

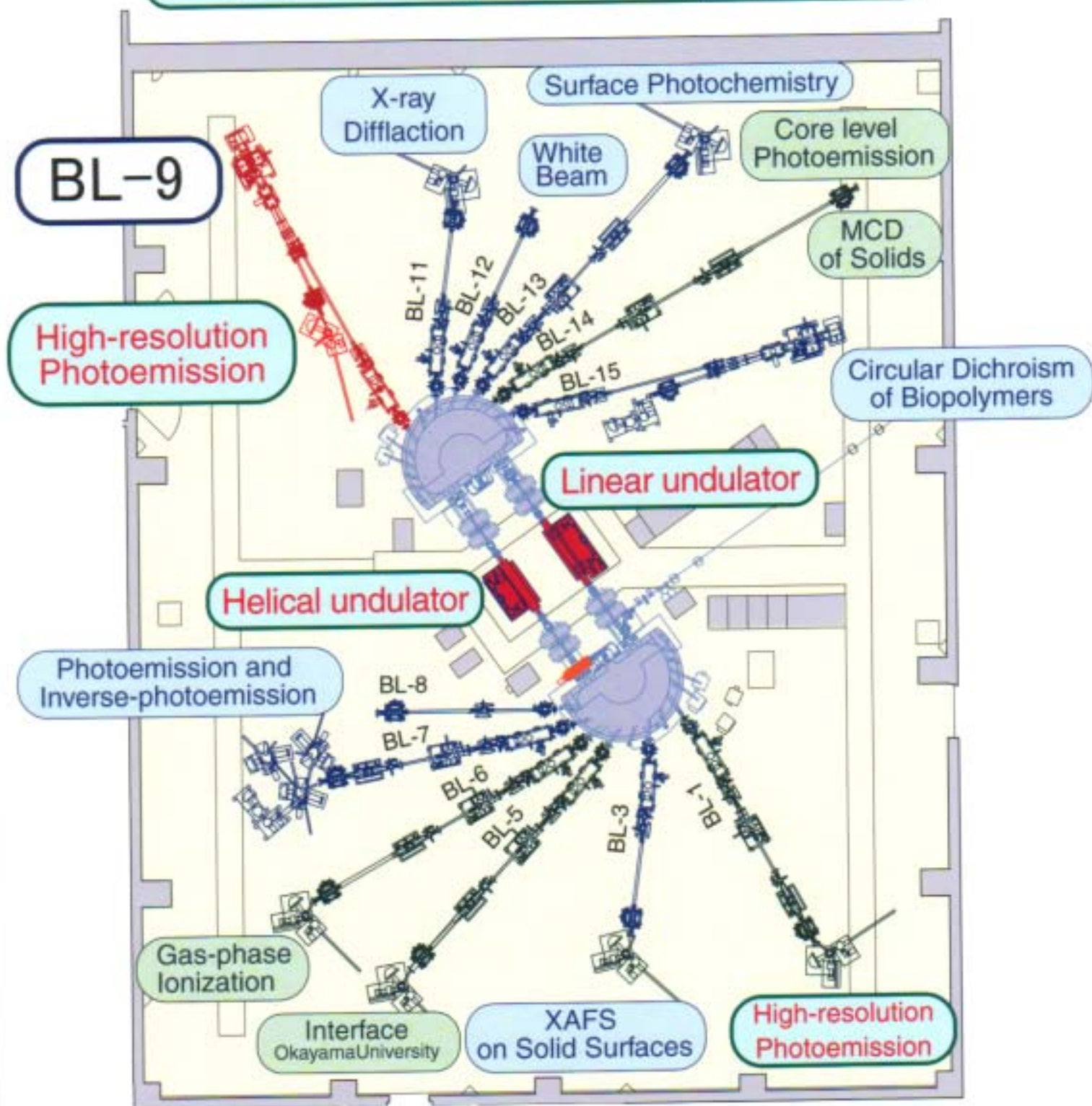
# HiSOR BL-9 (Off-Plane Eagle) の現状

広島大学 放射光科学研究センター

有田将司 竹田幸治 島田賢也 生天目博文 谷口雅樹  
梅森健成 後藤公德 吉田勝英

1. ビームライン 概要 アライメント 性能評価
2. 末端装置 (光電子分光装置) 概要 性能評価 実験

# Arrangement of the beamlines around the light source (HiSOR)



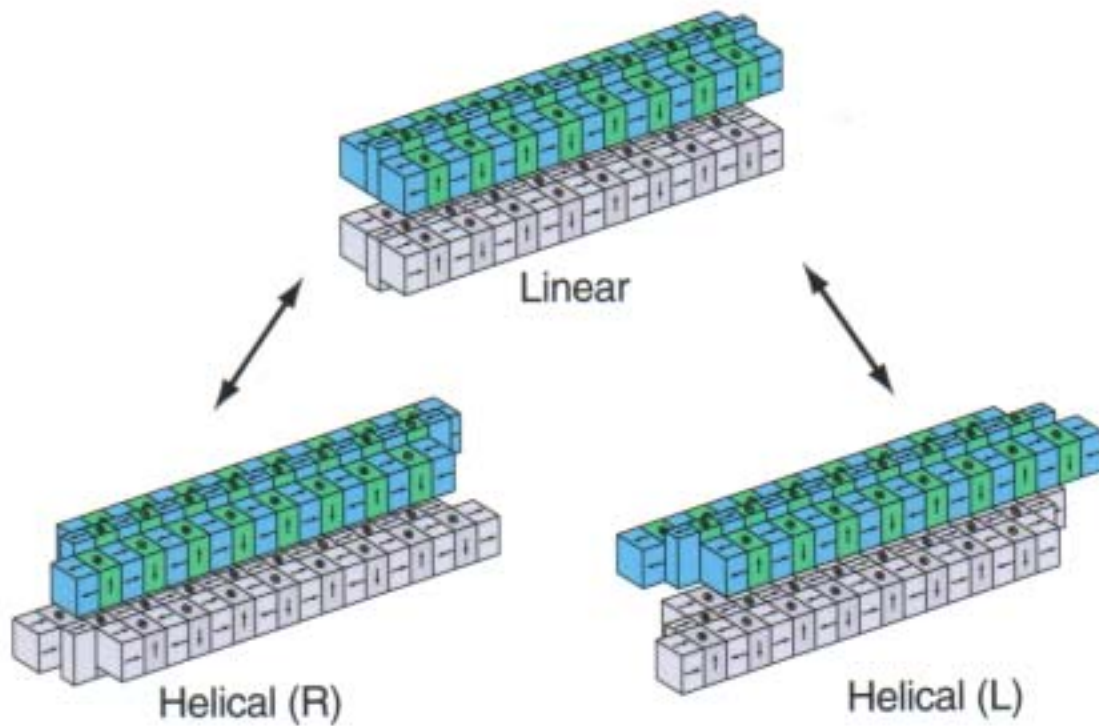
## HiSOR

180° Bending magnets (2) + straight parts (2)  
 Beamline 11(monochromator) + 2 (Beam Monitor)

火～金曜日 10～18時 ユーザータイム  
 入射時 200 mA ダンプ時 ~70 mA

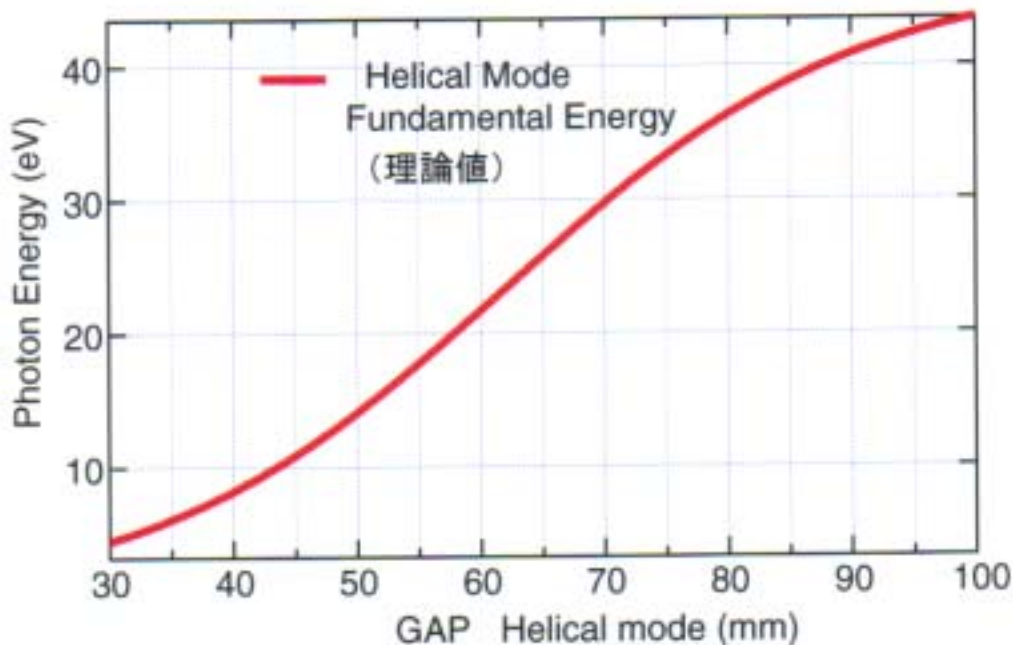
# HiSOR Helical Undulator

直線-楕円-円偏光が切り替えられるマルチモードタイプ

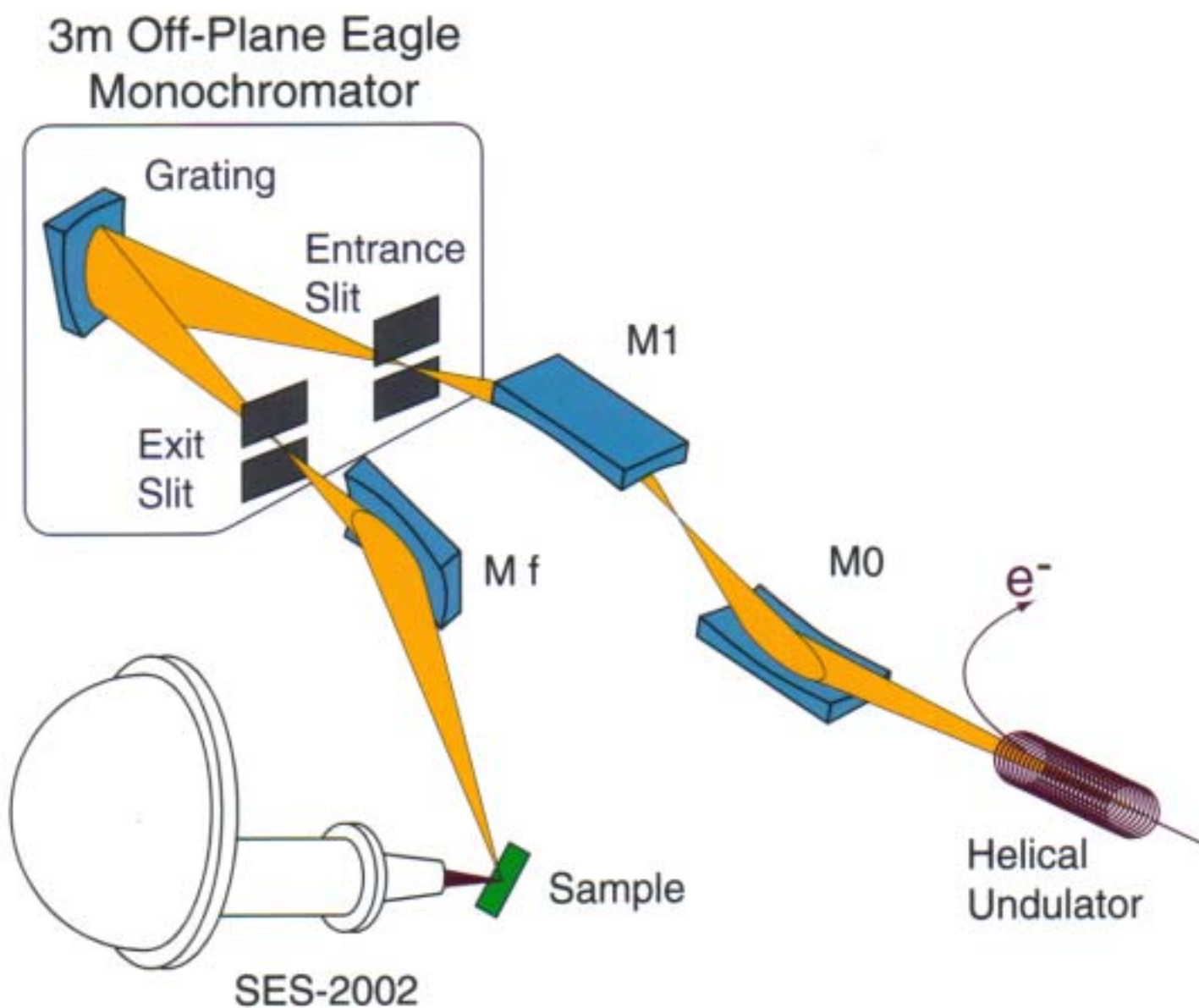


## Helical Undulator Parameters

周期長 ( $\lambda u$ )	100 mm	中心磁石寸法	30 w. × 58.5 h. mm
周期数	18	側方磁石寸法	50 w. × 50 h. mm
全長	1828.6 mm	最大磁場 (ヘリカルモード)	0.347 T
ギャップ間隔	30-200 mm	最大磁場 (リニアモード)	0.597 T
GAP変更時間 (200~30mm)	~150 sec.		
位相切り替え時間 (右⇄左)	~100 sec.		
Phase	-25 ~ +25 mm		



