



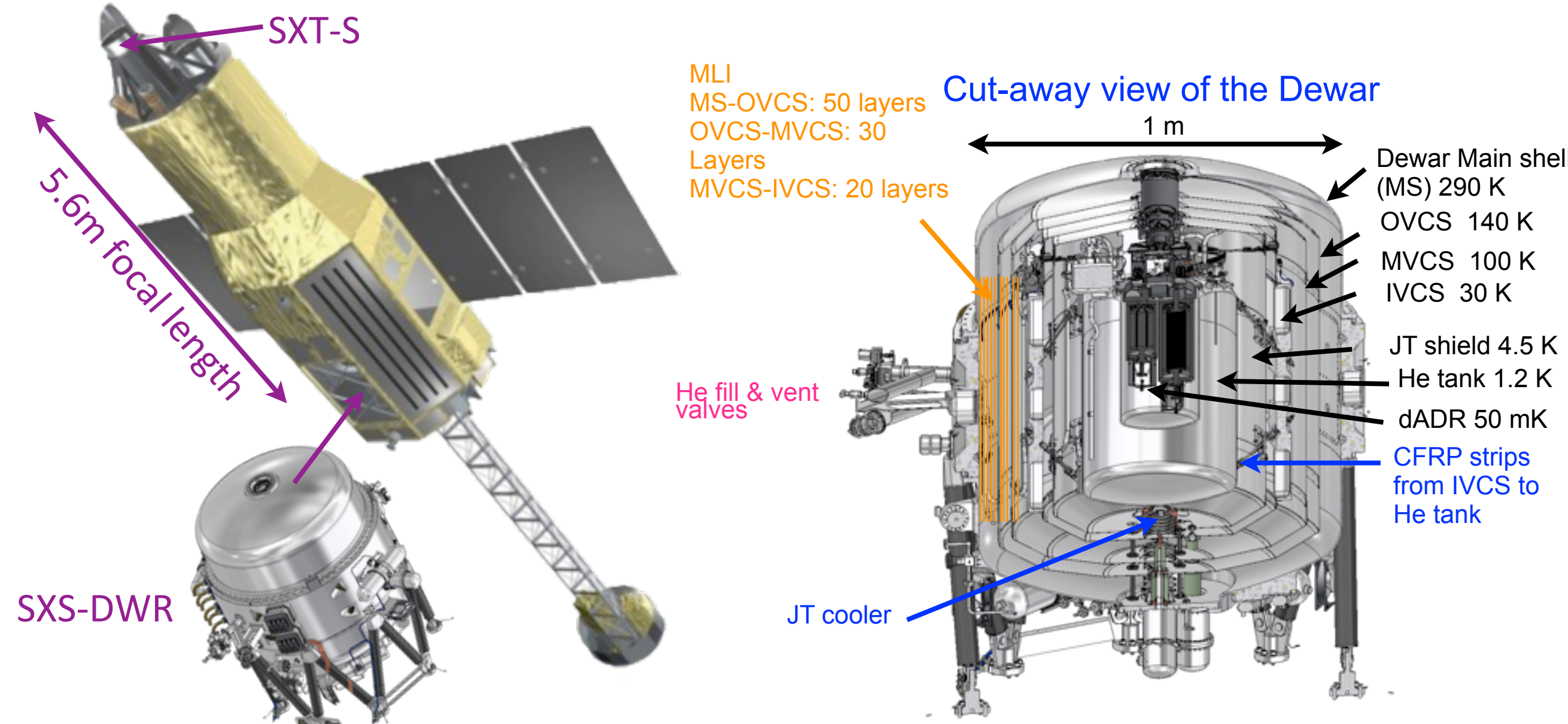
P2-007: ASTRO-H 衛星搭載 SXS-XCS 検出器

満田和久, 山崎典子, 竹井洋, 辻本匡弘, 小川美奈 (ISAS/JAXA), 杉田寛之, 佐藤洋一, 篠崎慶亮, 岡本篤 (ARD/JAXA), 大橋隆哉, 石崎欣尚, 江副祐一郎, 三石郁之, 小波さおり (首都大), 藤本龍一 (金沢大), 田代 信, 寺田幸功 (埼玉大), 北本俊二, 星野晶夫, 瀬田裕美 (立教大), 玉川徹, 山田真也, 石川久美 (理研), 佐藤浩介 (東京理科大), 太田直美 (奈良女大), 澤田真理 (青山学院大), 村上正秀 (筑波大), 村上弘志 (東北学院大), R.L. Kelley, C.A. Kilbourne, F.S. Porter, G.A. Snedermann, K.R. Boyce, M.J. DiPirro, P.J. Shirron (NASA/GSFC), G.V. Brown (LLNL), D. McCammon (Wisconsin 大), A. Szymkowiak (Yale 大), J.-W. den Herder, D. Haas, C. de Vries, E. Costantini, H. Akamatsu (SRON), S.Paltani, M.Pohl (Geneva大), 他 ASTRO-H SXSチーム

1. SXS-XCS に期待されるサイエンス

2014 年打ち上げ予定の ASTRO-H 衛星に搭載される SXS-XCS はマイクロカロリメータの技術を使用した精密分光器であり、以下の 3 つが主なサイエンスとして期待される。(1) 銀河団高温ガスの熱エネルギーと運動エネルギーの総量を知ること、銀河団の全体像を知る。(2) ブラックホールのごく近傍の重力ポテンシャルで決まる物質の運動を測定し、相対論的時空を解き明かす。(3) 銀河団のダークマター分布を求め、異なる年齢の銀河団の質量を決めることで、銀河団の進化にダークマターとダークエネルギーの果たす役割を調べる。

