			Unit
	Min.	Typ.	Max.	
Output power		1		mW
Center wavelength		1560		nm
Spectral bandwidth		8		nm
Pulse duration		<1ps		fs
Repetition rate		10-100		MHz
Operation temperature	10	25	40	°C
Dimensions (WxDxH)	90 x120x32			mm
Weight				

Note: The specifications are subjected to change without prior notice.  
Please contact Kphotonics for more

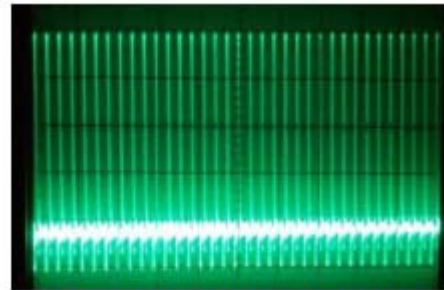
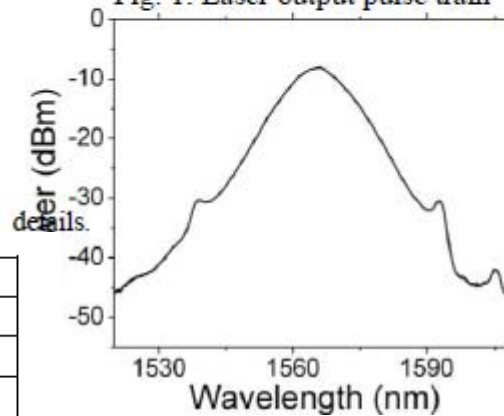


Fig. 1: Laser output pulse train



79.3MHz駆動  
PZT同期  
<100fs  
1560nm  
100mW

## MgO:PPLN結晶 (HCP)



Mixer testing with fs laser

Features	Properties
Input Center Wavelength (air)	~1560 nm
Pulse Width	~100fs
Repetition Rate	~40MHz
Operating Temperature	25.0 °C
Input Power	143mW
Output Total Power	130mW
Output SHG Power	42.5mW
Total Conversion Efficiency	~30%
Stability (RMS)	~1.4%

800nm、30mW  
→ Ti:Saレーザーの  
代替(小型化)