# HiSOR BL-9 Helical Undulator Beamline



Photon Energy Range 4~40 eV

G1 (1200 L/mm) 10~40 eV

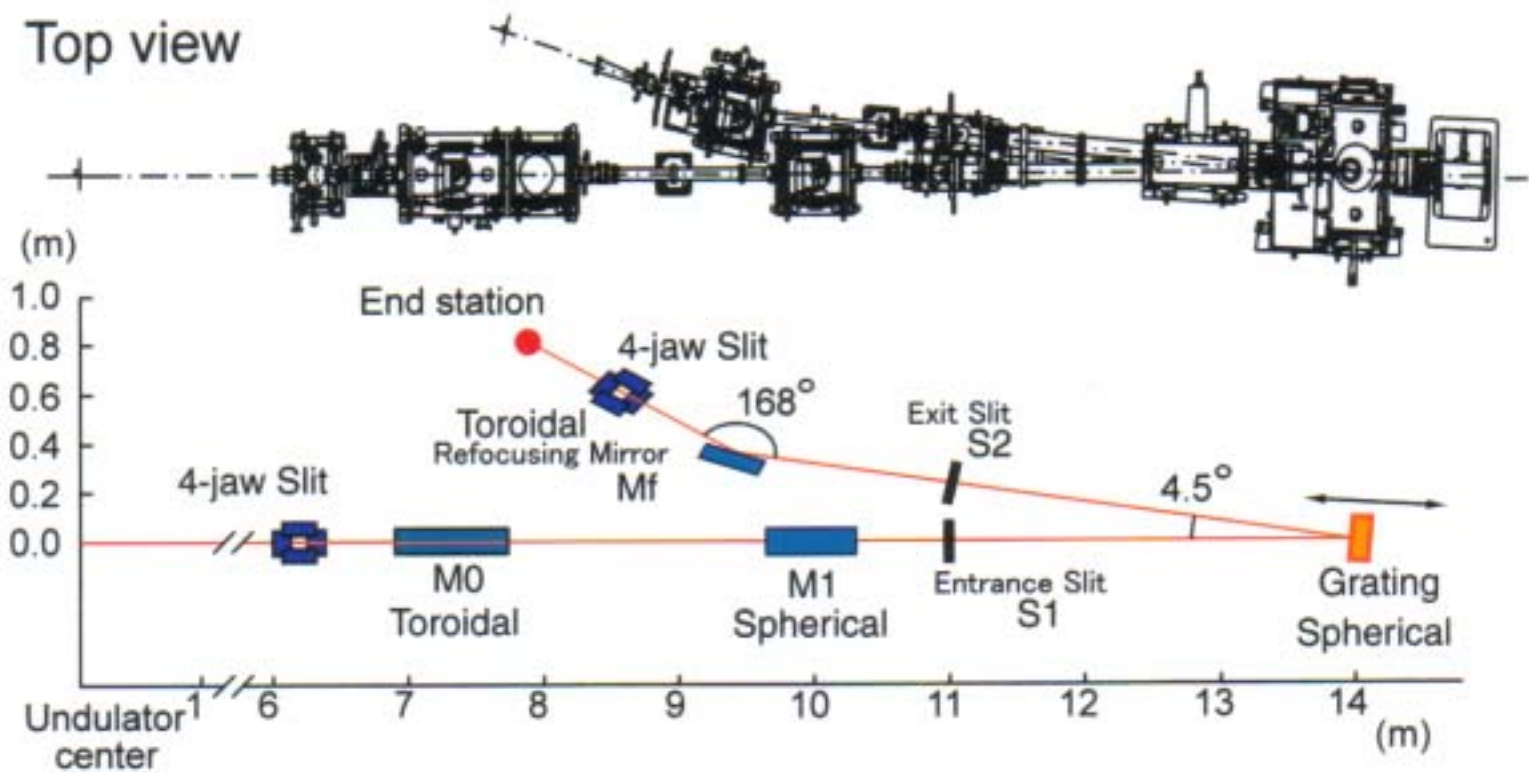
G2 (600 L/mm) 4~10 eV

$\Delta E/E$

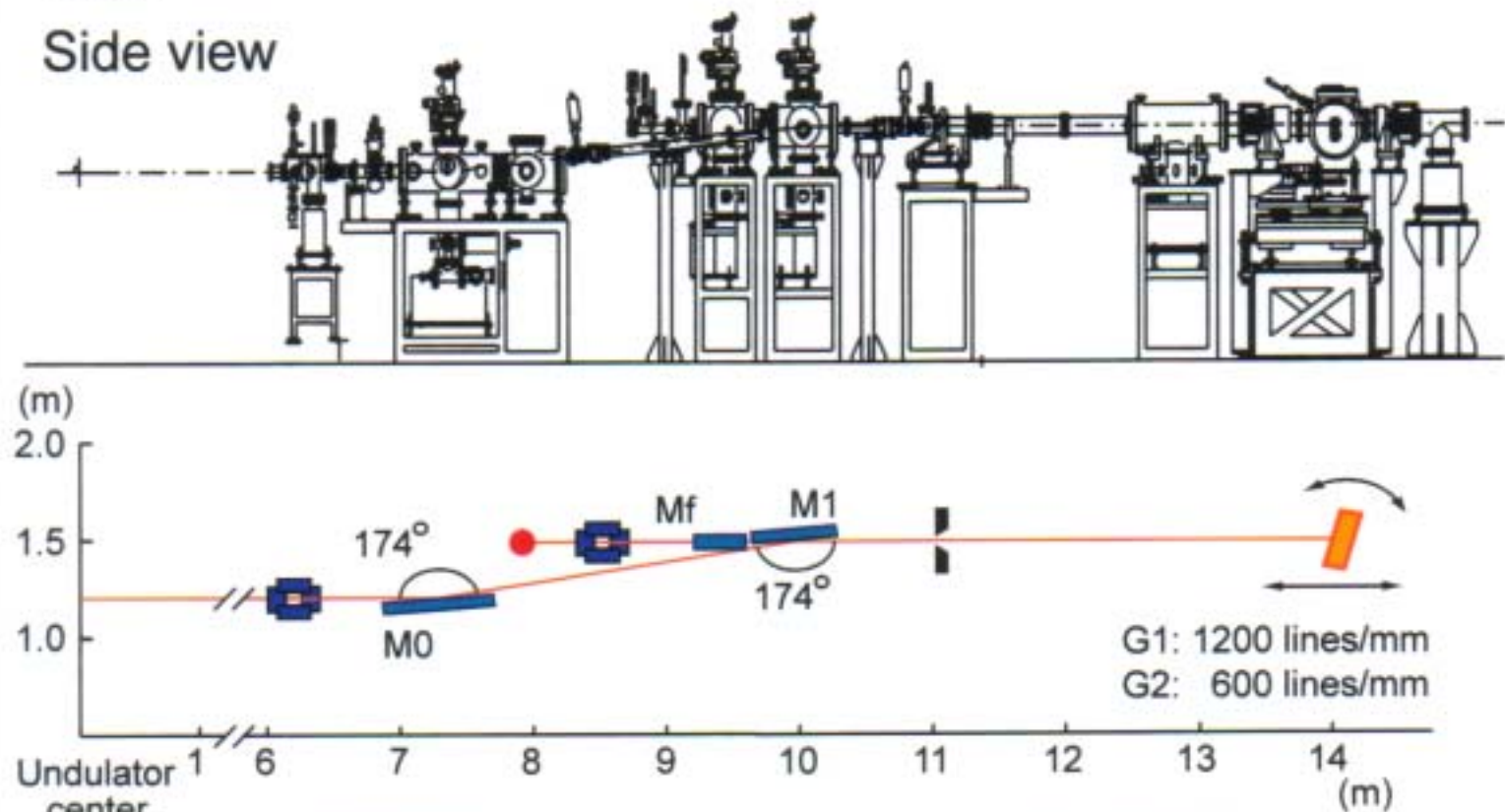
23000 ~ 6000

30000 ~ 12000

## Top view



## Side view



Element	Type	Coating	Substrate	Clear Aperture L×W (mm)	Curvature Radius (mm)	Incidence Angle (deg.)
M0	Troidal (water cooled)	Pt/Cr	SiO <sub>2</sub>	300 × 30	R=43557 r =276.9	3.0
M1	Spherical (water cooled)	Pr/Cr	SiO <sub>2</sub>	300 × 30	R=21871	3.0
M f	Troidal	Pr/Cr	SiO <sub>2</sub>	200 × 30	R=16207 r =177.0	6.0
Grating 1	Spherical 1200 L/mm	Au	SiO <sub>2</sub>	49 × 29	R=3000	$\alpha + \beta = 0$
Grating 2	Spherical 600 L/mm	Al	SiO <sub>2</sub>	49 × 29	R=3000	$\alpha + \beta = 0$

Mf - Station (Point focus) :1580 mm (Focus size  $\phi \sim 1$  mm)  
 (Line focus) :1800 mm (Focus size V:0.1 x H: 2 mm)

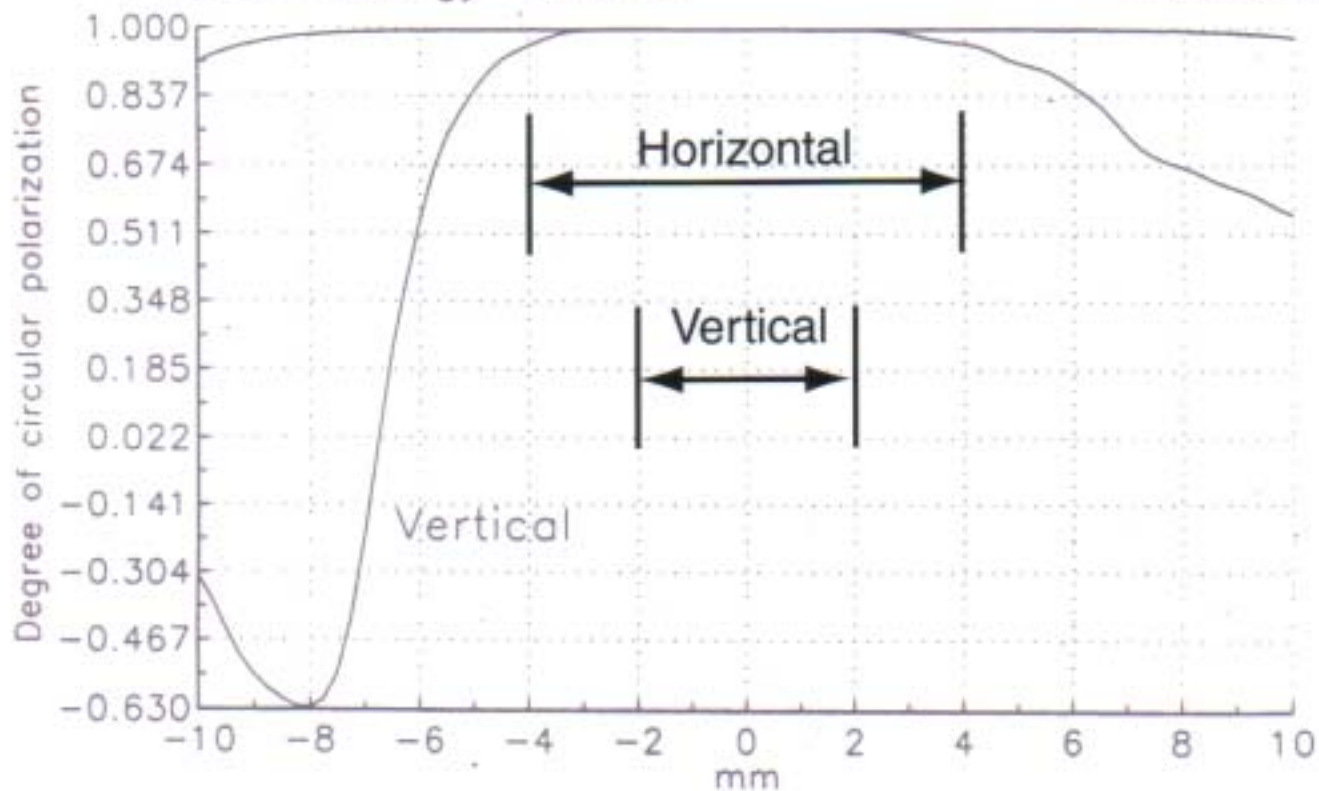
# 4象限スリット位置 円偏光度 (計算値)

Helical undulator

Gap=30 mm, Fundamental=4.49 eV

Photon energy 4.49 eV

Horizontal

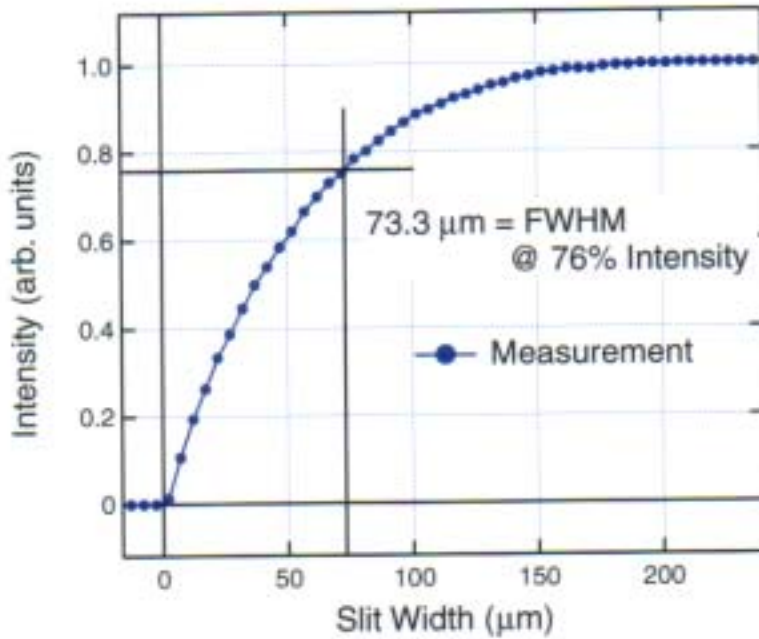


Vertical 4.0 mm × Horizontal 8.0 mm

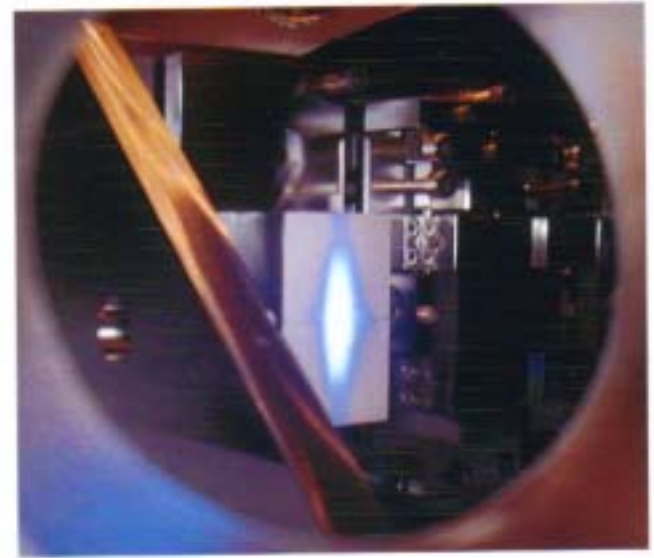
# 光学系アライメント

前置鏡・・・ビームサイズとM1後の光の水平性

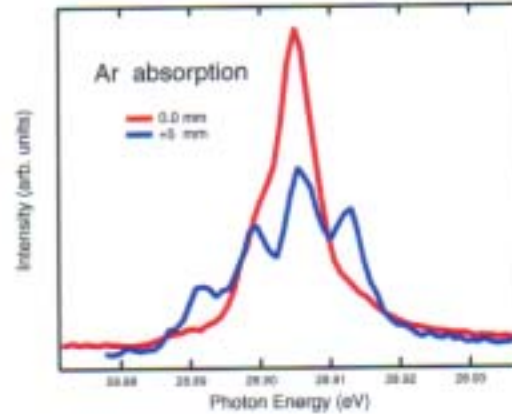
入射 Slit上 ビームサイズ  
(スリット後の光強度)



回折格子位置での像  
(入射スリット幅 50μm)



