

# フェライト系耐熱鋼における長時間クリープ変形後の析出物の三次元観察

東北大学大学院生 八田 智之  
東北大学工学研究科 関戸 信彰  
新日鐵住金株式会社 米村 光治  
東北大学工学研究科 丸山 公一 吉見 享祐

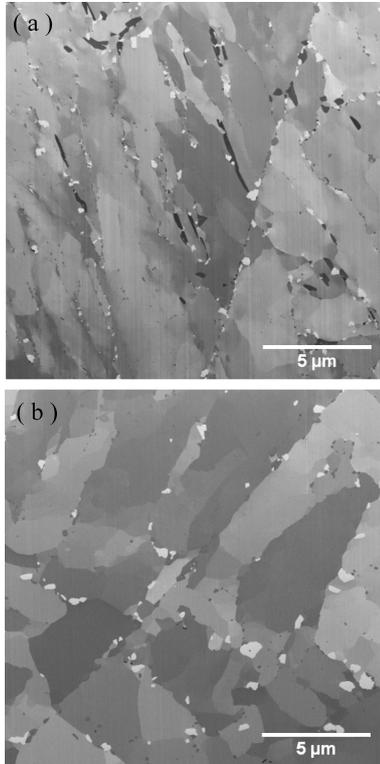


Fig. 1 クリープ破断材ゲージ部のSEM組織. (a) 2,754 h 破断材, (b) 15,426 h 破断材.

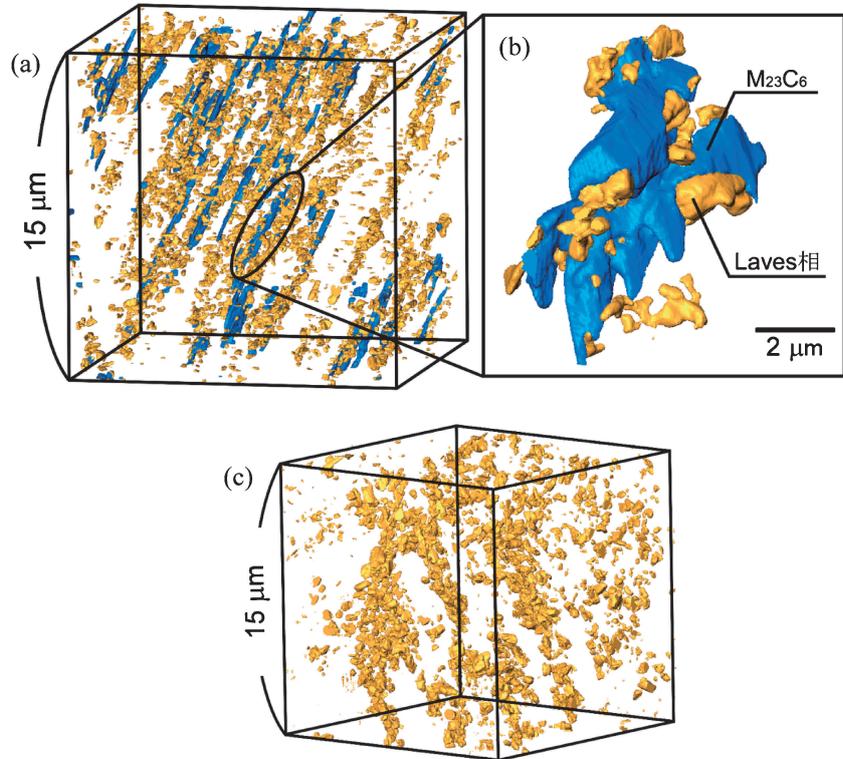


Fig. 2  $M_{23}C_6$  および Laves 相の三次元再構築像. (a) 2,754 h 破断材, (b) (a) の  $M_{23}C_6$  近傍の拡大図, (c) 15,426 h 破断材.

フェライト系耐熱鋼において、サブグレイン境界の安定性は長時間クリープ強度を支配する因子の一つである。本研究では、サブグレイン境界に優先析出する  $M_{23}C_6$  炭化物や Laves 相の発達過程を三次元的に観察し、クリープ挙動の理解深化を目指した。

観察に供した試料は、9Cr-3W-3Co-0.1C-0.01B(mass%) 鋼の 650 °C クリープ破断材 (140 MPa / 2,754 h, 80 MPa / 15,426 h)<sup>(1)</sup>である。直交配置型 FIB-SEM 装置を用いたシリアルセクションニング法により組織を三次元観察した。装置の詳細は参考文献(2)(3)を参照されたい。25 nm ピッチで FIB 研削と SEM 観察を繰り返し、取得した一連の画像データからソフトウェア(Amira 6)を用いて三次元再構築した。

クリープ破断材ゲージ部(応力負荷部)の SEM 像を Fig. 1 に示す。黒色の相が  $M_{23}C_6$ 、白色が Laves 相である。FIB-SEM 観察で得られた組織写真を三次元再構築し、 $M_{23}C_6$  と Laves 相を抽出した図を Fig. 2 に示す。2,754 h 破断材

(Fig. 2(a))において、板状の  $M_{23}C_6$ (青)はブロック境界に相当する約 4 μm 間隔の平行な面上に分布している。Laves 相(黄)もブロック境界に沿って形成しており、特に  $M_{23}C_6$  に接して優先的に形成する傾向が観察される(Fig. 2(b))。他方、15,426 h 破断材では、Laves 相が塊状に成長・粗大化するとともに、 $M_{23}C_6$  が母相に再固溶して減少している(Fig. 2(c))。すなわち、 $M_{23}C_6$  の形成・成長と Laves 相のそれは強い相関があることが示唆される。

本研究は、文科省ナノテクノロジープラットフォームに参画する NIMS 微細構造解析プラットフォームの支援を受けて実施された。

## 文 献

- (1) M. Yonemura *et al.*: Proc. 7th Intl. Conf. on Adv. Mater. Technol. for Fossil Power Plants (2014), 1329.
- (2) 原 徹: 顕微鏡, 49(2014), 53.
- (3) 関戸信彰ら: までりあ, 55(2016), 593.  
(2018年8月21日受理)[doi:10.2320/materia.57.619]

3D Observation on Precipitates of a Ferritic Heat Resistant Steel after Long-term Creep; Tomoyuki Hatta, Nobuaki Sekido, Mitsuharu Yonemura, Kouichi Maruyama and Kyosuke Yoshimi

Keywords: 3D reconstruction, FIB-SEM (focus ion beam-scanning electron microscope), heat-resistant ferritic steel

FIB-SEM utilized: Hitachi High-Tech Science SMF-1000 (FIB: Ga ion beam at 30 kV, SEM: 2 kV, Upper + EsB detector)