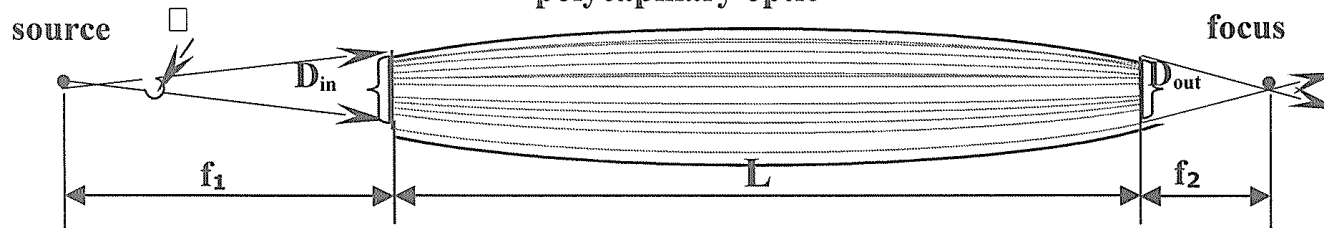
# ICS光源による集光実験

- ・ガラスキャピラリーによるICS-X線の集光を実施する。

ポリキャピラリーによるX線集光実験

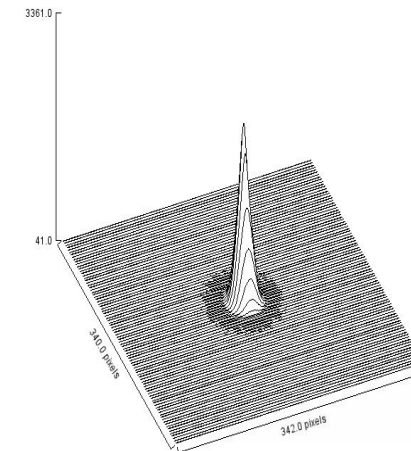
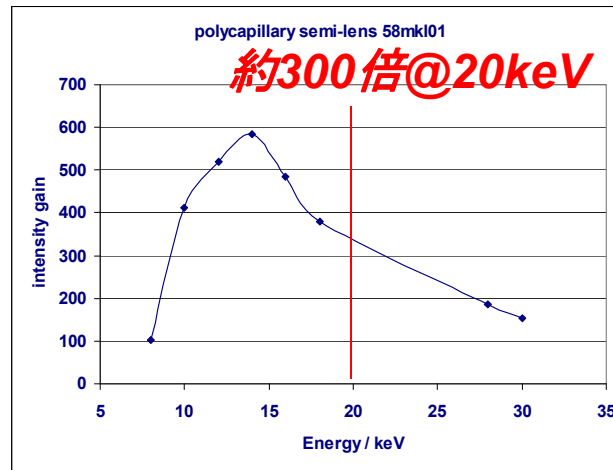
現在までの状況: レーザーコンプトン散乱単色X線の集光を目指し、X線管とポリキャピラリーを用いた集光テストを行った結果

X線ポリキャピラリー  
polycapillary optic



寸法:

- f1: 2000 mm
- f2: 100 mm
- L: 48.1 mm
- Din: 14.5 mm
- Dout: 12 mm
- Spot size: 0.5mm

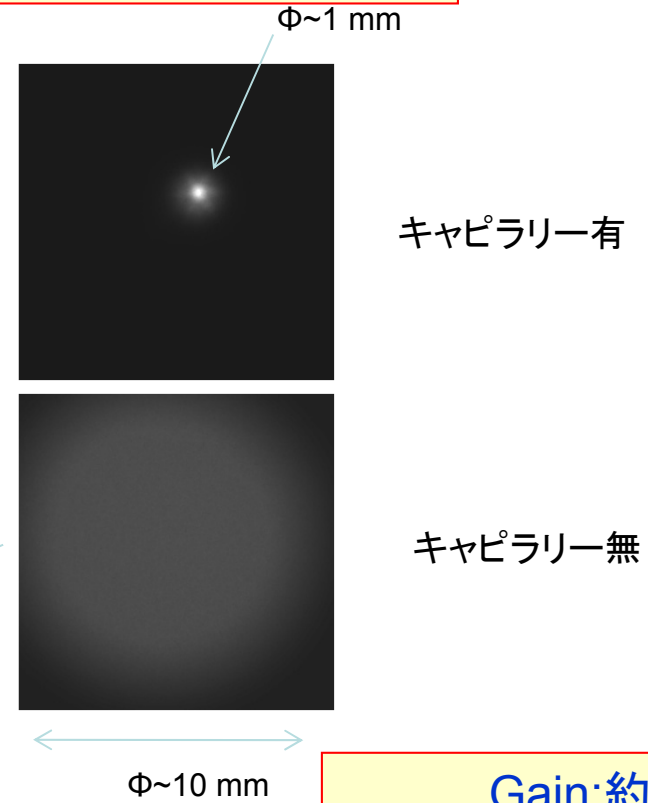
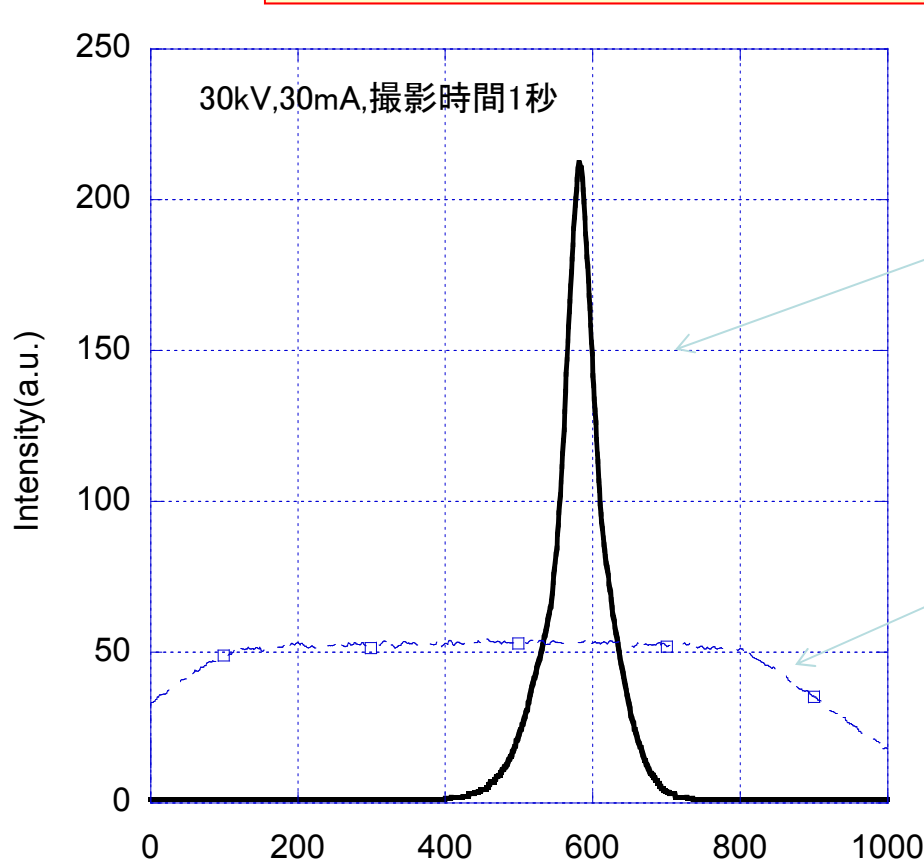