回折格子・・・ 0次光や吸収スペクトルのピーク形状  
並進が非常に分解能に効いている



出口スリット・・・ オフプレニイグルは、原理的に分光光はチルトする  
分解能を見つつ調整。  
現在は水平で固定  
→それほど敏感に分解能に効いていない

Refocusing mirror・・・ 熔融石英窓を通して4.5eVの光を大気中に出して  
蛍光板で像を確認する

現状・・・ 点集光位置のスポットサイズ ～φ1.5mm  
線集光位置 ～0.5×3 mm

# Photon flux

## Helical mode

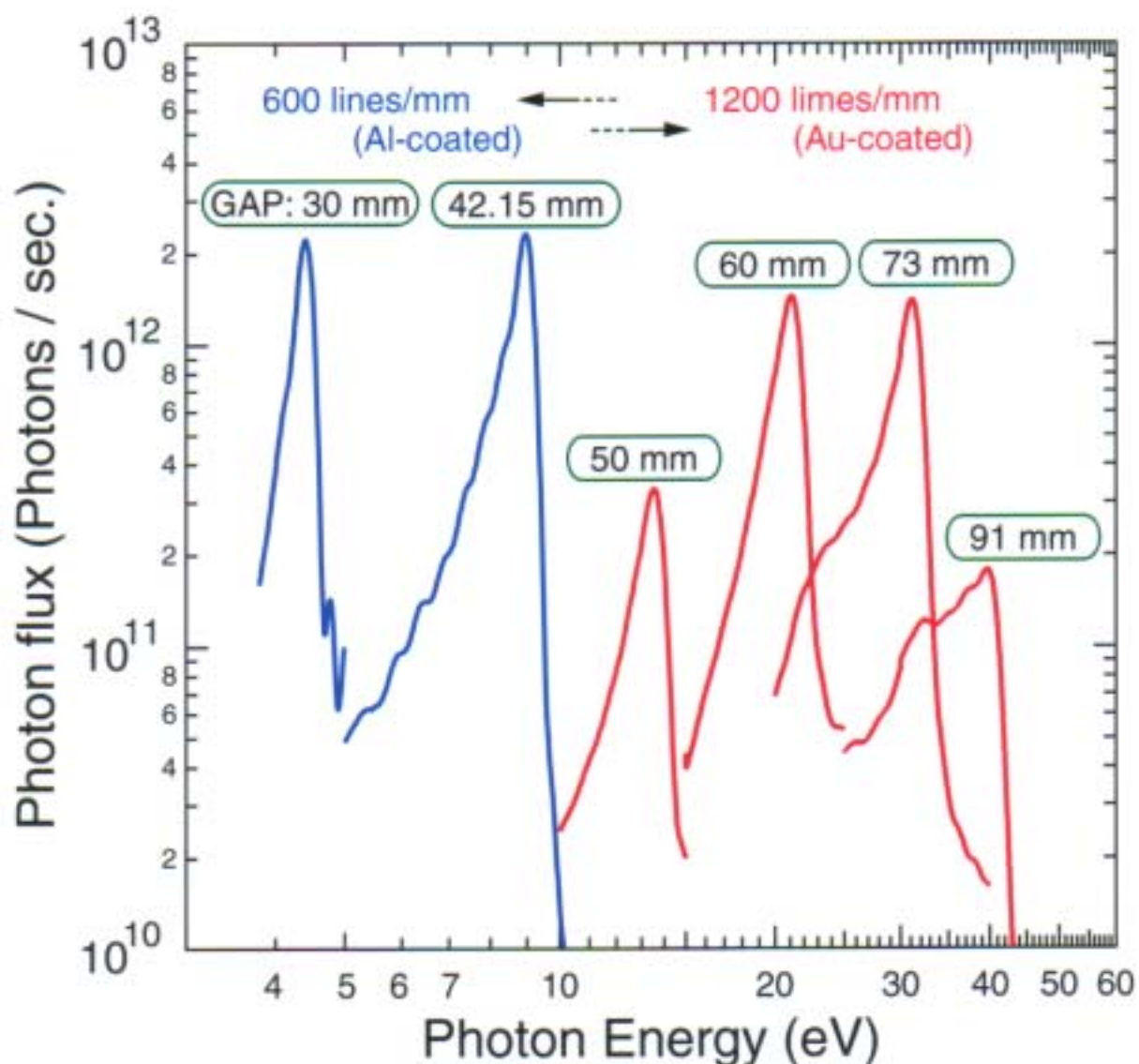
末端部(点集光位置)での測定

蓄積電流値 = 200 mA

4象限Slits = H: 8.0 mm × V: 4.0 mm

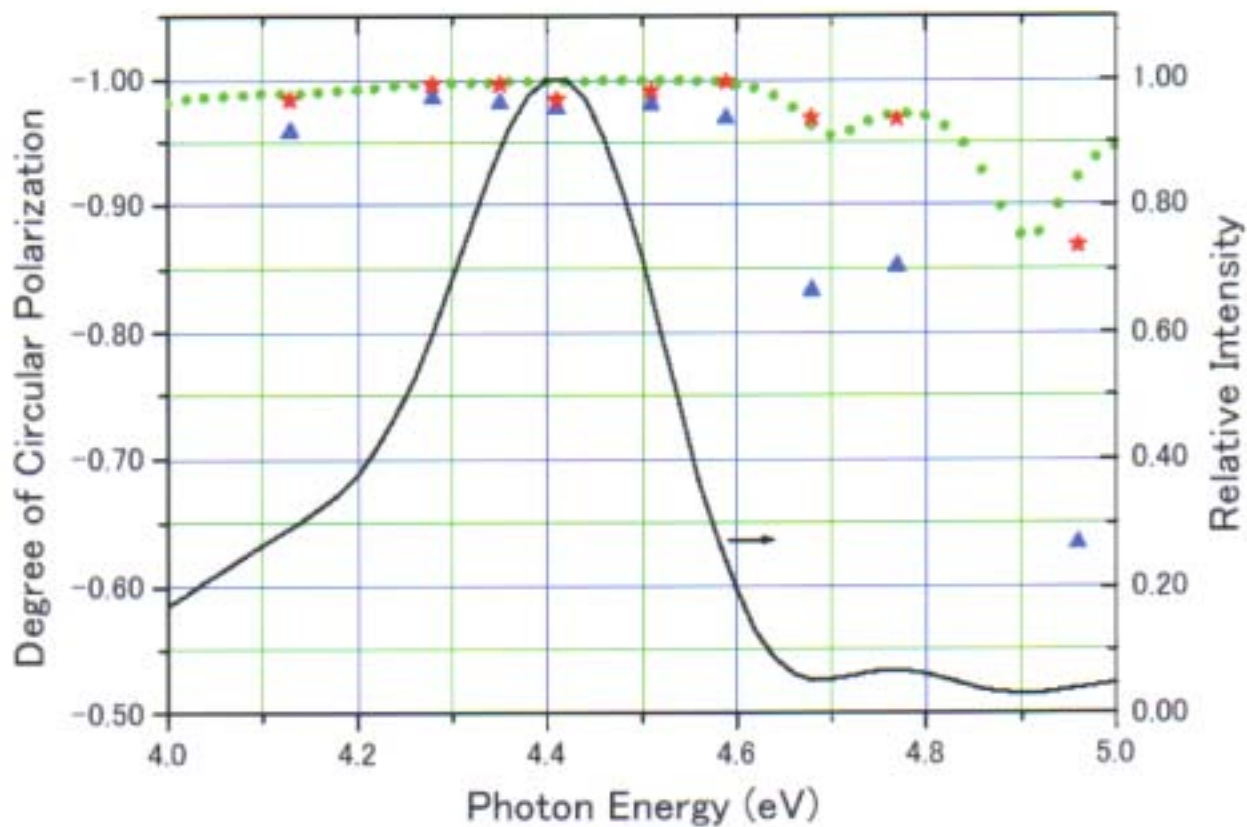
Slit 幅 = 100 μm

detector: Photodiode (IRD社 AXUV-100)





# Phase 25 Gap30



## 円偏光度

- ★ 直接
- ▲ 末端部
- ..... 理論値

広島大学大学院理学研究科  
物理科学専攻粒子線科学研究室による測定

# ビームライン分解能評価 気体の光吸収測定

Filter      Luxel社製 Standad Filter  
                 Al for Ar,He,Ne ) 1200 Lines/mm  
                 In for Xe            )  
  
                 MgF<sub>2</sub> for O<sub>2</sub>            600 Lines/mm

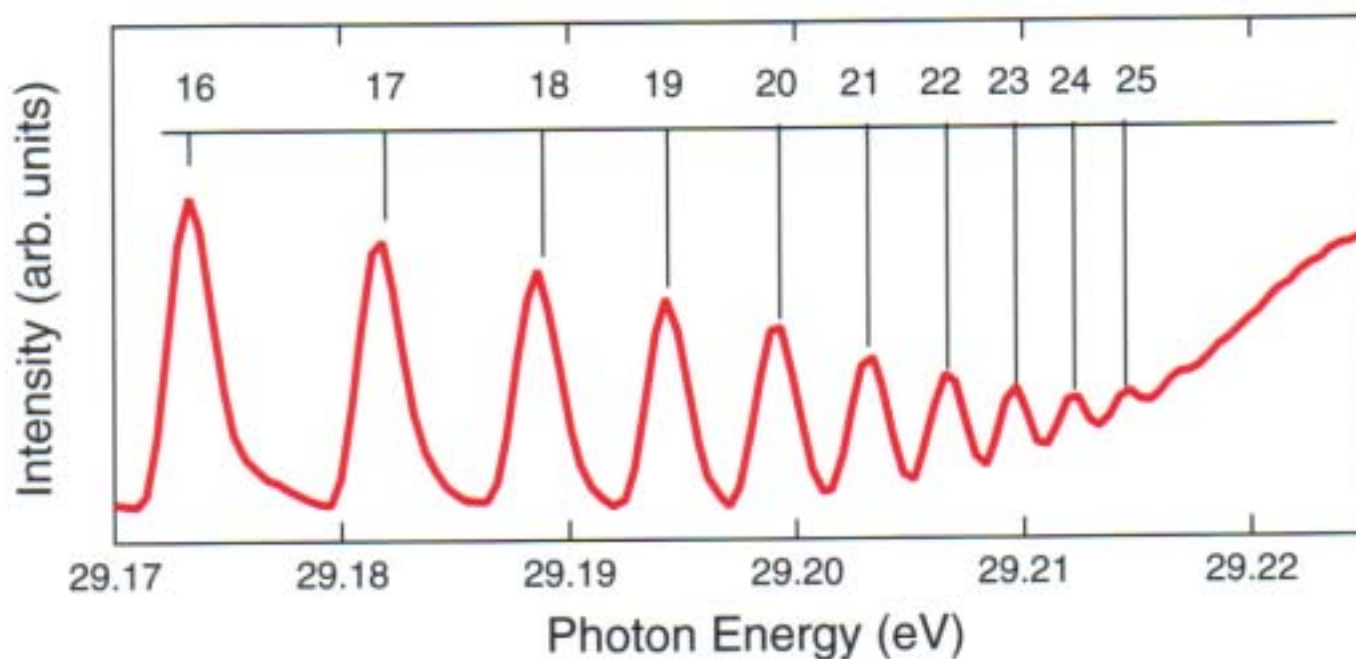
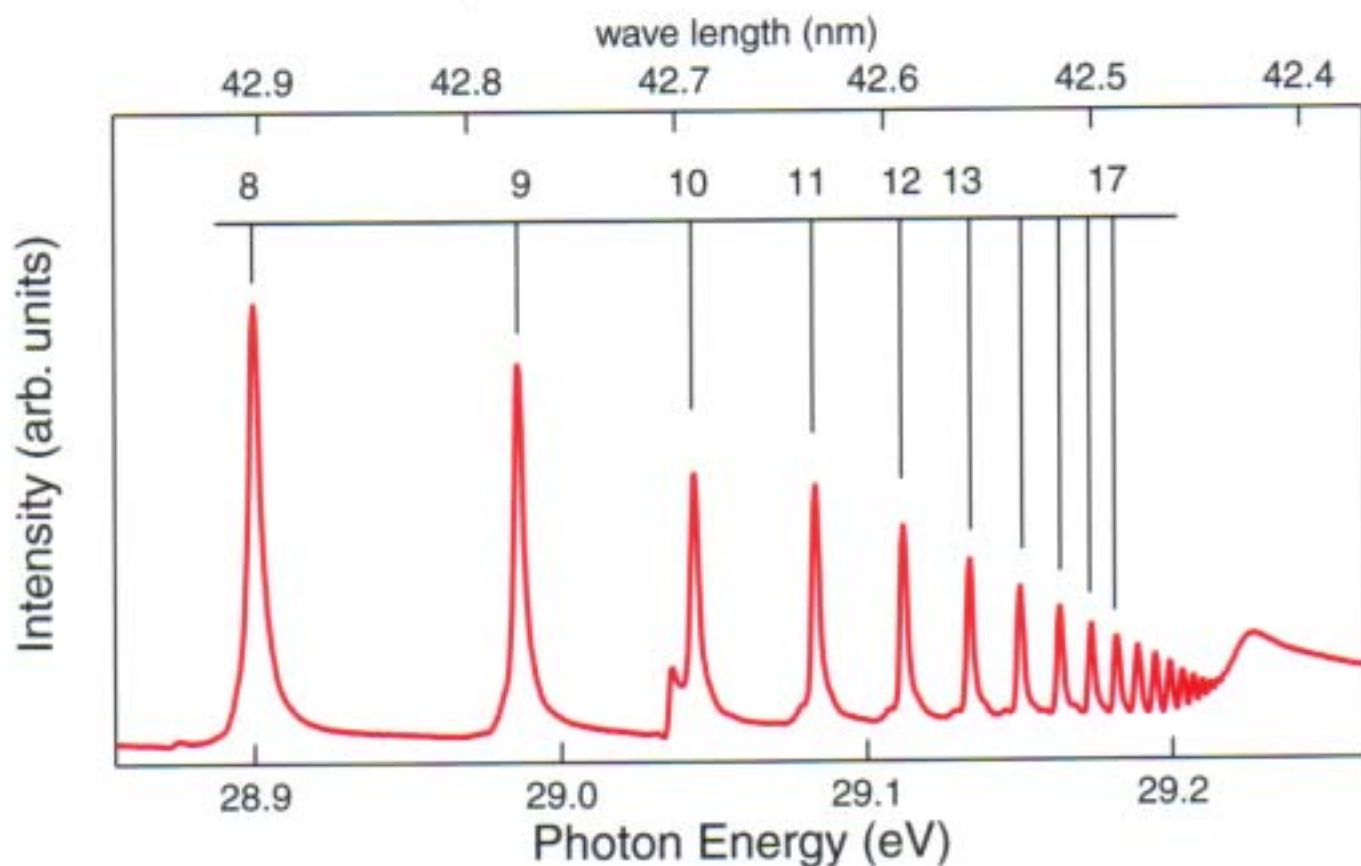
Ditector      IRD 社製 AUX-100

吸収長              約 800 mm

測定時圧力        0.2 Torr

# 吸収スペクトル Ar 3s 3p<sup>6</sup> np <sup>1</sup>P<sub>1</sub> series

測定条件 Grating: 1200 lins/mm (Au)  
Slit width : 10 μm



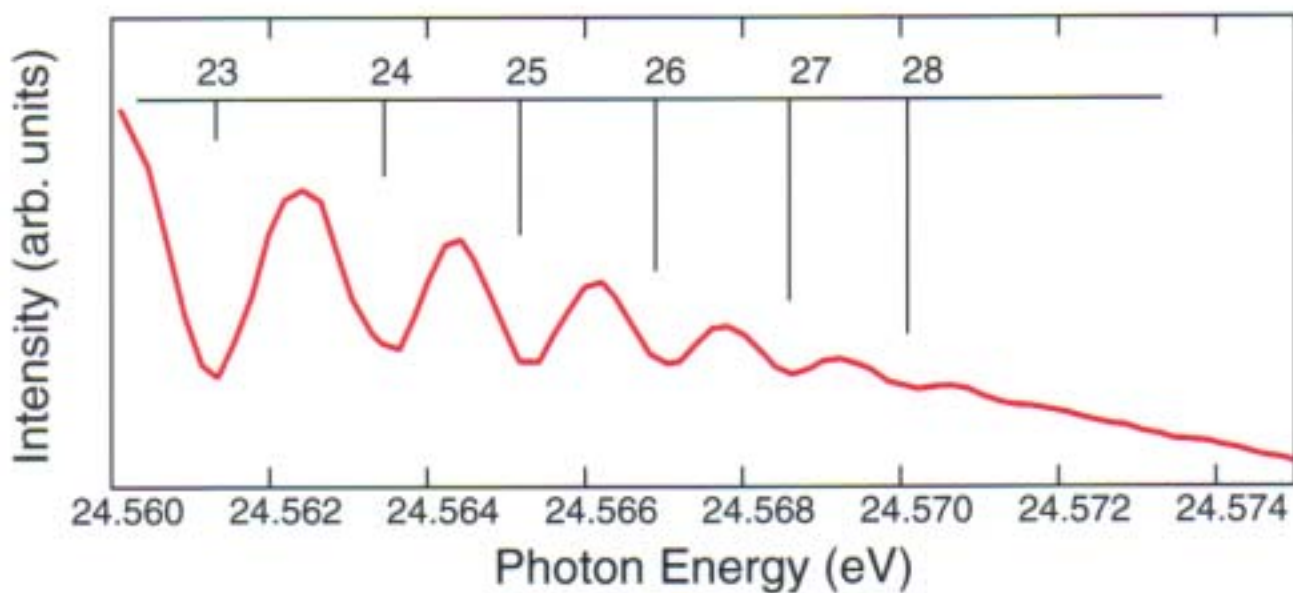
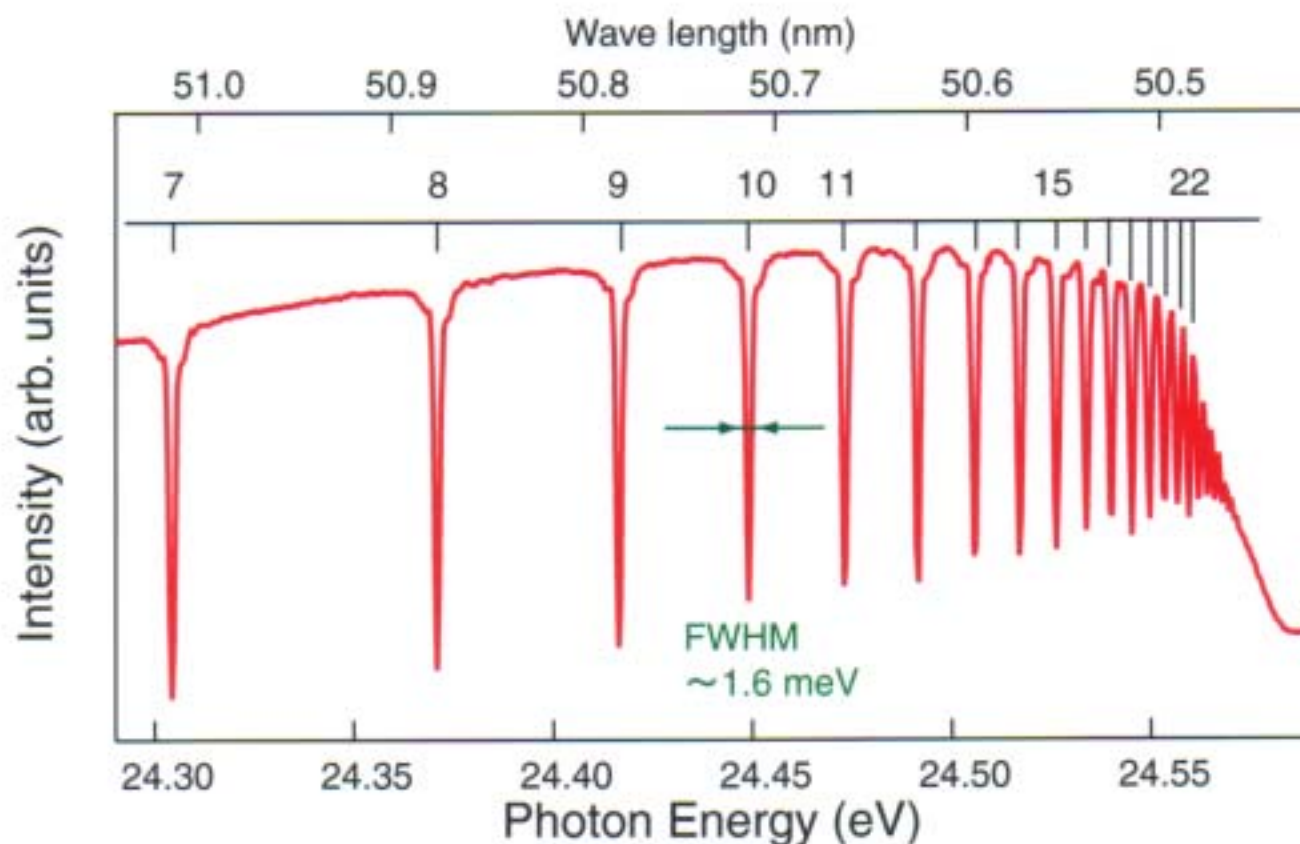
エネルギー差 (24p - 25p) ~ 2.3 meV (0.0034 nm)  
 $E/\Delta E \sim 12000$

