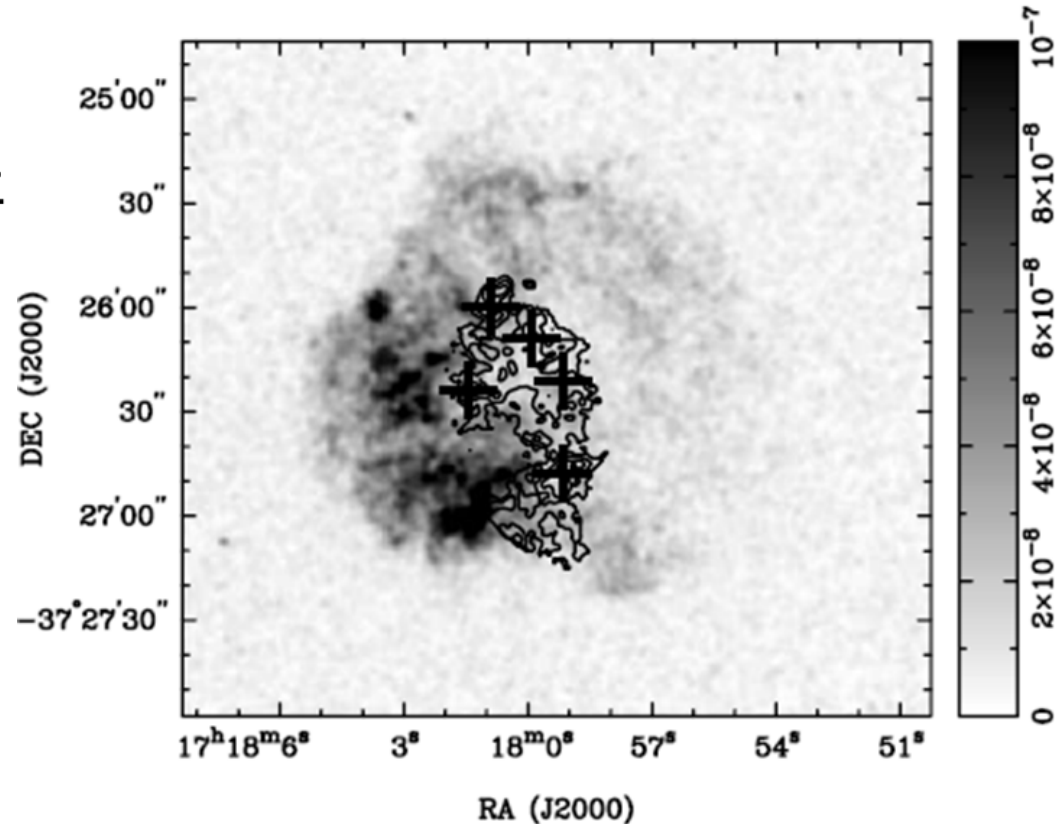


すざく衛星による超新星残骸 G349.7+0.2の観測

P6 八隅真人

CHANDRAから分かったG349.7+0.2の基本的な性質 (Lazendic et al. 2005)

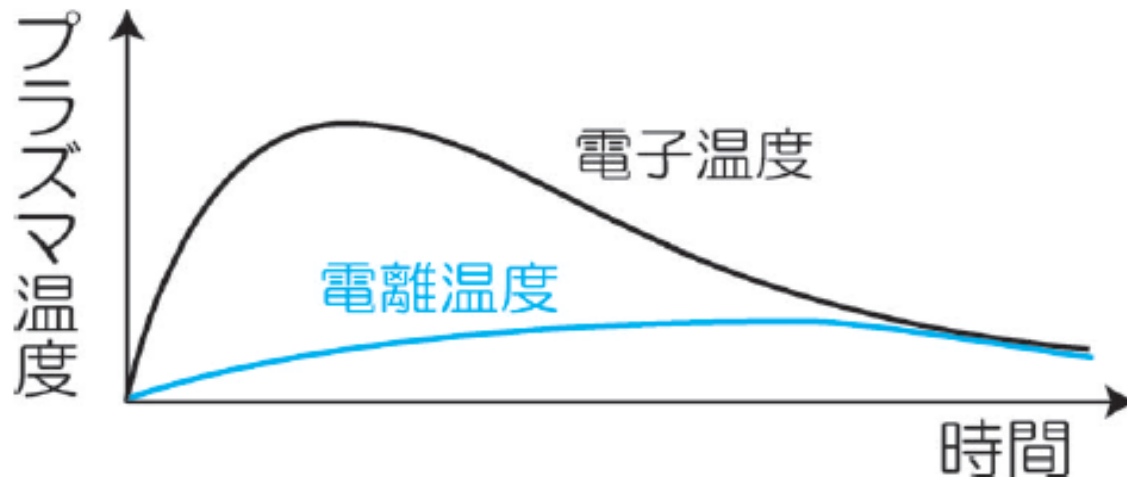
- ・距離 $\sim 22\text{kpc}$
⇒ 銀河中心に近い方向にあるので、地球から見て銀河中心より向こう側にある
- ・年齢 $\sim 3500\text{yr}$
- ・光度: $3.7 \times 10^{37} \text{ erg/s}$
- ・衝撃波の速度: 710 km/s
- ・爆発の全エネルギー: $1.3 \times 10^{50} \text{ erg}$
- ・SNRの質量: $160 M_{\odot}$
- ・直径 $\approx 2'.5$
- ・密度の濃い分子雲と相互作用
- ・スペクトルはCIEモデル+NEIモデルで再現できる⇒ CIE, NEIの説明



CHANDRAによるX線イメージ
(等高線: 分子雲を表す)

SNR内での電離過程

- ① 衝撃波によって自由電子が加熱される。
- ② 電子がプラズマ中の原子に衝突しイオン化が進む。
(電子温度 > 電離温度 ⇒ NEIモデル)
原子のイオン化度合に対応した温度
- ③ 電子による電離と再結合がつり合い電離平衡に達する。
(電子温度 = 電離温度 ⇒ CIEモデル)

