T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	コマチアイトと二酸化炭素に富んだ海水との反応で発生する水素についての実験的研究：初期地球における熱水流体への示唆
Title(English)	Experimental study on H2 generation by the reactions between komatiite and CO2-rich seawater: Implication for hydrothermal fluid in the early Earth
著者(和文)	上田修裕
Author(English)	Hisahiro Ueda
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11052号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:上野 雄一郎,横山 哲也,石川 晃,太田 健二,関根 康人
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11052号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	上田 修裕	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	上野 雄一郎	教授	関根 康人	教授
	審査員	横山 哲也	教授		
		石川 晃	准教授		
		太田 健二	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Experimental study on H_2 generation by the reactions between komatiite and CO_2-rich seawater: Implication for hydrothermal fluid in the early Earth」と題し、5 章から成る。

第 1 章「General introduction and overview」では、初期地球における蛇紋岩化反応について、従来の知見をまとめている。初期地球の海洋底には、現在と異なり、超苦鉄質岩が多く露出していたと考えられている。その岩石と海水の反応（蛇紋岩化反応）は水素(H_2)発生を伴うことから、海洋底での蛇紋岩化反応は、当時の地球表層環境における重要な水素供給源であったと指摘されてきた。また水素濃度の高い環境は生命活動にとっても重要であり、蛇紋岩化反応による水素発生機構を理解することは当時の環境を知る上で重要である。しかし、水岩石反応による水素発生量は、岩石の組成のみならず、海水の組成によっても左右される。特に、炭酸(CO_2)濃度の高い地球初期海水を想定して、超苦鉄質岩との反応を研究した例はほとんどなく、水岩石反応による水素発生量に与える CO_2 濃度の影響を実験的に研究することが必要であると指摘している。

第 2 章「Reactions between olivine and CO_2-rich seawater at 300°C: Implications for H_2 generation」では、CO_2 濃度の高い模擬海水とかんらん石との反応を実験的に研究している。従来、かんらん石と水の反応では高濃度の水素が発生することが知られていた。しかし、同様の系に CO_2 を加え、およそ 120 日間の熱水反応実験を行った結果、CO_2 を含まない系と比較して、その水素発生速度が遅くなることが明らかになった。また、この予察的結果に基づくと、蛇紋岩化反応による水素発生量は、海水の CO_2 濃度が高くなるにつれて減少すると予想された。

第 3 章「Reactions between komatiite and CO_2-rich seawater at 100°C, 250°C, 300°C and 350°C, 500 bars: Implications for hydrogen generation in the Hadean seafloor hydrothermal system」では、冥王代の海洋底に露出した超苦鉄質岩は主にコマチアイトであることを想定し、CO_2 濃度の高い模擬海水との熱水反応実験を系統的に行っている。およそ 250 日間におよぶ反応実験の結果、CO_2 濃度の高い模擬海水とコマチアイトとの反応では、CO_2 を含まない系と比較して、その水素発生が抑制されることを実証している。特に 300°C 以下の反応条件において、海水が CO_2 を含む場合には、その水素発生量が 1/100 程度にまで低下することが明らかになった。実験前後の鉱物組成を比較した結果、コマチアイト中のかんらん石等に含まれる二価鉄は、酸化されることなく炭酸塩鉱物中に分配されていることがわかった。すなわち、高 CO_2 濃度下でのみ形成される炭酸塩は、鉄による水の還元を阻害しており、これが水素発生の抑制に重要であることが明らかになった。

第 4 章「Thermodynamic calculation of the reaction between komatiite and CO_2-rich seawater: Comparison with experimental study」では、熱力学計算を行い、蛇紋岩化における水素発生量にあたえる CO_2 の役割を論じている。計算結果と前章の実験結果とを比較したところ、高 CO_2 濃度下の蛇紋岩化反応が平衡に達した場合には形成されるはずの磁鉄鉱(Fe_3O_4)が、実際の実験では生成しておらず、したがって、二価鉄の酸化が速度論的に制限されていることが明らかになった。解析の結果、二価鉄の酸化に先行して、炭酸塩が形成することに加え、高 CO_2 濃度下では蛇紋石等の層状珪酸塩鉱物に分配される二価鉄量が増加することも、水素発生の抑制機構として重要であると指摘している。

第 5 章「Summary and implication」では、本論文の実験結果および計算結果を総合し、初期地球における海洋底の蛇紋岩化作用により供給される水素の全球フラックスを推定している。従来、初期地球においては、蛇紋岩化による水素フラックスが現在の 10 倍以上であり、当時の水素供給源として重要であるとされてきたが、海水が CO_2 を豊富に含むことを考慮すると、海洋底の蛇紋岩化による水素供給フラックスは現在と同程度にしかならないと推定している。また、高 CO_2 濃度環境を想定すると、化学合成生態系を支えるに十分な水素濃度場となりうるのは 350°C 以上の高温蛇紋岩熱水系に限られることを指摘している。

以上の通り、本論文は、系統的に行われた実験に基づき、高 CO_2 濃度下での蛇紋岩化反応において、水素発生の抑制機構を明らかにしたものである。実験の結果は、これまでの初期地球環境の描像を刷新するものであり、当該分野の研究において新たな視点を与えるものである。よって、博士（理学）の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。