3. SXS-XCS システム



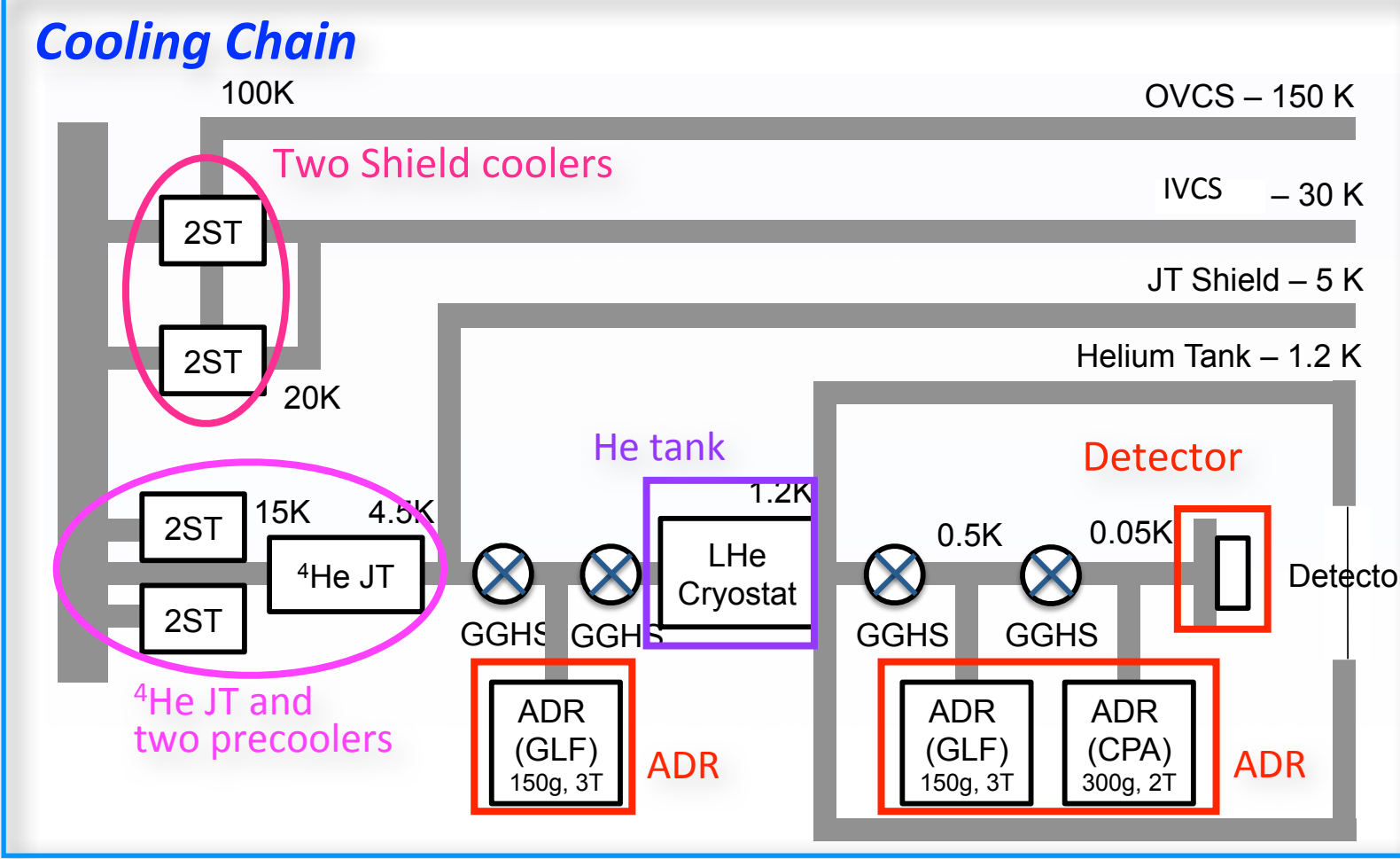
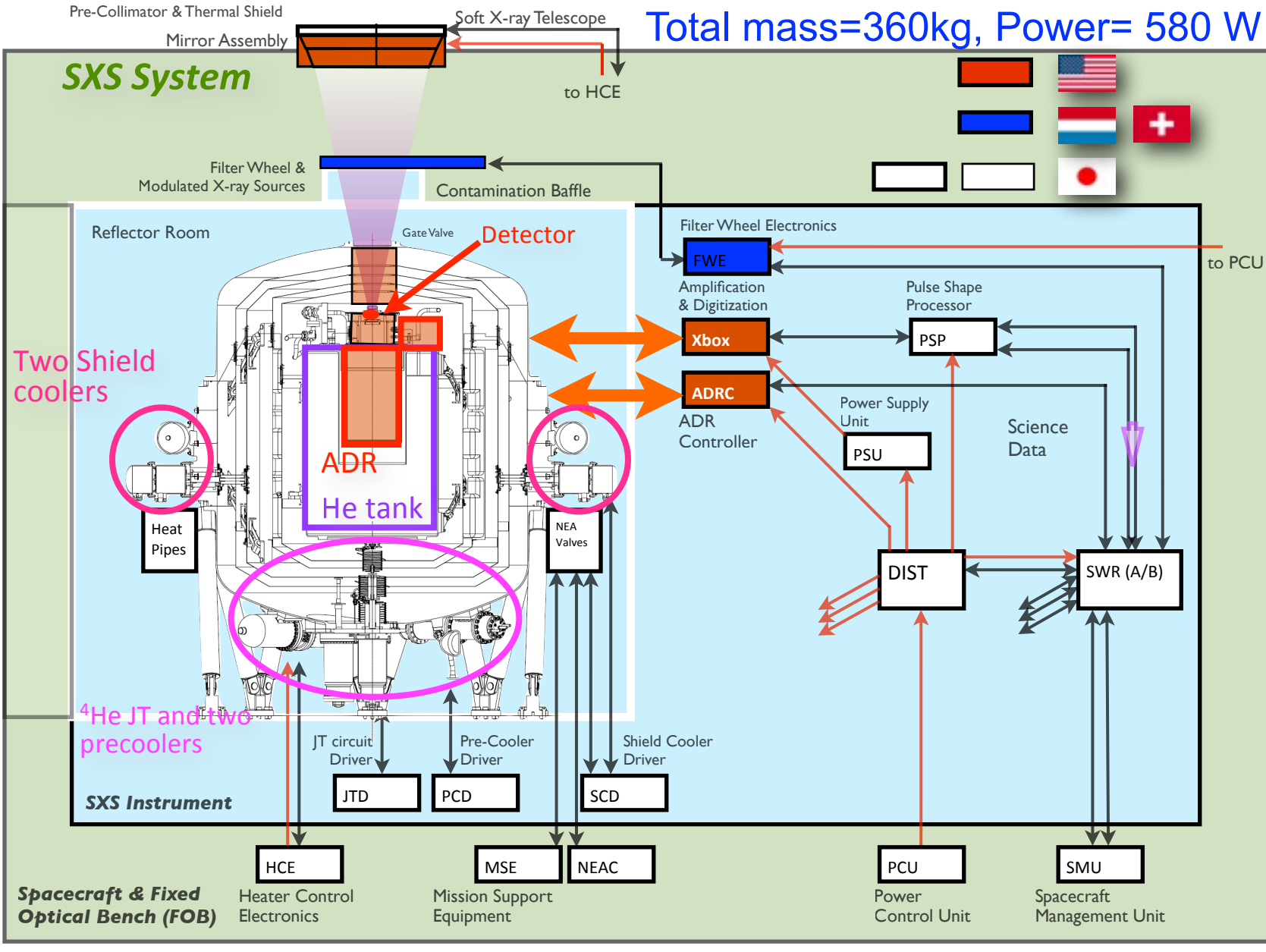
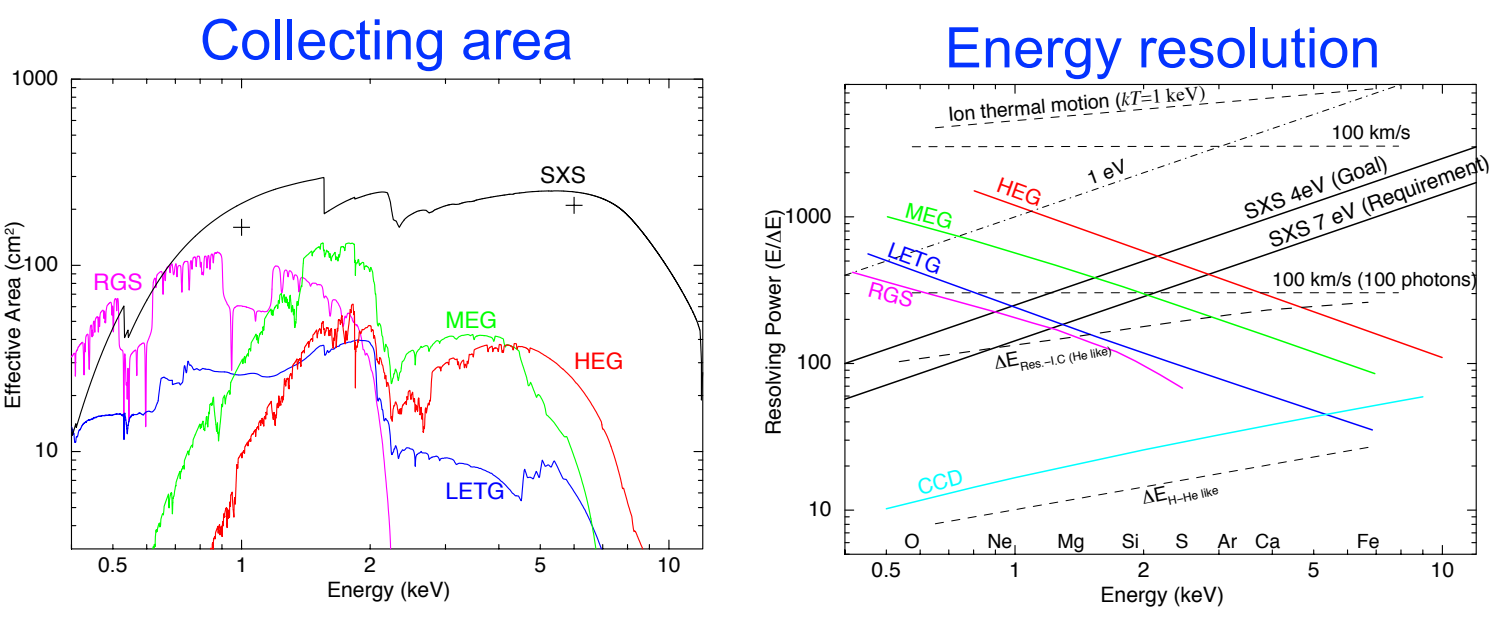
- SXS-XCS は、X 線のエネルギーを温度上昇として読み出す極低温分光器、マイクロカロリメータである。XCS はシリコン温度計と熱容量の小さい HgTe 吸収体から成り、50 mK で動作する。
