



X線天文衛星搭載軟X線検出器用の コンタミネーション防止膜(CBF)の開発

○佐藤雄太, 幸村孝由, 安藤正人, 桑野晋太郎, 玉澤晃希, 丹野憧磨, 吉野祐馬, 金子健太 (東京理科大学), 富田洋, 木村公, 近藤恵介 (ISAS/JAXA), 常深博, 林田清, 穴吹直久, 井上将太, 井上将太, 内田大貴, 片多修平, 中嶋大, 薙野綾 (大阪大学) 鶴剛, 田中孝明, 内田裕之, 信川正順 (京都大学), 村上弘志 (東北学院大学), 宮川賢人 (工学院大学), 中村哲也, 小谷住範, 室隆桂之 (SPring-8), ASTRO-H SXIチーム

1. 概要

人工衛星に搭載する観測機器は、衛星内部の有機物から放出されるアウトガスによるコンタミネーションによって検出効率等の性能低下を引き起こす。特に、-100℃程度まで冷却するX線CCDのような観測装置は、検出器があたかもコンタミ物質のゲッターとなってしまう。そこで、我々は**衛星搭載X線CCDへのコンタミネーションを防ぐために**、CCDの前面に装備するCBF (Contamination Blocking Filter)と呼ぶフィルターを開発している。このCBFは、**コンタミネーションの防止をするだけでなく、地球大気が放射する紫外線や天体が放射する可視光を遮光する役割もある**。なお、このCBFは**ASTRO-H衛星搭載軟X線撮像装置(SXI;Soft X-ray Imager)に装備する**。

CBFの実用化に向けては、CBFの打ち上げ時の振動への耐久性や、**CBFのX線・紫外線・可視光透過率を評価**することが必要となる。これまでに、2種類のCBF (FM1とFM2)を製作し、SPring-8のビームライン(BL25SU)やKEK-PFのビームライン(BL-11A, 20A)において、2.0keV以下のX線透過率と紫外線透過率を測定した。X線透過率は、窒素を含む、炭素、酸素、アルミニウムのK吸収端付近のX線吸収微細構造(XAFS)を含めて測定することができる上、FM1はO-Kで60%以上、FM2はO-Kでの50%の高い透過率を持つことが分かった。紫外線透過率については、FM1,FM2ともに40eVの紫外線透過率が0.001%とわかり、軌道上で十分紫外線を遮光できることが分かった。可視光透過率については、FM1は10%で、軌道上で十分可視光を遮光できることが分かった。一方、FM2については、現在、測定の準備を進めている。本ポスターでは、我々がSXI用に開発した2種類のCBFの軟X線・紫外線・可視光透過率の測定の結果について報告する。

