

新たな海形成機構の提案：地球と金星の初期表層環境への応用

Newly proposed formation process of terrestrial ocean: Application to the early evolution of Earth and Venus

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

SASAKI, Takanori^{1*}, GENDA, Hidenori², UENO, Yuichiro¹, IIZUKA, Tsuyoshi², IKOMA, Masahiro²

¹ 東京工業大学, ² 東京大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²The University of Tokyo

地球の海の起源については、これまでも数多くの議論がなされてきた [e.g., Matsui & Abe, 1986; Gomes et al., 2005; Ikoma & Genda, 2006]。特に近年は、惑星形成段階でスノーラインが 1AU 以内まで動きうることが示され [Oka et al., 2011]、地球型惑星が獲得する水の質量についての制約が重要な研究課題となっている。また原始生命の発生と進化の観点からも、地球が形成初期に適切な量の水を獲得する（あるいは散逸する）ことが重要であると考えられている。

一方、地球の初期表層環境については、酸化還元度に関するパラドックスが存在する。希土類元素の濃度分析等により、地球のマントルは分化直後（43.5 億年前）にすでに FMQ（酸化的）にあったことが示されている [Trail et al., 2011]。ところが硫黄の同位体分析等によると、地球の大気は少なくとも 25 億年前まで還元的でなければならない [Farquhar et al. 2000]。また原始金星からの海洋散逸についても、問題点が提示されている。水蒸気大気の光解離により生じた水素はハイドロダイナミックエスケープにより宇宙空間に散逸させることが可能であるが、残された酸素は熱的・非熱的散逸や地表の酸化等のプロセスを考慮しても全てを消費することはできず、金星大気中から取り除くことができない [Sasaki & Abe, 2008]。

本研究では Genda et al. (in prep.) の結果をもとに、地球型惑星形成最終段階で必然的に起こると考えられる巨大衝突破片の再集積（= レイトベニア）による原始海洋の消失、およびその後の海再形成機構についての新しいシナリオを以下の通り提案する。

- (1) 原始海洋への金属鉄の集積による海の消失と大量の水素大気の発生
- (2) 水素大気の散逸および水素大気への火山ガス付加による海の再形成
- (3) 10 億年程度の時間をかけて 1 海洋質量の海が誕生
- (4) 初期地球における酸化的なマントルと還元的な大気の共存
- (5) 初期金星における 2 度の海洋消失イベントによる CO₂ 大気の形成

本シナリオにより、地球の海の形成、および地球と金星の初期表層進化についての統一的な理解が可能となり、これまで議論されてきた地球の海洋質量の調整・酸化還元度に関するパラドックス・金星の余剰酸素など、様々な問題が解決される。また本シナリオは、一般的な地球型惑星の形成過程において必然的に起こるであろうプロセスにより構築されたものであり、太陽系外地球型惑星の形成と初期進化を議論する上でも重要である。

キーワード: 海形成, 惑星初期進化, 地球, 金星, 大気散逸, 酸化還元度

Keywords: formation of ocean, early evolution of planets, Earth, Venus, atmospheric escape, redox