



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	原始太陽系星雲中で集積する火星における混成型原始大気の形成と火星内部への水分配 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	齊藤, 大晶
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第12423号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63254
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroaki_Saito_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 齊 藤 大 晶

審査担当者	主 査	教 授	倉 本 圭
	副 査	教 授	高 橋 幸 弘
	副 査	准教授	橋 元 明 彦
	副 査	准教授	石 渡 正 樹

学 位 論 文 題 名

原始太陽系星雲中で集積する火星における混成型原始大気の形成と火星内部への水分配

博士学位論文審査等の結果について（報告）

探査の進展により、古火星には厚い大気と大量の液体の水が存在していたことが確証されつつある。しかし、大気と水がそもそもどのように火星にもたらされたのかについては制約が乏しく、不明な点が多い。最近、この問題に対し重要な情報が火星隕石中の含水鉱物や消滅核種の痕跡を示す同位体異常の研究から得られ、火星マントルが大量の水を含有し、太陽系史のごく早期に火星の集積と核形成が進んだことが分かってきた。

著者は、隕石の示唆する急速な集積は火星が原始太陽系星雲の存在下で成長したことを意味し、また一定の質量以上に達した惑星上では、微惑星から衝突脱ガスが起こることに着目した。そして上層が原始太陽系星雲ガス成分、下層が水蒸気を含む脱ガス成分からなる混成型原始大気の形成の可能性を提起し、その火星の核形成や内部への水分配に果たす役割を追求した。

著者はまず、集積エネルギー解放に支えられる原始大気の熱構造を理論的に求め、高い平均分子量と放射吸収能を持つ脱ガス成分の付与が強い保温効果を引き起こすことを示した。これを踏まえ、集積期の火星の大気成長、熱的進化、水分配を同時に解く数値シミュレーションを実施した。その結果、微惑星に約 1wt%以上の脱ガス成分が含まれていれば、火星質量が現在の約 20%に達して以降の期間、マグマオーシャンが継続的に生じ、そこに大気中の水蒸気が溶解することで、内部へ水が効率的に分配されることを示した。隕石学的に推定されるマントル水分量は、これにより十分説明可能である。

これらの結果に基づき、著者は火星の分化と大気の初期進化について独自の仮説を提示した。まず火星集積の初期には短寿命核種の ^{26}Al の壊変熱により全球的融解が生じ、そして ^{26}Al がほぼ壊変し尽した後も混成型原始大気の保温効果によって融解状態が維持され、集積と同時に核形成が進む。これは隕石の示唆する急速な核形成を合理的に説明する。また集積完了直後の火星には、条件によっては 10^3 気圧を超える極めて厚い大気が形成される。金属鉄相と珪酸塩相との化学反応により水蒸気に加え H_2 や CH_4 、 CO に富む脱ガス大気成分は、初期太陽の強力な極端紫外線照射によって星雲ガス成分と共にその大半が数億年内に宇宙空間へ流失する。残存した還元的化学種を含む大気の温室効果と、マグマオーシャンを介して内部に分配された水や他の揮発性物質の長期的な脱ガスにより、温暖で水に富む古火星環境がもたらされる。 CH_4 や CO に富む大気は、太陽紫外線による光分解、水酸基ラジカル等との反応、水素の宇宙空間への散逸を経て、現在のような CO_2 を主成分とする薄い大気へと進化した。

以上のように著者は、混成型原始大気の形成の可能性について理論的に明らかにし、これを踏まえ火星の早期の核形成やマントルの水の起源に有望な解釈を与え、そして火星の初期表層環境の進化に、独自のシナリオを提起した。火星大気の形成と初期進化に、これほど具体的かつ一貫的な描像を示した研究は類を見ず、高い波及性が期待される。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格があるものと認める。