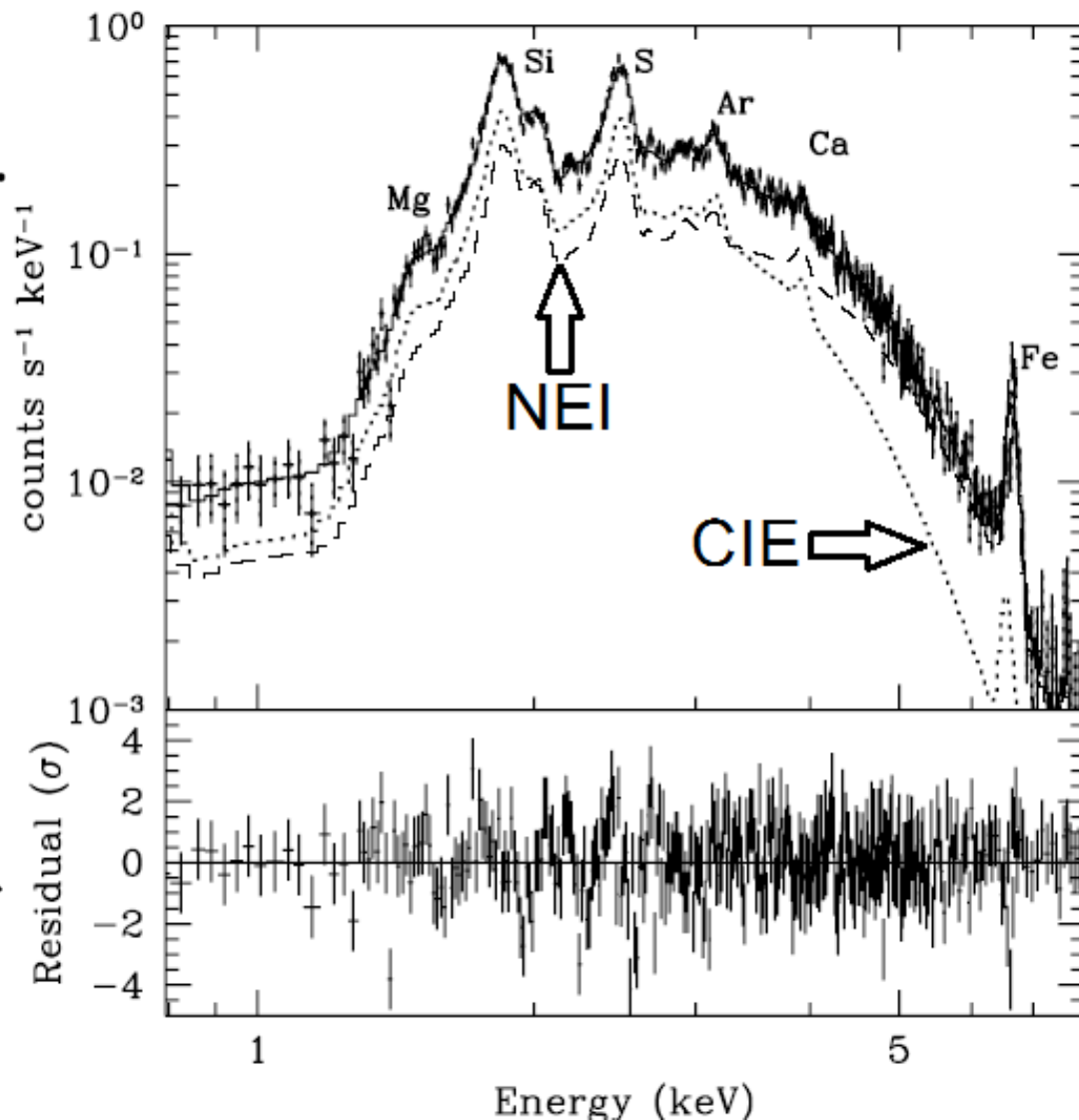


CIEモデル+NEIモデルでのfit結果 (Lazendic et al. 2005)

低温側・・・CIE成分 (solar abundance) が主で、星間物質 (高密度) 起源。

高温側・・・NEI成分が主で、 $Si=2.1^{+0.2}_{-0.3}$ となる (Si以外は solar abundance)。ejecta (低密度) 起源。

⇒しかし、Si付近は、CIEモデルが dominant なので、不定性が大きい。



⇒すざくのデータを用いて、スペクトルの形を決定し、Siを含めて各元素のabundanceを調べる。

観測に用いたすざく衛星のCCD

XIS(X-ray Imaging Spectrometer)

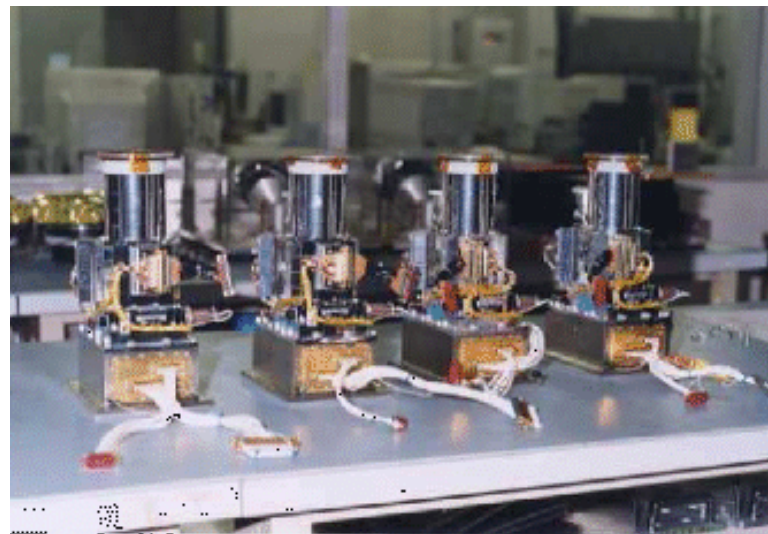
XIS0,XIS3; 表面照射型CCD(高エネ側で高い検出効率)

XIS1; 裏面照射型CCD(低エネ側で高い検出効率)

⇒今回はXIS0と3のみ使用。

XISの概要

- ・視野 $17'.8 \times 17'.8$
- ・エネルギー帯域0.2–12 keV
- ・有効画素数 1024×1024
- ・1画素のサイズ $24 \mu\text{m} \times 24 \mu\text{m}$
- ・エネルギー分解能 130 eV @ 6keV