2. CBFの仕様

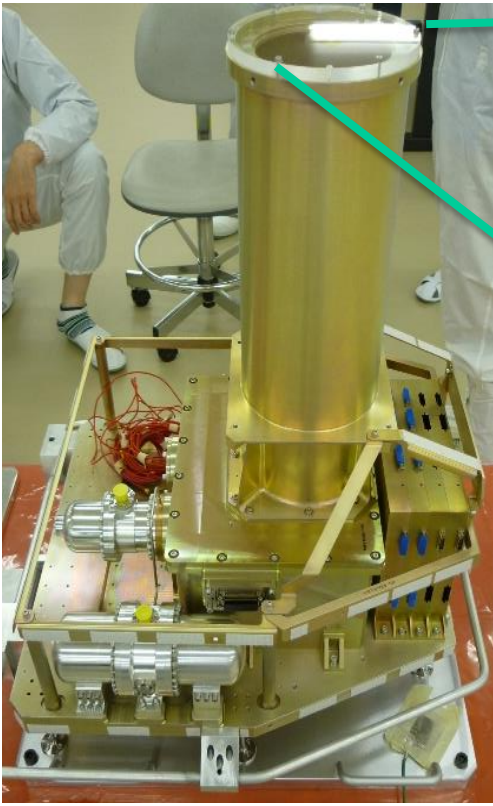


Fig.1 軟X線撮像検出器

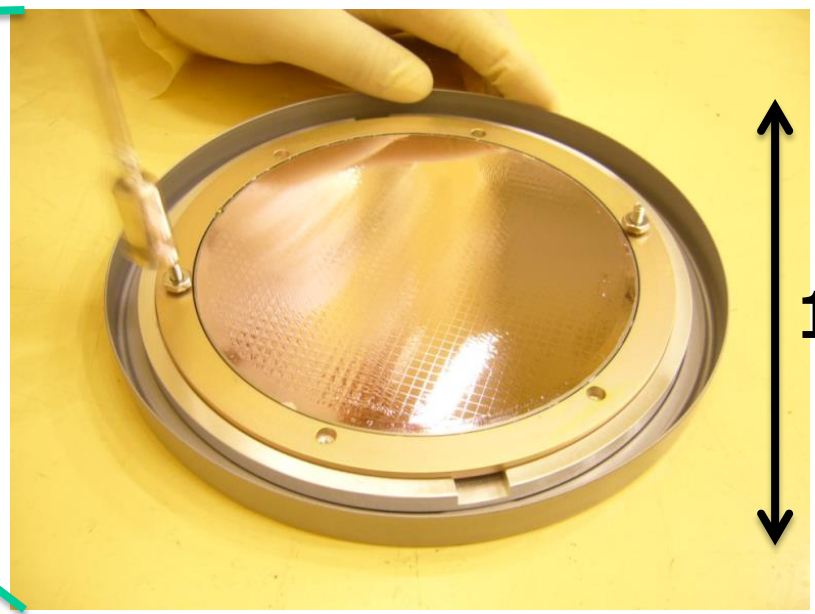
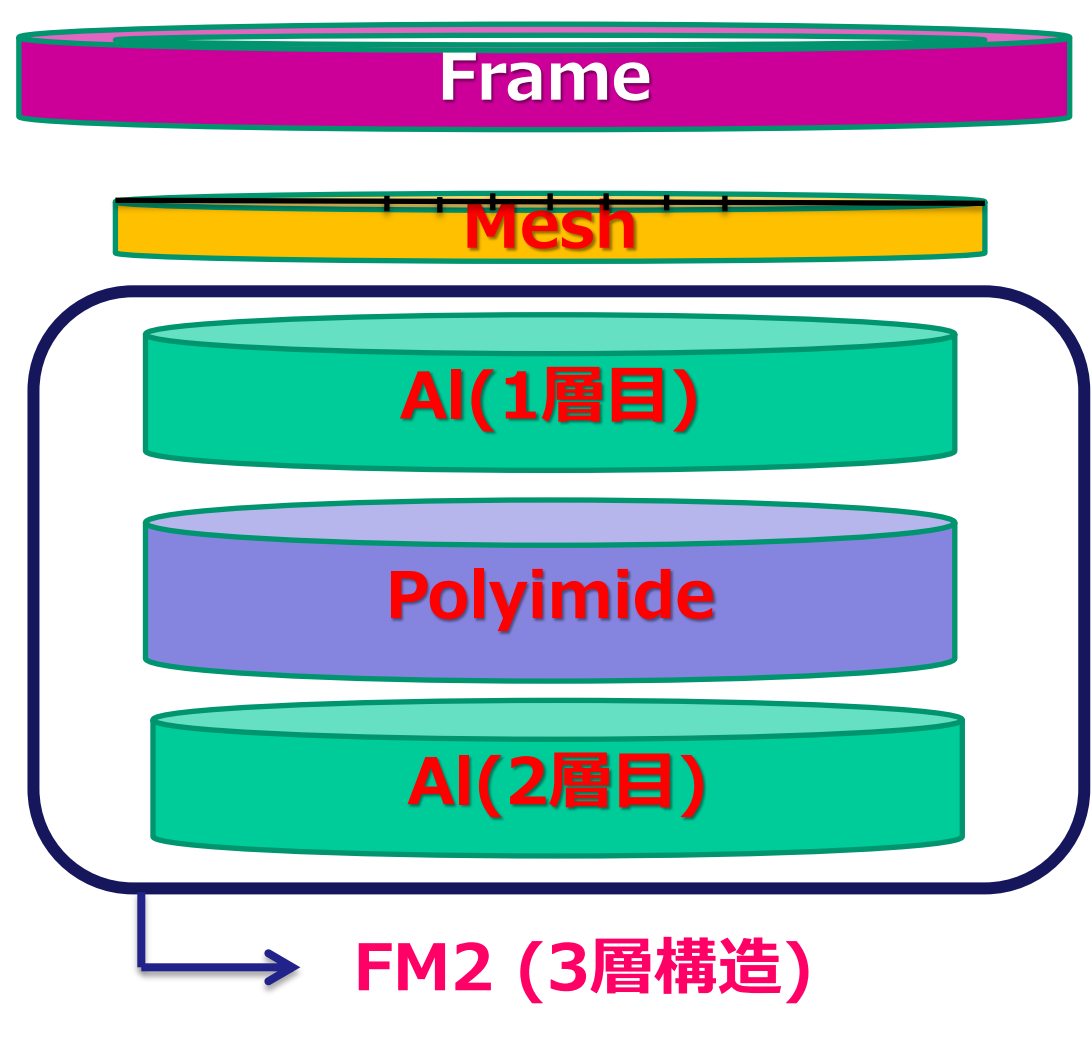
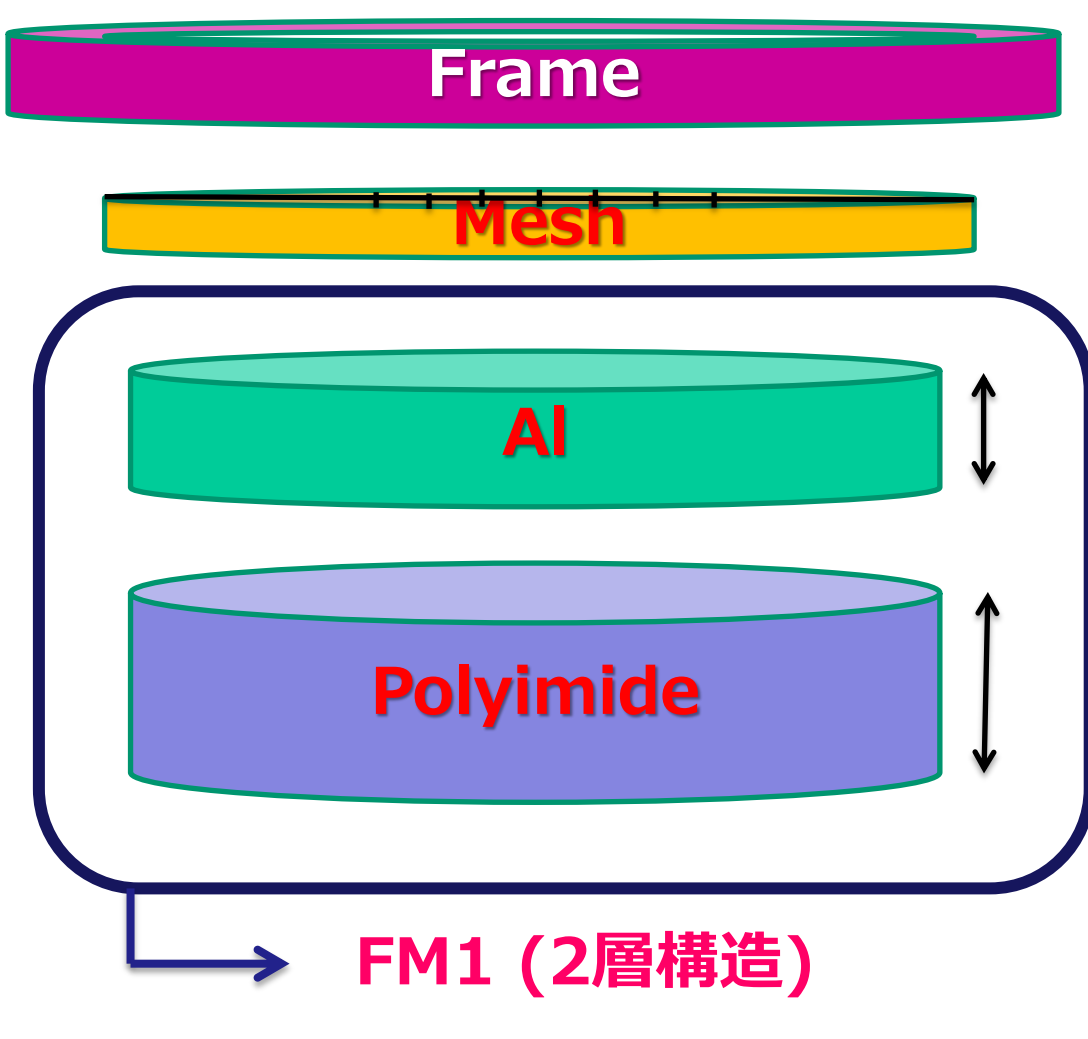


Fig.2 CBF (Contamination Blocking Filter) アルミニウムとポリイミドの積層構造からなるCBFは、MeshとFrameによって支えられている。



