

最遠方電波銀河の化学的特性

松岡 健太 (愛媛大学)、長尾 透 (京都大学)、Roberto Maiolino (ローマ天文台)、Alessandro Marconi (フィレンツェ大学)、谷口 義明 (愛媛大学)

Introduction

重元素は恒星内部の核融合反応によって生成される。このため、銀河の重元素量を調べることで、その銀河の星形成史 (すなわち **銀河進化**) を探ることができる。特に遠方宇宙における重元素量の調査は、銀河進化の初期段階に迫ることができるため非常に重要な課題の一つである。一般に遠方宇宙 ($z > 1$) における銀河の重元素量の調査は困難であるが、我々は活動銀河中心核 (AGN)、特に **電波銀河の狭輝線領域 (NLR)** における重元素量に着目することでこれを可能にした。これまでの研究では $1.2 < z < 3.8$ の電波銀河に対して重元素量が調べられており、赤方偏移 $z = 3.8$ においても顕著な重元素量の変化 (**化学進化**) は見られないことが示唆されている (図 1; Matsuoka et al. 2009; Nagao et al. 2006)。この結果は、顕著な化学進化を捉えるにはさらに高赤方偏移電波銀河の調査が必要であることを意味している。そこで、我々は **最遠方電波銀河として知られる TN J0924-2201** ($z = 5.19$) の可視分光観測によって、これまで誰も踏み込んでいない $z > 5$ の NLR 重元素量、及び化学特性を調査した (Matsuoka et al. 2011)。

