

高温高压下における Fe - H₂O 反応の研究

Iron-water reaction at high pressure and temperature

伊藤 昌賢[1], 大谷 栄治[2], 近藤 忠[1], 八木 健彦[3]

Masayoshi Ito[1], Eiji Ohtani[2], Tadashi Kondo[1], Takehiko Yagi[3]

[1] 東北大・理, [2] 東北大、理、地球物質科学, [3] 東大・物性研

[1] Sci., Tohoku Univ., [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University, [3] Inst. Solid State Phys, Univ. Tokyo

地球初期において隕石中の鉄と水が反応し、水素化鉄ができた可能性が示唆されている。しかし、高温高压下の Fe-H₂O 系において鉄と水が直接反応した実験例は過去にはない。そこで本研究では、Fe となる圧力領域で Fe-H₂O 系の高温高压実験を行った。高压発生にはダイヤモンドアンビルセルを用い、高温発生には外熱法およびレーザー加熱法を用いた。相の同定には、高エネルギー加速器研究機構の放射光による粉末 X 線回折法を用いた。本実験結果により、鉄と水が直接反応し Fe₀ と FeH_x を生じることが分かった。地球形成初期において高温凝縮成分中の Fe と低温凝縮成分中の H₂O が Fe₀ と FeH_x を生じる反応を経験した可能性がある。

地球初期において隕石中の鉄と水が反応し、水素化鉄ができた可能性が示唆されている (Fukai, 1984)。Fe-H₂O-silicates 系でのマルチアンビルによる高温高压実験がなされ、水素が鉄に固溶し、鉄の融点を大きく下げることが分かった (Yagi and Hishinuma, 1995)。一方 Fe-H₂ 系ではダイヤモンドアンビルによる高压実験がなされ、常温では 62GPa まで FeH_x が安定であり、その構造は dhcp であることが示された (Badding et al., 1991)。

しかし、高温高压下の Fe-H₂O 系において鉄と水が直接反応した実験例は過去にはなく、どのような温度圧力で反応し、その生成物が何であるかを知ることが不可欠である。そこで本研究では、過去の実験より高压の Fe となる圧力領域で Fe-H₂O 系の高温高压実験を行った。

高压発生にはレバー式ダイヤモンドアンビルを用い、圧力測定にはルビー蛍光法を用いた。温度発生には、外熱法およびレーザー加熱法を用いた。外熱法のヒーターにはコイル状に巻いた Pt-13%Rh (0.25mm) を用い、シリンダー部に水冷式の冷却装置を装着し、還元性ガス (Ar-H₂) を流した。出発物質は鉄 (99.9%)、蒸留水を使用した。相の同定には、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の放射光による粉末 X 線回折法を用いた。外熱法を用いた実験では、12、15、17、20GPa でそれぞれ約 500 まで加熱を行い、高温高压 X 線その場観察を行った。BL13B2 および BL13A ハッチに設置されたレーザーによる加熱実験では 12、15、33GPa で、それぞれの加熱後、また減圧過程において常温高压下で X 線回折パターンを得ている。レーザー加熱では温度の測定は行っていないが輻射光がほとんど見られなかったことから 1000 以下であったと予想される。

Fe-H₂O 系において、外熱法により高温を保持した時間は各温度で約 20 分であったが、12、15、17、20GPa では 500 までは Fe と H₂O は反応しないことが分かった。レーザー加熱法を用いた実験では、出発物質は Fe と ice

であったが、レーザー加熱後には Fe₀、FeH_x、ice、未知相となった。さらに減圧して 0GPa にしたところ Fe₀ と Fe となった。同様に 12、33GPa においても約 1000 で Fe と H₂O は、Fe₀ と FeH_x を生じることが分かった。各圧力で生じた FeH_x は減圧過程においても、約 5GPa までは安定であり、それ以下の圧力では Fe となった。また、約 7GPa におけるレーザー加熱実験により、高压側とは異なった反応生成物が見られた。これは、Fe-H₂O 系において 7GPa での反応と 12GPa 以上の反応とは、反応関係様式が異なる可能性があることを示唆している。

本実験結果により、Fe-H₂O 系での Fe となる圧力領域で鉄と水が直接反応し、Fe₀ と FeH_x を生じることが分かった。地球形成初期において高温凝縮成分に含まれる Fe と低温凝縮成分に含まれる H₂O が Fe₀ と FeH_x を生じる反応を経験した可能性がある。