◆ **FM (Flight Model) 1 の構成(CBF-3, 5, 10)**

フィルターの種類	CBF-3	CBF-5	CBF-10
アルミニウム[Å]	312	308	311
ポリイミド[Å]	2115	2060	2168

◆ **FM (Flight Model) 2 の構成(CBF-A4, A5)**

フィルターの種類	CBF-A4	CBF-A5
アルミニウム1層目[Å]	802	778
ポリイミド[Å]	1989	1953
アルミニウム2層目[Å]	432	422

3. CBFの可視光・紫外線・軟X線透過率の測定

3.1 実験セットアップ外観



Fig.3 FM1の可視光の透過率の測定を行った。

真空槽内のCBFを透過し400~990 nmの可視光をフォトダイオードに照射した。

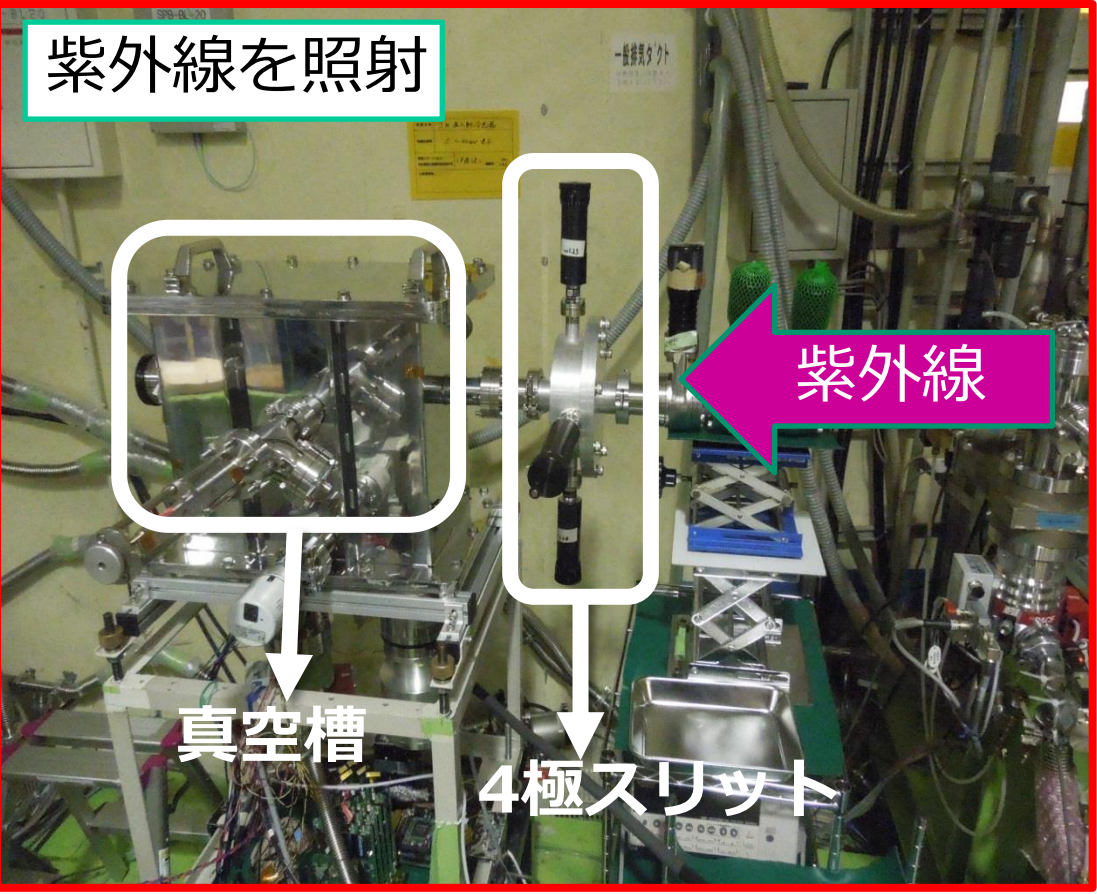


Fig.4 2014年11月30日~12月4日にKEK-PF内のビームラインBL-20Aにおいて、FM1, FM2の紫外線透過率測定の実験を行った。

真空槽内のCBFに照射した紫外線は38~60 eVである。

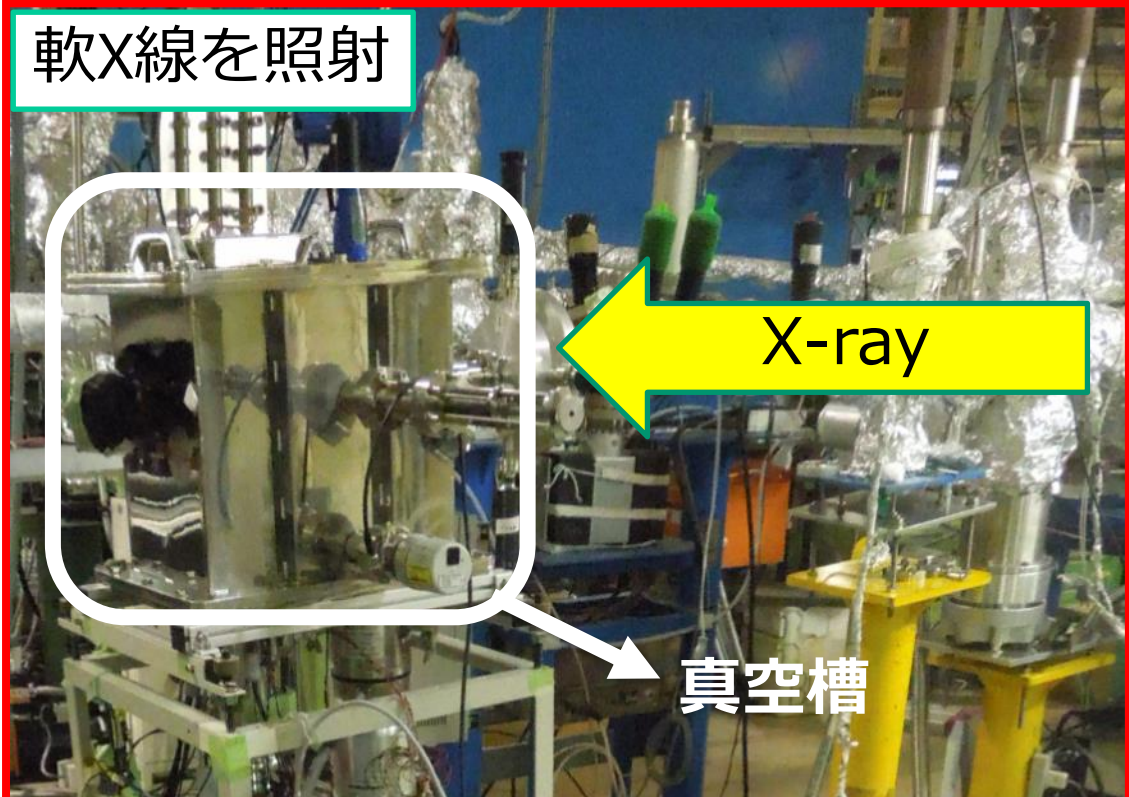


Fig.5 2014年12月11日~18日にKEK-PF内のビームラインBL-11Aにおいて、FM 2のX線透過率測定実験を行った。BL-11Aでは、600 lines/mmと1200 lines/mの2種類の分光器と高次光除去ミラーを使用し、真空槽内のCBFに150 ~ 1950 eVのX線を照射した。CBFを透過した光を真空槽内のフォトダイオードを用いて測定した。

