

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	田中 雅臣
研究機関名	東北大学
所属部署名	大学院理学研究科 天文学専攻
役職名	准教授
研究課題名	宇宙における重元素の起源の解明
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

中性子星合体の電磁波観測から重元素合成の情報を引き出すべく、原子物理学の知見を天文学に取り入れることで、重元素の原子データ（エネルギー準位や遷移確率）の構築を行った。特に、中性子星合体から数時間以内の高温（ $\sim 10^5$ K）ガスからの電磁波放射の性質を明らかにすべく、重元素の高階電離イオン（10 階電離まで）の原子構造計算を行った。このようなイオン化状態の重元素に対する網羅的な原子データはこれまで存在せず、本研究によって世界で初めて整備されたものである。その結果、中性子星合体で多く合成され、吸収係数に大きく寄与することが期待されるランタノイド元素が、このようなイオン化状態で低階電離イオンよりもさらに複雑なエネルギー構造をもつことが明らかとなった。

この結果をもとに、中性子星合体から数時間後の放出物質における吸収係数を評価したところ、ランタノイド元素が存在しない場合は吸収係数が $0.5 - 1.0 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ 程度であるのに対して、ランタノイド元素が存在する場合には吸収係数が $5000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ にも達することが判明した。これは、中性子星合体から数日後の低階電離ランタノイドの吸収係数よりも 10 倍以上高く、観測量に大きなインパクトを及ぼすことが予想される。実際に、電磁波放射への影響を検証すべく、この原子データを用いて中性子星合体の輻射輸送シミュレーションを行ったところ、放出物質にランタノイド元素が含まれると、高階電離ランタノイドの高い吸収係数によって 4 倍程度光度が下がることが明らかになった。この結果に基づき、将来の中性子星合体イベントで合体後数時間程度の電磁波観測を行うことができれば、中性子星合体放出物質の最外層における元素組成を診断できることを提案した。