



PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 6 年 7 月 24 日

岡 山 大 学

初期地球内部の環境が酸素濃度によって制御されていたことが明らかに —地球の進化過程の解明へ—

◆発表のポイント

- ・ 高酸素濃度下で地球マントル岩石の高圧融解実験を行い、高酸素濃度における融解温度が従来の比較的低い酸素濃度の融解温度に比べて、有意に低いことが分かりました。
- ・ 極度に低酸素濃度の初期地球のマグマの海の海底温度は、従来の推定値よりも非常に高い可能性があることが分かりました。
- ・ 従来の初期地球～現地球への進化モデルは、酸素濃度の影響を考慮することで大きく書き換わる可能性があることが分かりました。

岡山大学惑星物質研究所の石井貴之准教授、中華人民共和国北京高圧科学研究センターYanhao Lin 研究員、オランダアムステルダム自由大学、ドイツ連邦共和国バイロイト大学バイエルン地球科学研究所の研究グループからなる国際共同研究チームは、高酸素濃度下で地球マントル岩石の高圧融解実験を行い、高酸素濃度下における融解温度が従来の低酸素濃度における融解温度よりも有意に低いことを明らかにしました。この結果は、深さ 1000 km 以上に達していたと言われる初期地球におけるマグマの海の海底温度が従来の予想よりも高いことを示しており、初期地球の冷却過程と地球核形成モデルを見直す必要があることを示唆しています。この研究成果は 7 月 16 日（現地時間）、英国の地球科学雑誌「*Nature Geoscience*」に Article として掲載されました。

初期地球内部は、マグマオーシャンというマグマの海で覆われていたと考えられています。マグマオーシャンがどのようにして固まり、現在の地球が形成されたかについてはよく分かっていません。本研究成果は、初期地球環境が当時の酸化還元状態に大きく左右されることを示しており、初期地球形成から現在の地球への進化過程を大きく見直す必要性を示唆しています。

◆研究者からのひとこと

地球がどのようにして現在の地球へと進化してきたのかを解明することは、私たち生命の起源にもつながる地球科学における最重要テーマの一つです。しかし、現代に生きる私たちが約 46 億年前から始まった地球の歴史を知ることは容易ではありません。今回の成果は、そんな初期地球という未知の世界を知るうえで重要な要因の一つを発見したと思っています。世界的に宇宙開発が進む中、地球深部の研究は逆を向いているように見えますが、地球を理解することで、宇宙をより良く理解することもできます。今後も“高圧”を用いて地球の全貌を解き明かしていきたいと思っています。



石井准教授



PRESS RELEASE

■発表内容

<現状>

現在の地球は深さ平均約 30 km の地殻、深さ 2900 km までのマントル、深さ 6400 km までの核という 3 つの領域から構成されています。特にマントルは、地球体積の 8 割以上を占めており、岩石できています。一方で、約 46 億年前に誕生した初期地球は、非常に高温であり、マグマオーシャンというマントル岩石が融けたマグマの海で覆われ、その深さは 1000 km 以上にまで達していたと考えられています。マグマオーシャンがどのように冷えて固まり、現在の地球のような層構造を持つに至ったのか、またこの過程で海や生命がどのようにして誕生したのかについては、いまだよく分かっていません。この地球の進化を考える際に重要な点の一つは、マグマオーシャンの海底温度です。深部へ行くに連れて高温になるため、融けていない岩石との境界であるマグマオーシャンの海底は、マグマオーシャンの最も高温の領域です。マントル岩石が融けだす温度（融解温度）と言い換えることもできます。例えば、海底温度が比較的高ければ、冷却速度が遅くなるので、地球の冷却過程を制約するうえで海底温度を正確に決定することは非常に重要です。しかし、これまでの研究から得られた始原マントル岩石の融解温度は、マグマオーシャン形成モデルから期待される融解温度と整合性がなく、重大な未解決問題の一つとなっていました。

<研究成果の内容>

岡山大学惑星物質研究所の石井准教授、中華人民共和国北京高压科学研究センターの Lin 研究員、オランダアムステルダム自由大学、ドイツ連邦共和国バイロイト大学バイエルン地球科学研究所の研究グループからなる国際共同研究チームは、高酸素濃度下で地球マントル岩石の高圧融解実験⁽¹⁾を行い、酸素濃度の上昇に伴い、マントル岩石の融解温度が急激に低下することを明らかにしました。