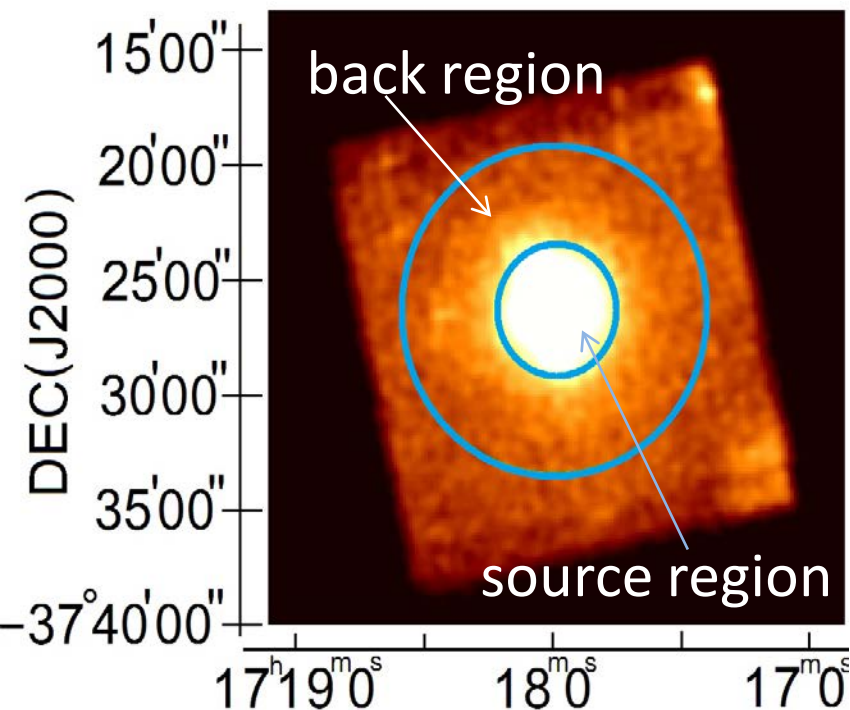
観測日

:2011.9.29~2011.10.04

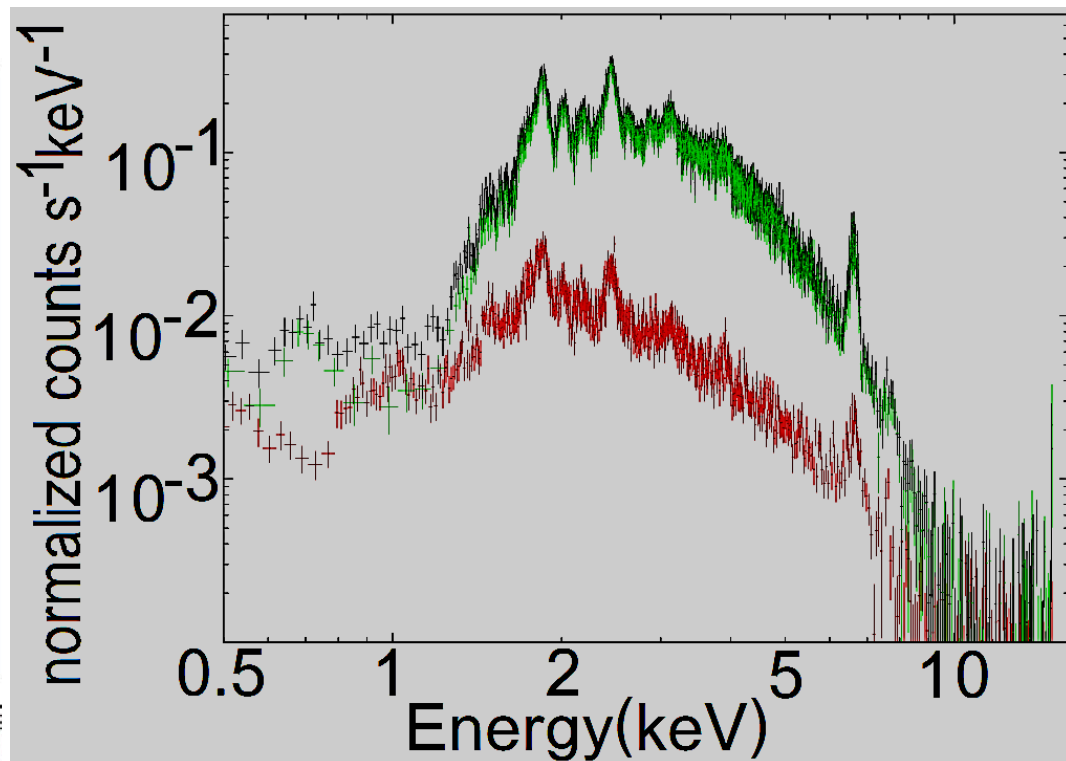
露出時間: 160 ks

①検出器由来のバックグラウンド
⇒データベースを用いて評価。

②X線バックグラウンド
⇒back regionから差し引いた。



XIS3によるX線イメージ(0.2-12keV)