# 吸収スペクトル He 1s np <sup>1</sup>P<sub>1</sub> series

測定条件

Grating: 1200 lins/mm (Au)

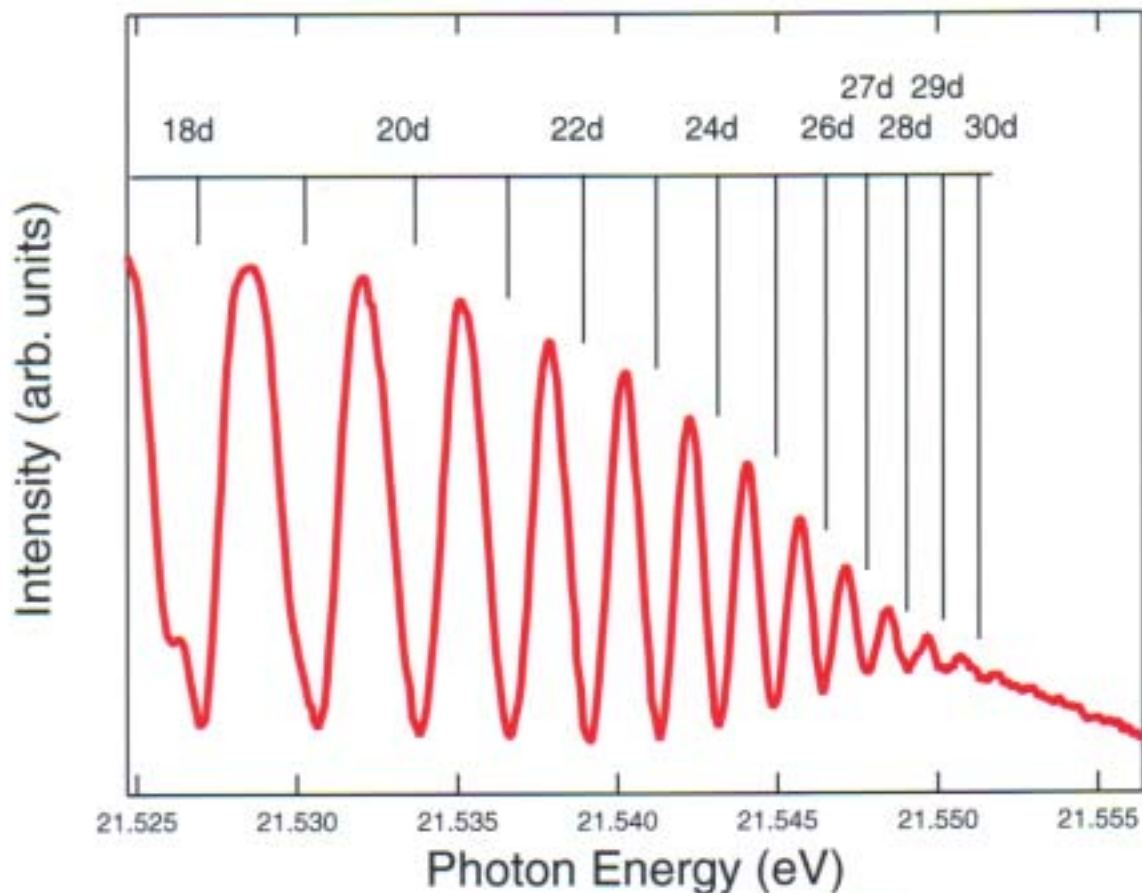
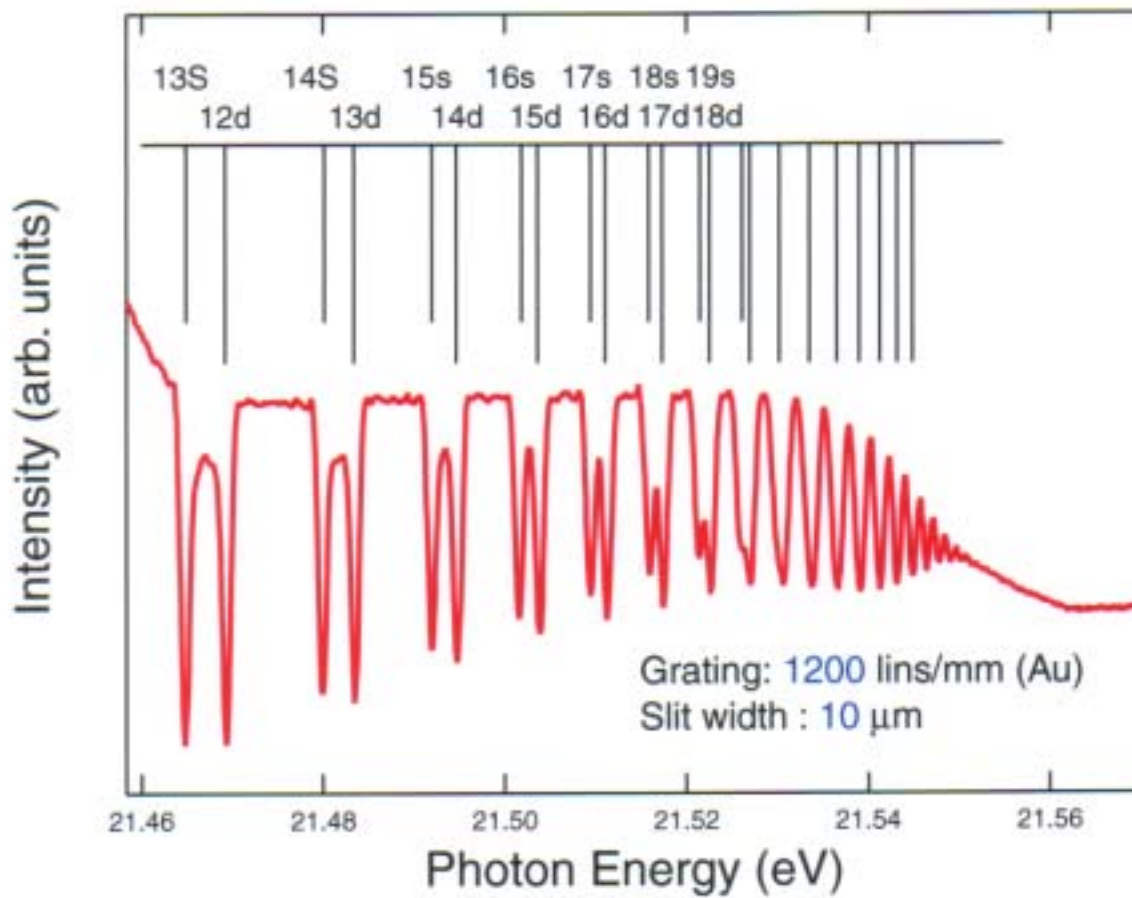
Slit width : 10 μm



エネルギー差 (27p - 28p) ~ 1.5 meV (0.0031 nm)

$E/\Delta E \sim 16000$

# Ne $2s^2 2p^5 ns nd$ series



Difference (29d - 30d)  $\sim 1.2$  meV

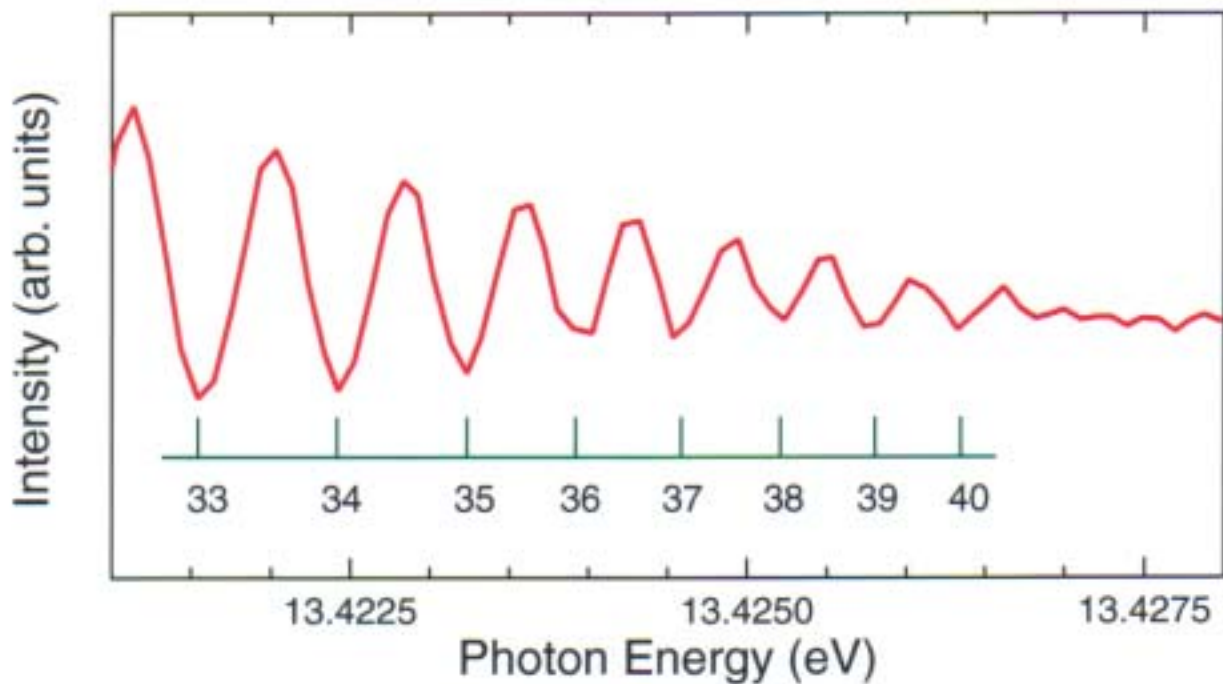
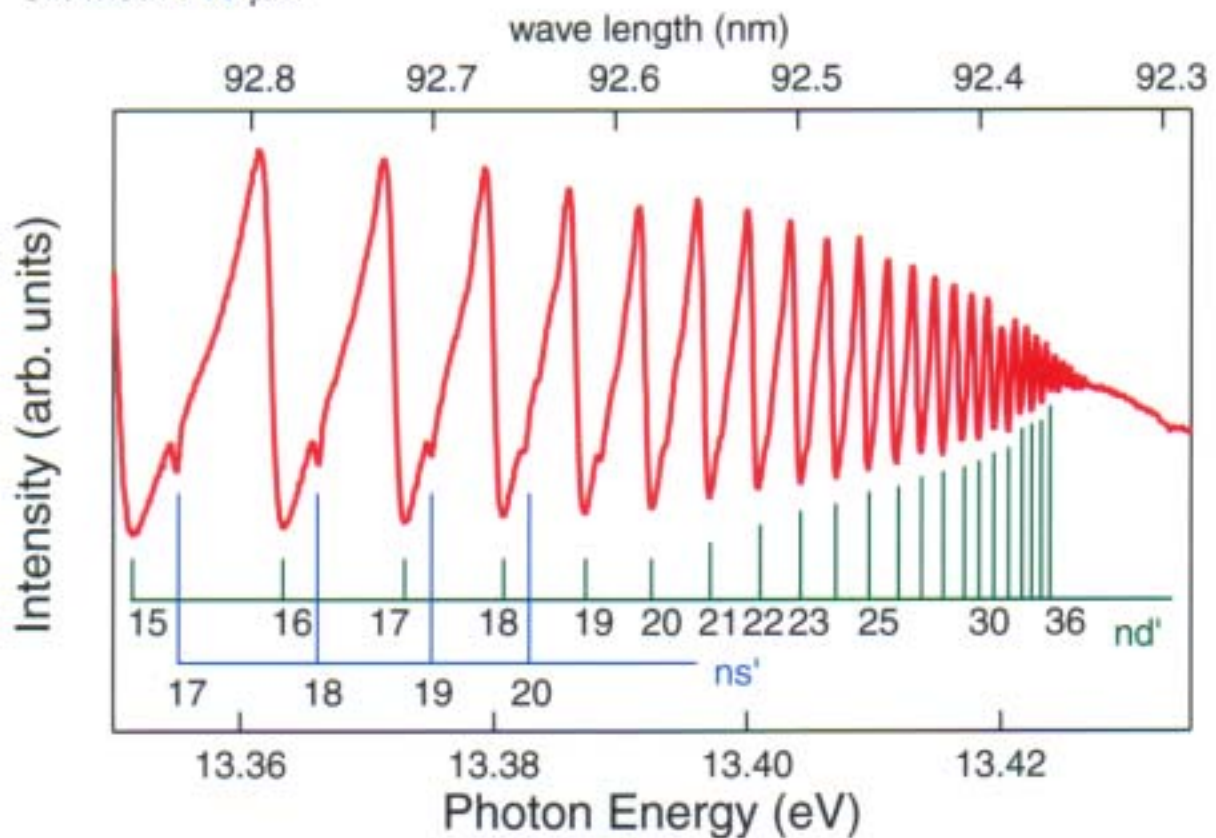
$E/\Delta E \sim 18000$

# Absorption Xe Rydberg series

(in the autoionization region)

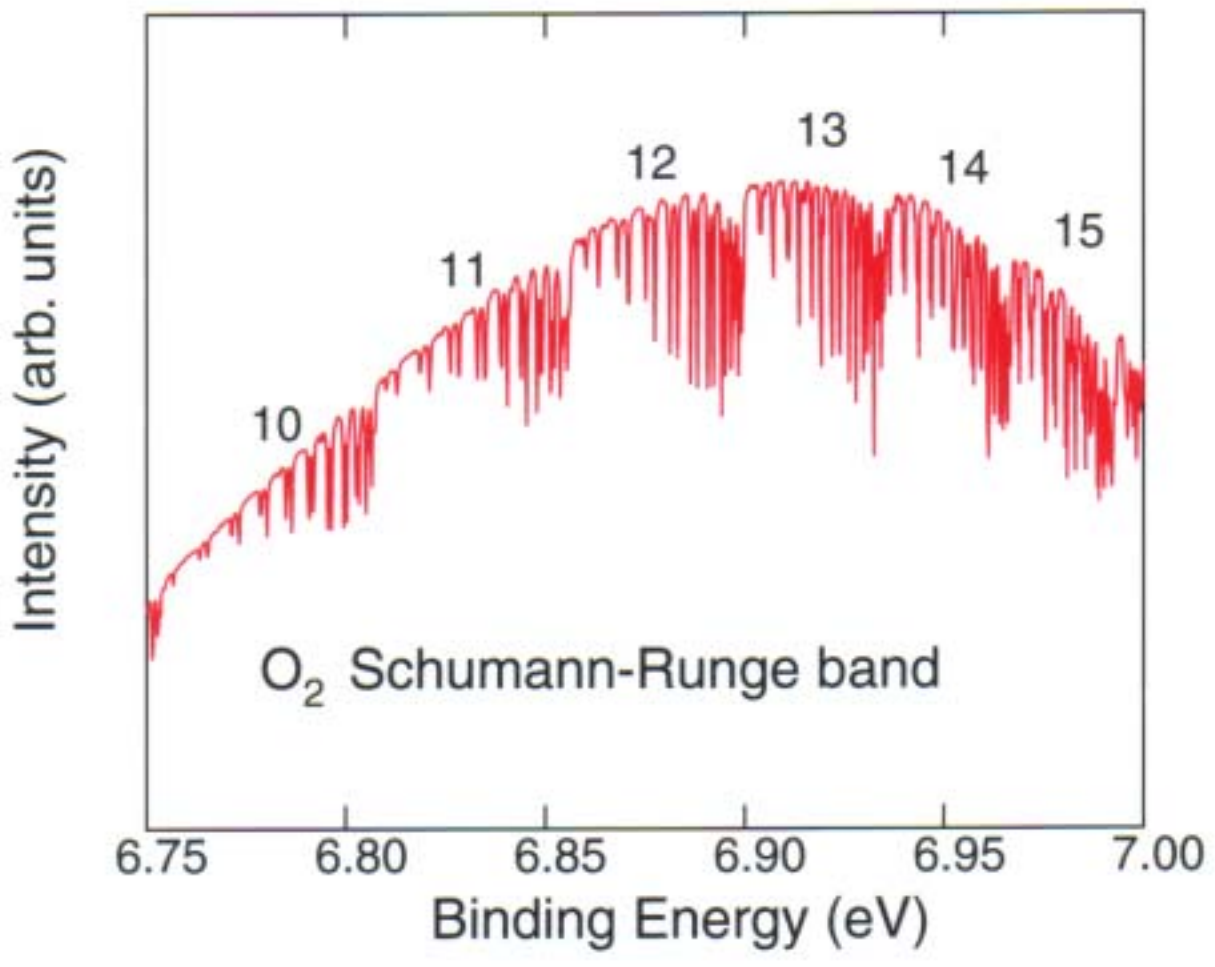
Grating: 1200 lins/mm (Au)