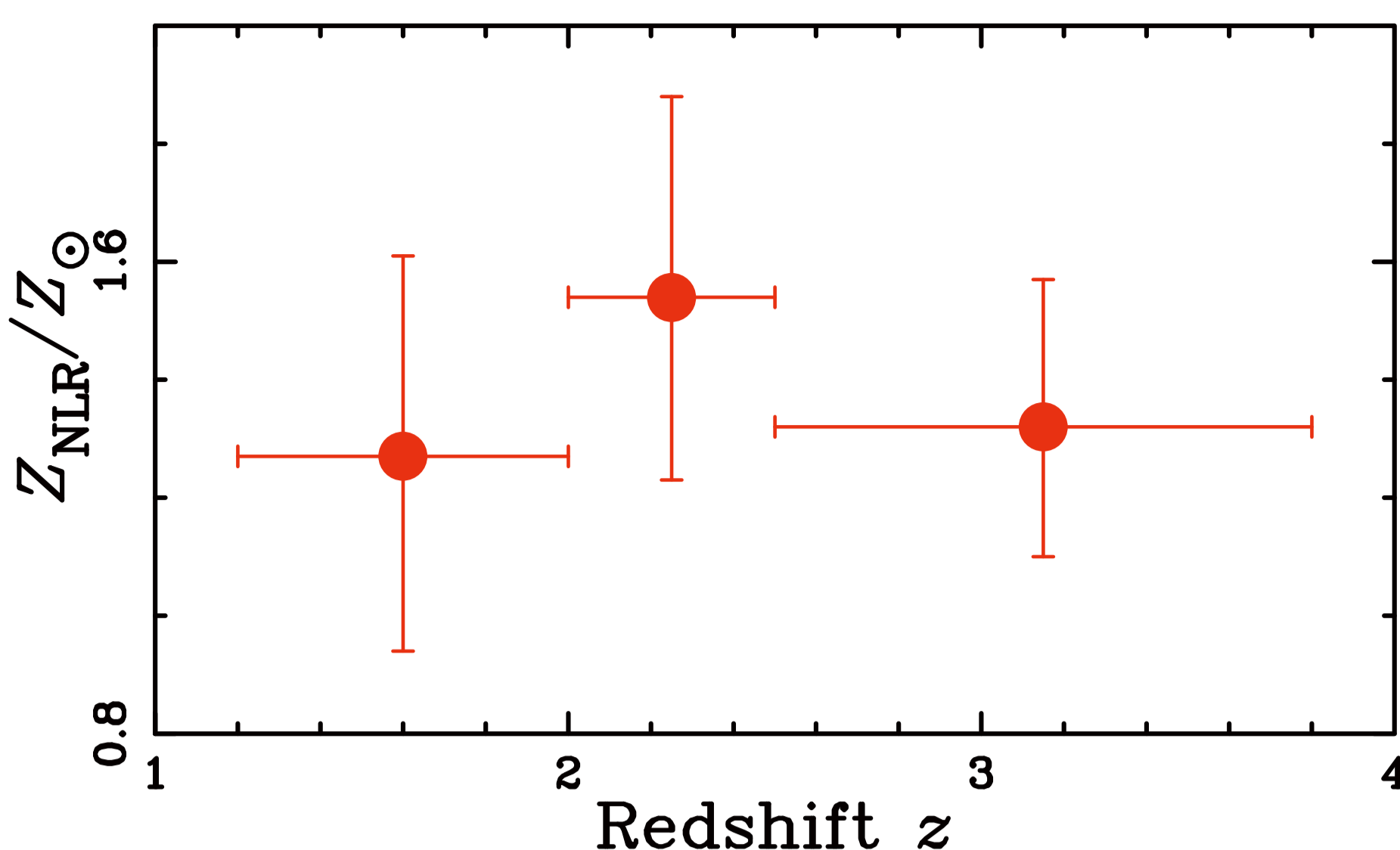
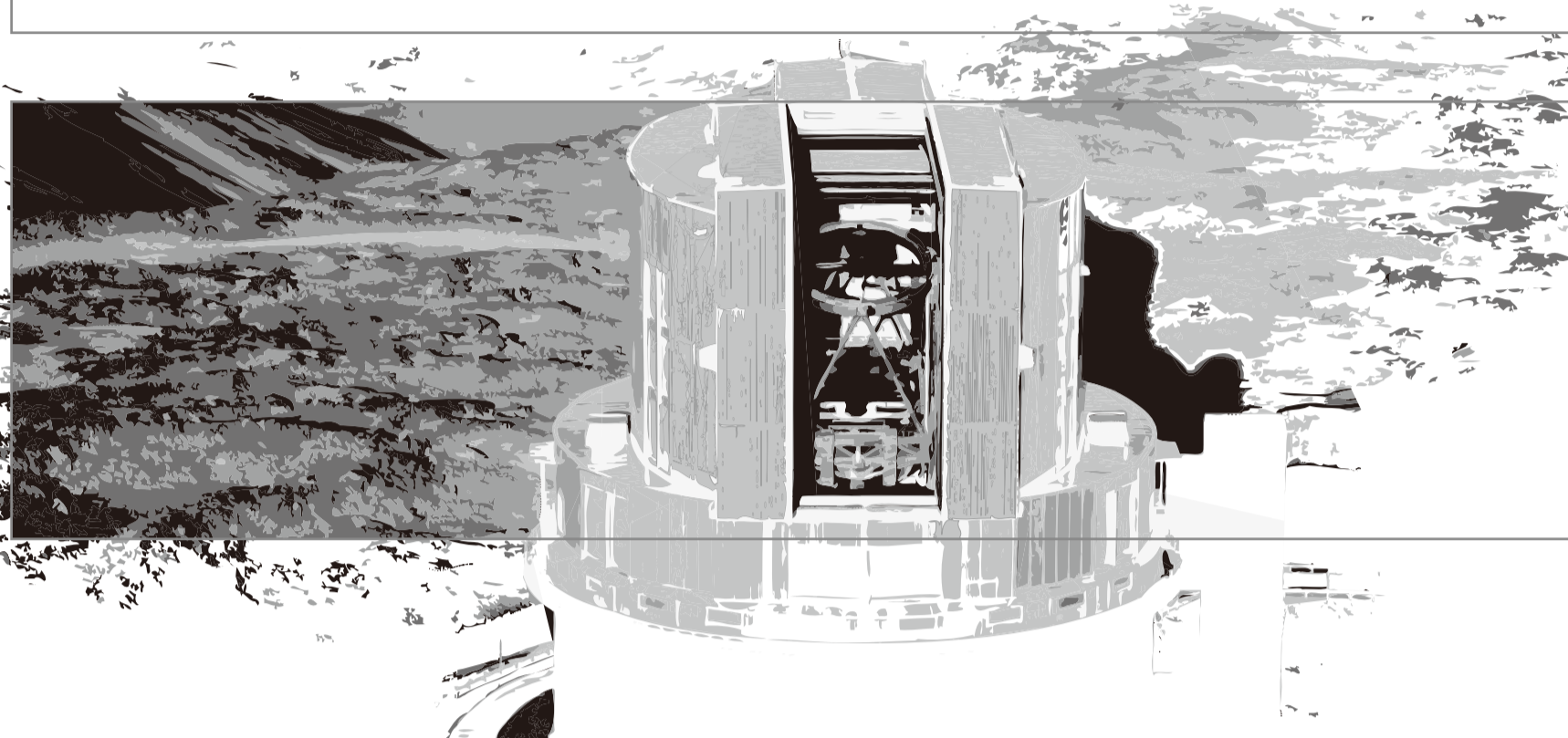


