

# 薄膜フィルムをコーティングした新型 X 線 CCD の研究開発

河合耕平、幸村孝由、渡辺辰雄、小川大樹、池田翔馬、牛山薫、金子健太、川島成輝（工学院大学）、北本俊二、村上弘志（立教大学）、常深博、林田清、中嶋大、穴吹直久（大阪大学）、鶴剛（京都大学）、堂谷忠靖、尾崎正伸（ISAS/JAXA）、森浩二（宮崎大学）、平賀純子（東京大学）、他 SXI チーム

## 1. 概要

2013 年度打ち上げ予定の X 線天文衛星 ASTRO-H には、1 台の X 線用 CCD カメラ (SXI ; Soft X-ray Imager) を搭載する。SXI は厚さ 200 $\mu\text{m}$  の空乏層をもつ裏面照射型 CCD であり、0.5-12keV の広い帯域で感度を持つ。X 線 CCD は、X 線だけではなく、紫外線、可視光に関する感度を持っているために、紫外線や可視光の遮断を行い、X 線を透過させる必要がある。現在稼働中の X 線天文衛星 Suzaku は、紫外線、可視光遮断用のフィルターである OBF (Optical Blocking Filter) を装備している。しかし、振動やスペースデブリなどにより破れやすいことが問題となった。その部分の改善を行ったものとして、現在開発中であるのが OBL (Optical Blocking Layer) である。特徴としては OBL を CCD 表面にコーティングすることで、振動などによる破損がなくなったことである。今回、OBL をコーティングした CCD の紫外線、可視光透過率測定について報告を行う。

## 2. OBL について

SXI に用いられる可視光・紫外線遮断膜 OBL は、アルミニウム/ポリイミド/アルミニウムの 3 層構造である。素材及び 3 層構造の特徴は、現在 Suzaku に用いられている OBF と同じであり、アルミニウムで可視光、ポリイミドで紫外線を遮断する。可視光及び紫外線透過率の目標値は、可視光： $<10^{-5}$ 、紫外線： $<10^{-2}$  である。

今回使用した CCD の特徴として、OBL をコーティングしていない CCD 素子、OBL をコーティングした CCD 素子でコーティングは左半分がアルミニウム単層、右半分が 3 層構造となっているものがある。2 素子については図-1 に示した。可視光透過率の測定では 2 枚の素子を使い、紫外線透過率の測定ではコーティングされた素子を使い、アルミニウム単層と OBL 部分に照射した。

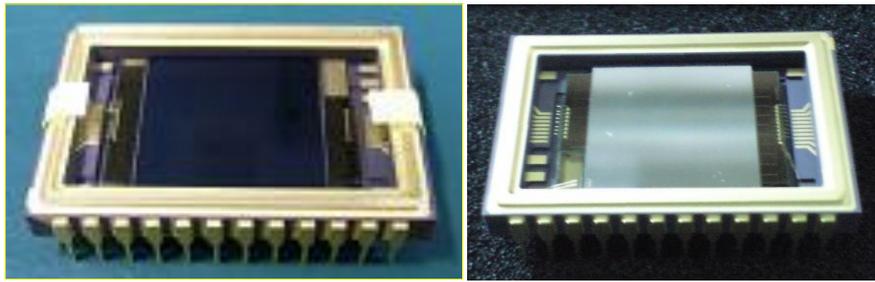


図-1 CCD 素子

左図:OBL コーティングしていない CCD、右図:OBL コーティング CCD

今回の測定では、表-1 にあるようにポリイミド厚 1100 Å、2350 Å、2950 Å、アルミニウム厚は合計値 1400 Å の 3 タイプを使用した。

表-1 OBL の設計値

CCD 素子 ID	AL 厚 1 層目	PI 厚 2 層目	AL 厚 3 層目
Pch18 03-07	1000 Å	1100 Å	400 Å
Pch18 05-21	1000 Å	2350 Å	400 Å
Pch18 13-13	1000 Å	2950 Å	400 Å

### 3. 可視光透過率の測定

OBL をコーティングした CCD カメラと OBL をコーティングしていない CCD カメラを使い、両者に 5000-9000 Å の波長帯域の可視光を照射し、可視光の強度比から可視光透過率を算出した。実際に照射したイメージは図-2 に示した。

