

○鍵 裕之^{1*}、森 悠一郎¹、高野 将大¹、青木 勝敏¹、柿澤 翔²、
佐野 亜沙美³、舟越 賢一⁴

(¹ 東大院理、² JASRI、³ J-PARC センター、⁴ CROSS 東海)

鉄を主成分とする地球核の密度は純鉄の密度よりも約 1 割低く、水素、ケイ素、炭素、酸素、硫黄などの軽元素が鉄に取り込まれて密度が低下していると考えられている。水素は太陽系で最も存在度が高い元素で、高压条件下では親鉄性となることから、地球核に含まれる軽元素の有力候補である。核に含まれる水素量を明らかにするためには、水素の取り込みにより鉄結晶の単位胞体積の増加とそれにもなう密度低下を評価する必要がある。地球の内核では鉄は六方最密充填(hcp)構造をとり、hcp 構造の鉄には、6 個の鉄原子に囲まれた八面体構造の空隙と 4 個の鉄原子に囲まれた四面体構造の空隙があり、水素原子はこれらの原子間サイト(interstitial sites)に入ると考えられる。高温高压下での X 線回折測定から鉄の単位胞体積は決定可能であるが、電子数 1 の水素原子からの X 線の散乱はきわめて微弱であるため、X 線回折では鉄結晶中の水素原子の占有率を求めることはできない。水素原子の占有率を決定するためには、中性子回折測定を行う必要がある。

我々は J-PARC MLF BL11(PLANET ビームライン)に設置された六軸型マルチアンビルプレス「圧姫」を用いて、高温高压下での中性子回折実験を測定し、鉄の水素化反応をその場観察した。実験では軽元素による非干渉性散乱に起因する高いバックグラウンドを抑えるため、重水素を用いた。高温で水素を放出するアンモニアボラン(ND_3BD_3)を水素源として、水素流体を封入できる NaCl カプセルに鉄と水素源を入れ、Kawai 型 MA6-8 アセンブリーを用いて約 15 GPa まで加圧した後、セルに内蔵されたヒーターに通電して高温高压条件とした。ここでは鉄の水素化反応に与えるケイ素の影響を明らかにするため、ケイ素を構造中に取り込んだ $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ を試料として用いた。

我々の実験の結果、hcp 鉄にケイ素が含まれることで、水素誘起体積膨張率が有為に増加することが明らかになった。これまでの多くの研究では、純粋な鉄の水素誘起体積膨張率に基づいて核の水素量が推測されてきた。しかし、核に含まれると軽元素候補の一つであるケイ素の影響を考慮に入れると、これまで推測されてきた水素の推定量は下方修正しなければいけない可能性が高い。

In-situ observation of iron hydrogenation reaction by neutron diffraction under high pressure and high temperature.

*H. Kagi¹, Y. Mori¹, M. Takano¹, K. Aoki¹, S. Kakizawa², A. Sano-Furukawa³ and K. Funakoshi⁴ (¹UTokyo, ²JASRI, ³J-PARC Center, ⁴CROSS Tokai)