

惑星集積時のコア形成と大気剥ぎ取りに着目した地球形成シナリオ

— コンドライト集積と元素分配による地球BSE組成の再現 —

東京工業大学
地球惑星科学系
奥住研究室 博士1年

櫻庭 遥

地球型惑星大気進化
sakuraba@eps.sci.titech.ac.jp



星・惑 c9

地球の揮発性元素

揮発性元素：水素(H), 炭素(C), 窒素(N), 酸素(O)...
大気・海洋・生物を構成する比較的軽い元素

→ 地球・生命の起源の重要な手がかり

海水量, 大気組成の絶妙なバランスのもと
表層環境が温暖湿潤に保たれている

(e.g., Catling & Kasting, 2017)

地球の揮発性元素の起源の解明は
地球 = “生命の星” の形成条件の解明への第一歩!

アストロバイオロジー

地球の材料物質

有力な材料候補:

コンドライト母天体
始原的な隕石

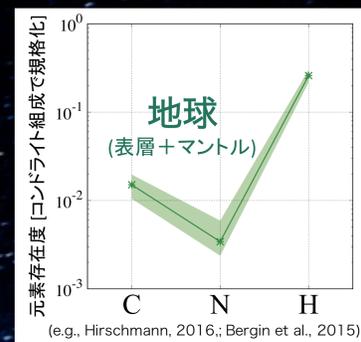
* 地球化学的証拠

- 元素組成 (難揮発性元素など)
- 同位体組成 (O, C, N, H, 親鉄性元素, ...)

→ エンスタタイトコンドライト?

(e.g., Dauphas, 2017)

コアを除く地球全体 (BSE) 組成



コンドライト組成との相違点
N > C > H の順に枯渇

・ Hirschmann (2016):
マグマオーシャン固化後に
高 C/N 天体衝突が必要?

・ 本研究のアイデア:
集積後の元素分配で
コア・宇宙空間へ?!

地球型惑星形成 Timeline 4.6 Ga

岩石微惑星の集積

マグマオーシャン
・ コア形成 (分化)

4.5 Ga

巨大衝突

後期天体集積

コア形成 “地球コアの密度欠損問題”

地球コア密度 < 純鉄(Fe)

~5-10% (e.g., McDonough, 2003)

→ 純鉄 + 軽元素 (S, Si, O, C, H, N...)?

* コアの分化 (e.g., Wood et al., 2006)

親鉄性元素 (C > H > N) が
マグマオーシャン中で鉄と結合し
コアへ分配される

天体衝突に伴う大気散逸

微惑星集積

* 微惑星集積

- 揮発性元素の供給・大気形成

- 大気剥ぎ取り: 衝突蒸気雲の形成
→ 一部大気が宇宙空間へ散逸

(e.g., de Niem et al., 2012)

* 表層の元素分配 (Sakuraba et al., 2019)

e.g., 海洋形成・炭素循環を仮定

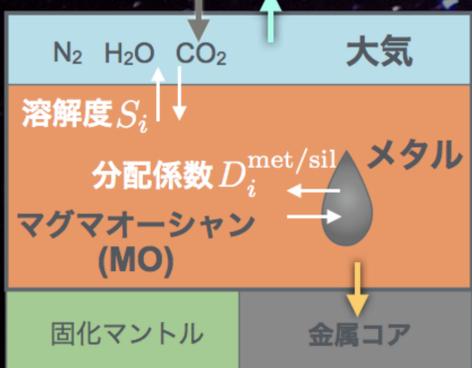
→ 水素(H)・炭素(C)の固定

大気に残る窒素(N)の優先的剥ぎ取り

2段階地球集積・揮発性元素分配モデル

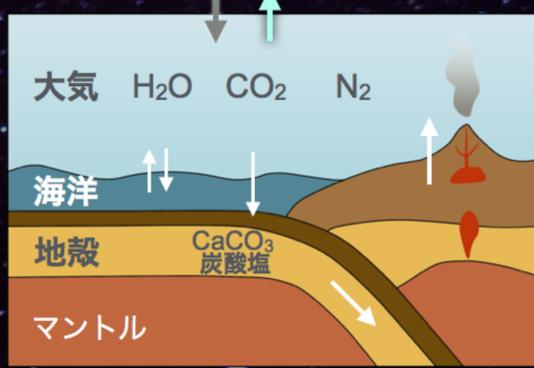


MO中の化学平衡分配モデル



(e.g., Bergin et al., 2015; Hirschmann, 2016)

MO固化後の表層元素分配モデル



(e.g., Sakuraba et al., 2019)

・ 天体衝突に伴う大気剥ぎ取り

・ 固化マントルによるコア分離

・ 天体衝突に伴う大気剥ぎ取り

・ 表層環境(炭素循環と海洋形成)

本研究で提案する地球形成シナリオ

[仮定]

- ・ コンドライト組成の集積天体
- ・ 微惑星集積による惑星形成

+

1. 天体衝突による大気散逸
2. マグマオーシャン形成期のコア形成
3. 後期天体集積期の表層環境
: 海洋形成と炭素循環を仮定



コンドライト組成より
窒素(N) > 炭素(C) > 水素(H)の順に枯渇した
現在の地球 BSE 組成を再現可能

∴) 炭素: 親鉄性元素 → コアへ分配

窒素: 親気性元素

→ 後期天体集積期の衝突剥ぎ取り

→ 宇宙空間へ散逸