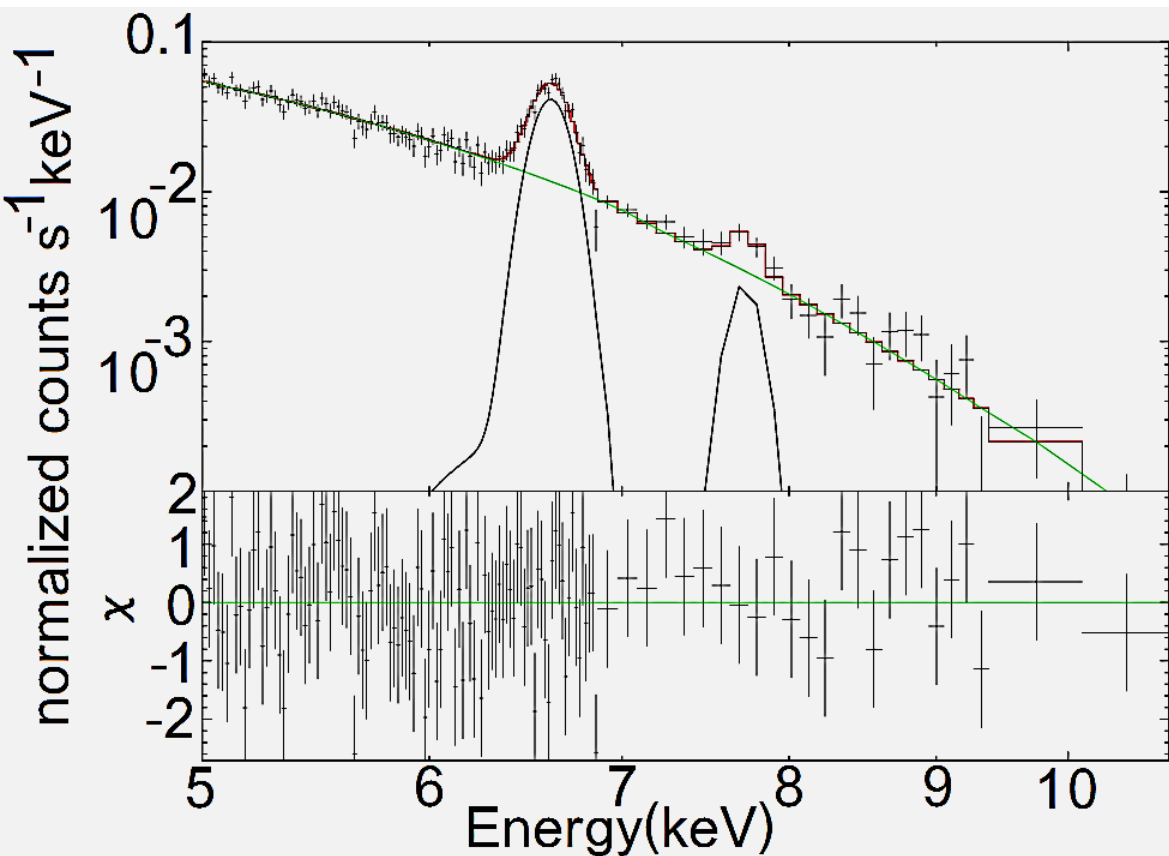


XIS3のスペクトル(黒: source region
赤: back region、緑: 差のスペクトル)

鉄輝線の周囲の詳細スペクトル

強いFeとNiの輝線と10keVまで伸びる連続成分がある。

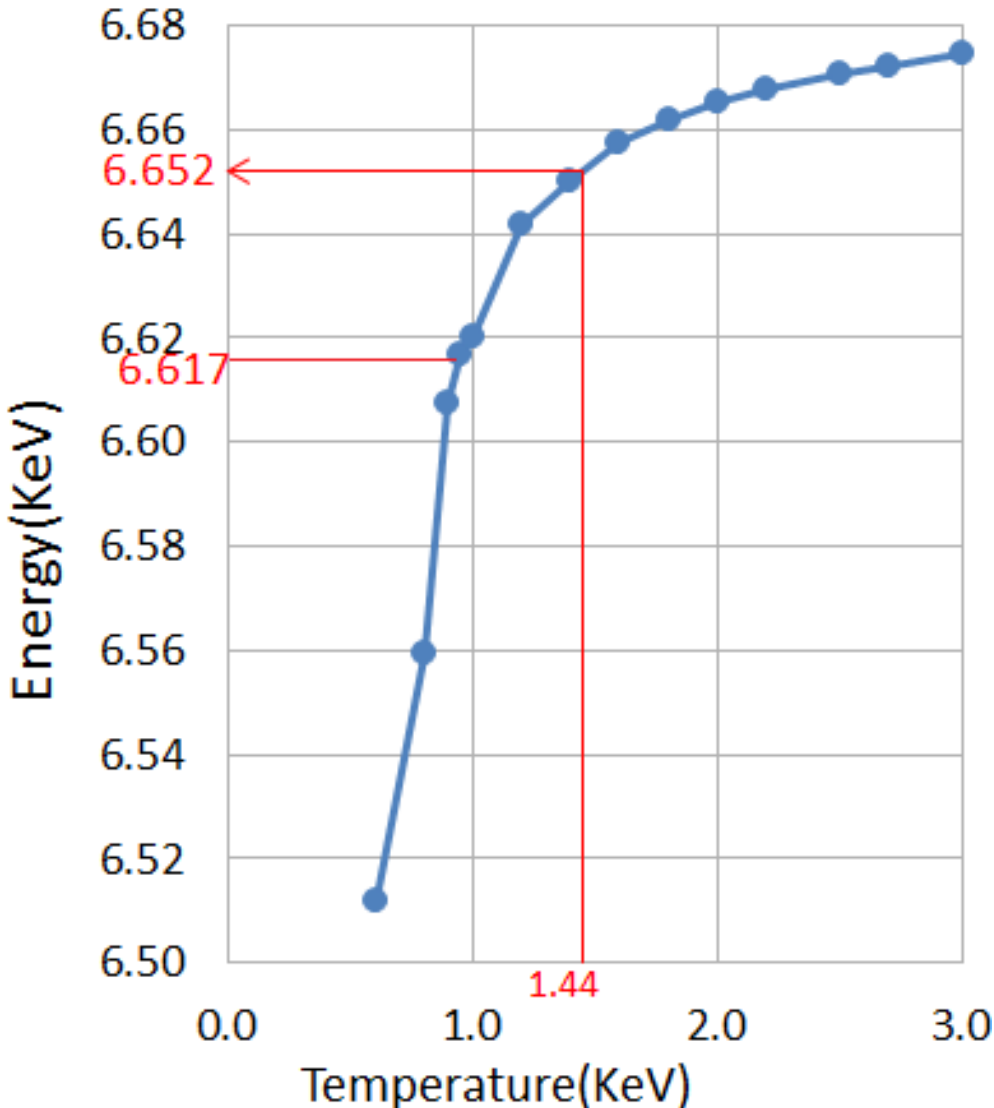
モデルfit : 制動放射モデル + Feの輝線 + Niの輝線



電子温度	$1.44^{+0.07}_{-0.07}$ keV
Fe	$6.617^{+0.007}_{-0.006}$ keV
Ni	$7.725^{+0.056}_{-0.061}$ keV