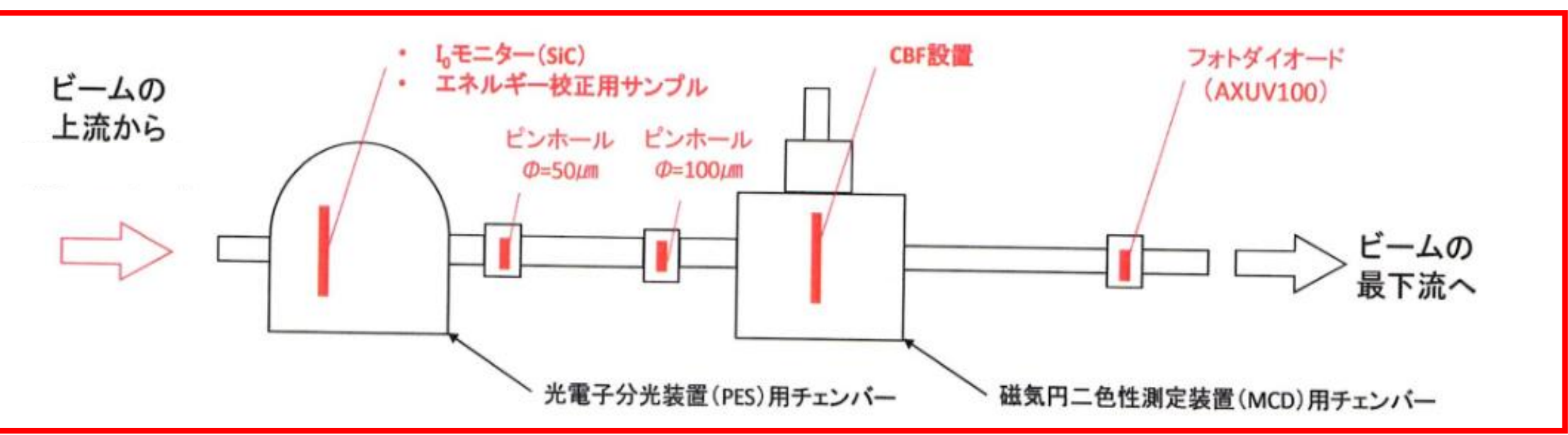


Fig.6 2013年10月14日~18日にSPring8のビームラインBL-25SUで200~1850 eVのX線を真空槽のCBF-10に照射し、フォトダイオードを用いて測定した。

