



# Si-K XAFS 測定による時効に伴う 低炭素鋼中固溶 Si の化学状態変化の追跡

二宮 翔<sup>2</sup>, 西堀 麻衣子<sup>1,2</sup>

1 九州大学大学院総合理工学研究院, 2 東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター

キーワード：Low-carbon steel, Interstitial-Substitutional effect, Si K-edge XANES

## 1. 背景と研究目的

加工性に優れた低炭素鋼は、80 °C 以下での時効熱処理により炭素濃化領域（炭素クラスタ）が生じることで著しい硬度上昇を示す。申請者らはこれまで、低炭素鋼の時効熱処理にともなう炭素クラスタの形成挙動を X 線吸収分光法により検討し、硬度上昇と炭素の局所構造変化が密接に関連すること、および炭素クラスタが形成した領域では鉄母相が大きく歪んでおり、局所的に体心正方格子へと相転移することを明らかにしている[1]。炭素クラスタ形成は、スピノーダル分解や鋼中固溶元素（Mn, Si, P）または空孔との相互作用が起因すると考えられているものの、明確な結論を得るには至っていない。本課題では、熱処理にともなうシリコンの化学状態および局所構造変化を Si K-XAFS 測定により追跡し、炭素クラスタの形成におけるシリコンの寄与を検討した。

## 2. 実験内容

あらかじめ 50 °C での時効熱処理を施した固溶シリコン量 0.015 mass% の低炭素鋼に対して、部分蛍光収量法による Si K-edge XANES 測定（He 雰囲気下、室温）を実施した。なお、測定直前に試料表面をエメリー紙で研磨することで、表面酸化層を除去した。

## 3. 結果および考察

Fig. 1 に熱処理時間の異なる低炭素鋼から収集した Si K-edge XAFS スペクトルを示す。なお、標準試料 SiO<sub>2</sub> より取得した Si<sup>4+</sup>化学種に帰属されるピーク位置を点線で付記した。熱処理前のスペクトルに 1848 eV 付近に先鋭なピークが確認できたことから、低炭素鋼中には Si<sup>4+</sup>化学種が多く存在することが示唆される。しかしながら、ピーク位置は Si<sup>4+</sup>化学種（破線）より低エネルギー側に位置しており、Si 近傍に N や C、あるいは酸素空孔が存在していると考えられる[2, 3]。

熱処理時間の経過にともない、1848 eV のピーク強度が減少するとともに、ピーク位置が低エネルギー側にシフトした。このことは、50 °C での低温熱処理によって Si の化学状態が変化したことを意味する。一般的に、この温度では、置換型固溶原子である Si は拡散できないと考えられている。そのため、本実験より得られたスペクトル形状変化は、Si と侵入型固溶原子（C, N）との相互作用に起因することが示唆される。

## 4. 参考文献

- [1] K. Ninomiya, *et al.*, *Materialia*, **14** (2020) 100876.
- [2] A. Barranco, *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **97** (2005) 113714.
- [3] Y.K. Chang, *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **86** (1999) 5609.

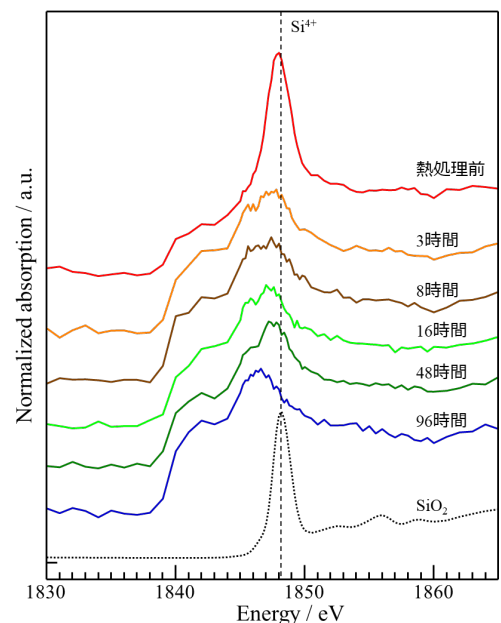


Fig. 1 熱処理時間の異なる低炭素鋼の Si K-edge XAFS スペクトル