ポリキャピラリーによるX線集光(カタログ値)

Gain@ESRF BM05

実験結果

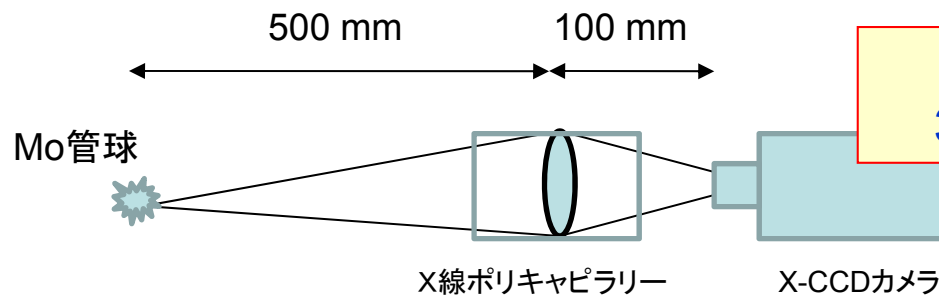
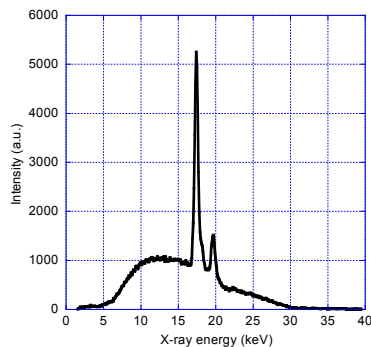
X線管を用いたポリキャピラリーによるX線集光実験



Gain: 約4倍

アライメント・単色化

ICS光源での  
300倍を目指す



## 本年度の具体的実施事項

1. 多用途の施設のため、  
本事業を遂行するためのICS光源の環境整備を行う
  - ・衝突用レーザーの発振器交換(故障のため市販品に交換)
    - 3種のレーザーを試す
    - SP社製Ti:Sa 2種
    - Erファイバーレーザー二倍波
  - ・クリーンブースに温調機を設置する
2. ICS光源による集光実験
  - ・ガラスキャピラリーによるICS-X線の集光を実施する。
3. 各種撮像手法と検出器のサーベイ
  - ・評価用サンプルを検討
  - ・検出器 IP、X線CCD、X線II+HARP、X線II+可視CCD など