3.1 真空槽内のセットアップ

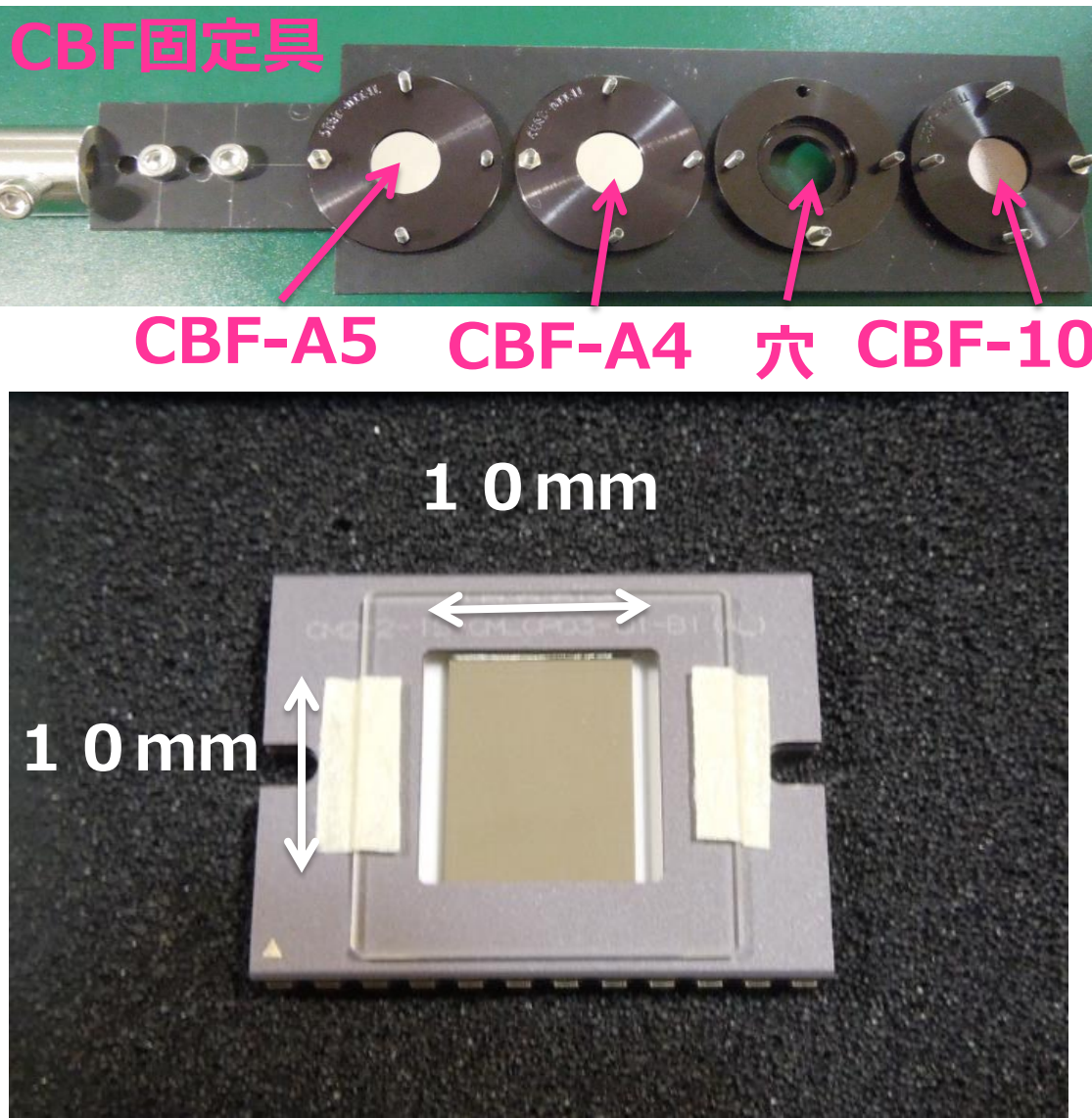
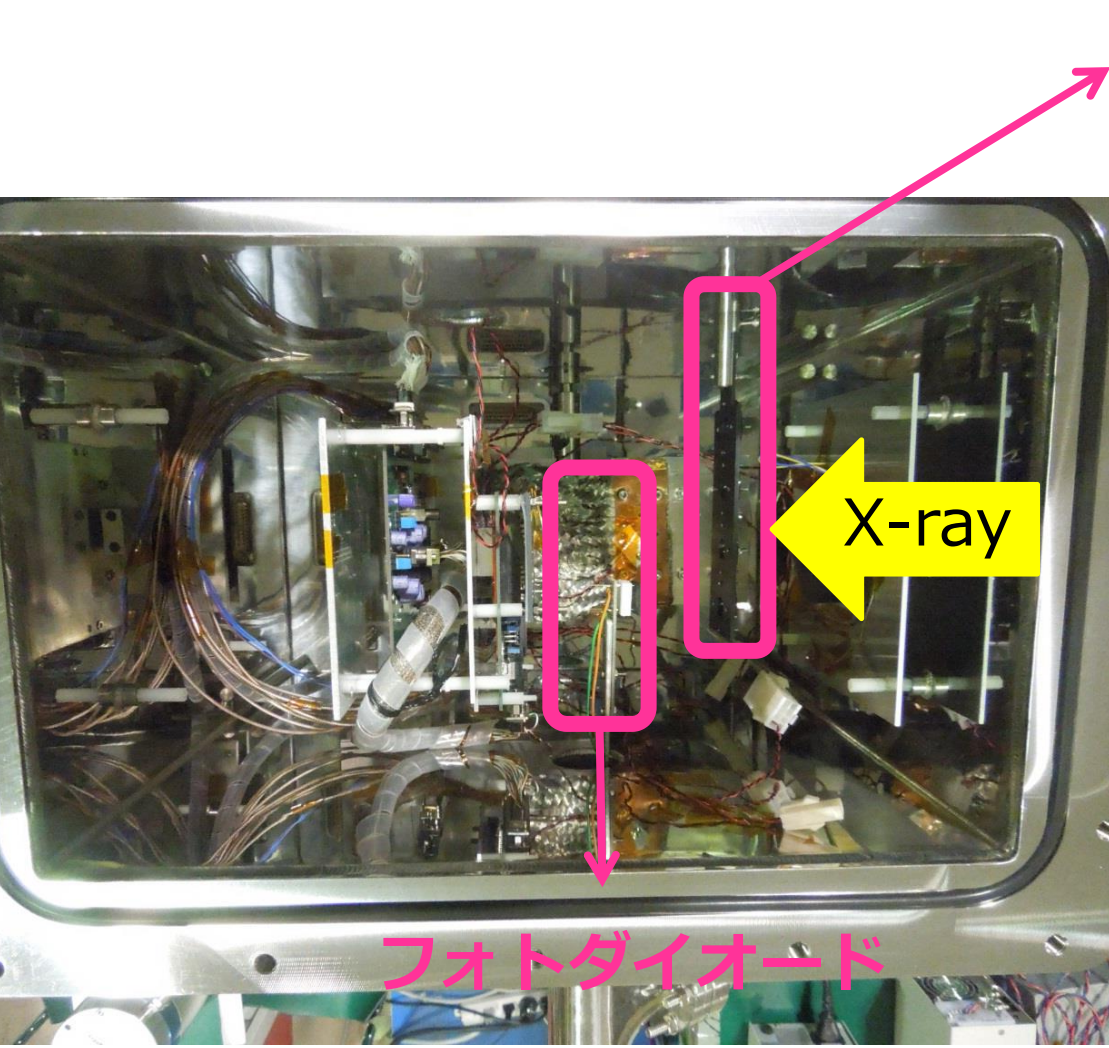


Fig.7 X線透過率をBL-11Aで測定した際の真空槽内のセットアップ。Spring-8のBL-25SUの測定以外では、上記と同様のセットアップで、適宜CBF固定具のCBFの種類を交換して行った。CBF固定具は直線導入で、光軸に対して抜き差しすることが出来る。用いたフォトダイオードはAXUV100であり、直線導入の先端に取り付けられている。このフォトダイオードは同軸ケーブルを接続するための金属管を経て、直線導入器に取り付けられている。測定中の真空槽内の真空度は、 $\sim 10^{-7}$ mbar, 温度は ~ 100 Kであった。

