

## 研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		高温高压実験による地球のコア・マントル中の軽元素の探索			
研究テーマ (欧文) AZ		Investigation for light elements in Earth's core-mantle using high pressure and high temperature experiments			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓) イヅカ	名) リコ	研究期間 B	2017 ~ 2020 年
	漢字 CB	飯塚	理子	報告年度 YR	2020 年
	ローマ字 CZ	IIZUKA-OKU	RIKO	研究機関名	東京大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東京大学大学院理学系研究科 附属地殻化学実験施設・特任助教			
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>鉄を主成分とする地球コアには、複数の軽元素が存在すると考えられている。近年、有力候補である水素を直接観察できるプローブ「中性子」と高压発生装置を組み合わせ、地球の始源物質に見立てた試料に対して中性子回折測定を行い、高温高压下の固体鉄にも水素が有意に取り込まれることが明らかにされた。原始地球の進化過程のさらなる解明に向けて、純鉄ではなく、鉄水素化合物とケイ酸塩間における複数の軽元素の分配を同時に調べるのが重要となる。そこで本研究では、水素と硫黄を含む鉄-含水ケイ酸塩の多成分系に着目し、放射光 X 線とパルス中性子線のマルチ量子ビームを用いた高温高压下その場観察から、反応生成物や反応プロセス、鉄の水素化に対する硫黄の影響を探索することにより、地球形成初期の反応過程と地球コアに溶け込んだ軽元素分配を実験的に明らかにすることを目的とした。</p> <p>高解像度の X 線イメージング用カメラシステムを開発し、高温高压下での放射光 X 線その場観察により、1mm 四方の極微小の試料内で、鉄滴がケイ酸塩中で凝集して球となり沈降していく様子を捉えることに成功した。また、中性子実験施設 J-PARC の PLANET (BL11) ビームラインにて行った中性子回折実験では、鉄化合物(鉄水素化合物および硫化鉄)の高温高压相の水素固溶量と結晶構造中の原子位置を決定した。10 GPa, 1000 K を超えるこれまでよりも高い温度圧力領域で鉄水素化合物の回折パターンを得ることができ、結果として硫黄は水素化を阻害することが明らかになった。水の存在により鉄と硫黄の反応が促進されることから、水は地球の進化において必須要素であり、微惑星が衝突して原始物質が集積していく地球形成のごく初期の段階で水素と硫黄の両方が鉄と優先的に反応していたことが示唆される。</p>					
キーワード FA		高压地球科学	地球核	水素	中性子

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	放射光と中性子がつなぐ地球惑星深部における水素の物質科学 Hydrogen in the deep-earth and planetary materials studied with synchrotron and spallation neutron sources							
	著者名 <sup>GA</sup>	鍵裕之, 小松一生, 飯塚理子	雑誌名 <sup>GC</sup>	日本放射光学会 学会誌「放射光」特集＜量子ビームの協奏的利用による先端研究＞					
	ページ <sup>GF</sup>	50～59	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	9	巻号 <sup>GD</sup>	32
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>	鍵裕之, 福山鴻, 飯塚理子							
	書名 <sup>HC</sup>	月刊地球 2018 年 6 月号＜通巻 465 号＞Vol. 40, No. 6 総特集「核－マントルの相互作用と共進化」マントルでの軽元素のふるまい							
	出版者 <sup>HB</sup>	海洋出版	発行年 <sup>HD</sup>	2	0	1	8	総ページ <sup>HE</sup>	7
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	

#### 欧文概要 EZ

The Earth's core is considered to consist of Fe-Ni alloy with some light elements (H, C, O, Si, S). Hydrogen (H) is the most abundant element in the universe and one of the promising candidates for light elements in the Earth's core. However, the amount of H in the core and the process/contribution are still unknown because H cannot be experimentally detected using X-ray and it easily escapes from iron by the release of pressure. Recently, H contents in Fe at high pressure and high temperature (high-PT) have been determined using in-situ neutron diffraction measurements. Our previous study [Iizuka-Oku et al., 2017 *Nat. Commun.*] suggested that H had preferentially dissolved into iron before the other light elements have dissolved in the early stage of Earth's evolution. Our final goal is to clarify the behaviors of multiple light elements during the formation of Earth and other planetary cores. Using in-situ high-PT neutron and X-ray observations, this study focused on sulfur (S) and investigated its effect on hydrogenation of several iron compounds in iron-hydrous silicate system with water and S, simulating an ideal composition of the primitive Earth.

A series of reactions (phase transitions of Fe, dehydration of the hydrous mineral, and formation of iron sulfide (FeS) and silicates (olivine, enstatite) were observed with temperature increasing. The X-ray imaging successfully visualized that Fe droplets coalesce together, migrate by thermal convection, and then sink to the core. The solubility of H in Fe increased with temperature (= endothermic reaction) and also had positive correlation with pressure. The lower H contents obtained in the present study were because of a slow hydrogenation process through the redox reaction. Although S seemed to inhibit the dissolution of H into iron, the volume of FeS did not increase regardless of time and its hydrogenation was negligible. Recovered samples also exhibited that both H and S are siderophile elements and can be preferentially incorporated into solid Fe and lower the melting temperature. It is suggested that the other light elements (C, O, Si) could have dissolved into molten iron hydride and/or FeS in the later process of Earth's core-mantle differentiation at much higher-PT condition.