

山田克美* (18175)、石田智治* (18203)、佐藤眞直¹ (2072)
 Steel Research Center, JFE-STEEL Corp., Kawasaki 2100855, Japan
 1)JASRI, Kouto, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198, Japan

高加工性高強度鋼（ハイテン）の一つとして、例えば、軟質のフェライト母相を直径数 nm の微細炭化物相によって分散強化した鋼種が実用化されている⁽¹⁾。この分散強化型ハイテンの特性を左右する析出物の実態を把握することは重要で、これまで、抽出残渣の定量による絶対析出量の把握、透過電子顕微鏡（TEM）による個々の析出物の大きさ、組成および結晶構造の決定を行ってきたが、特性に直結すると考えられる析出物のサイズ分布を統計的に調べることは困難であった。このため、筆者らは鋼中微細析出物の平均的なサイズ、形状、数密度、そして分散状態を解明する手法として、高輝度放射光を線源とする X 線小角散乱法に着目した。前期採択課題 2006A1429 では、Fe-Cu 合金における Cu の時効析出状態の違いを小角散乱プロファイルとして得ることに成功したことを報告した⁽²⁾。本課題では対象析出物をハイテンで現実に用いられている炭化物とし、熱処理の違いによって析出状態を変えた試料系に対する X 線小角散乱法の適用性を検証した。

試料は 0.04C-0.2Ti を含有する鋼種を熱延後急冷し、時効処理によって TiC の析出状態を変化させたものを準備した。前期課題と同様に、これらの試料を約 100 μm 厚みに調整し、産業利用ライン BL19B2 において、入射 X 線エネルギーを 30keV に設定し、500 μm ソーラースリットを介して 2 θ 範囲 0.056 \sim 1 $^\circ$ までの小角領域の散乱プロファイルをカウンター法で取得した。Fig.1 は異なる温度で 1h の時効処理を施した試料から得られた小角散乱プロファイルを横軸 $q(\text{nm}^{-1})$ で示したものである。時効温度の上昇に伴い、小角領域の散乱強度が系統的に増大することが明瞭に確認された。熱延後、最も低い温度（450 $^\circ\text{C}$ ）で時効した試料では、熱延終了後までに不可避免的に析出する TiN や比較的大きい TiC を除外すると、微細な析出物は殆ど無いと考えられる。そこで時効処理によってあらたに析出する微細な TiC の影響のみを抽出する目的で、各試料の散乱プロファイルと 450 $^\circ\text{C}$ 時効材のプロファイルの差分をとって整理した結果を Fig.2 に示した。この図には、ほぼ Ti の析出率が 100% となる 650 $^\circ\text{C}$ x5h の時効材の結果もあわせて示した。時効温度上昇による Ti 析出率増加と、その平均粒径増大に対応すると考えられるプロファイルの変化が認められた。過時効域となる 650 $^\circ\text{C}$ x5h 時効材では、 $q=0.7\text{nm}^{-1}$ 近傍に上に凸形状のプロファイルとなっており、高波数ベクトル領域の散乱強度低下が著しいのに対して、他の試料では散乱プロファイルはブロードで、粒子サイズの分散が大きいことが伺える。今後、それぞれの試料における平均粒子サイズとその分散状態に関するモデル解析を検討する。

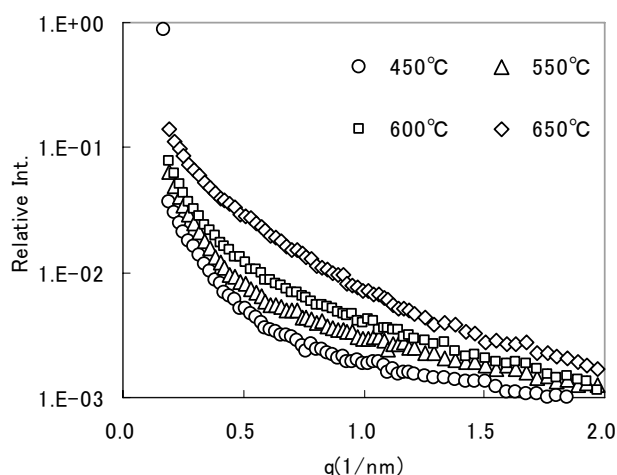


Fig.1 Small-angle X-ray scattering profiles obtained from Ti bearing steels with different aging conditions.

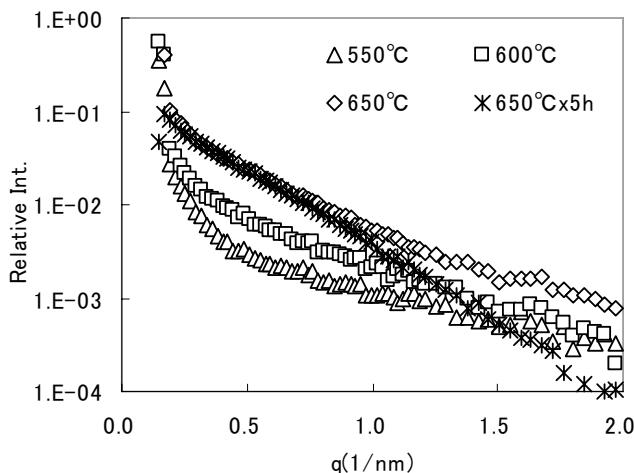


Fig.2 Subtracted profiles of small-angle X-ray scattering of aged steels over 550 $^\circ\text{C}$.

- (1) 瀬戸一洋 : 工業材料、vol.52, No.8 (2004) 22-25.
 (2) 名越ら : SPring8 2006A(1429)成果報告書