⇒ 電子温度とE(Fe)から、電離平衡になっているかどうかを決定する。

電離平衡モデルvapecにおける、電子温度に対するFe輝線の中心エネルギー



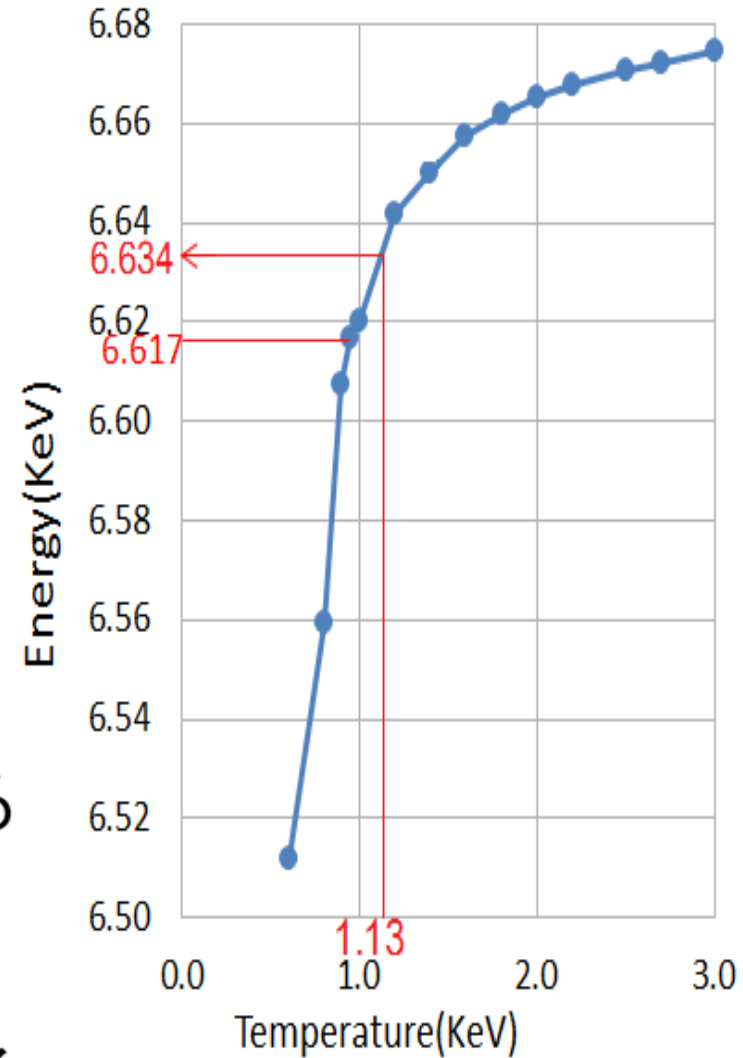
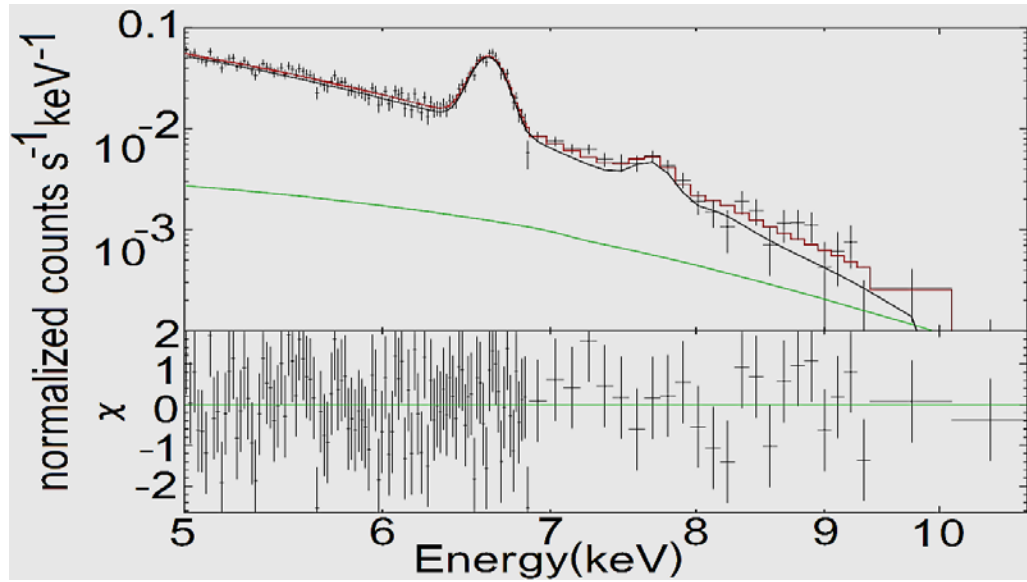
電離平衡に達しているならば、 $E(\text{Fe})=6.652^{+0.002}_{-0.002}$ keVとなるはず。しかし、観測値は $6.617^{+0.007}_{-0.006}$ KeVで低い。

