

巨大天体衝突による "ばらまき": その力学的影響と化学的影響 Debris Disk Ejected by Giant Impacts: Its Dynamical and Chemical Influences on the Terrestrial Planets

玄田 英典^{1*}, 小久保 英一郎², 佐々木 貴教³, 上野 雄一郎³, 飯塚 毅¹, 生駒 大洋¹

GENDA, Hidenori^{1*}, KOKUBO, Eiichiro², SASAKI, Takatori³, UENO, Yuichiro³, IIZUKA, Tsuyoshi¹, IKOMA, Masahiro¹

¹ 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻, ² 自然科学研究機構国立天文台 理論研究部, ³ 東京工業大学 大学院理工学研究科 地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Division of Theoretical Astronomy, National Astronomical Observatory of Japan, ³Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

地球型惑星形成の最終段階は、巨大天体衝突ステージと呼ばれ、火星サイズ程度までに成長した原始惑星が互いに衝突を繰り返すことが知られている。このような巨大天体衝突が、現在の地球型惑星の様々な特徴、例えば、惑星の個数、大きさの分布、自転、組成、巨大衛星の有無などに影響を与えることがわかっている（例えば、Kokubo and Genda 2010）。

様々な衝突パラメータで原始惑星同士の衝突シミュレーションを行った Genda et al. (2012) では、衝突する原始惑星の合体条件について注目してきたが、さらに計算結果を解析することで、原始惑星の衝突によって、無視できない量の物質が惑星系にバラまかれることがわかった。巨大天体衝突ステージで起こる典型的な衝突では、原始惑星の約数%の物質がバラまかれる。そこで、原始惑星の軌道進化と天体衝突の両者を組み込んだハイブリッドコードによる数値計算を行った結果、巨大天体衝突ステージを通じて、バラまかれる物質の総量が、系の質量（約2倍の地球質量）の10%を超えることがわかった。また、その中に原始惑星のコアに由来する金属鉄も相当量含まれることがわかった。本発表では、原始惑星同士の衝突によって宇宙空間にバラまかれる物質に注目し、そのバラまかれた物質が、地球型惑星の特徴にどのような影響を及ぼすのかを検討する。

巨大天体衝突ステージを通じてバラまかれた物質は、原始惑星同士の合体によって形成された地球型惑星の軌道にも影響を与える可能性がある。特に、巨大天体衝突ステージで0.1程度まで上昇した惑星の離心率を、現在の0.01程度のレベルまで下げることが可能かもしれない。実際に、地球サイズの惑星に対して、質量の10%の微惑星をバラまいた系で、軌道計算を行った結果、離心率が十分に下がることが確認できた。

さらに、バラまかれた物質が、後に地球型惑星に時間をかけて再集積することを考えると、化学的な面で地球自体にも影響を与える可能性がある。特に、バラまかれた金属鉄が地球に再集積してくることによって、金属鉄中に含まれる強親鉄性元素が地球マントルに供給されたはずである。現在の地球マントル中で観測されている強親鉄性元素の過剰を説明する可能性があり、レイトベニア仮説の供給源となりうる。また、そのような金属鉄は地球表層の酸化還元状態を還元的にする可能性があり、初期地球の約10億年間は還元的な表層環境であった可能性を示唆する。

キーワード: 巨大天体衝突, ばらまき仮説, レイトベニア, 酸化還元状態

Keywords: giant impact, BARAMAKI, late veneer, redox state