

東京大学、探る鉄の起源—100 億年前の宇宙における鉄の存在量の推定に成功

東京大学の鮫島寛明特任助教を中心とした研究グループは、東京大学と京都産業大学が共同開発した近赤外線高分散分光器 WINERED をヨーロッパ南天天文台 (ESO) が所有するチリ共和国の新技术望遠鏡に搭載し、約 100 億光年離れたクエーサー 6 天体の分光観測を行いました。取得したスペクトルに見られる輝線の強度から鉄とマグネシウムの存在量比を推定したところ、宇宙化学進化の理論モデルと一致することが分かりました。

鉄は身の回りに豊富に存在し、鉄器という形で人類文明が発展する上で大きな役割を果たしたり、体内で酸素を運搬するヘモグロビンを生成したりと、我々と切っても切れない関係にある重要な金属です。その起源をたどると、星内部での核融合反応で作られ、星の最期である超新星爆発によって宇宙空間にばら撒かれ、それらがガスの形で再び集積し、地球が生まれたと考えられています。したがって宇宙の歴史を振り返ると、鉄を含む金属は過去の宇宙では現在より少なく存在していたことが予想されます。さらには各種の金属の存在量が宇宙の歴史の中でどのように変化してきたかをたどることで、金属の生成源である星の進化史を間接的に調査することが可能になります。

これまでの天文学では、宇宙が化学的にどう進化したかを調べるために、化石の役割を果たす古い星の観測を行ってきました。しかし、古い星を使う方法では金属量の大小で間接的にしか年齢を推定できないことや、我々が住む銀河系内の星から得られた結果が他の銀河でも、更には宇宙一般に成り立つとして良いのか、という点に問題がありました。

そこで独立なアプローチとして、我々が住む銀河系の外にある、はるかに遠い天体を観測する方法が考えられます。光の速度は有限なため、100 億光年離れた天体を観測することは、100 億年前にその天体から放たれた光を直接調べることになるからです。候補となるのは、(恒常的な明るさという点で)宇宙で最も明るいクエーサーと呼ばれる天体です。クエーサーを分光観測することで取得できるスペクトルには様々な金属に起因する輝線が現れ、それを調べることでどのような金属がどれだけ存在しているかを推定できます。クエーサーは紫外線域に多くの輝線を持つことが知られていますが、非常に遠方にあるために赤方偏移と呼ばれる現象の影響を受け、輝線は近赤外線域で観測されます。本研究では東京大学と京都産業大学が共同開発した近赤外線高分散分光器 WINERED を、ヨーロッパ南天天文台 (ESO) が所有するチリ共和国

の新技术望遠鏡に搭載し、約 100 億光年離れたクエーサー6 天体の分光観測を行いました。取得したスペクトル(図 1)の赤外線域には、鉄とマグネシウムの輝線が見られます。

