

宇宙の錬金術を観察するためのカギを赤外線域で発見 ～中性子捕獲元素によって近赤外線に現れる吸収線の多くを観測的に同定

東京大学や京都産業大学、国立天文台などの研究者から成る研究グループは、京都産業大学神山（こうやま）天文台の口径 1.3 メートルの荒木望遠鏡に取り付けた近赤外線高分散分光器「WINERED（ワインレッド）」を用いて、13 個の恒星について近赤外線での分光観測を行いました。そして、この観測で検出した多くの吸収線の波長を理論的に得られたリストと比較し、9 種類の元素を同定することに成功しました。近赤外線の波長域には、重い元素が作る吸収線が多く存在することが予測されていましたが、その実在や強度比が精度よく測定されたのは初めてです（図 1）。

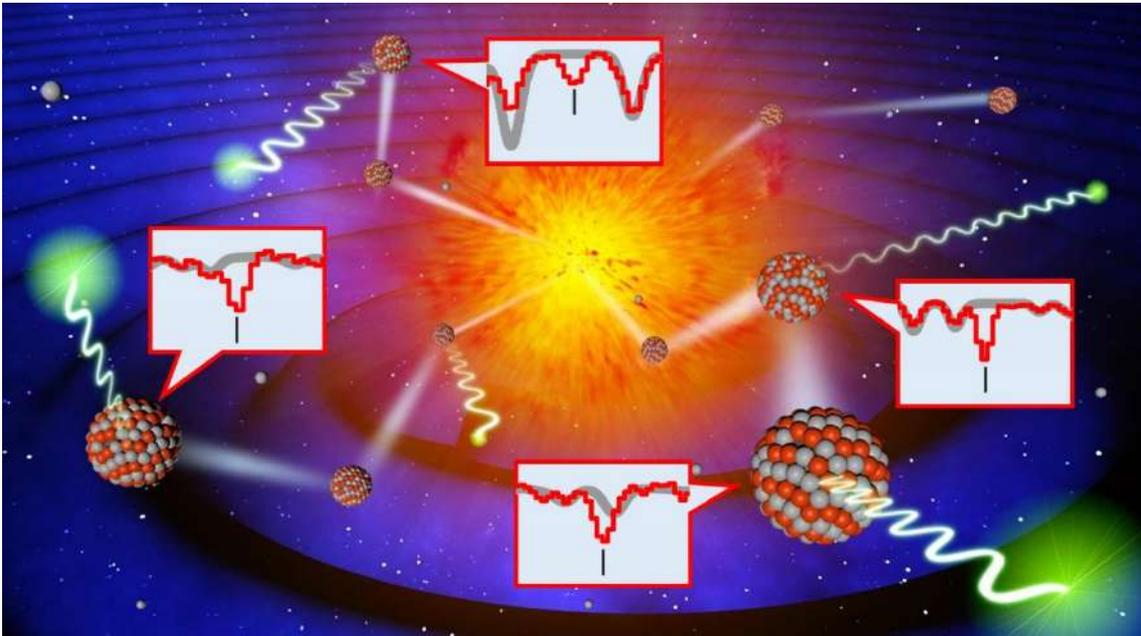


図 1 今回の研究成果の概念図。中性子捕獲元素がいくつも合成され、それぞれの元素によって今回検出した吸収線が生じています。中性子星どうしの合体が起こって元素が合成されると同時に重力波が発生している様子の想像図に、本研究で検出した吸収線のスペクトルを重ねています。（クレジット：国立天文台、東京大学）

ビッグバンの時点で形成されていた水素、ヘリウム、リチウムの最も軽い元素を除いて、すべての元素は超新星爆発などの天体現象によって合成されて、徐々にその割合が増えてきました。それぞれの元素がどのように増えてきたかという宇宙の化学進化の歴史を知るためには、さまざまな元素合成現象がどのような頻度で起こってきたのかを明らかにする必要があります。最近特に注目を集めているのが、中性子捕獲元素と呼ばれる重い（原子番

号の大きい) 元素です。重力波の発生を伴う中性子星合体の際に、金やレアアース元素を含むそれらの元素が合成すると考えられ、理論・観測の両面で多くの研究が行われています。現在行われている重力波の検出と電磁波対応天体の観測では、その元素合成の現場を直接調べることが可能です。一方、宇宙の化学進化の様子をたどるためには、進化の各時点でのガスから誕生した恒星の化学組成を測定することが重要です。

