

D-DIA による 19 GPa, 600 K までの hcp 鉄のレオロジー

Rheology of hcp-iron up to 19 GPa and 600 K in the D-DIA

西山 宣正 [1]; Wang Yanbin[2]; Rivers Mark L.[2]; Sutton Steve R.[2]

Norimasa Nishiyama[1]; Yanbin Wang[2]; Mark L. Rivers[2]; Steve R. Sutton[2]

[1] 愛媛大・地深研; [2] シカゴ大・放射光セ

[1] GRC, Ehime Univ.; [2] GSECARS, Univ. of Chicago

鉄の高圧相である hcp 相の応力 - 歪曲線を、シンクロトロン放射光と DIA 型変形実験装置 (D-DIA) を用いて、圧力 19 GPa、温度 300-600 K、および異なる歪速度において観察した。D-DIA とは、DIA 型高圧装置のガイドブロックの中、つまり上下アンピルの背後に、2つの小型ラムを設置することにより、メインラムとは独立に上下ラムを駆動することができる機構をもった高圧下における変形実験を可能にする装置である。米国の第3世代放射光施設 Advanced Photon Sources (APS) のシカゴ大学 GSECARS では、この装置をビームライン 13-BM-D に導入し、シンクロトロン放射光を用いて、高圧下で変形中の試料の歪および応力を測定することにより、応力 - 歪曲線を観察することができる。これにより、物質が高圧下での変形するときの、メカニカルデータを得ることができる。

実験には、Si(111) のモノクロメーターで 65 keV に単色化した X 線を用いた。大きさ 2×2 mm の X 線を、高圧下で変形中の試料全体に照射し、その透過 X 線画像から試料の長さを測定した。このデータを試料の変形とともに収集することにより、試料の歪および歪速度を算出することができる。また、 0.05×0.2 mm の絞った X 線を、変形中の試料の中心に照射し、デバイリングの全周を 2次元 X 線 CCD で検出した。試料が静水圧下にあるときは、デバイリングは真円になる。一方で、試料が差応力下にあるときは、それが楕円状に歪む。この歪みを解析することにより、変形中の試料の差応力を算出することができる。

出発試料には、円柱状 (直径 0.5 mm、高さ 0.6 mm) の bcc 鉄を使用し、圧力媒体には B + epoxy、発熱体には円柱状のグラファイトを使用した。試料の上下には、変形ピストンとして円柱状のアルミナを置いた。試料と変形ピストンの間には、うすい金箔を歪マーカーとして配した。はじめに試料を室温下で 50 トンまで加圧し、その後 700 K まで昇温した。その温度での圧力は 15 GPa であり、鉄の bcc から hcp 相への相転移が観察された。その後、荷重を一定に保ち、600, 500, 300 K において、hcp 相を変形させた。

この実験により、約 18 GPa において、5つの独立な応力 - 歪曲線を得た。これらすべての変形において、hcp 鉄は塑性変形を示し、破壊を示唆するような現象は観察されなかった。これらのメカニカルデータから、600 および 400 K における応力指数として、それぞれ、3.1 および 7 という値を得た。この結果は、この2つの温度の間で、変形機構が変化することを示していると考えられる。本研究で得られた hcp 鉄のメカニカルデータを、同じ hcp 金属である亜鉛の変形機構図と比較すると、両者の変形挙動はよい一致を示す。このことは、高圧下でのみ安定な hcp 鉄の変形機構図が、常圧下で安定な他の hcp 金属の変形機構図と類似している可能性を示唆している。