Slit width : 10  $\mu\text{m}$

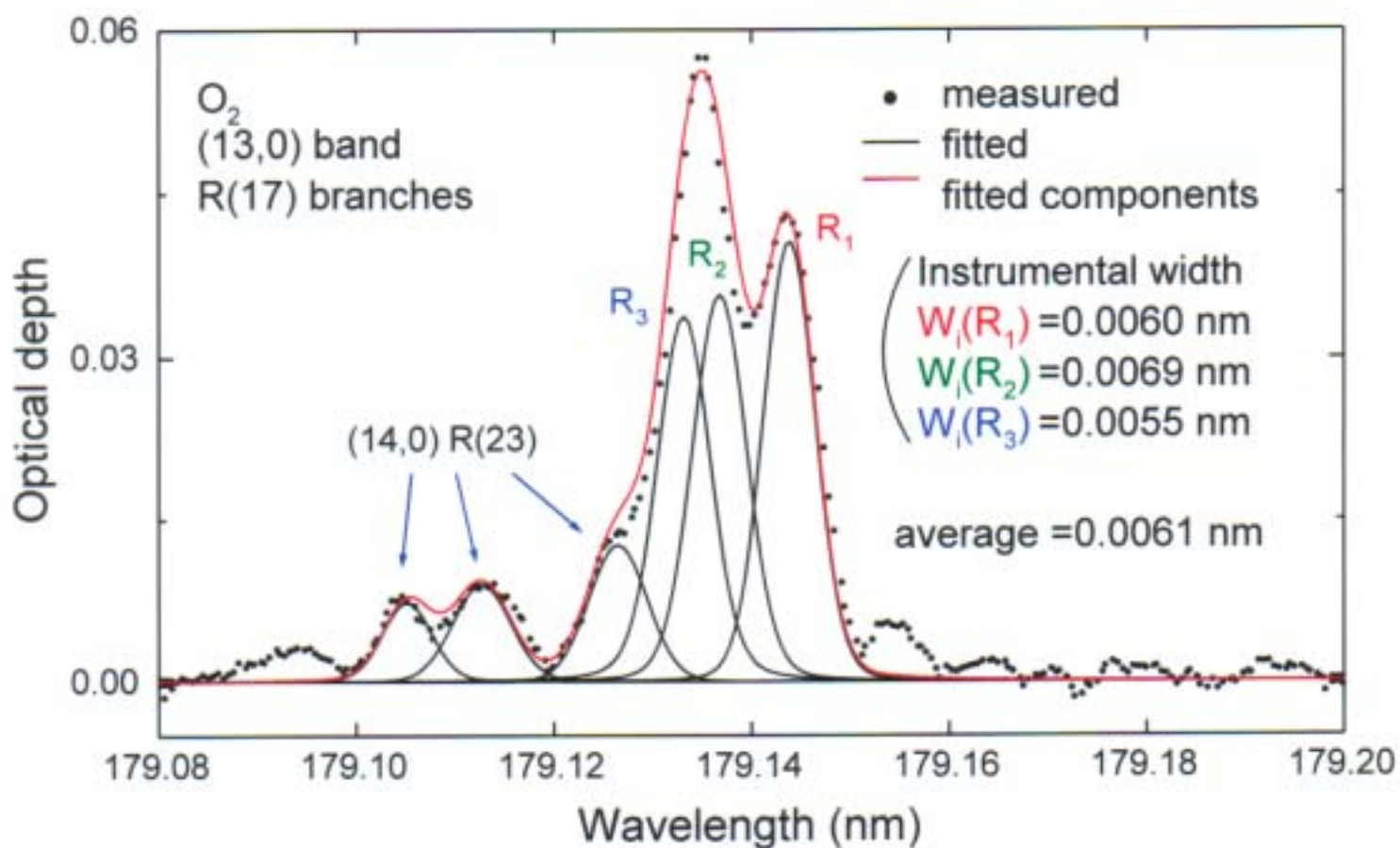
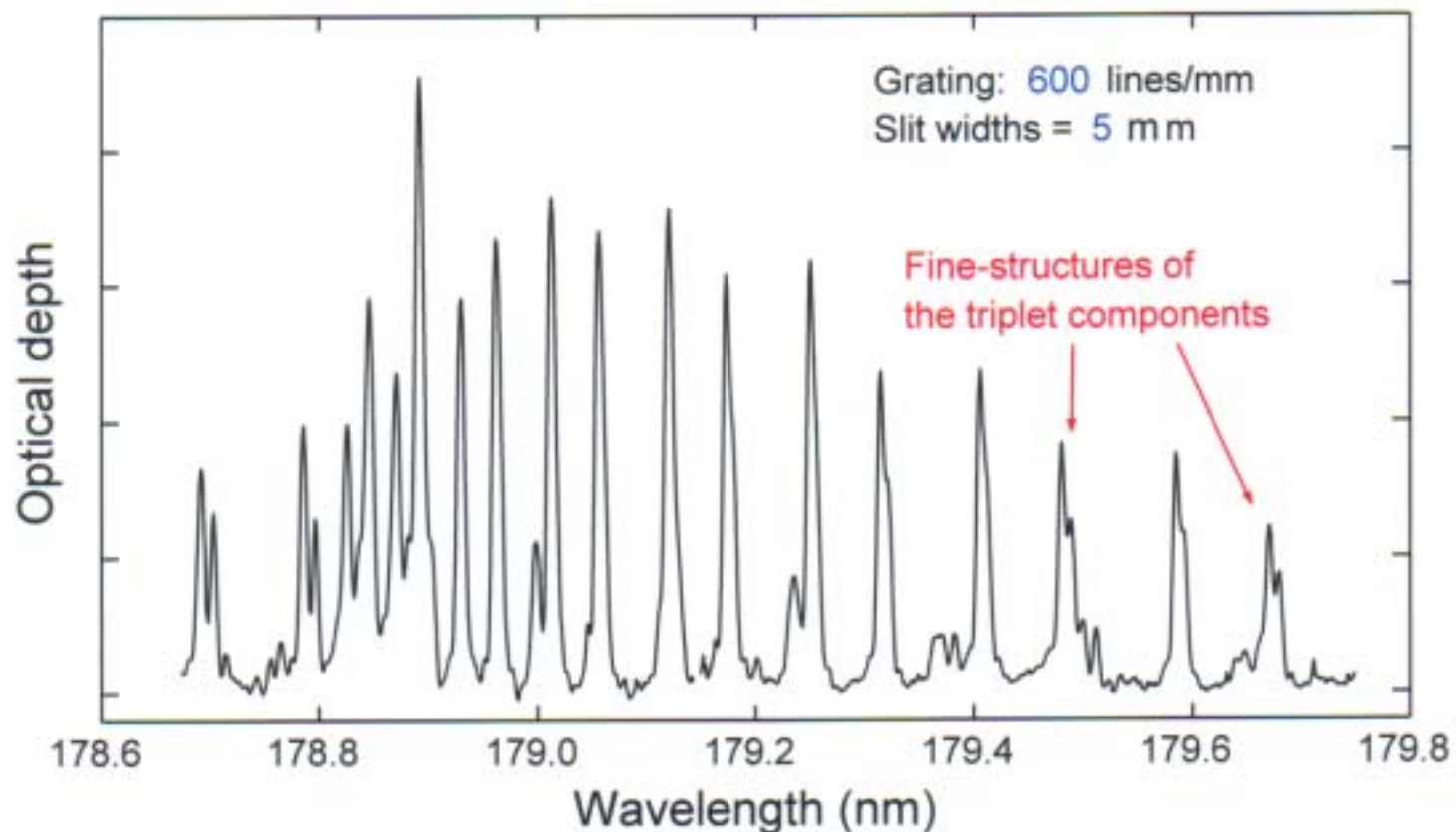


Difference (39d - 40d)  $\sim$  0.54 meV (0.0037 nm)

$E/\Delta E \sim$  25000



吸収スペクトル O<sub>2</sub> Schumann-Runge (13, 0) band



Resolution ~ 30000



## BL-9 問題点

ビームの軌道補正がかけられない

——→ 入射時に補正し、後はドリフト

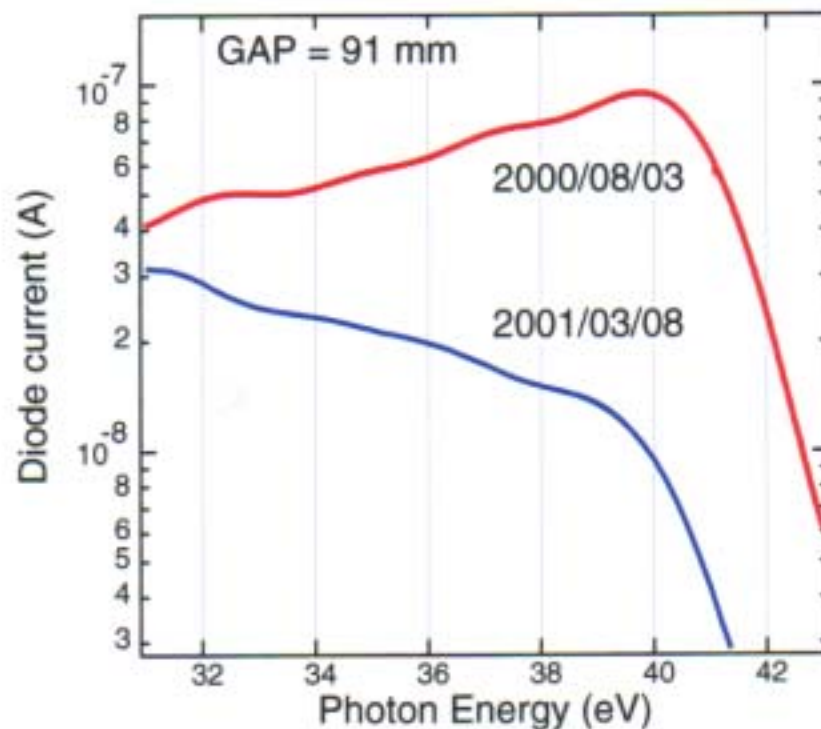
任意時間にGAP Phase が変えられない

——→ 定時のみの変更

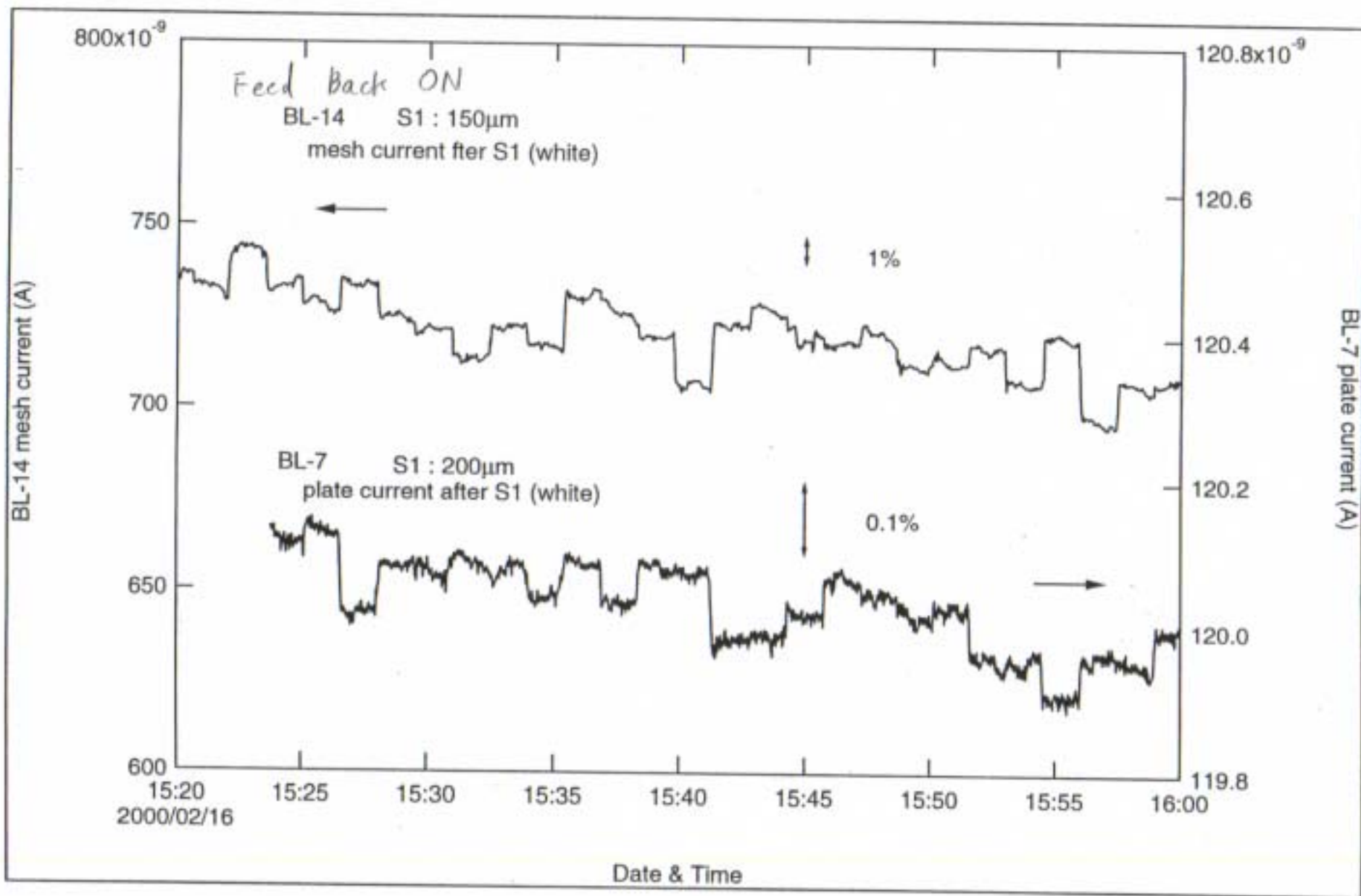
補正の高速化 もしくは 弱い補正ができないか？  
... etc.