4. 実験結果

3.1 FM1(CBF-3, 5, 10)の測定結果

◆可視光透過率

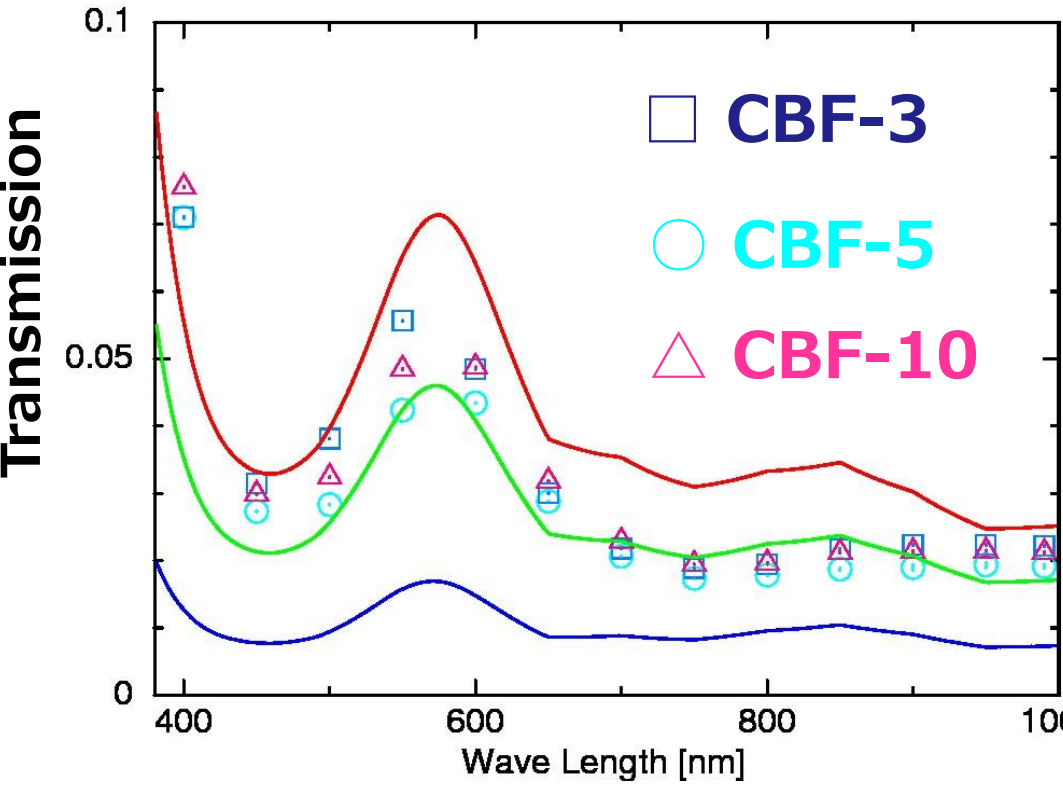


Fig.8 FM1の可視光透過率測定の結果。実線は理論値である。アルミニウムの厚さが20 nmのときが赤実線、23 nmのときが緑実線、30 nmのときが青線である。設計値は30 nmである。

◆紫外線透過率

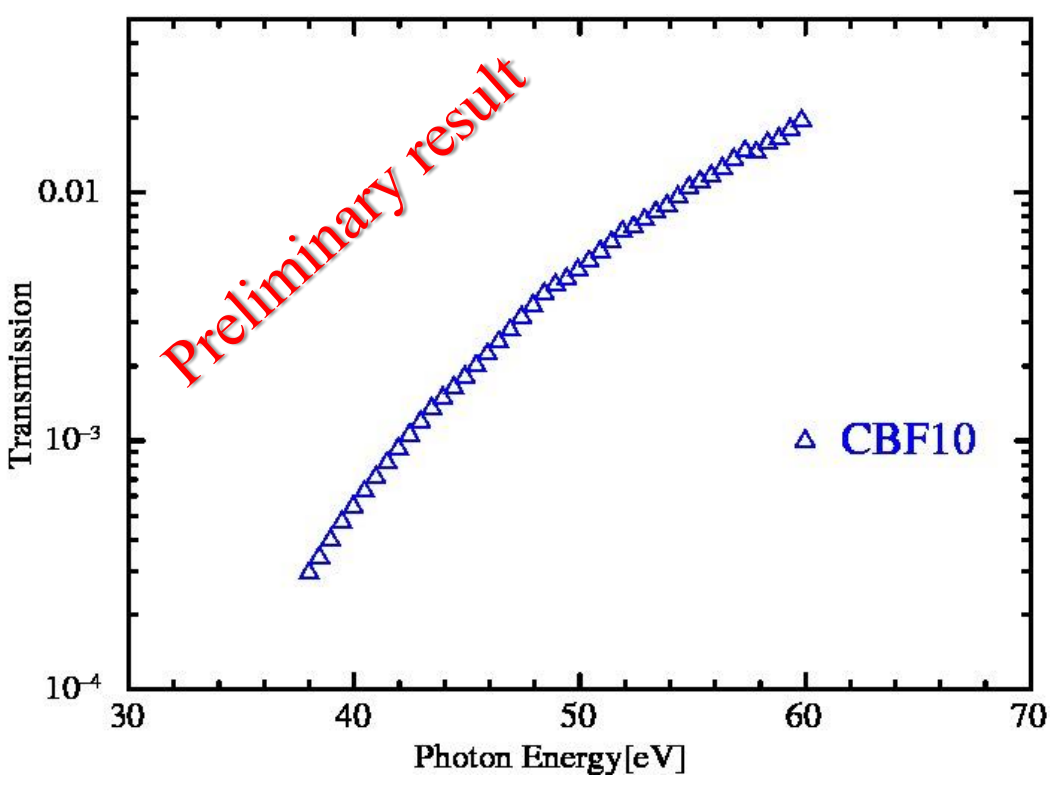


Fig.9 FM1の紫外線透過率の結果(KEK-PF ビームラインBL-20A)

◆X線透過率

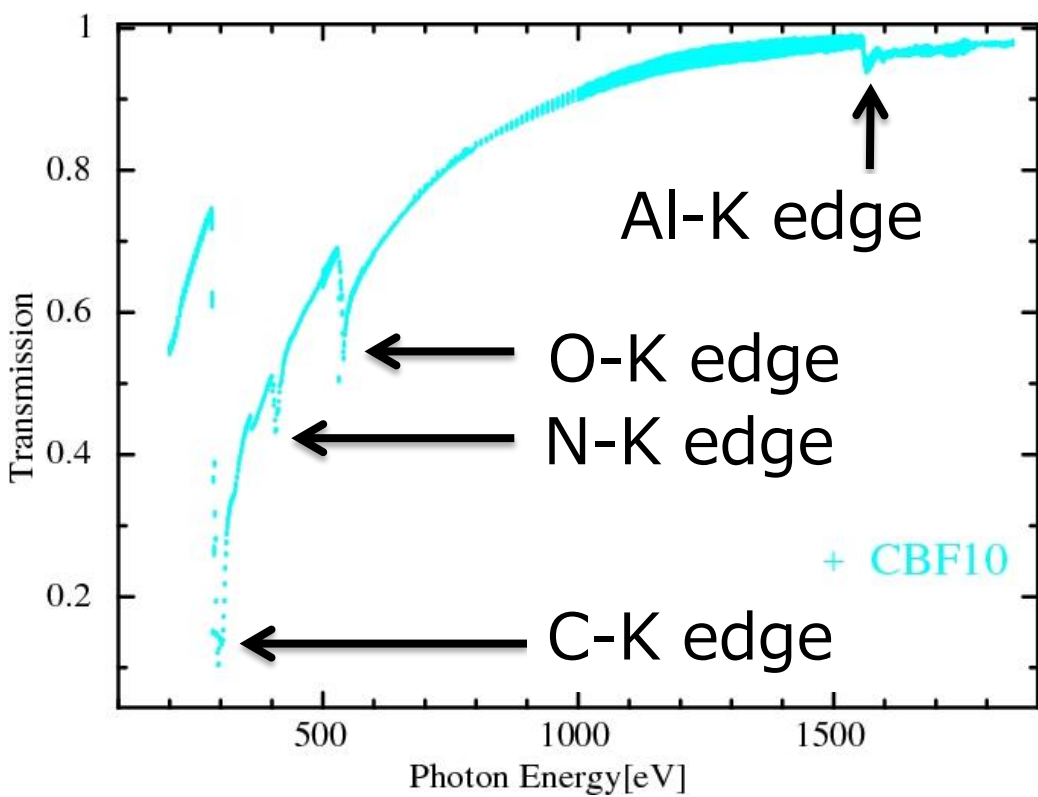


Fig.10 FM1の軟X線透過率測定の結果(Spring8 ビームラインBL-25SU)