⇒考えられる要因

①非熱的成分が入っていないことで、電子温度が高く見積もられている

②電離非平衡になっている
⇒次に、①の非熱的成分の評価を行う。

非熱的成分の評価



Powerlaw(ベキ: 2.73:SN1006)を入れると

$$\frac{\text{Flux(非熱的成分)}}{\text{Flux(全体)}} < 16\% \text{ となる}$$

また、 $kT=1.13-1.38\text{keV}$ となった。

⇒ $E(\text{Fe})=6.634-6.649\text{keV}$ となるはず。

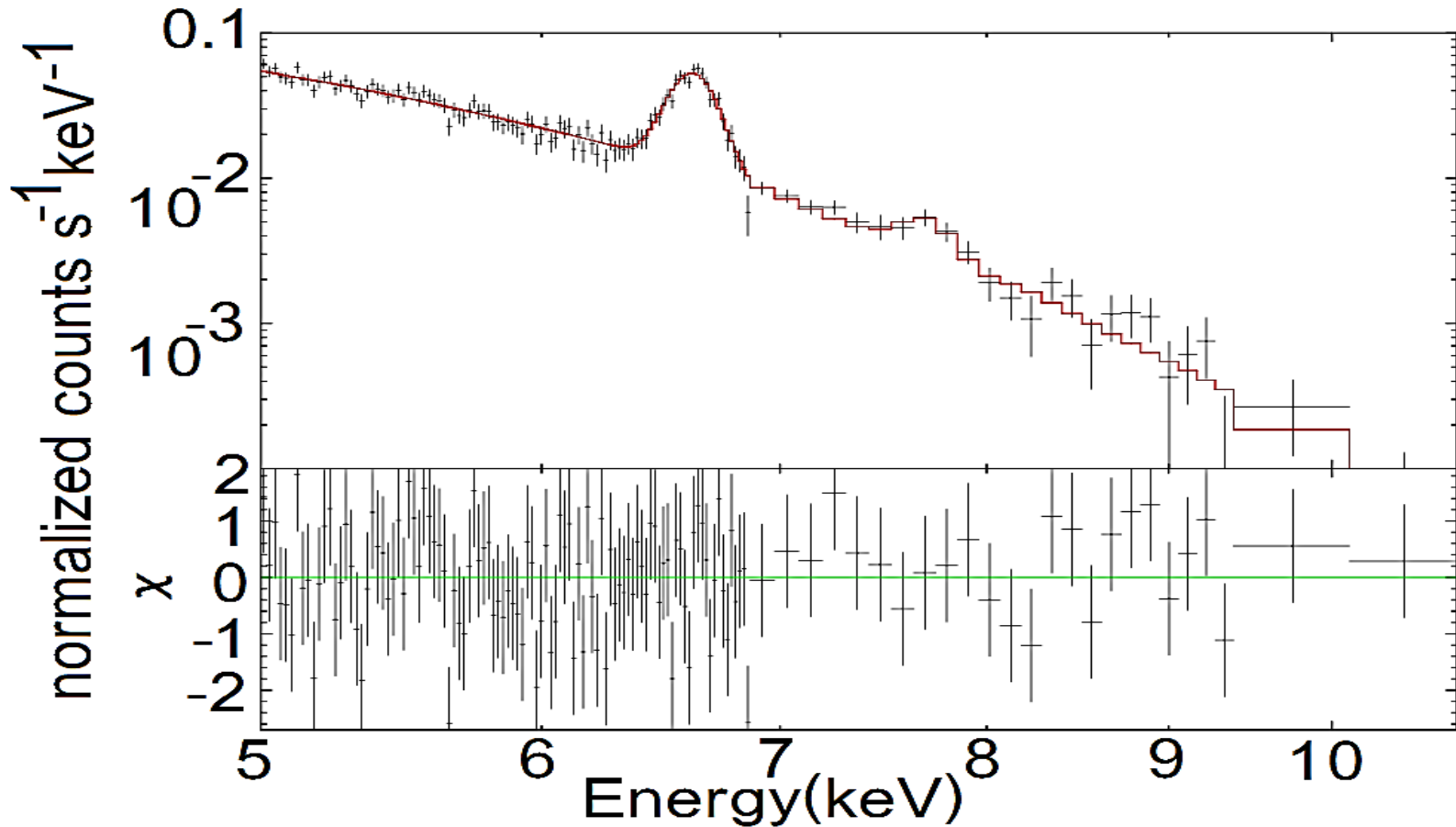
⇒しかし、観測値とは、なお隔たりがある。

⇒プラズマは電離非平衡であることが分かった。

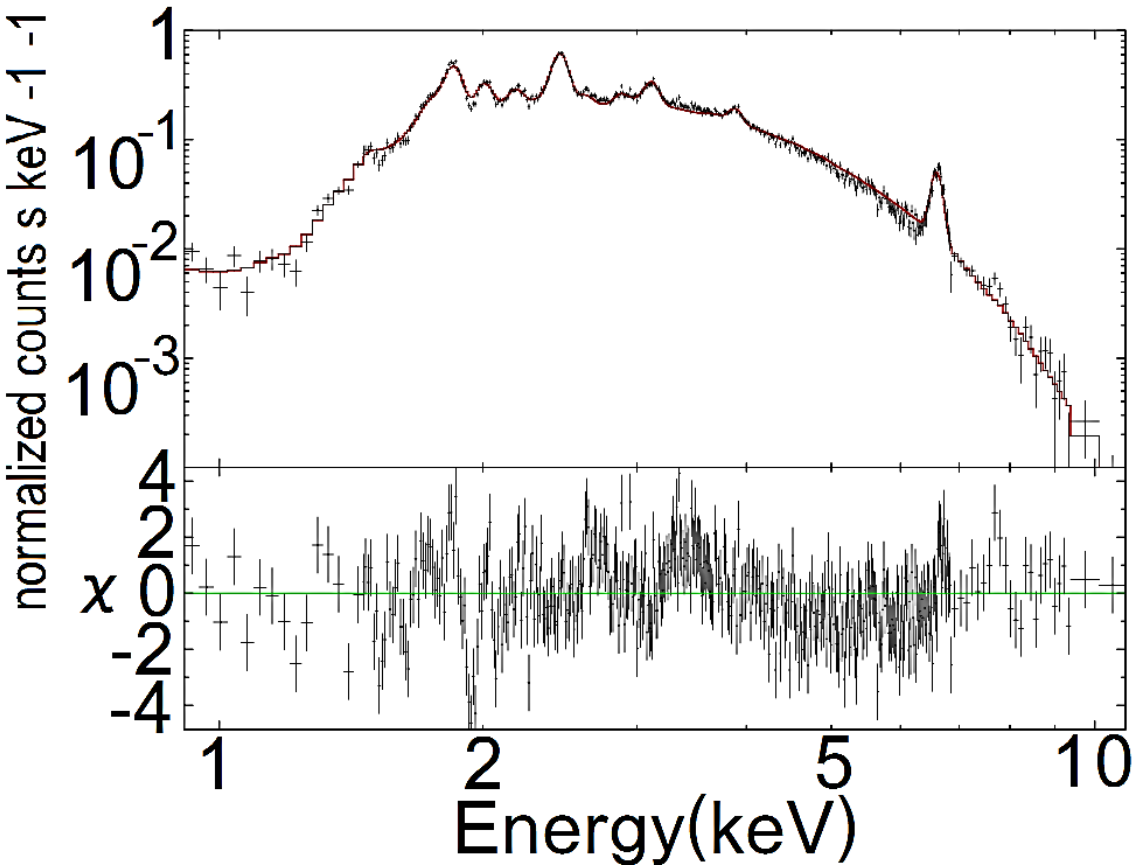
NEIモデルでのfitの手順①

温度を求めるために
NEIモデルを用いて
Feの周りをfitした。

電子温度	$1.38^{+0.05}_{-0.10}$ keV
Fe の abundance	$0.48^{+0.04}_{-0.04}$
nH	7.1×10^{22} cm ⁻² (固定)
Tau	$3.94^{+1.31}_{-0.82} \times 10^{11}$ s · cm ⁻³