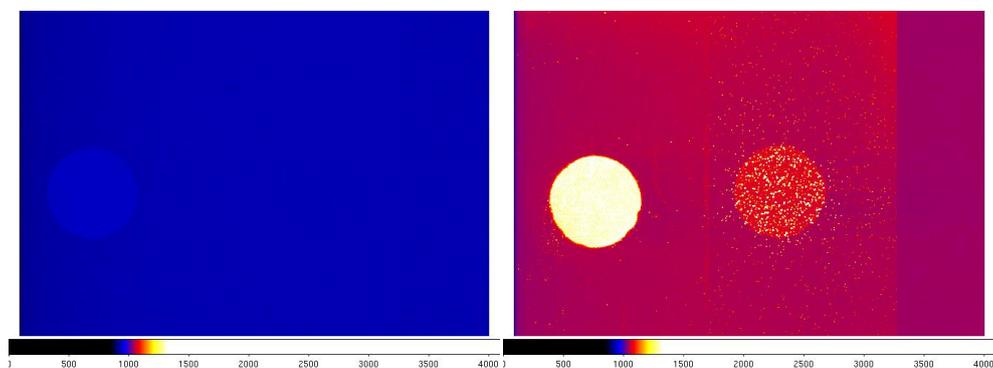


図-2 可視光イメージ

左図が OBL をコーティングしていない CCD 素子で取得した可視光イメージ、右図が OBL をコーティングした CCD 素子で取得した可視光イメージである。左図は透過率がわかっているフィルターで強度を調整しているため、暗くなっている。

この測定から可視光透過率は $<10^{-4}$ 程度であることがわかった。測定結果は図-3 に示した。

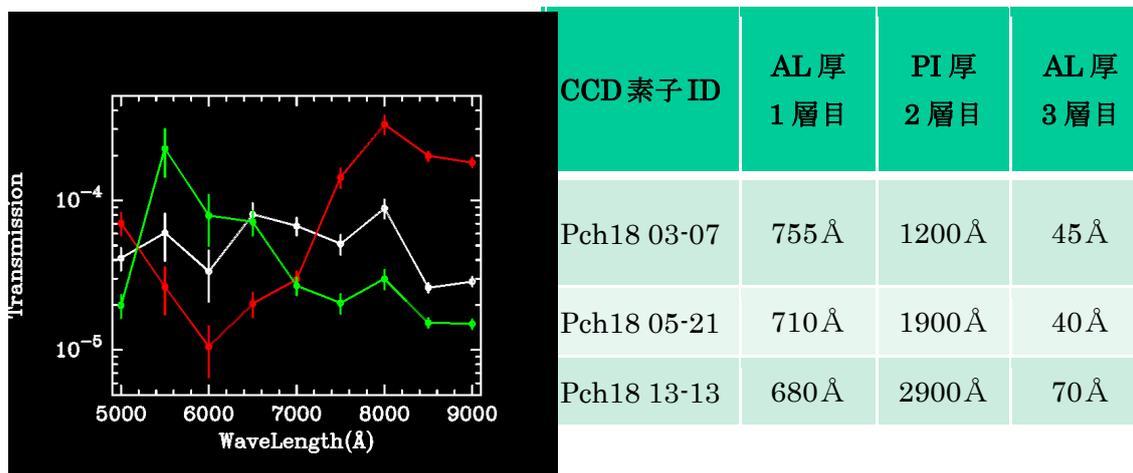


図-3 可視光透過率の結果と膜厚

また可視光透過率から、アルミニウムの厚さが、設計値よりも薄く、特に 3 層目の厚さは設計値の 13%程度と薄いことが分かった。白：ポリイミド厚 1100 Å、赤：ポリイミド厚 2350 Å、緑：ポリイミド厚 2950 Å の設計値を持った OBL の可視光透過率。3 層目のアルミニウムに（恐らくコーティング中に）生じた厚みムラによって、可視光が予想よりも透過しやすくなったことが原因と考えている。

#### 4. 紫外線透過率の測定

OBL をコートした CCD 素子のうち、アルミニウムとポリイミドの両方をコーティングしている面と、アルミニウムだけコーティングした面に、交互に紫外線を照射して、紫外線強度比から紫外線透過率を算出とした。紫外線を照射したイメージは図-4 に示した。

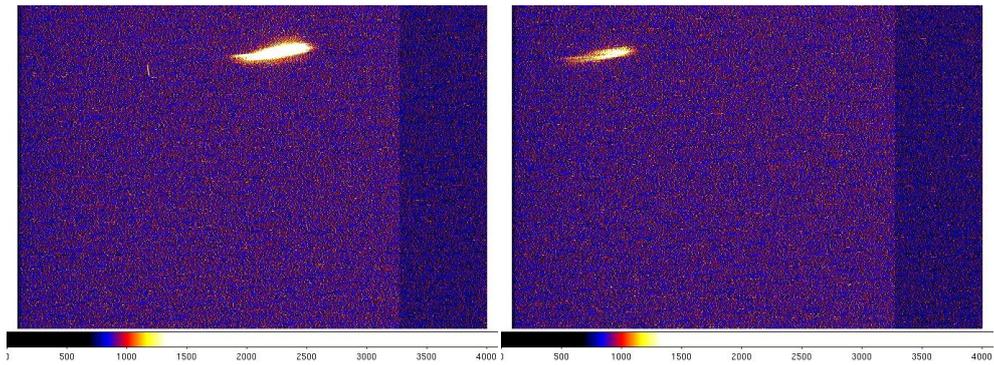


図-4 紫外線イメージ

左図がアルミニウム単層、右図がポリイミドとアルミニウムの両方をコーティングした部分へ紫外線を照射し得られた紫外線イメージである。CCD素子の左半分がアルミニウム/ポリイミド/アルミニウム3層構造、右半分がアルミニウム単層となっている。