3.2 FM2(CBF-A4, A5)の測定結果

◆紫外線透過率

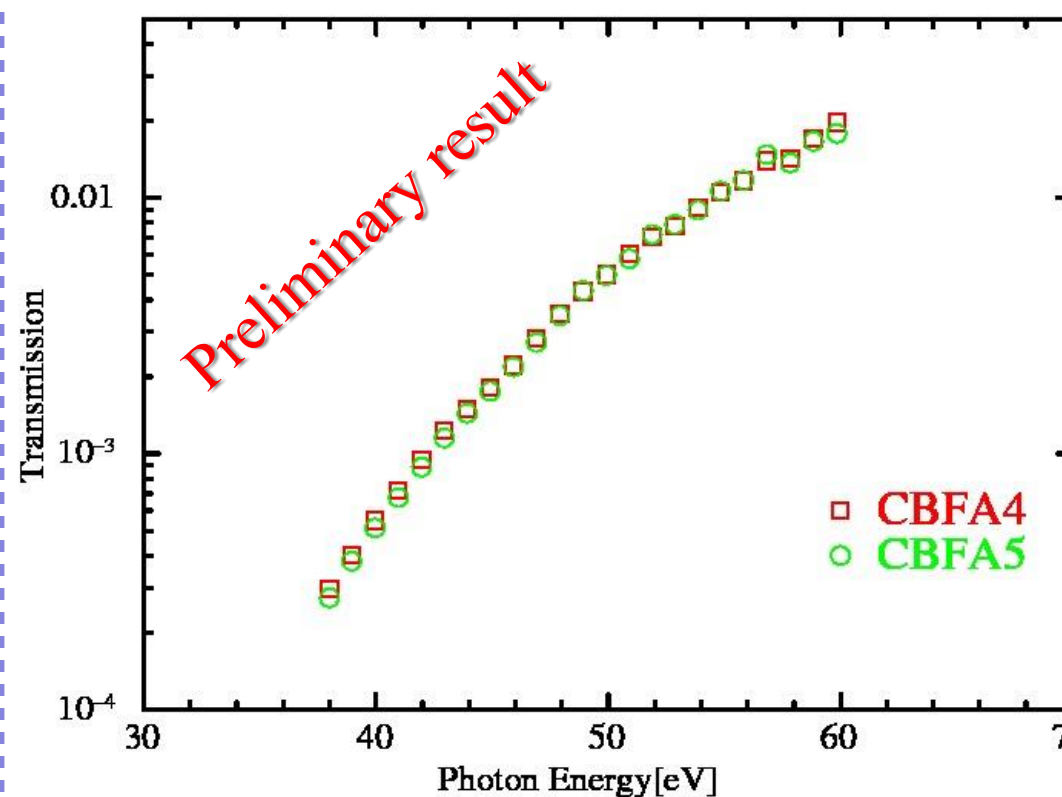


Fig.11 FM2の紫外線透過率の測定結果。紫外線透過率はCBFの種類に依らずほぼCBF-10の値と同じであった。(KEK-PF ビームラインBL-20A)

◆X線透過率

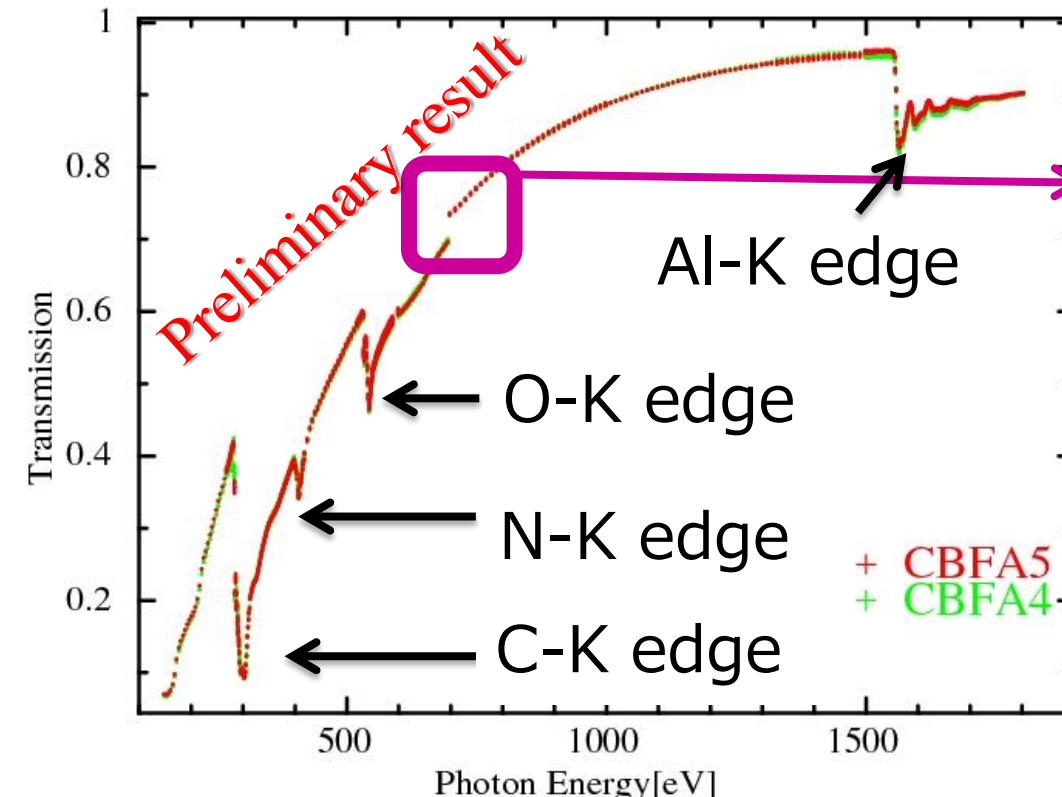


Fig.12 FM2のX線透過率の測定結果。(KEK-PF ビームラインBL-11A)

KEK-PFのBL-11Aで高次光除去ミラーによって、フォトダイオードに入射する光量が不足してしまった影響。

- FM1は400~990 nmの波長の可視光を $<\sim 10^{-1}$ 程度までは遮光できる。
- 設計値よりもアルミニウムが薄く、23 nm程度とみられる。
- FM1は、太陽光が地球大気によって共鳴散乱した際の40.8 eV(He IIのLy- α)の紫外線を $<\sim 10^{-3}$ 程度までに遮光できる。
- FM1はO-Kでは60%以上の透過率をもつことがわかる。
- CBFを構成する炭素、窒素、酸素、アルミニウムのK吸収端と、X線吸収微細構造(XAFS)をはっきりと検出できる。
- CBF-A5の方が、CBF-A4よりも薄いので、X線透過率が高くなっている。
- FM2はO-Kで50%以上の透過率をもつ。