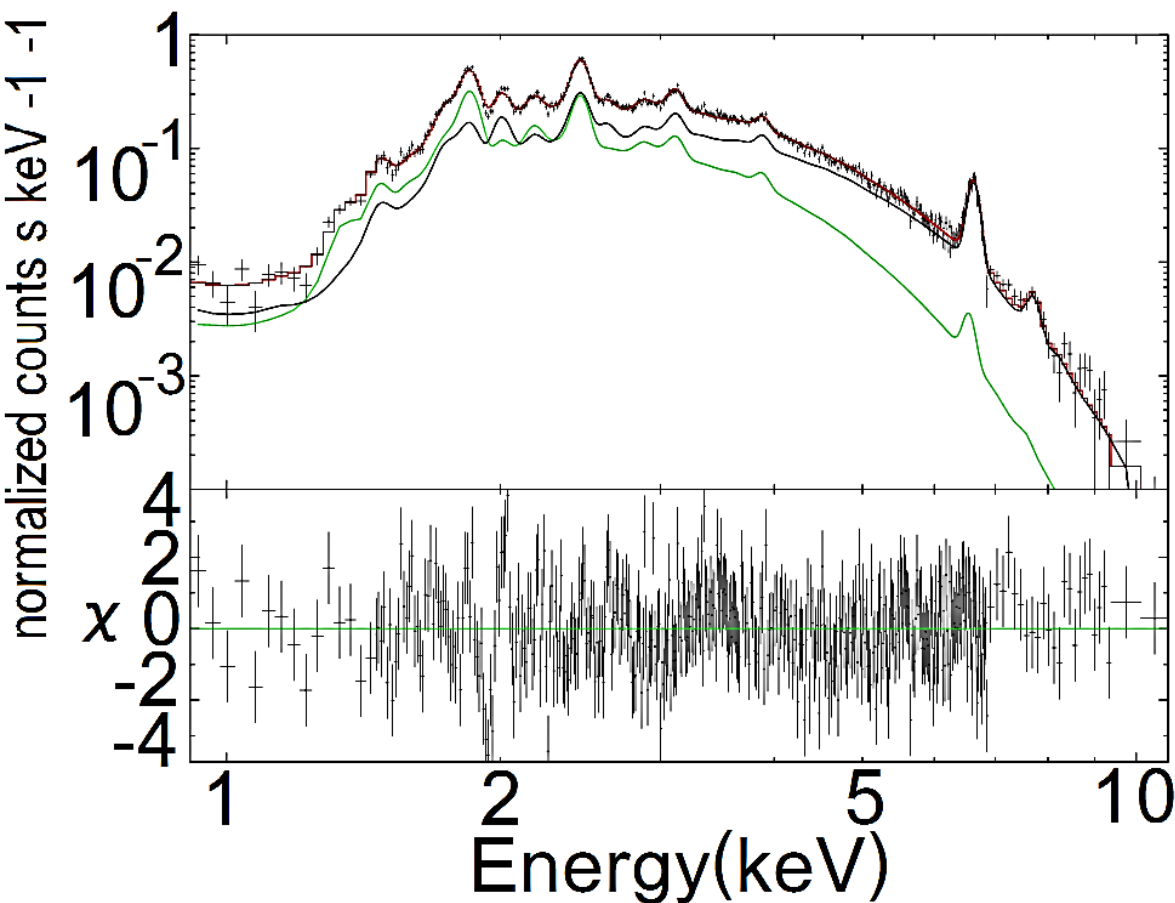
手順②先に求めた電子温度を用いて NEIモデルー成分でfit



⇒一自由度当りの χ 自乗値
(1.91)が大きいので、次は、二
成分に分けてfitする

nH	$5.50^{+0.06}_{-0.05} \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$
Te	1.38 keV (固定)
Mg	$0.29^{+0.07}_{-0.10}$
Si	$0.65^{+0.02}_{-0.03}$
S	$0.70^{+0.03}_{-0.01}$
Ar	$0.75^{+0.05}_{-0.05}$
Ca	$0.58^{+0.07}_{-0.07}$
Fe	$0.45^{+0.02}_{-0.03}$
Ni	$2.01 \times 10^{-5} \text{ }^{+0.82}_{-2.01 \times 10^{-5}}$
Tau	$2.60 \times 10^{11} \text{ s} \cdot \text{cm}^{-3}$

手順③NEIモデル二成分でfit (abundanceは共通)