最も遮断したい地球大気 He II からの紫外線 (41[eV]付近) の透過率は、ポリイミドの厚みが 1100,2350,2950 Å の3種類全てで、<0.1%であることが分かった。

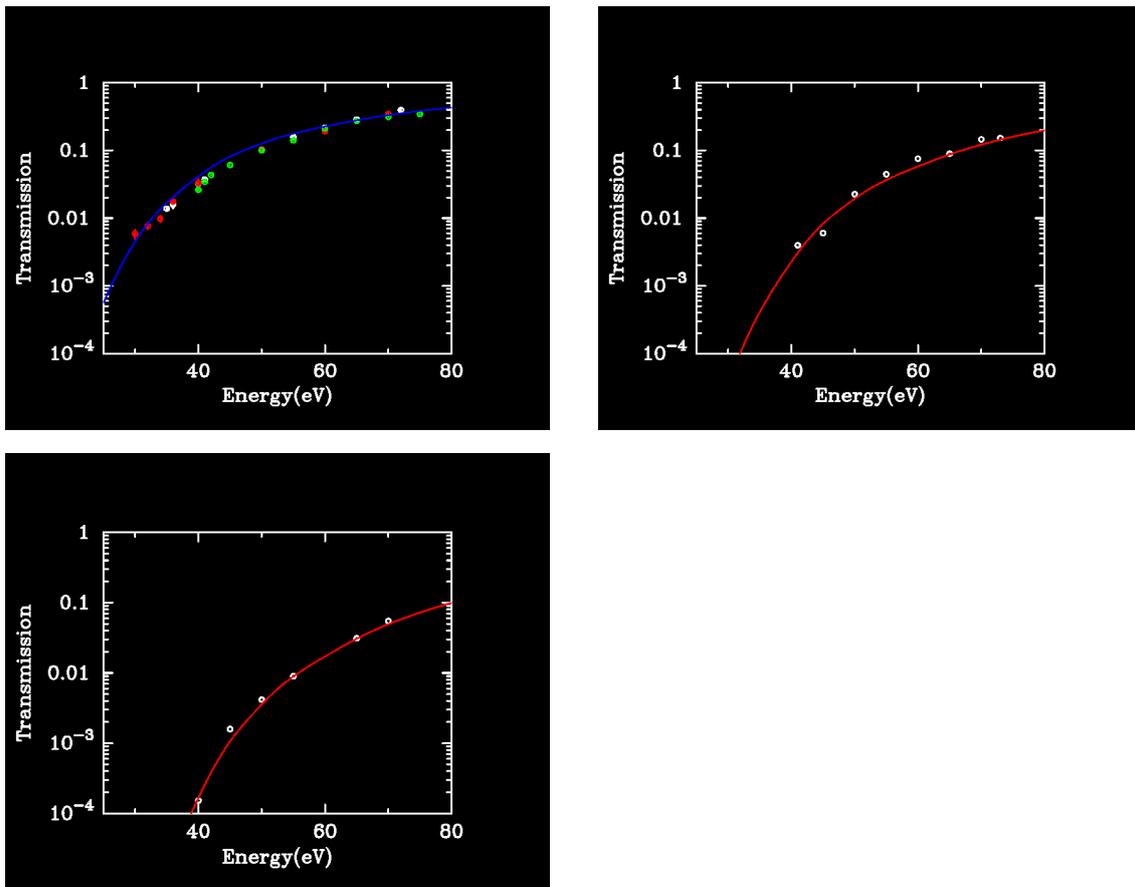


図-5 紫外線透過率の測定結果

左上はポリイミド厚 1100 Å、右上はポリイミド厚 2350 Å、左下はポリイミド厚 2950 Å の紫外線透過率である。各図の点は測定値、実線が計算値である。ポリイミド厚 2350 Å では計算値から、2000 Å であることが確認された。1100 Å と 2950 Å の CCD では設計値通りの厚みであった。

## 5. まとめ

OBL の遮断効果として、可視光の透過率は  $< 10^{-4}$  程度、紫外線の透過率は 41eV 付近では  $< 0.1\%$  とわかった。また厚みとしては、特に 3 層目のアルミニウムの実効的な厚みが予想値の平均 13%程度となっていた。