ミラーの振動問題 ——→ 架台の補強  
ミラーの駆動機構の変更 (予定)

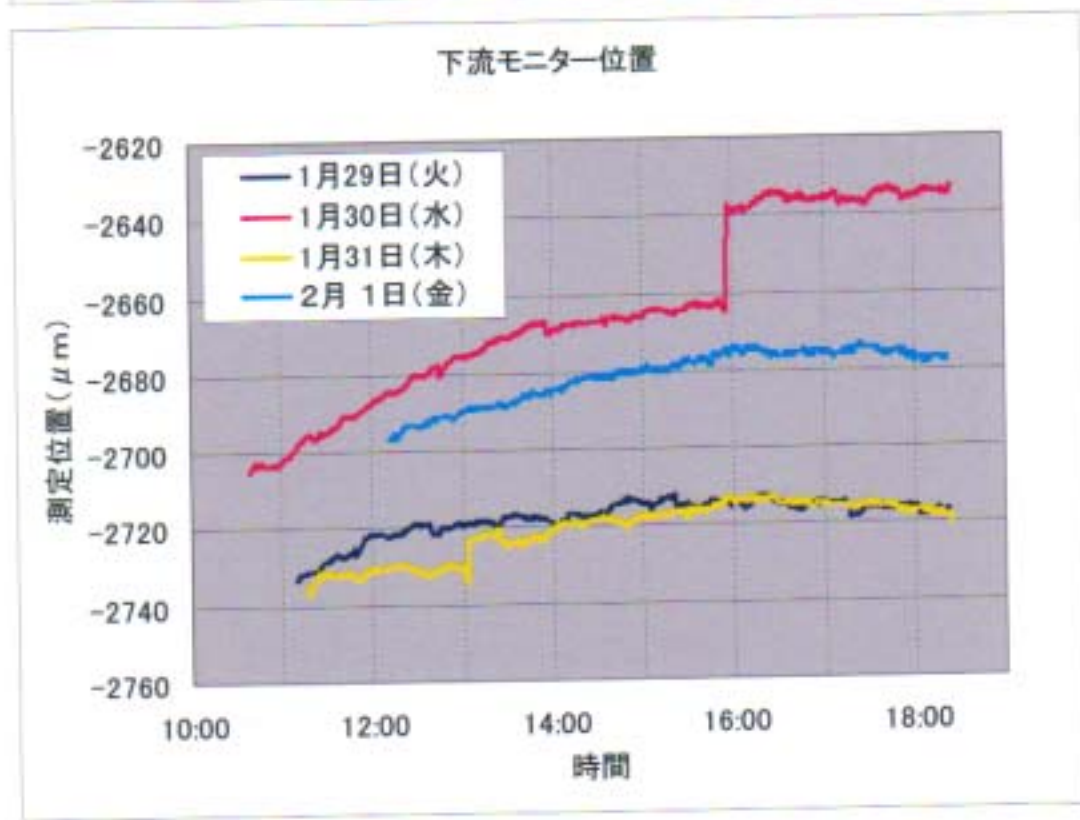
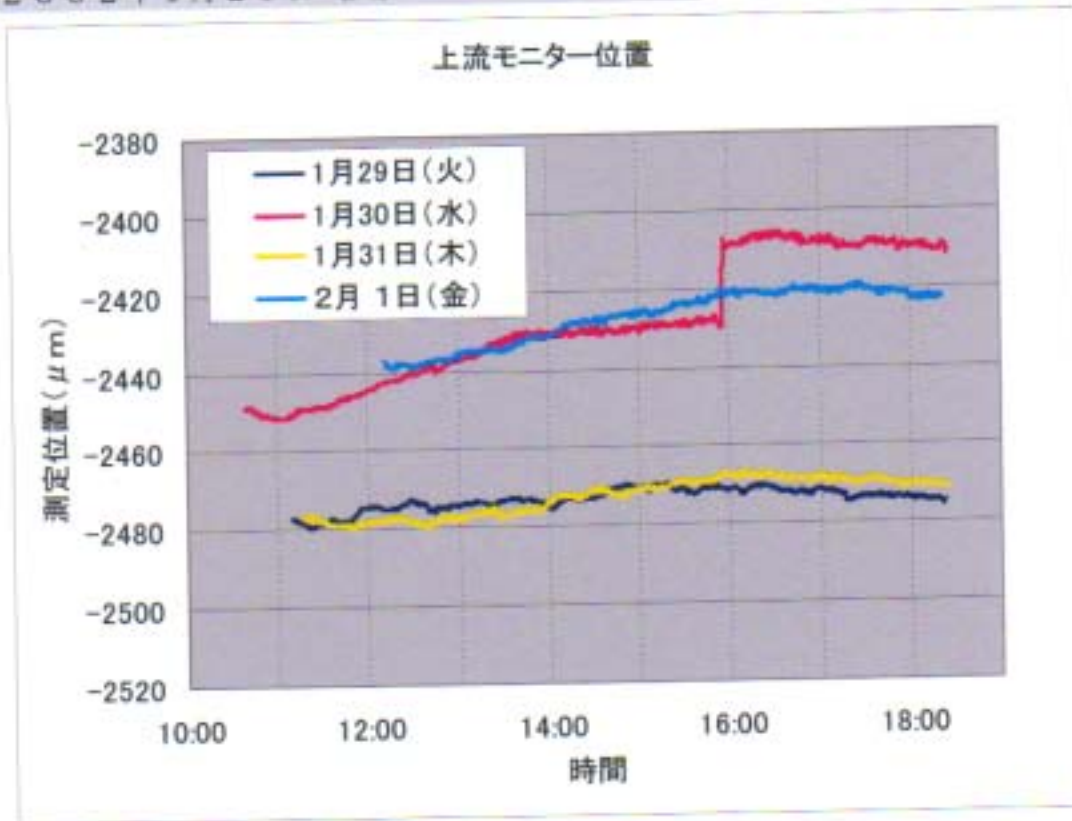
光強度低下の問題



$h\nu > 30$  eV の強度低下 (回折格子よりも前置鏡のコゲの問題?)  
→ 現状でのPES測定は主として  $h\nu < 35$  eV で使用



2002年1月29日(火)～1月31日(木)のビーム位置・角度測定



# BL-9 Performance

— 3m off-plane Eagle 型分光器 —

Photon flux

Photon Energy Range 4~35 eV

Slit幅 = 100  $\mu$ m  
蓄積電流値 = 200 mA

G1 (1200 lines/mm) ( $h\nu=10\sim40$  eV)  
max.  $1.4 \times 10^{12}$  Photons/sec. (20~30 eV)  
G2 (600 lines/mm) ( $h\nu < 12$  eV)  
max.  $2.3 \times 10^{12}$  Photons/sec. (5~9 eV)

## 分光器 分解能

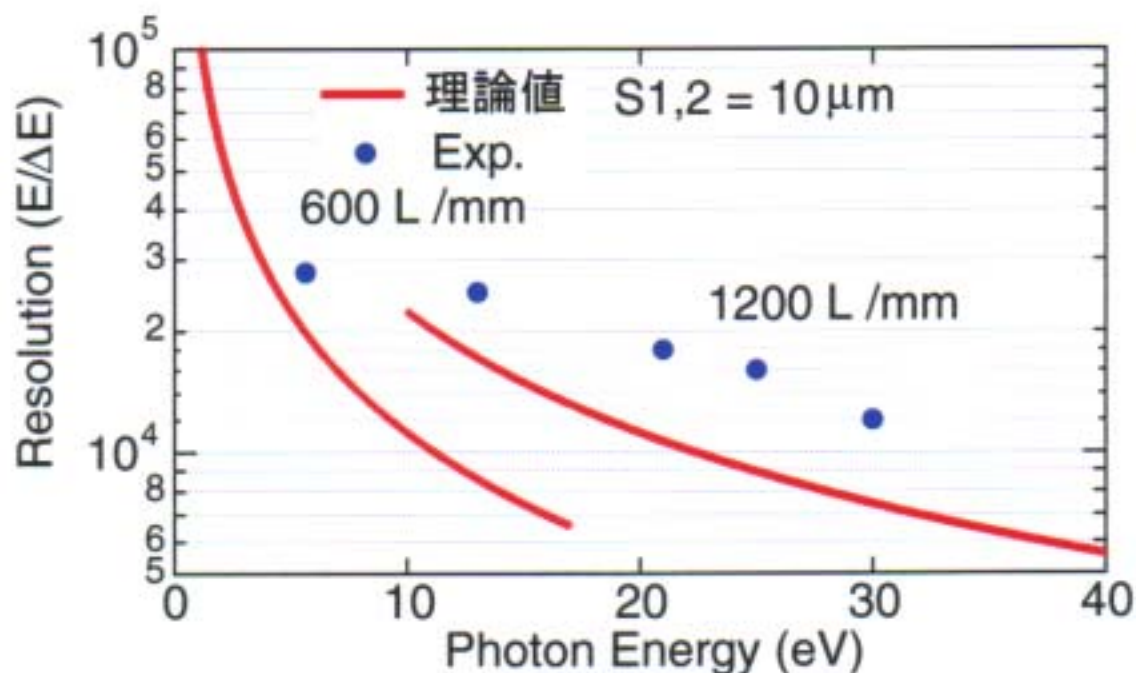
G1 (1200 lines/mm)  
Slit width: 10  $\mu$ m

12000	( $\sim 2.3$ meV)	$\sim 30$ eV	Ar
16000	( $\sim 1.5$ meV)	$\sim 25$ eV	He
18000	( $\sim 1.2$ meV)	$\sim 21$ eV	Ne
25000	( $\sim 0.54$ meV)	$\sim 13$ eV	Xe

G2 (600 lines/mm)  
Slit width: 5  $\mu$ m

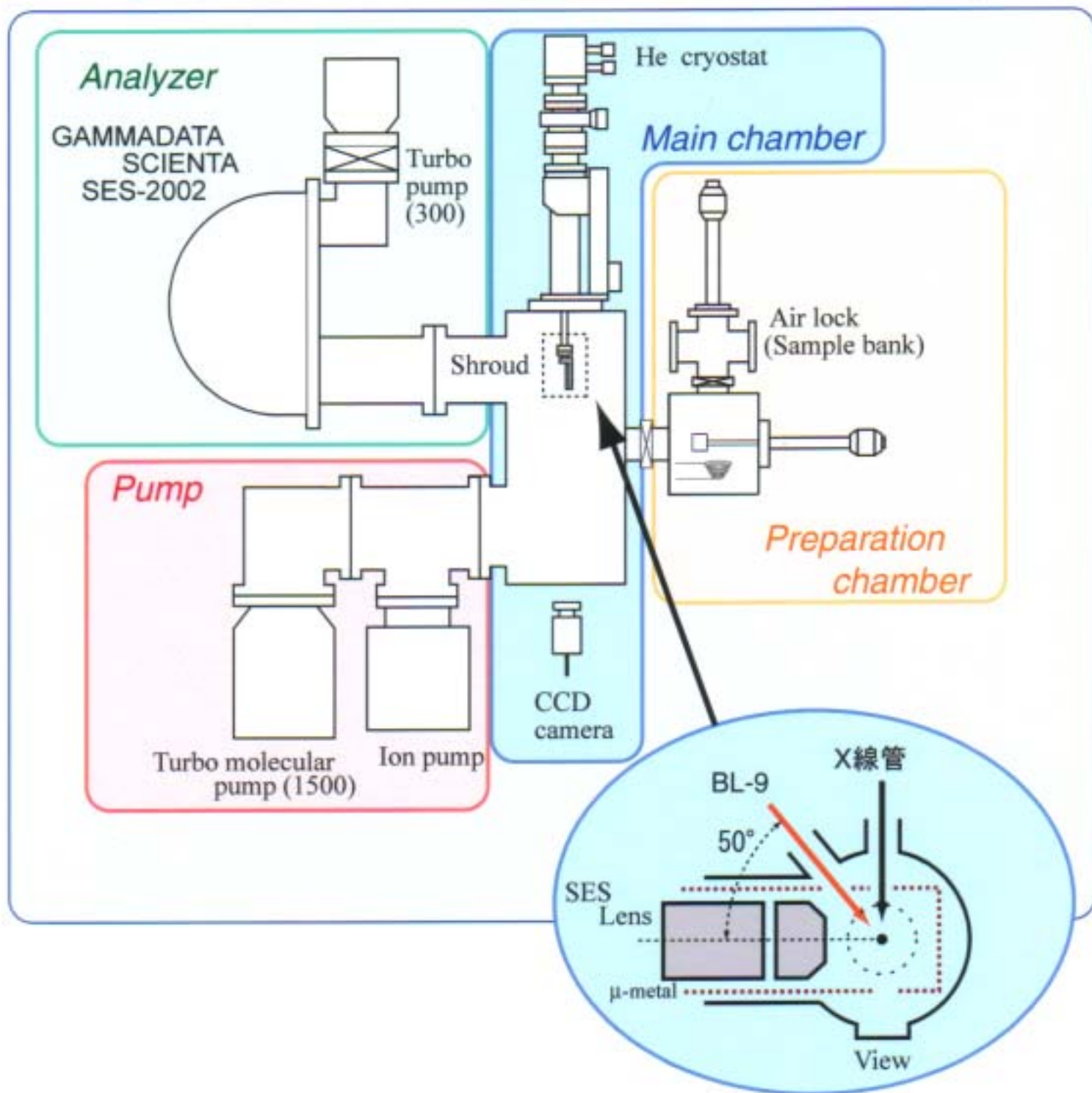
30000	( $\sim 0.25$ meV)	$\sim 7$ eV	O <sub>2</sub>
-------	--------------------	-------------	----------------

(4象限Slit = H: 8.0mm  $\times$  V: 4.0mm)



$$\Delta E = \text{Slitwidth } 2d \cos(\alpha) \cos(\phi/2) / \text{Slit\_Grating}$$

# 末端装置：高分解能光電子分光装置



基本真空度 :  $1.0 \times 10^{-10}$  Torr

$4.0 \times 10^{-10}$  Torr (@P槽)

循環式ヘリウム冷凍機 (測定温度 15 K ~ 室温)

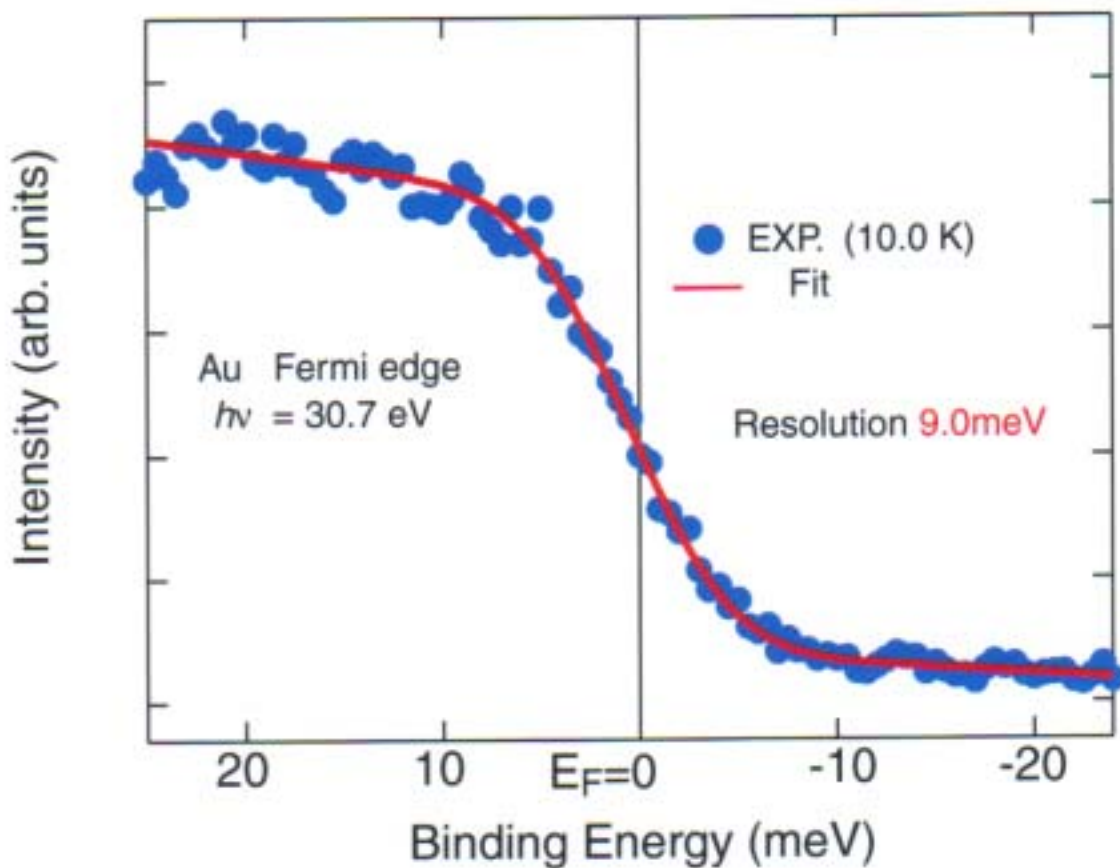
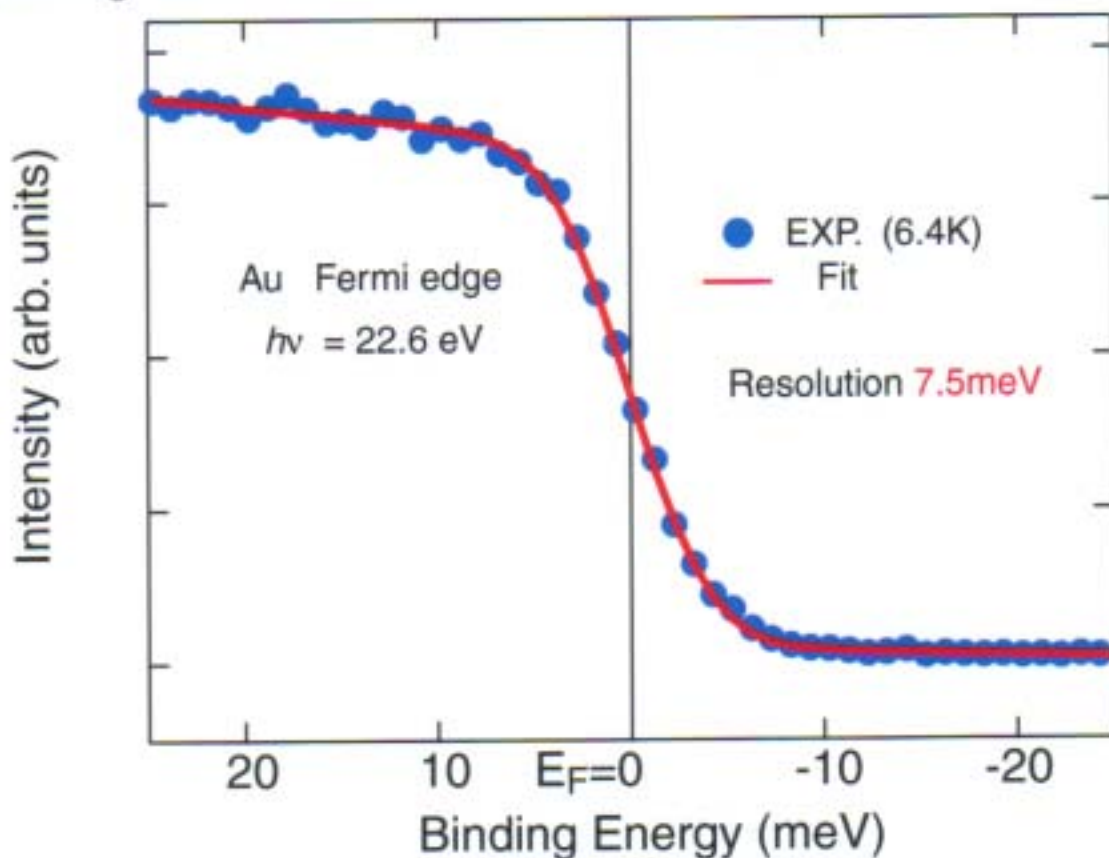
$\mu$ -metal shield Cooled shroud