初期地球内部は、現在の地球内部よりも低い酸素濃度であったと考えられています。今回得られた高酸素濃度下でのマントル岩石の融解温度から、低酸素濃度の初期地球のマグマオーシャンの海底温度（深さ 1000 km）を見積もると、従来のモデルから推定されている温度より 500°C 以上高いことがわかりました（図 1）。

この研究成果の特筆すべき点は、酸素濃度が岩石の融解温度に大きな影響を与えるということです。地球が冷却していく中で、地球表層・内部の酸素濃度は、大きく変動していたことが分かっています。今回の研究により、現在の地球への進化には、当時の酸素濃度が大きく関わっていたことが明らかになりました。このことは、地球の進化モデルを構築するうえで、地球内部の酸素濃度を考慮することが非常に重要な要素となることを示しており、従来の進化モデルを大きく見直す必要性を提案しています。

<社会的な意義>

地球初期状態を理解することは、地球の成り立ちを知ることができるだけでなく、私たち生命の起源にも大きく関わっています。また、今回得られた岩石の融解温度と酸素濃度の関係は、地球だけでなく、現在注目されている火星など他の岩石惑星へも適用されます。今回得られた知見を考慮することで、様々な岩石惑星の成り立ちや内部構造の理解につながることも期待できます。



PRESS RELEASE

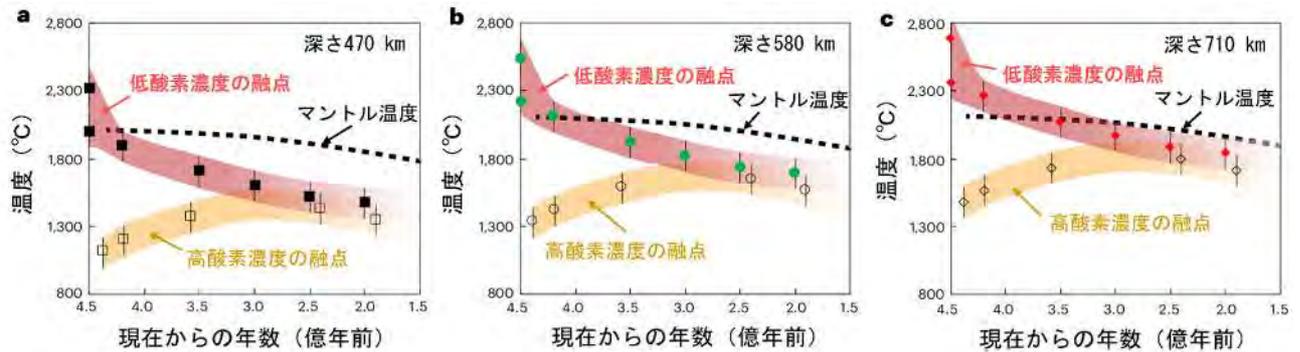


図 1. 初期地球形成から約 1.5 億年前までの (a) 深さ 470 km (b) 深さ 580 km (c) 深さ 710 km におけるマントル岩石の融点とマントル温度の変化。赤：地球形成時の酸素濃度が低い場合。黄：地球形成時の酸素濃度が高い場合。

■論文情報

論文名：Melting at the base of a terrestrial magma ocean controlled by oxygen fugacity

掲載誌：Nature geoscience

著者：Yanhao Lin, Takayuki Ishii, Wim van Westrenen, Tomoo Katsura, Ho-Kwang Mao

DOI：https://doi.org/10.1038/s41561-024-01495-1

URL：https://www.nature.com/articles/s41561-024-01495-1

■補足・用語説明

(1) 高圧融解実験

マルチアンビル高圧発生装置という地球内部の圧力・温度を再現できる装置を用いて、マントル岩石を高圧下で高温にして融かす実験のことをいいます。本研究では、圧力・温度に加えて、酸素濃度もコントロールしながら実験を行いました。

<お問い合わせ>

岡山大学 惑星物質研究所

准教授 石井貴之

(電話番号) 0858-43-3754

(FAX) 0858-43-2184



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。