

外熱式ダイヤモンドアンビルセルによる Fe-H<sub>2</sub>O 反応の研究The study of Fe-H<sub>2</sub>O reaction by diamond anvil cell with externally heating method

# 伊藤 昌賢[1], 大谷 栄治[2], 八木 健彦[3], 近藤 忠[1], 鈴木 昭夫[4], 久保 友明[1]

# Masayoshi Ito[1], Eiji Ohtani[2], Takehiko Yagi[3], Tadashi Kondo[1], Akio Suzuki[4], Tomoaki Kubo[5]

[1] 東北大・理, [2] 東北大、理、地球物質科学, [3] 東大・物性研, [4] 東北大・理・地球物質科学

[1] Sci., Tohoku Univ., [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University, [3] Inst. Solid State Phys, Univ. Tokyo, [4] Faculty of Science, Tohoku Univ., [5] Tohoku Univ

地球の外核は純鉄の密度より約 10% 小さい。これは鉄中に軽元素が溶けているためであると考えられている。地球初期に隕石中の鉄と水が反応し水素化鉄を生じた可能性があり、水素が外核の密度欠損を引き起こす軽元素の一つとして挙げられるようになった。しかし、これまでに行われた実験条件では上記の問題を議論するには不十分である。本研究では外熱及びレーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルを用いて、高温高压下での Fe と H<sub>2</sub>O の反応を明らかにした。外熱法を用いた実験では Fe と H<sub>2</sub>O は少なくとも 500 まででは反応せず Fe と H<sub>2</sub>O が共存し、レーザー加熱法の実験では 1000 前後で反応し、FeO と FeH を生じることが分かった。

地球の外核は純鉄の密度より約 10% 小さい (Birch, 1952) ことが知られている。これは鉄中に軽元素が溶けているためであると考えられている。核に含まれる軽元素の候補として現在までに酸素、硫黄、珪素などの研究がなされてきた (Boehler, 1992, 1993; Ohtani et al., 1984; Ringwood and Hibberson, 1990; Urakawa et al., 1987)。水素に関しては、実験に先立って熱力学的計算によって可能性が示された (Stevenson, 1977; Fukai et al., 1984)。その後、Fe-H<sub>2</sub>O-silicates 系において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 (Fukai et al., 1986)。このような研究から、水素が外核の密度欠損を引き起こす軽元素の有力候補の一つとして挙げられるようになった。また、水素は宇宙において最も多く存在する元素であり、その水素が地球の核に閉じ込められていても何ら不思議はない。

また、地球形成初期においては、地球が高温凝縮成分と低温凝縮成分の単純 2 成分系で近似できる (Ringwood, 1977) というモデルがある。高温凝縮成分中には鉄が存在し、低温凝縮成分中には含水鉱物に水が含まれている。含水鉱物中の水は高温になると分解し、水を遊離する。この遊離した水と高温凝縮成分中に存在する鉄とが反応することが予想され、水を構成する水素が鉄に固溶し、FeH<sub>x</sub> となった可能性があるとも言われている (Fukai et al., 1986)。これに関して、Fe と H<sub>2</sub>O の反応境界が約 20GPa まで熱力学的計算によってなされており (Fukai et al., 1983)、この境界を core-mantle boundary まで外挿し、Fe-H<sub>2</sub>O 系の反応境界と現在の地球内部温度を比較してみると、core-mantle boundary あたりで地球内部温度は反応境界を横切っている。上記のように外核に FeH<sub>x</sub> が存在すると仮定した場合、core-mantle boundary あたりでは下部マントル中の FeO が FeH<sub>x</sub> と反応し、H<sub>2</sub>O を放出している可能性がある。この H<sub>2</sub>O がマントルプリュームの発生に関与しているかもしれない。したがって、Fe と H<sub>2</sub>O の反応境界の傾きを求めることは重要な意味を持つ。

しかし、これまでに行われてきた実験条件は常温では 62GPa、高温では 10GPa 未満の圧力領域でしかなく、上記の問題を議論するには不十分である。

そこで本研究では、鉄と水がどのような温度圧力条件で反応し、その生成物が何であるかを知ることを研究目的とし、同時に高温実験を行うための実験装置である外熱式ダイヤモンドアンビルセルの装置開発も行った。装置開発に関して、加圧装置は既に存在しているので加熱を行うためのヒーターの開発、セルへの損傷を防ぐ冷却装置の開発を主に行った。本研究では Fe-H<sub>2</sub>O 系について 2 種類の加熱方法によって高温高压実験を行った。圧力条件として過去に実験が行われていない Fe となる領域を選択した。第 1 の実験は放射光を X 線源としたレーザー加熱実験であり、この実験から 33GPa においては約 1000 で Fe と H<sub>2</sub>O は反応し、FeO と FeH を生じることが分かった。第 2 の実験は Mo 封入管を X 線源とした外熱式の高温高压実験であり、11-15GPa では Fe と H<sub>2</sub>O は少なくとも 500 まででは反応しないことが分かった。この結果は Yagi and Hishinuma (1995) が行ったマルチアンビルでの実験結果と調和的である。本研究により、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 H<sub>2</sub>O が FeO と FeH を生じる反応を経験した可能性があることが示された。地球形成初期を議論する上では Fe-H<sub>2</sub>O の単純 2 成分系だけでなく、さらに多成分系での高温高压実験が不可欠である。