図 1: 電波銀河における NLR 重元素量の赤方偏移依存性。赤方偏移 $z = 3.8$ においても顕著な化学進化は見られていない (Matsuoka et al. 2009)。



Observation

最遠方電波銀河 TN J0924-2201 に対して、**Subaru/FOCAS** を用いた可視分光観測を行った (2009/02/01)。スリット幅は $0.8''$ 、フィルターは SO58、グリズムは 300R を選択。積分時間は 12000s。

Result

過去の TN J0924-2201 に対する分光観測では $\text{Ly}\alpha$ 輝線しか検出されていなかったが、今回の観測で **初めて CIV 輝線を捉える** ことに成功した (図 2)。赤方偏移 $z > 5$ における NLR からの重元素原子起源の輝線は今回が初検出である。

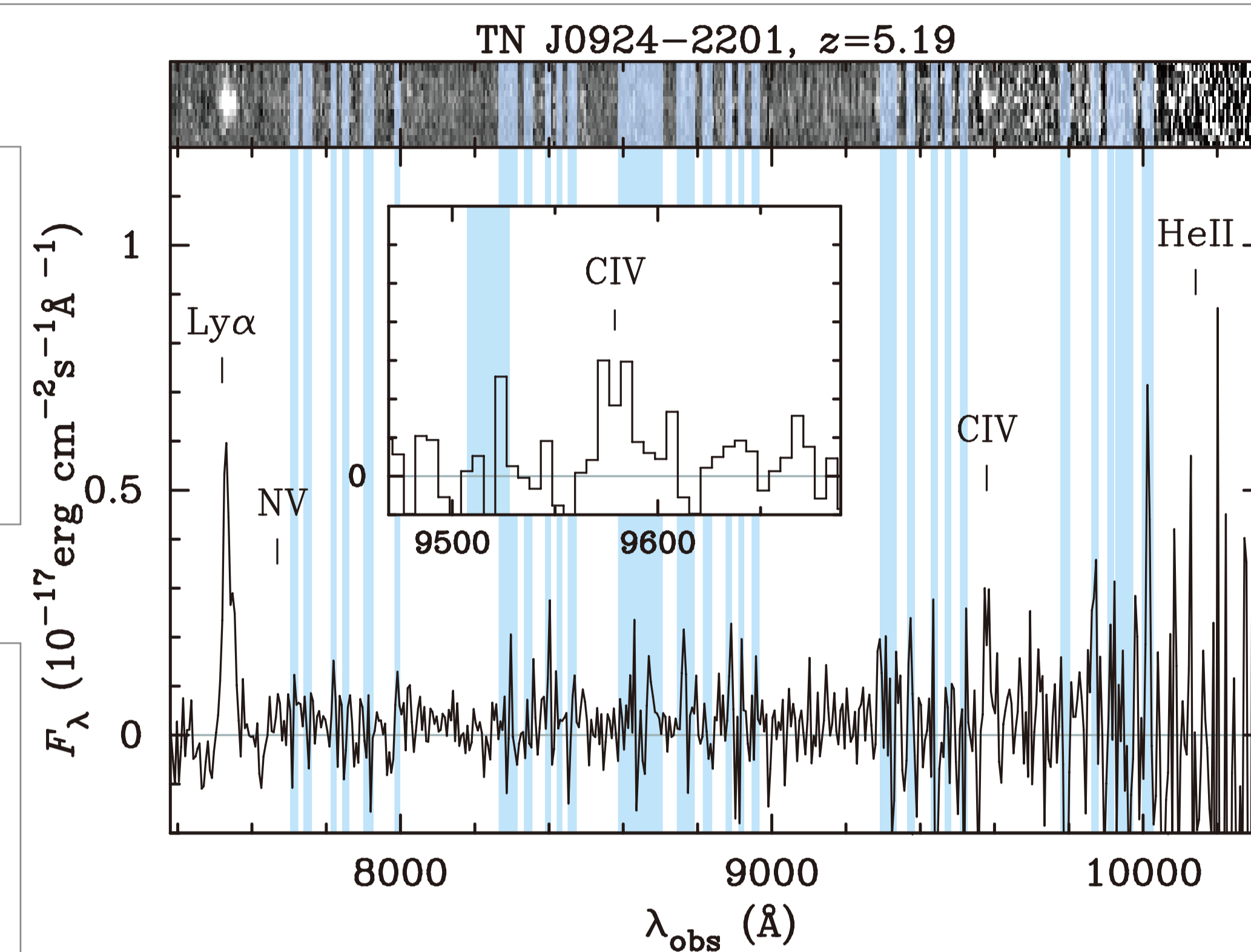


図 2: 電波銀河 TN J0924-2201 ($z = 5.19$) の可視光スペクトル。Ly α 輝線に加えて CIV 輝線を初めて検出。青い部分は OH 夜光の強い領域を示している。