天体の中にどのような元素が存在するかを知るために不可欠な情報が、近赤外線による恒星の観測によって得られました。中性子星の合体は重力波源としても注目されていますが、合体の際に生成される元素に関係した知見が、宇宙の歴史の中でどのようにして多様な元素が増えてきたかを探る鍵になることが期待されます。

恒星の化学組成の測定に欠かせないのが、スペクトルに現れる吸収線に関する基本的な情報です。遠く離れた天体の中にどのような元素が存在しているのか、天文学者は天体からの光を波長別に分けて観測することで調べています。「分光」というこの観測手法は、元素が特定の波長の光を吸収したり放射したりするという性質を利用しています。一つの元素はいろいろな波長の光を吸収・放射しますが、どのような波長の光をどの程度吸収・放射するかの理論的な計算は、特に重い元素で難しく、実験や観測による検証が不可欠です。ところが、恒星の赤外線スペクトルを詳しく解析するという研究は発展途上であるため、その基本的な情報もまだまだ確立されていません。本研究では、0.97~1.32 マイクロメートルの波長域のスペクトルに現れる中性子捕獲元素による吸収線を調べました。利用したのは、WINERED 分光器 (図 2) で得た 13 個の恒星の観測スペクトルです。

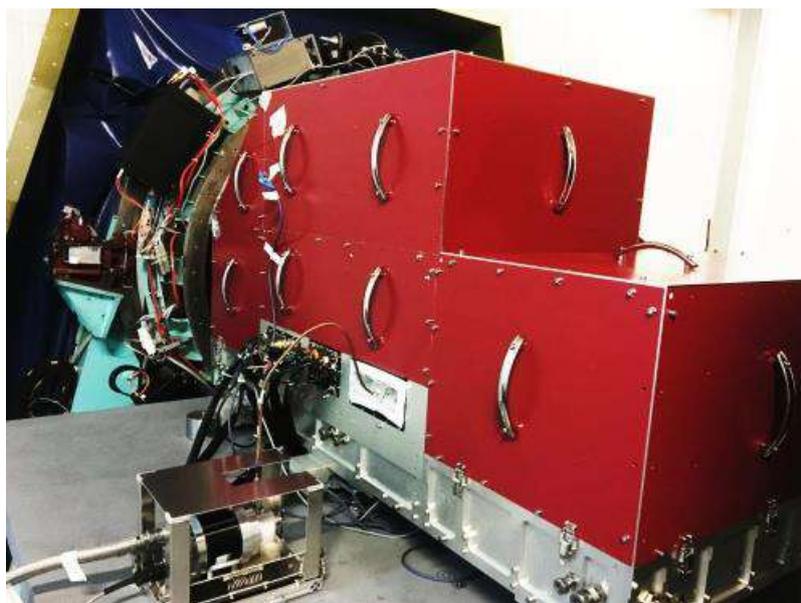


図 2: 本研究で利用した観測スペクトルを取得するために利用した WINERED 分光器。(画像クレジット: 京都産業大学(神山天文台))

吸収線が確認された元素は、原子番号 30 の亜鉛から原子番号 66 のジスプロシウムに及び、いずれも中性子捕獲元素に分類されるものでした。これらの元素は、中性子星どうしが合体するときによく生成されると考えられています。近年、中性子星どうしの合体が重力波や電磁波によって観測され注目を集めています。その観測的特徴を理解するためにも今回の知見はたいへん重要です。水素とヘリウムしか存在しなかったビッグバン直後の宇宙から、現在の多様な元素に満ちあふれた宇宙への進化を理解するための鍵を提供する成果です。

研究成果は、「The Astrophysical Journal Supplement」誌（オンライン版）にて 2020 年 1 月 9 日に出版されました。

論文情報

タイトル Identification of Absorption Lines of Heavy Metals in the Wavelength Range 0.97—1.32 μm

雑誌 The Astrophysical Journal Supplement

DOI : 10.3847/1538-4365/ab5c25

日文全文: <https://www.nao.ac.jp/news/science/2020/20200109-jasmine.html>

文: JST 客観日本編集部翻訳編集