- SXS の cooling chain は 2 段スターリング冷凍機 (2ST) 2 台 (~20 K)、4.5 K ジュルトムソン冷凍機 (JT) 1 台、超流動ヘリウム (~1.2 K)、2 段式断熱消磁冷凍機 (ADR; 50 mK) から成り、さらに、cryogen free 観測を行うため ADR をもう一段搭載している。
- 液体ヘリウムの寿命は 3.2 年、一台の冷凍機が故障しても 1.6 年以上が期待されている。3rd ADR を用いることで、液体ヘリウムが無くなった後も機械式冷凍機と ADR が健全である限り科学観測を続けることが出来る。
- 明るい天体からの X 線を制限するためのフィルターホイールを搭載する。フィルターホイールには modulated X-ray sources も搭載する。これは、機上でのエネルギースケールを追い、サイエンスの観測を損ねることなく ~1 eV/10 min 程度の精度を実現する。
- SXS の質量電力は小型衛星に匹敵する規模を持つ。SXS 独自に電力分配器、Space-Wire ルータ (SWR) を持ち、衛星の電源がなくてもコマンド、テレメトリが扱える。Space Wire を用いることで信頼性を高めている。
- 日米を中心に、欧州 (オランダ、スイス) も含め世界の宇宙用マイクロカロリメータの研究者が結集して開発している。