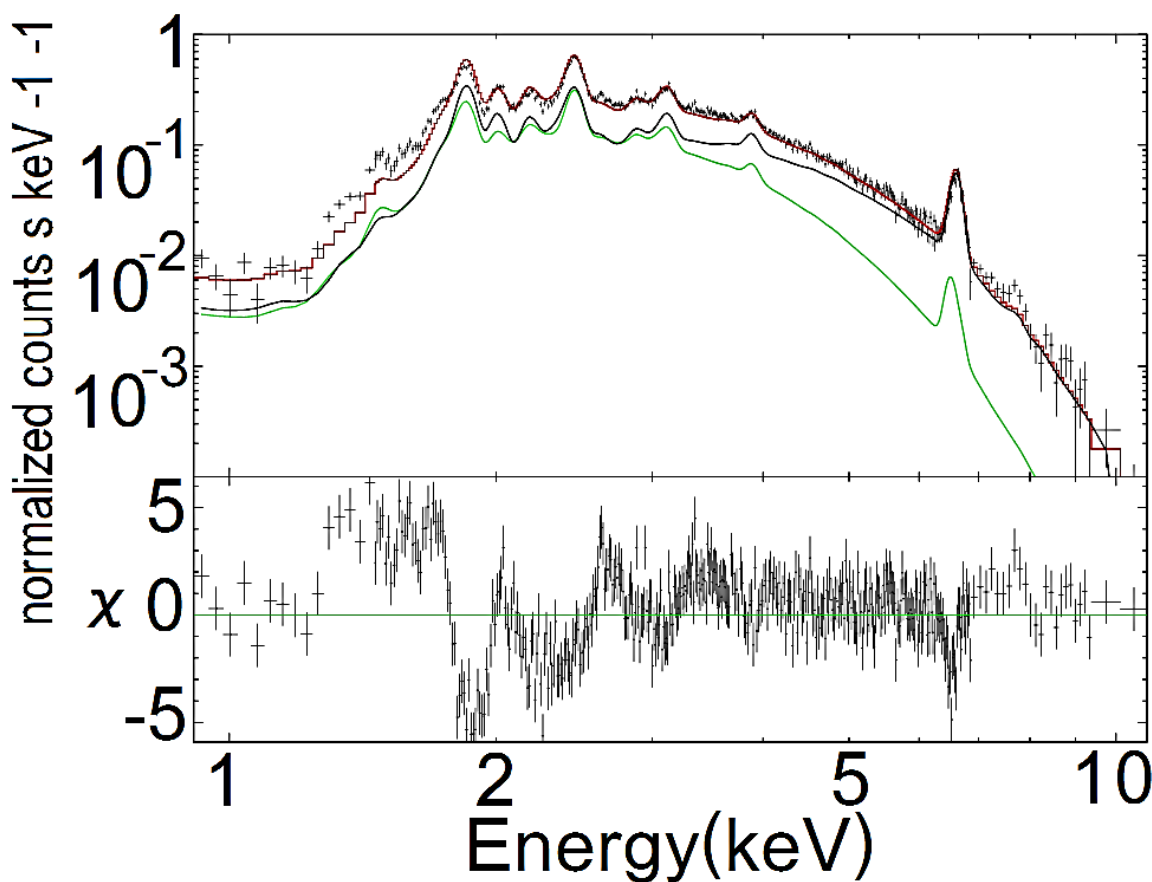


結果、一自由度当りの χ 自乗値は、1.91から1.25に改善した。

nH	$6.62^{+0.18}_{-0.14} \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$
Te(高温側)	1.38 keV (固定)
Te(低温側)	$0.84^{+0.05}_{-0.10} \text{ keV}$
Mg	$1.89^{+0.30}_{-0.41}$
Si	$1.00^{+0.12}_{-0.09}$
S	$0.80^{+0.05}_{-0.05}$
Ar	$0.70^{+0.07}_{-0.07}$
Ca	$0.62^{+0.09}_{-0.09}$
Fe	$0.53^{+0.05}_{-0.04}$
Ni	$4.28^{+1.80}_{-1.62}$
Tau(高)	$6.19 \times 10^{11} \text{ s} \cdot \text{cm}^{-3}$
Tau(低)	$3.85 \times 10^{11} \text{ s} \cdot \text{cm}^{-3}$
norm(高)	$0.073^{+0.007}_{-0.007} \text{ cm}^{-5}$
norm(低)	$0.130^{+0.031}_{-0.015} \text{ cm}^{-5}$

Siのabundanceの検証

Lazendic et al.2005での値に固定して、CIEモデル+NEIモデルを試したが、上手くfitすることができなかった。

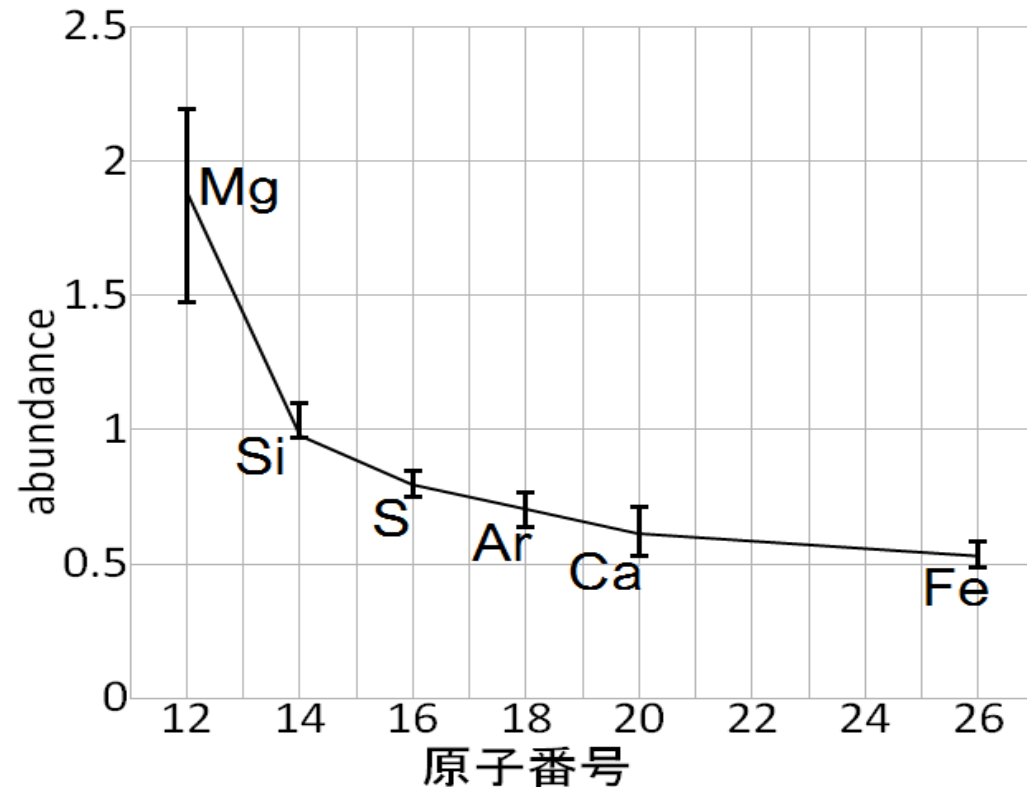


nH	$7.1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$
Te(CIE)	0.76keV
Te(NEI)	1.44keV
Si	2.1
Tau	$4.5 \times 10^{11} \text{ s} \cdot \text{cm}^{-3}$
χ^2	3.943

⇒論文におけるSiの大きな値は、modelの依存性によって生じたと分かる。

解析で得られたG349.7+0.2の性質

- 密度: 3.17 pcc
- 光度: 7.55×10^{37} erg/s
- 衝撃波の速度: 862 km/s
- 年齢: 2900年
- 爆発の全エネルギー:
 1.39×10^{50} erg
- SNRの質量: 160 M_{\odot}



⇒ ① SNRの質量が大きいので、星間物質がdominant。

② SNRは銀河系の向こう側にある。

⇒ 銀河系の向こう側のabundanceを測ったことになる。

結論

- ・SNRのプラズマは、電離非平衡となっている。
- ・Lazendicの論文にある過剰なSiのabundanceは否定された。
- ・各元素の詳細なabundanceを得ることができた。
⇒銀河系の向こう側のabundanceを計測することができた。全体的にabundanceが低いことが分かった。