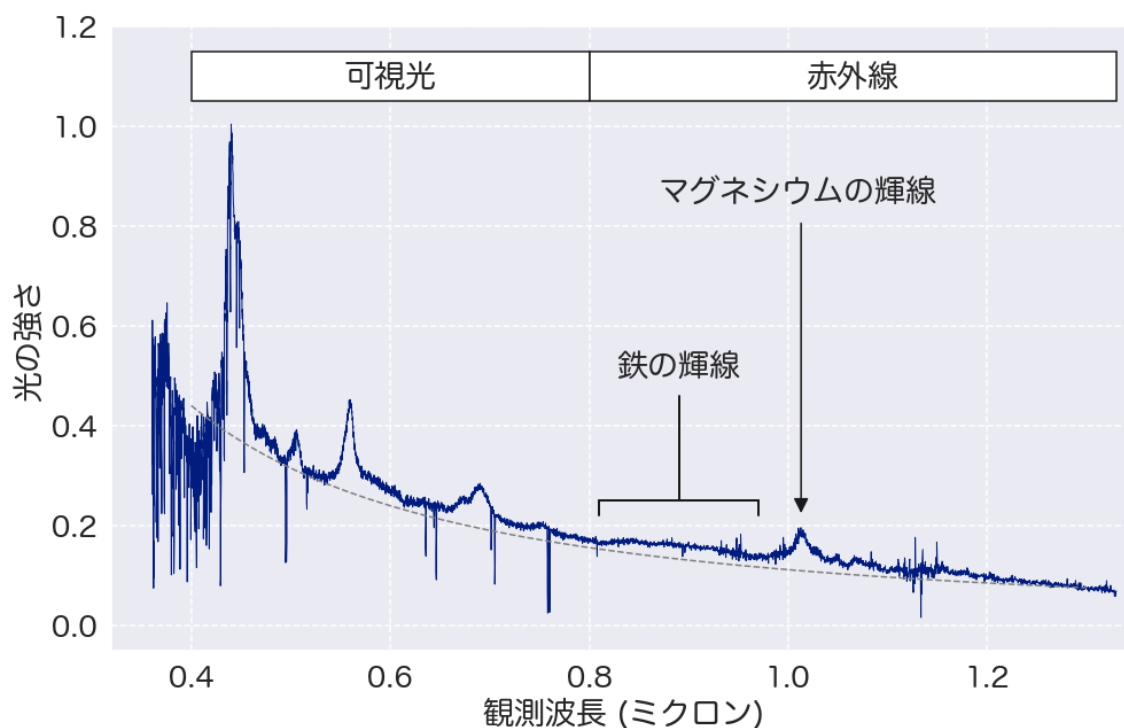


図 1:地球から約 100 億光年離れた位置にあるクエーサー J1142+2654 のスペクトル。WINERED で取得した赤外線スペクトルと、別の望遠鏡(スローンデジタルスカイサーベイ)で取得された可視光スペクトルをつなげています。遠方の天体では赤方偏移により鉄やマグネシウムの輝線が近赤外線域に移るので、赤外線観測が必要になります。山のような形をしたマグネシウム輝線と異なり鉄の輝線はのっぺりしていますが、これは多くの輝線が混ざり合っているためです。

従来のクエーサーを用いた研究では、スペクトルに見られる輝線強度の比から定性的な議論をするにとどまっていたが、本研究ではガスの輝線放射シミュレーションを行うことで存在量比を推定し、宇宙化学進化のモデル計算と定量的な比較ができるようになった点が特長です。本研究の先行研究として、より近傍にあるクエーサーの可視光観測から推定された鉄とマグネシウムの存在量比が理論予測と一致することが報告されていましたが、本研究ではそれがさらに昔の宇宙でも成り立っているこ

とを明らかにしました(図 2)。

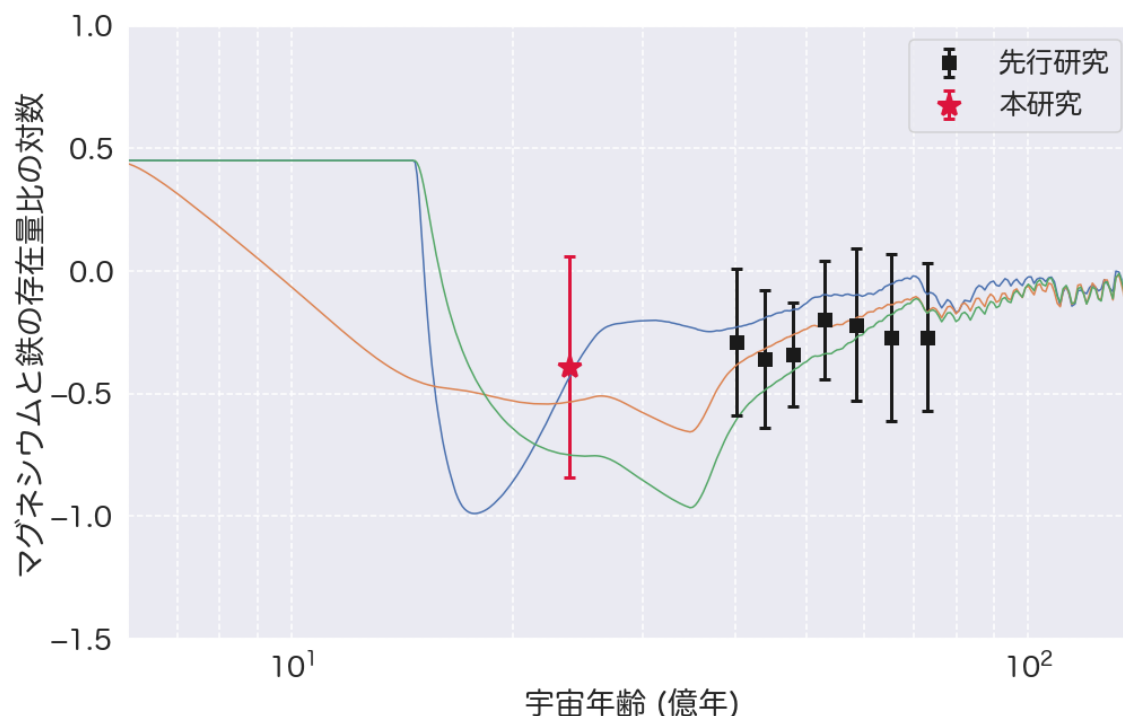


図 2: マグネシウムと鉄の存在量比を、対応する宇宙年齢でプロットした図。曲線は鉄の主な生成源である連星系の寿命について考えられる 3 通りのシナリオで計算した場合の理論予測です。本研究では宇宙年齢が約 24 億年の頃のマグネシウムと鉄の存在量比を推定し、理論予測と一致することを明らかにしました。TAO 計画では、この図で左に相当する宇宙が誕生して間もない時代について調査することが可能になります。

論文情報

タイトル

Mg II and Fe II Fluxes of Luminous Quasars at $z \sim 2.7$ and Evaluation of the Baldwin Effect in the Flux-to-abundance Conversion Method for Quasars

雑誌

The Astrophysical Journal

DOI <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abc33b>

URL <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/abc33b>

日本語リリース

<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2020/7139/>