4. 開発の現状

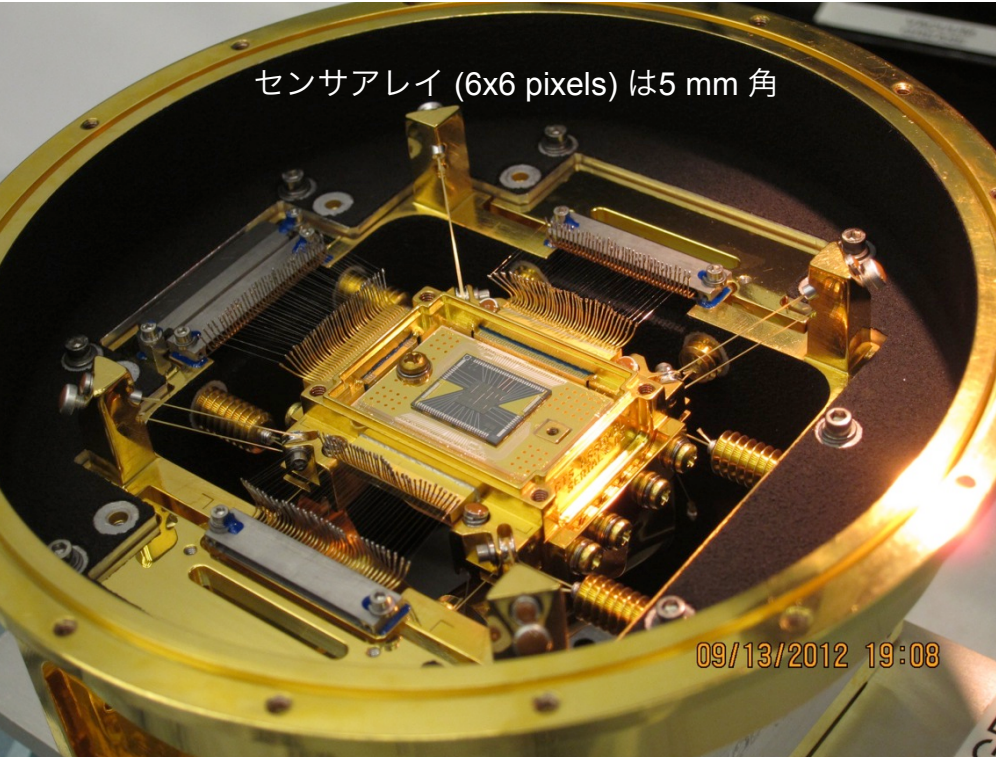
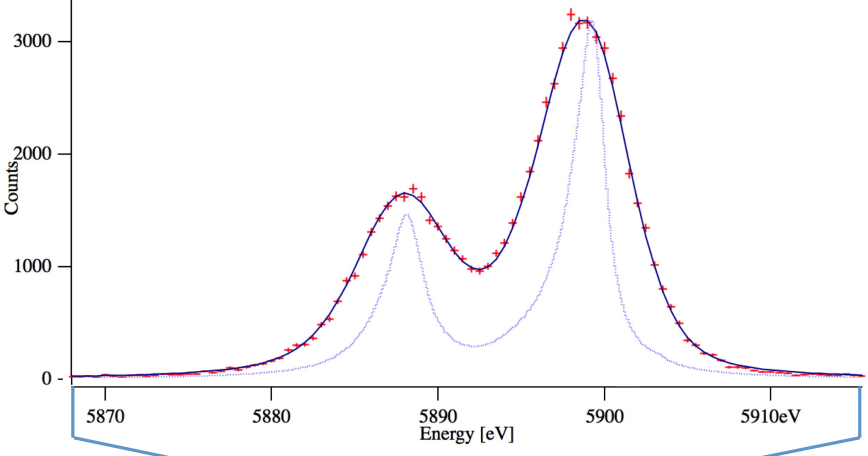
- 熱試験モデル (TTM) やエンジニアリングモデル (EM) を用いた各種環境試験や機能試験を行った。それらをフライトモデル (FM) の設計に反映した。
 - コンポーネントの熱真空試験や振動試験、システム熱変形試験、TTM 試験、MTM 試験、微小擾乱試験を通じて、打ち上げの機械環境や、軌道上の熱環境・他機器の機械的擾乱に対する設計検証を行った。
 - EM デュワーに EM センサや EM ADR を組み込み、フロントエンドエレキ (XBOX) の EM と接続し、分光性能の測定を行った。冷凍機の振動を切り離れた状況では 4 eV の分光性能を得ることを実証した。
 - デジタルエレキ (PSP) の EM を使い、信号処理の性能を検証した。
 - EM ADR のヒートスイッチにはリークが見つかったため、FM では設計を変更した。
 - 機械式冷凍機の機械的な振動がセンサ熱浴の温度揺らぎを生じ、分光性能を劣化させることが判明した。一方で、機械式冷凍機をデュワーメインシェルから物理的に切り離せば、温度揺らぎは十分小さい。これらの知見を FM デュワーの設計に反映している。
- FM の製作や試験を進めている。
 - FM センサを FM ADR (EM でリークのあったヒートスイッチの設計を改良済) と組み合わせ、NASA/GSFC で分光性能を測定した。35 ピクセルを足し合わせたスペクトルで 4.95 eV の分光性能 (5.9 keV) を達成した (右図)。
