

# 論文審査の結果の要旨

氏名 寺 澤 真理子

本論文は、七章と付録部分から構成されている。第一章は、本論文の研究対象である  $r$  (rapid)-過程とはどのような元素合成であり、 $r$ -過程元素の観測と合成の理論モデルで何が問題とされているかをまとめた導入部分である。第二章は、大質量星の重力崩壊過程とそれがニュートリノ加熱で超新星爆発へと転じる機構と、 $r$ -過程元素が合成されるための条件をまとめている。第三章は、本研究による新たな発見の一つである、軽い中性子過剰核の反応の役割を明らかにしている。第四章は、本研究の柱となる部分で、中性子星風の力学計算と  $r$ -過程元素の合成の計算結果が提示され、 $r$ -過程元素の組成比の境界条件依存性が明らかにされている。第五章では、比較的低質量の星の超新星爆発の場合にも  $r$ -過程元素の合成が起こりうることを確認する計算例が提示されている。第六章では、今後に残された課題をまとめ、第七章で、結論をまとめている。付録部分は、計算方法と物理過程の詳細を記述している。

$r$ -過程元素合成は、中性子捕獲が  $\beta$ 崩壊より速く進む元素合成過程であり、 $\beta$ 安定線から離れた中性子過剰な領域を通して反応が進む。鉄より重い元素の起源を明らかにする上で、 $r$ -過程元素合成がどこで起こるかを明らかにすることを欠かすことはできない。また、最近の観測によって、 $r$ -過程元素の組成比が多くのハロー星でも太陽組成比とほぼ同一であることが明らかになり、 $r$ -過程元素が共通の過程で合成されたことが示唆されている。これまでの研究により、 $r$ -過程は非常に中性子過剰で高温、かつ、エントロピーが高い爆発的な現象で起こるとということが明らかにされてきた。このような条件を満たす場所は、重力崩壊型の超新星爆発、中性子星の合体などいくつか提案されてきたが、太陽組成比をもつ  $r$ -過程元素を合成するには、非常に特殊な条件を必要とし、合成モデルが成功しているとは言い難い状況にある。そこで、本論文では、重力崩壊型の超新星爆発における  $r$ -過程元素合成モデルの新たな改良を行ない、典型的な条件下で太陽組成を実現できることを示した。 $r$ -過程元素の計算にあたって、本論文は、まず、軽い中性子過剰核の反応の重要性を明らかにした。これまでの  $r$ -過程の研究では、重い元素のみが注目され、軽い元素についてはごく限られた核と反応しか扱われていなかった。それに対して、本論文では、原子核反応ネットワークを拡張し、軽い中性子過剰核の反応が大きな役割を果たして  $r$ -過程が非常に軽い核から始まり、重い中性子過剰核と軽い核の組成比が、従来の結果とは異なるものとなることを発見した。

従来の重力崩壊型超新星における定常中性子星風モデルでは、 $2 M_{\odot}$  という極端に重いコンパクトな中性子星から風が吹き出すモデルしか、太陽系の r-過程元素の組成比を再現できなかった。これに対して、本論文では、中性子星風の現実的な動力的シミュレーションを、外側の圧力の境界条件をパラメーターとして実行した。境界の圧力が十分低い場合には、遠方の温度が十分低くなるために Seed 核の合成量が減る。その結果、中性子と Seed 核の比が大きくなり、r-過程が重い核まで進むこと、典型的な  $1.4 M_{\odot}$  の中性子星からの風というモデルでも、太陽組成の r-過程元素の合成が起こることを見いだした。

また、 $11 M_{\odot}$  前後の比較的軽い星が起こす可能性のある短い時間尺度の超新星爆発の簡化したモデルのシミュレーションと r-過程元素合成の計算を行ない、原子核反応ネットワークの拡張の効果もあって、質量数 100 以上の元素については、太陽系の r-過程元素の組成比をよく再現できることを示した。これは、このような比較的軽い星が r-過程元素の主要な合成場所であり得ることを定量的に確認した最初の計算例である。

以上、本論文は、新たな原子核反応ネットワークを構築した上で、r-過程元素合成を、様々な条件下で調べ直し、典型的な重力崩壊型超新星爆発において、太陽組成をもつ r-過程元素の合成が起こり得ることを見出した。この結果は、従来の結論を変更し、これまで不明とされていた r-過程元素の起源の解明に迫る新しい発見であり、銀河の化学進化の研究にも大きく貢献する重要なものとして高く評価できる。

なお、本論文の第三章と五章は、住吉光介、梶野敏貴、谷畑勇夫、鈴木英之、山田章一、G. Mathews の各氏と共著論文の形で、既に学術論文に公表されているが、論文提出者が主体となって大部分の計算を実行し解析を行ったもので、論文提出者の寄与は十分であると判断できる。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。