

焼結ダイヤモンドを用いた川井型装置による鉄ベータ相の探査

Exploration of beta-Fe using Kawai-type apparatus equipped with sintered diamond

久保 敦[1], 伊藤 英司[1], 桂 智男[1], 新名 亨[1], 山田 均[1], 西川 治[2], 宋 茂双[3], 舟越 賢一[4]

Atsushi Kubo[1], Eiji Ito[2], Tomoo Katsura[3], Toru Shinmei[2], Hitoshi Yamada[1], Osamu Nishikawa[2], Maoshuang Song[1], Kenichi Funakoshi[4]

[1] 岡大・固地研, [2] 岡大固体地球, [3] 岡大・固地研セ, [4] 高輝度光セ

[1] ISEI, Okayama Univ, [2] ISEI, [3] ISEI, Okayama Univ., [4] JASRI

鉄の高温高压相関係は地球の核の構成・状態の議論に必須の情報である。近年、DAC によるその場観察実験から 35 GPa、1500 K を超える条件でベータ相と呼ばれる鉄の新しい高温高压相が報告され、この相の安定領域がイプシロン(hcp)相とガンマ(fcc)相もしくは液相の安定領域の間にあると主張されて来た[1-5]。しかし、ベータ相の構造については dhcp 構造[2, 3]と斜方晶(Pbcm)[4, 5]という二つの異なる報告がある。また 84 GPa までベータ相は検出されなかったとする報告[6]もある。我々は最近、焼結ダイヤモンド(SD)を 6-8 式多数アンビル装置(川井型装置[7])の立方体アンビル材として使用することにより、川井型装置の優れた特徴である静水圧性、大きな試料体積を犠牲にすることなく DAC 並みの圧力発生をねらう可能性を開いた[8, 9]。そこで我々はこの装置を用い、ベータ相の安定性と構造の解明を目指して鉄の高温高压 X 線その場観察実験を 44GPa、2100 K までの条件で行った。

高压実験では一辺 14mm、先端切欠長さ 2.0mm の SD 製立方体アンビルを使用し、SD アンビル集合体を SPring-8 設置の SPEED1500 プレスを用いて加圧した。横 0.05mm、縦 0.10mm に切り出した放射光白色 X 線を、正八面体圧力媒体の相対する辺の中点を結ぶ直線に沿って導入し、同軸上に配置された円筒状 Re ヒーターの中心に置かれた試料(Fe と MgO の混合粉末)または試料の周囲に配置された MgO スリーブ(圧力標準物質)に個別に照射した。X 線の吸収を最小限に抑えるため、ヒーター内部の残りの空間にはダイヤモンドの微粉末を充填した。コリメータ(幅 0.05mm)を通過した 2Theta = 約 6°の回折 X 線のエネルギー分布を、Ge-SSD を用いて測定した。試料周囲の MgO スリーブの格子定数から Jamieson et al. (1982)[10]の状態方程式を用いて圧力を決定した。W97Re3-W75Re25 熱電対を用いてヒーター中心部外壁の温度を測定した。

4 回にわたる実験で 14-44 GPa、300-2100 K の領域を探査したが、イプシロン相とガンマ相以外の鉄の高压相は観測されなかった。両相の間の転移は一定のプレス荷重のもとでの昇温および降温にともなう各相の回折線強度の増減から決定した。例えば 662 トンにおいて昇温過程では 38.4 GPa、1450 K でイプシロン ガンマ転移が観測され、逆に降温過程では 37.1 GPa、1350 K でガンマ イプシロン相転移が観測された。さらに 803 トンで昇温中 b 相の安定領域とされる 41.9 GPa、1750 K に至ったところでイプシロン ガンマ相転移が始まり、44 GPa、2100 K においてもイプシロン ガンマ相転移の進行が認められた。dhcp 相もしくは Pbcm 相の存在を回折プロファイルで詳細に調べたが、いずれの相についてもその存在を示す回折線は全く観られなかった。こうして 44 GPa までの圧力でイプシロン相(低温相)がガンマ相(高温相)へ直接転移することが確かめられ、ベータ相の熱力学的安定相としての存在は否定された。

参考文献

- [1] Saxena et al. (1993), *Science* 260, 1312.
- [2] Saxena et al. (1995), *Science* 269, 1703.
- [3] Saxena and Dubrovinsky (2000), *Am. Mineralogist* 85, 372.
- [4] Andrault et al. (1997), *Science* 278, 831.
- [5] Andrault et al. (2000), *Am. Mineralogist* 85, 364.
- [6] Shen et al. (1998), *Geophys. Res. Lett.* 25, 373.
- [7] 八木健彦 (2001), *高压力の科学と技術* 11, 171.
- [8] Ito et al. (1998), *Geophys. Res. Lett.* 25, 821.
- [9] Ono et al. (2001), *Earth Planet. Sci. Lett.* 190, 57.
- [10] Jamieson et al., in *High-Pressure Research in Geophysics*, eds. S. Akimoto, M. H. Manghnani (Terrapub/AGU, Tokyo/Washington, DC, 1982), pp. 27-48.