Discussion

低赤方偏移電波銀河 ($1.3 < z < 3.8$) と最遠方電波銀河 ($z = 5.19$) の **輝線強度比** を比較して重元素量の振る舞い調べる (図 3)。

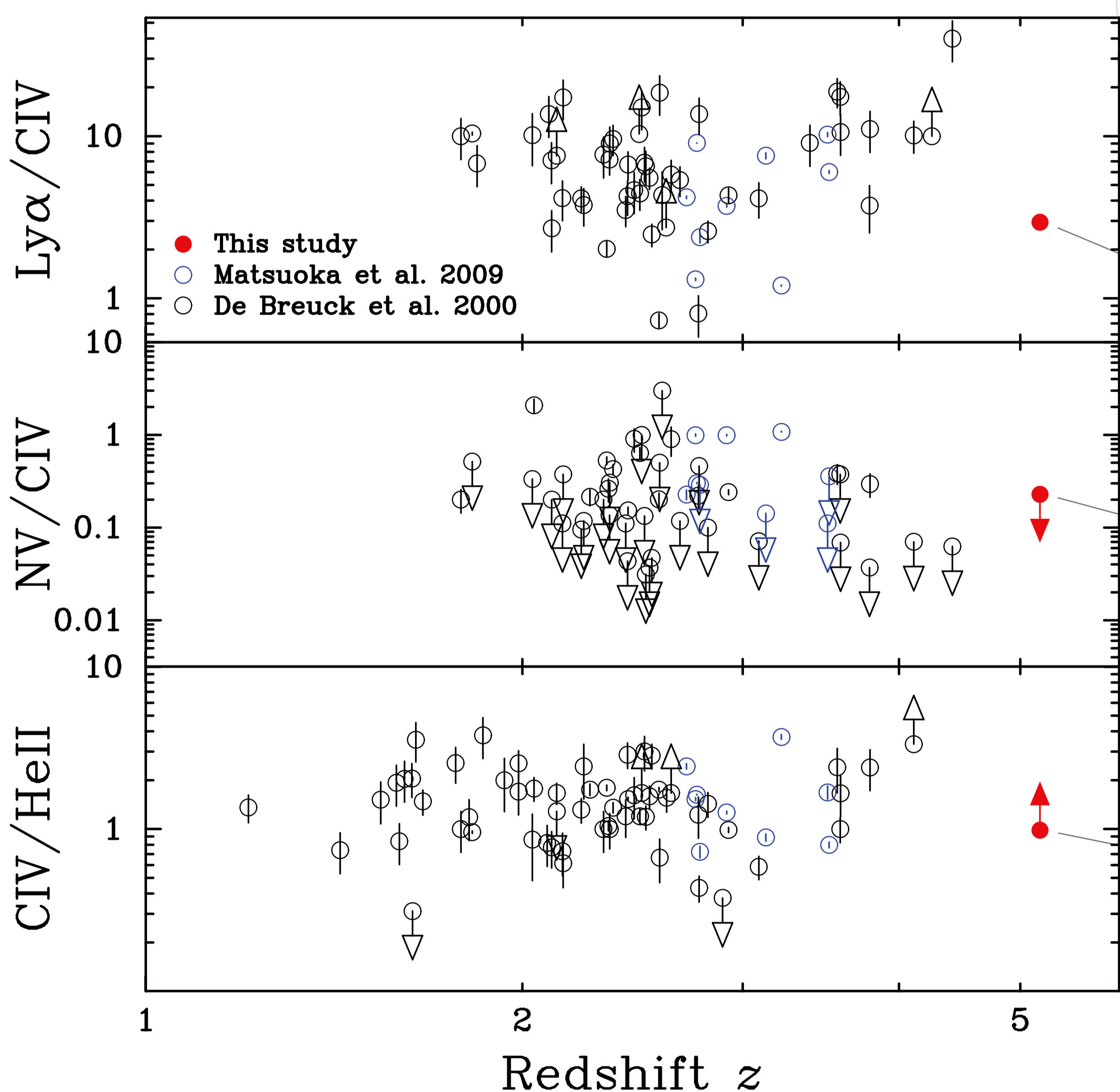


図 3: 電波銀河における輝線強度比の赤方偏移依存性。

Ly α /CIV: 低赤方偏移電波銀河に比べると比較的小さい

重元素量の減少によって CIV 輝線の強度は増加する (Matsuoka et al. 2009)。すなわち Ly α /CIV は減少すると考えられる。しかし、Ly α の IGM 吸収等の不定性のため、この輝線強度比を用いた重元素量の診断は困難。