5. まとめ

- CBFの可視光・紫外線・X線の透過率を求めるために、KEK-PF, SPring-8でFM, FMのCBFの透過率測定実験を行った。
- 可視光透過率の測定では、FM1は400~990 nmの波長の可視光を $<\sim 10^{-1}$ 程度までは遮光できるとわかった。
- 紫外線透過率の測定では、Fig.13より、FM1, FM2は、太陽光が地球大気で共鳴散乱した際の40.8 eV(He IIのLy- α)の紫外線を $<\sim 10^{-4}$ 程度まで遮光できる。
- X線透過率の測定では、CBFを構成する炭素、窒素、酸素、アルミニウムのK吸収端とX線吸収微細構造(XAFS)を検出できた。さらに、Fig.14よりFM1はO-Kで60%以上の透過率をもち、FM2はO-K付近で50%以上の透過率をもち、
- 可視光の遮光を重視すると、FM2の方が、FM2よりも性能が高いと考えられる。そのため、X線天文衛星搭載用のFM2の可視光透過率測定実験を2015年1月、理科大で行う。

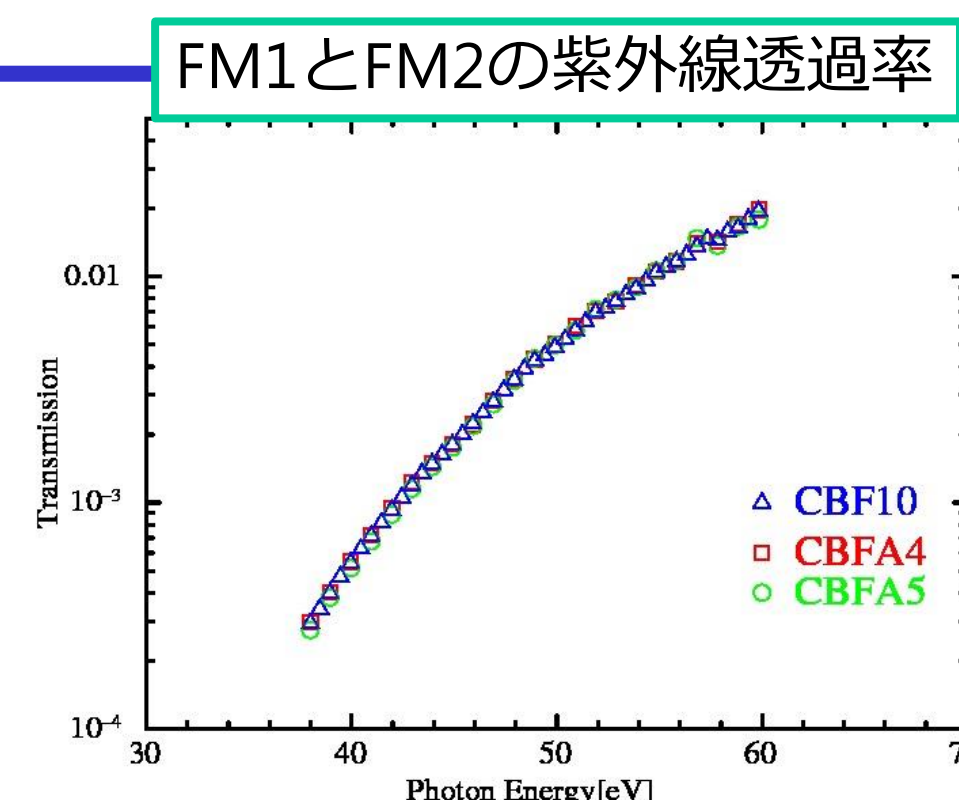


Fig.13 Fig.9とFig.11を重ねて示した。

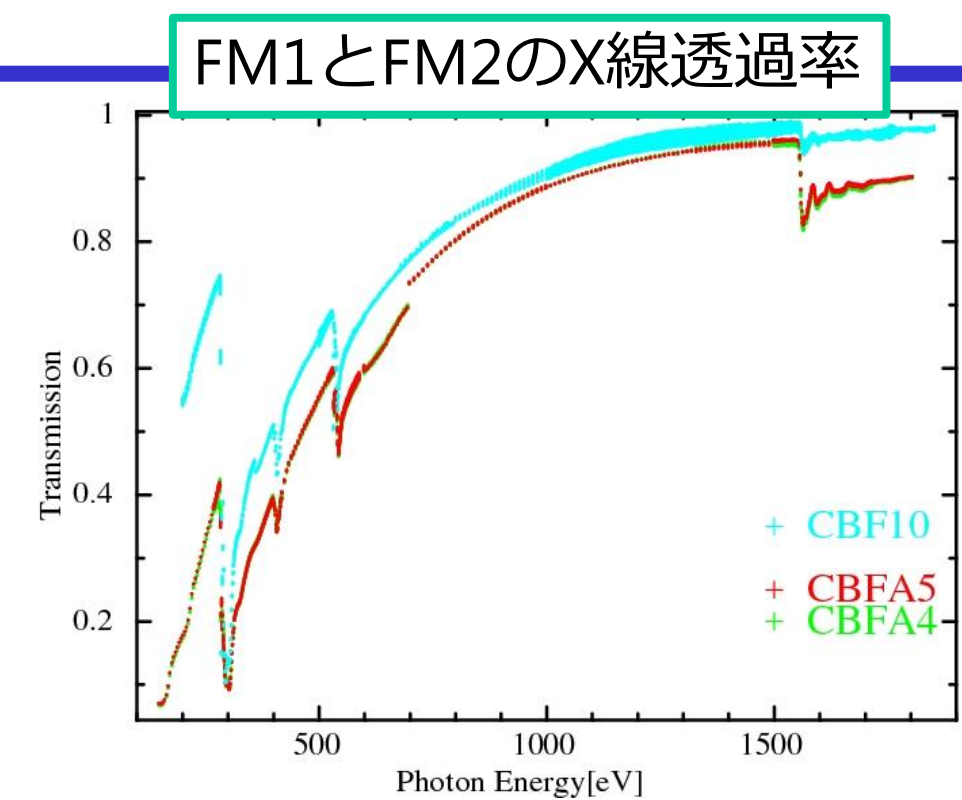


Fig.14 Fig.10とFig.12を重ねて示した。