破断装置 ダイヤモンドやすり

Au 蒸着源 (@P槽)

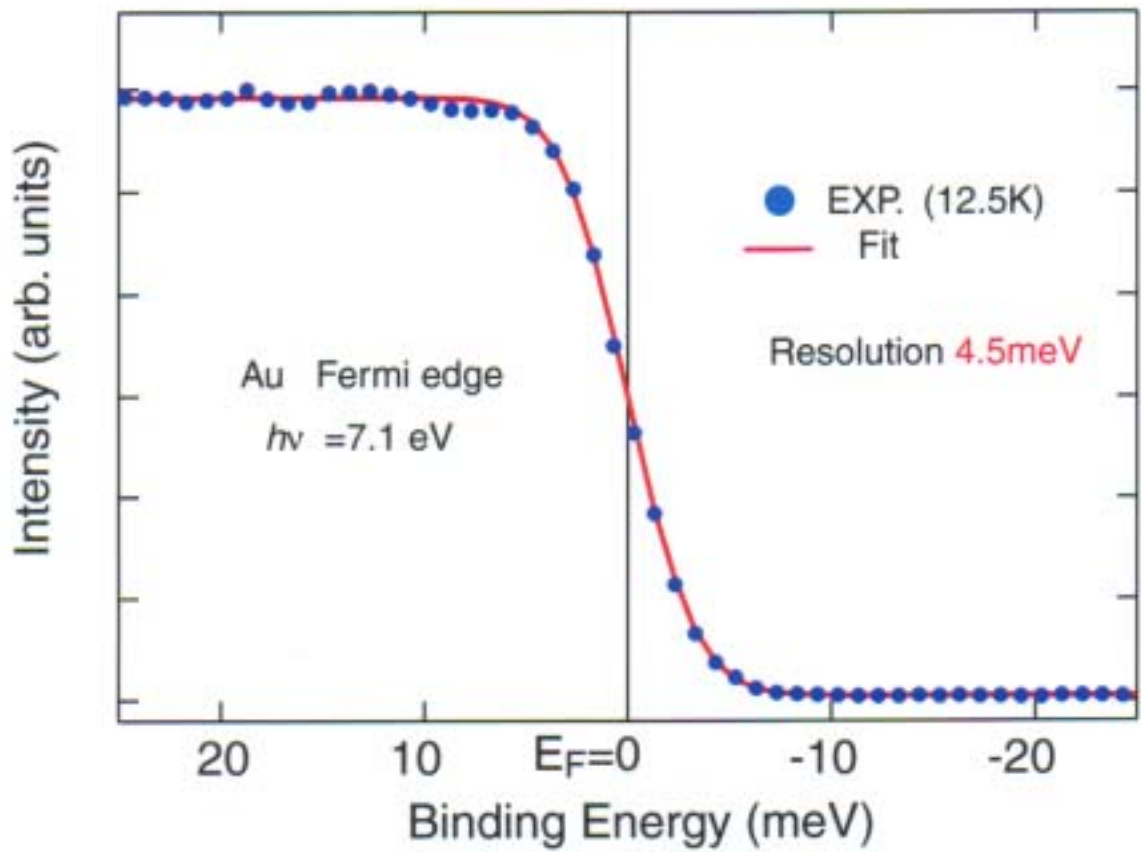
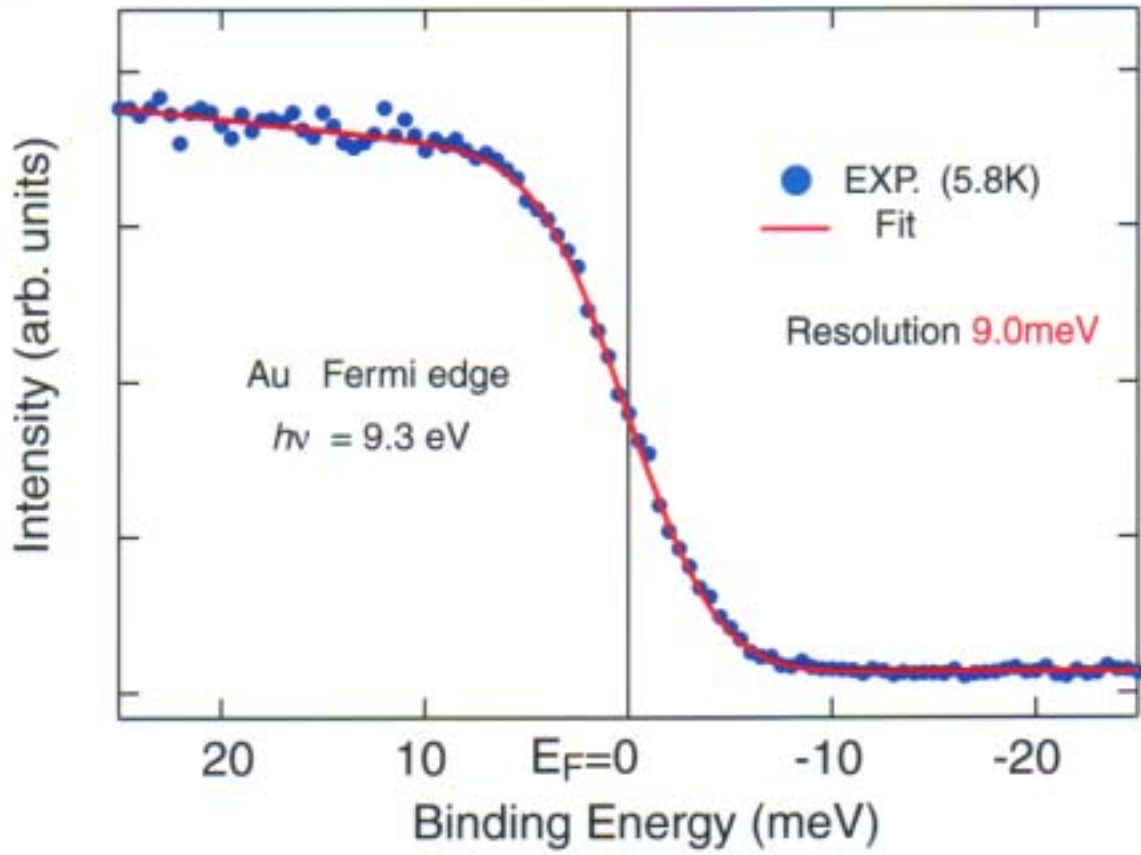
# BL-9 Au Fermi edge PES

Grating: 1200 lines/mm



BL-9 Au Fermi edge PES

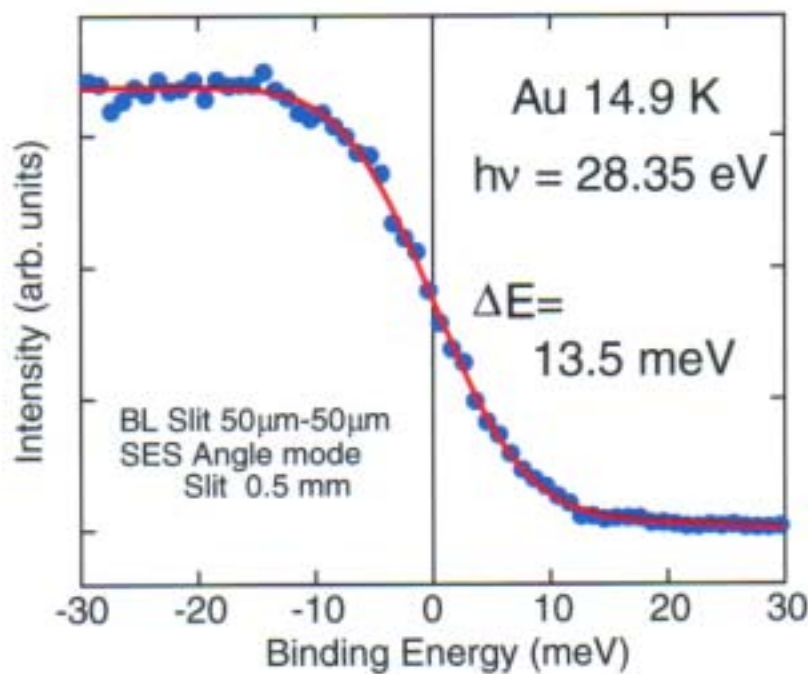
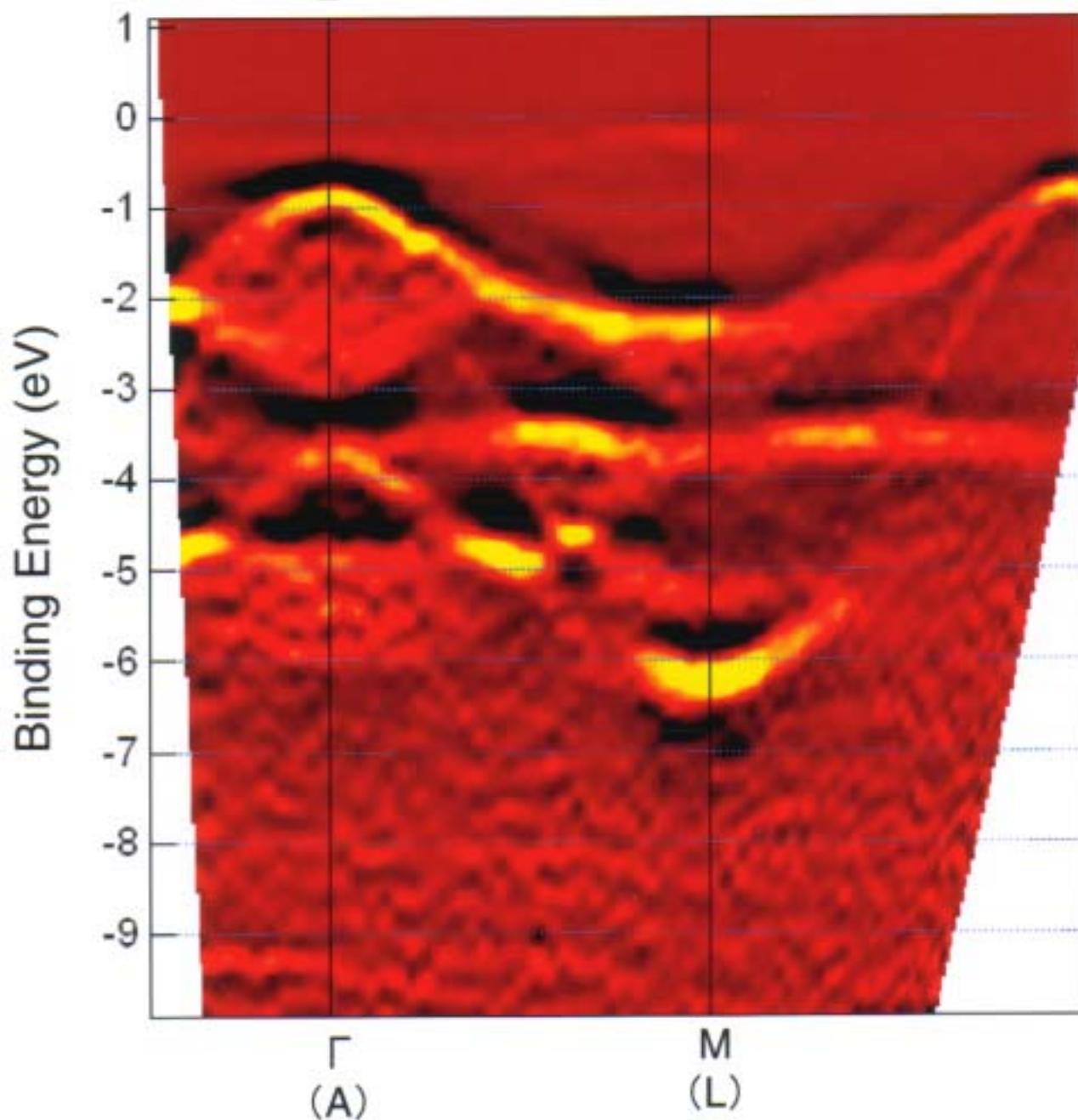
Grating: 600 lines/mm