NV/CIV: 低赤方偏移電波銀河に見られるような大きな値は示さない

NV/CIV は重元素量の減少に伴い小さな値をとる。今回の結果は TN J0924-2201 の重元素量が低赤方偏移電波銀河と同程度か比較的小さい可能性を示唆している。

CIV/HeII: 低赤方偏移電波銀河と比べて極端に小さくはない

この結果は TN J0924-2201 の CIV 輝線が低赤方偏移電波銀河と同等、もしくはそれ以上の強さで受かっていることを示している。CIV 輝線は重元素量の減少とともに強度を増していくため、今回の結果は CIV の輝線強度が強い、すなわち重元素量が小さい可能性を示唆している。ただし、CIV 輝線の放射源である炭素元素が失われるほど著しく重元素量が小さいということはないだろう。

図 3 の結果は、TN J0924-2201 は低赤方偏移電波銀河と比べて顕著な重元素量の減少を示してはいないが、化学進化の兆候を示唆しているかもしれない。

過去の銀河化学進化の研究において、炭素元素は α 元素に比べて存在量増加に時間がかかることが示唆されている。つまり、宇宙年齢を遡って化学進化を調べていけば、 α 元素より先に炭素元素の存在量の減少が見られることになる。そこで我々は、今回の観測結果 (NV/CIV と CIV/HeII) と Cloudy による光電離モデル計算の結果を比較することで、TN J0924-2201 の **炭素存在量を推定** した (図 4)。その結果、典型的な **炭素存在量の下限值** は $[\text{C}/\text{O}] > -0.5$ となった。この結果と銀河の化学進化モデルを比べたところ、この電波銀河の年齢は少なくとも既に数百 Myr、すなわち顕著な化学進化を示すほど極端に若くはないことがわかった。 $z > 5$ の宇宙においてしても、既にある程度の化学進化を経た電波銀河が存在するようである。

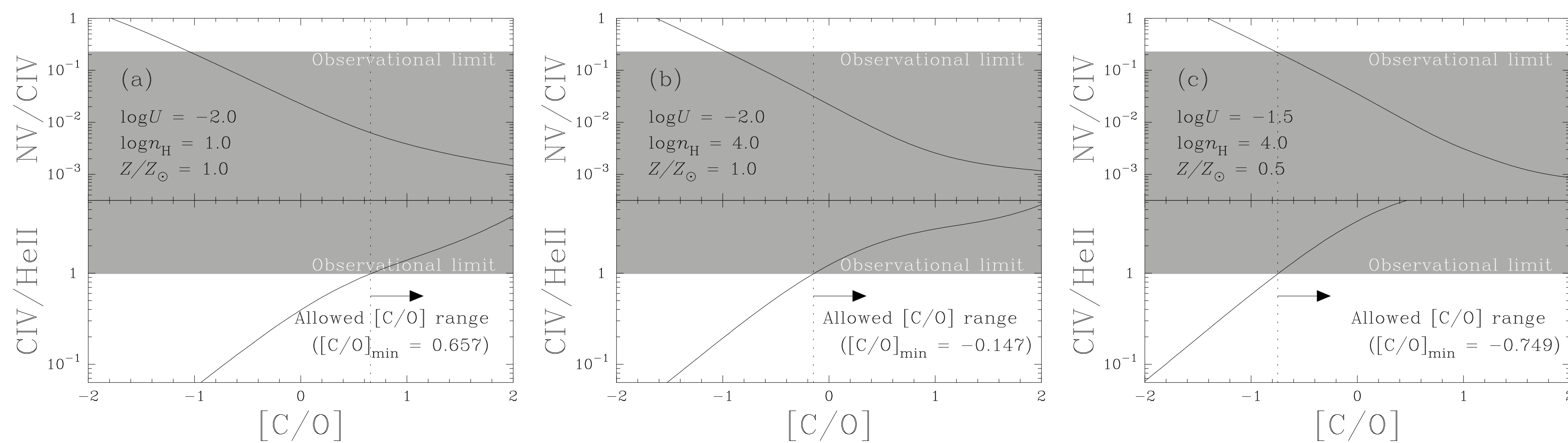


図 4: Cloudy を用いた光電離モデル計算による輝線強度比の炭素存在量依存性。灰色部分は TN J0924-2201 のとり得る範囲を示しており、炭素存在量に制限を与える。