 - 衛星一次噛合せ試験に EM や FM を登場させ、機械インターフェイスや電気・通信インタフェースの確認を進めている。
 - 2014 年前半 (衛星一次噛合せ試験後半) に、衛星上での分光性能を検証する。特に他のサブシステムを動かした際の電磁干渉を検証する。
 - 2014 年中にデュワー FM を製作し、FM のセンサやエレキと組み合わせた性能試験を行う。そして、衛星総合試験に登場させる予定である。

2. SXS-XCS への要求と期待される性能

Parameter	Requirement
Energy resolution	7 eV (4 eV goal) FWHM
Energy range	0.3 - 12 keV
Residual background	1.5×10^{-3} cts/s/keV
Field of view	2.9×2.9 arcmin ²
Detector array	6 x 6
Pixel size	800 μ m
Angular resolution	1.7 arcmin (1.3 arcmin goal) HPD
Effective area	160 / 210 cm ² (at 1 / 6 keV)
Lifetime	3 years (5 years goal)
Counting rate	150 cts/s full array with <5% dead time
Energy scale accuracy	+/- 2 eV (+/- 1 eV goal)



FM センサ/CSI の分光性能



7.5 時間の積分スペクトル。
FWHM 4.95 +/- 0.04 eV @ 5.9 keV

