

高圧下における鉄中の水素

Hydrogen in Iron at High Pressure

平尾 直久[1], 大谷 栄治[2], 近藤 忠[3], 亀卦川 卓美[4]

Naohisa Hirao[1], Eiji Ohtani[2], Tadashi Kondo[3], Takumi Kikegawa[4]

[1] 東北大理, [2] 東北大、理、地球物質科学, [3] 東北大・理, [4] 物構研・高工ネ研

[1] Tohoku Univ., [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University, [3] Sci., Tohoku Univ., [4] IMSS, KEK

はじめに

地球中心核を通る地震波速度の観測結果によって、地球核が存在する条件のもとでの純鉄の密度よりも、内核および外核の密度がそれぞれ3-4%、10%低いことがわかっている [Jephcoat and Olson, 1987; Mao et al., 1990]。このことは、地球核に鉄よりも軽い元素が存在していることを示唆している。候補として挙げられている軽元素は、H, C, O, Mg, Si, S の6種類である [Poirier, 1994; Hillgren et al., 2000]。しかしながら、どの軽元素が存在し、どれくらいの量を含んでいるのかわかっていない。地球核の化学組成を制約するためには、核に相当する圧力、温度条件において、鉄-軽元素系の化合物の相の安定性、組成および状態方程式を決定することが不可欠である。

水素は、地球核中の重要な成分の1つである可能性が提案されている [Stevenson, 1977; Okuchi, 1997]。Badding et al. (1991)はDACを用いて、3.5 GPa以上の圧力で鉄と水素の反応が進んで鉄水素化物が形成され、62 GPaまで安定に存在することを示した。さらに、彼等は実験的に求めた状態方程式から、鉄水素化物が100 GPaを超える圧力でも安定に存在し、核の密度欠損を説明できることを示唆した。また鉄と水が反応し、鉄水素化物が形成されることが実験的に示されている [例えば Suzuki et al., 1984]。地球中心核における水素の存在度をより理解するためには、その条件に相当する高温高圧下での実験を行い、鉄水素化物の密度や体積弾性率を決定する必要がある。本研究ではダイヤモンドアンビルセル (DAC) 及び放射光を用いて、鉄水素化物の精密な圧縮実験を行った。現在、室温で25 GPaまでの回折パターンを取得している。

実験方法

圧力発生にはクランプ型DACを用い、ペレットにした鉄粉末試料(99.99%)を水素ガスと共にガスケットに封入した [Takemura et al., 2001]。キュレットのサイズは0.45 mm、ガスケットにはレニウムを使用し、直径0.2 mm、厚さ0.064 mmの穴を開けている。ペレットにした試料は直径0.07 mm、厚さ0.01 mmである。圧力はルビー蛍光法により決定した。水素は圧力媒体としても役に立ち、本実験の圧力範囲では固化し準静水圧性を示しており、ルビーのR1-R2蛍光線は完全に分離している。圧力の精度は0.2 GPa以下である。X線回折実験は高エネルギー加速器研究機構PFのビームラインBL13Aにおいて、角度分散法(イメージングプレート)で行った。使用した高エネルギー単色X線の波長は0.4258 Å、コリメーターサイズは0.03 mmである。精密な圧縮曲線を得るために、圧力を1-2 GPa刻みに上昇させ、回折パターンを取得した。

結果

鉄水素化物は常温常圧では安定でないが、室温では3.5 GPa以上の圧力で安定であり、また純鉄のbcc相が圧力14.7 GPaまで安定に存在することを示している [Badding et al., 1991]。本実験において、圧力3.6 GPaで鉄水素化物が合成され、純鉄のbcc相と共存しているのを確認した。しかしながら、これ以上の圧力で取得した回折パターンからは、鉄水素化物と純鉄との共存関係は見出せなかった。またBadding et al. (1991)では8つの回折線が観測できているが、本実験では強い強度の(100), (101), (004), (102)の4本の回折線のみが観測され、それらを用いて鉄水素化物の格子定数および体積の計算を行っている。結果については、現在解析中であるので、詳細な報告は当日行う予定である。