# 角度分解光電子分光 TEST

1T-TiS<sub>2</sub>

$h\nu = 28.0\text{eV}$



ARPES

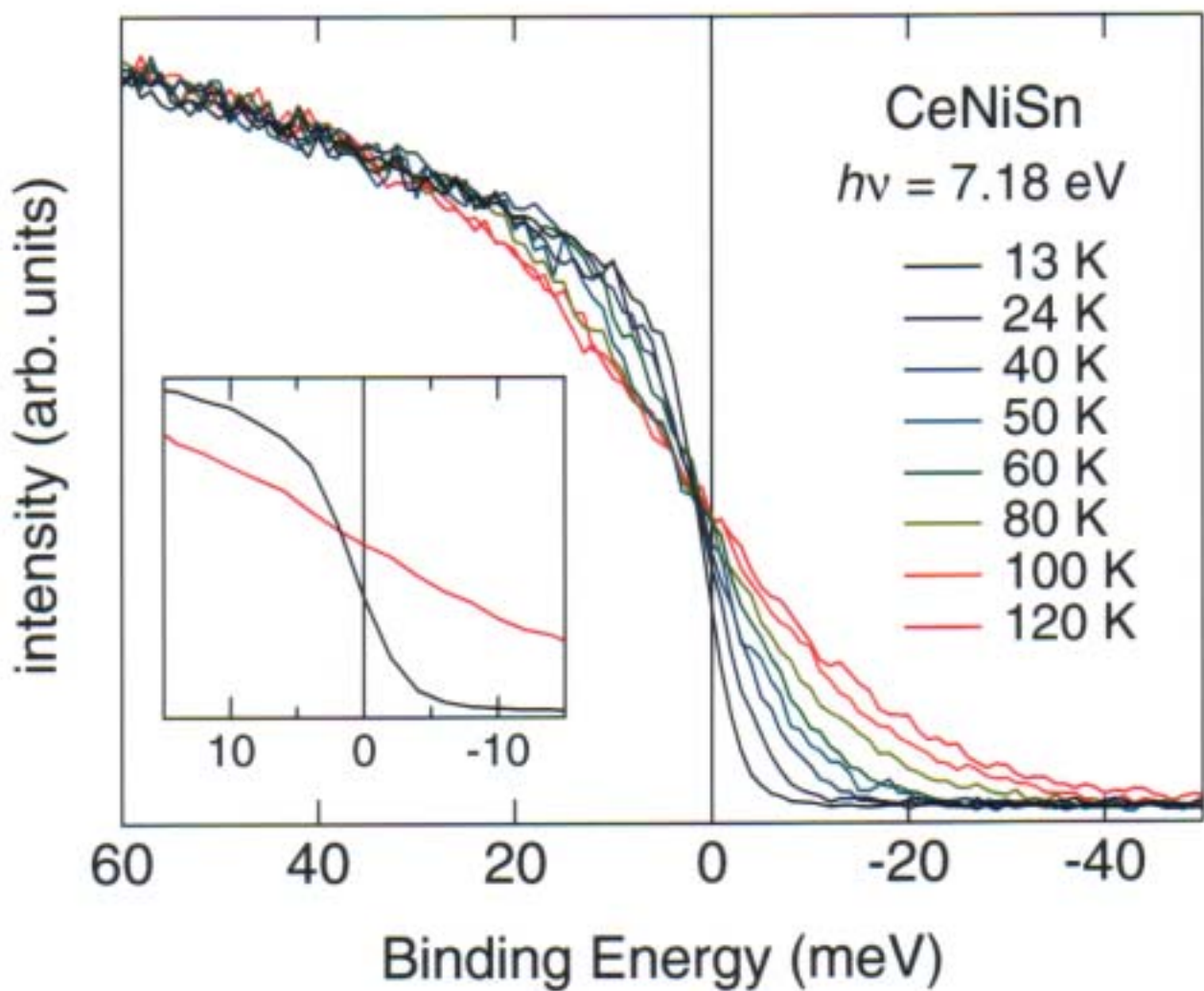
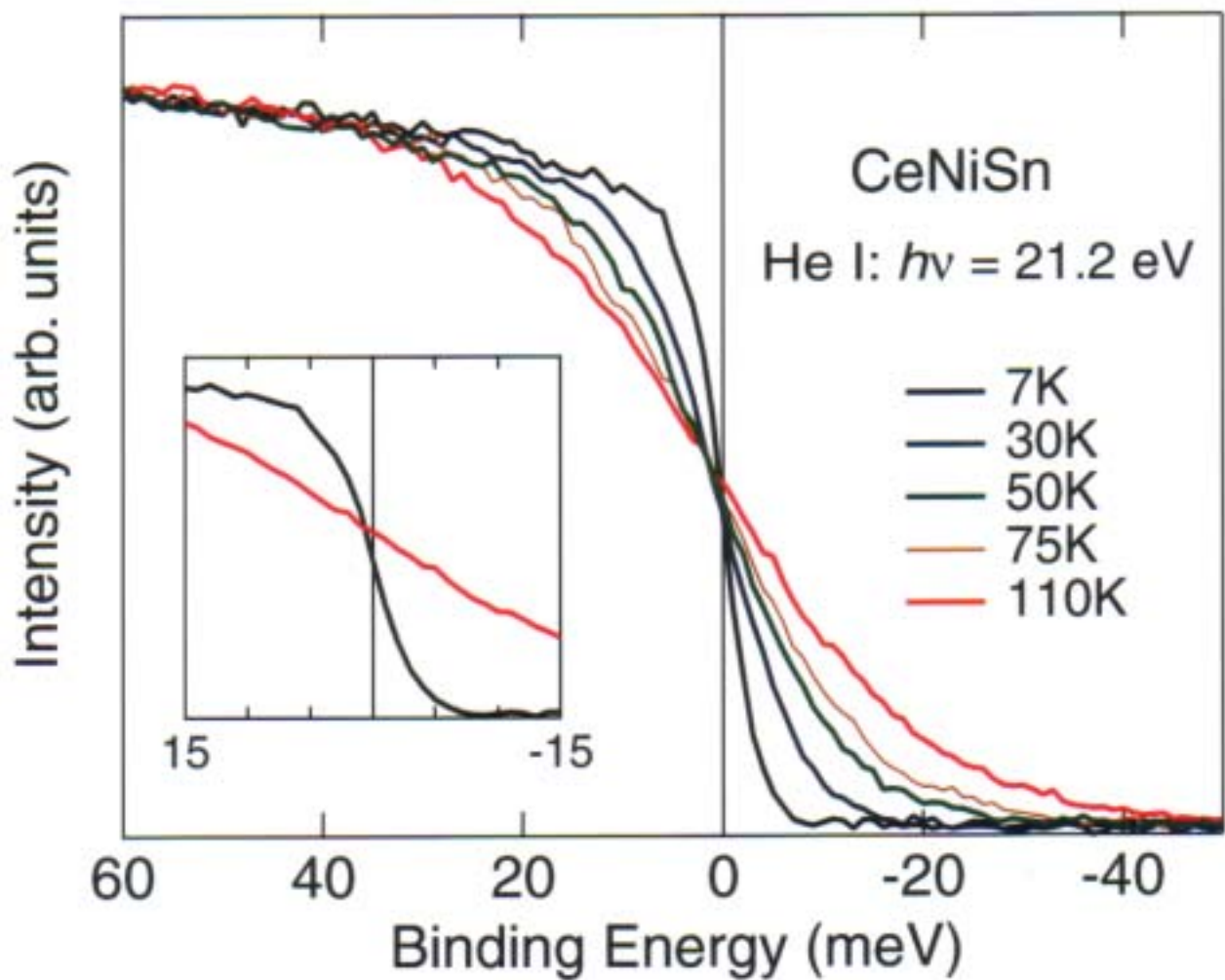
エネルギー分解能

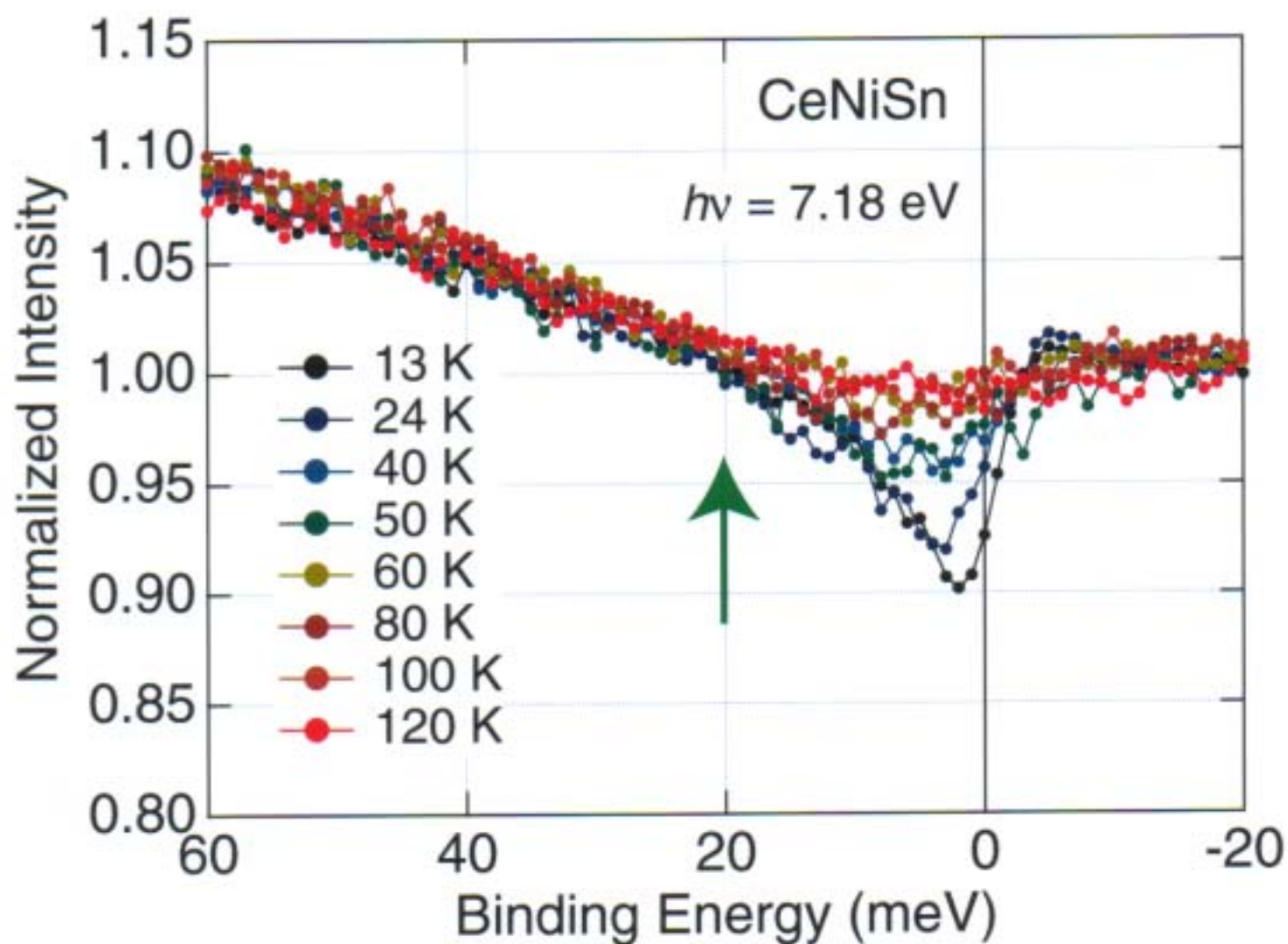
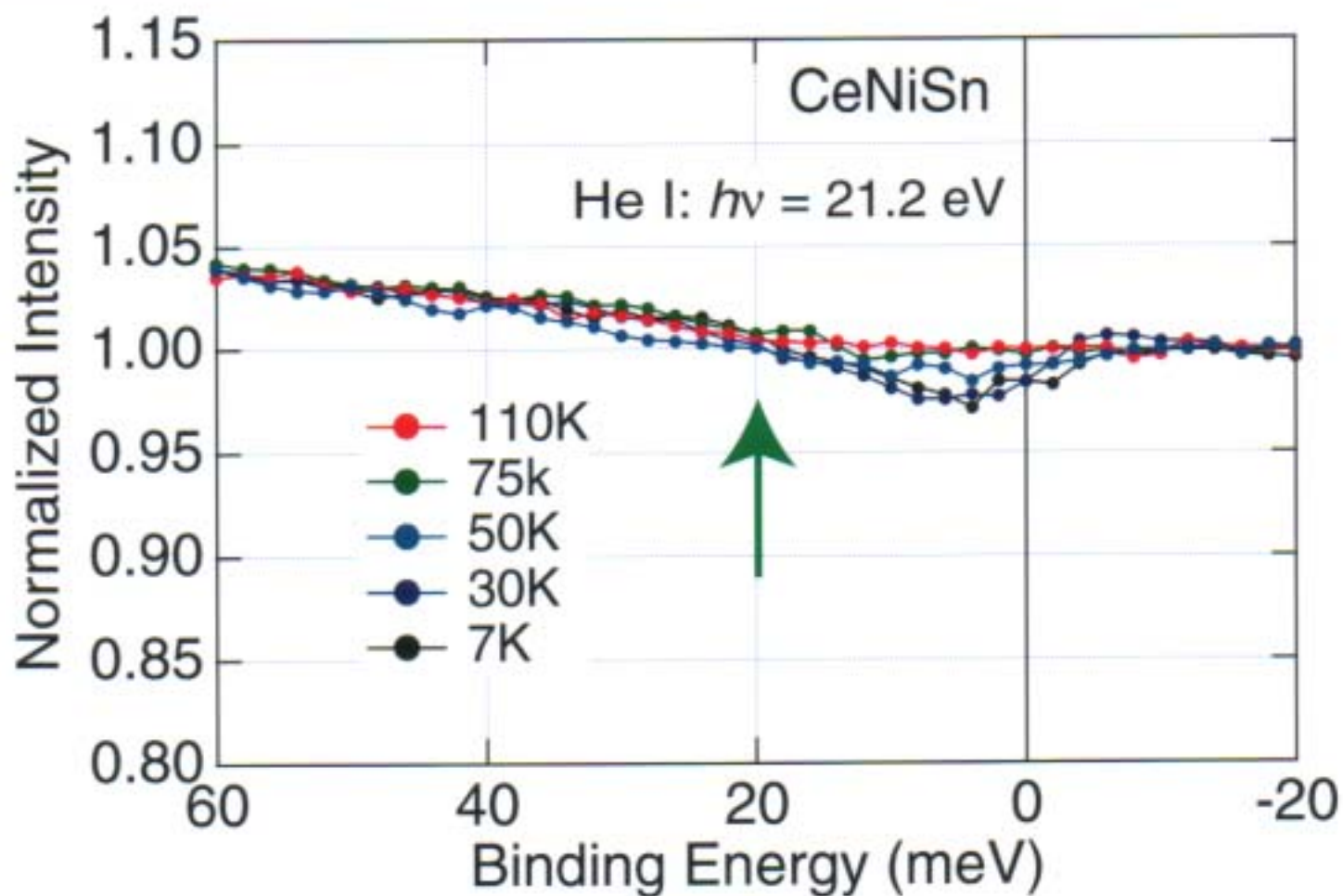
$\Delta E < 15\text{ meV}$

@  $h\nu < 30\text{ eV}$

角度分解能  $\sim 0.5^\circ$

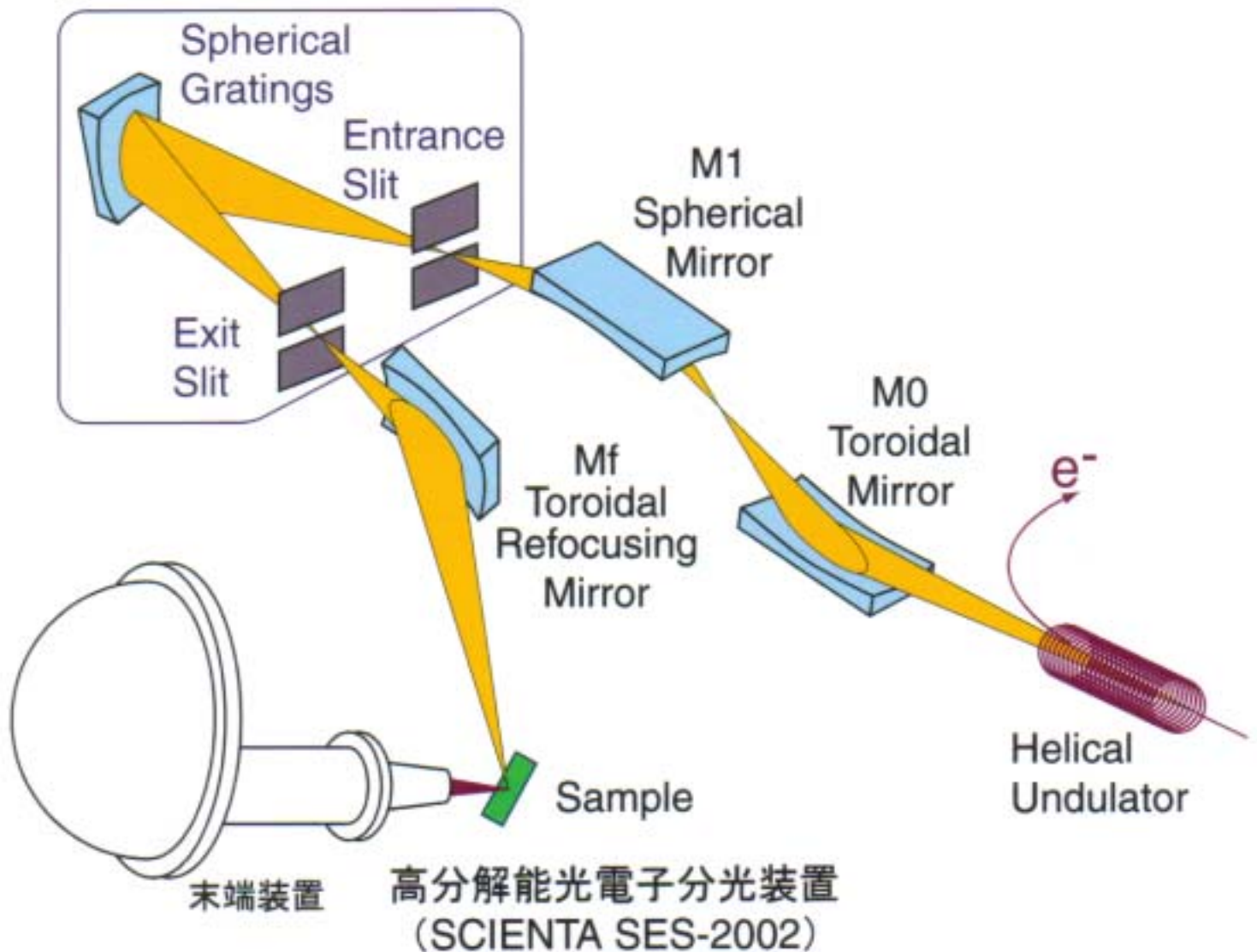






末端装置 まとめ

3m Off-Plane Eagle  
Monochromator



Helical Undulator + BL-9 + SES-2002

角度積分光電子分光  $\Delta E < 10 \text{ meV}$  @  $h\nu < 30 \text{ eV}$

角度分解光電子分光  $\Delta E \sim 15 \text{ meV}$   
 $\Delta\theta \sim 0.5^\circ$

現在…

角度分解光電子分光測定 ( $h\nu = 15 \sim 30 \text{ eV}$ )

低エネルギー高分解能光電子分光測定 ( $h\nu \sim 7 \text{ eV}$ )

→バルク敏感?

→終状態効果は?

…を行っている