ノート

ステンレス刃物鋼の金属組織と硬さ

斎藤　雄治*

Metallographic structure observation and hardness tests of stainless steels for blade

SAITO Yuji*

1.　緒　　言

現在，市販されているステンレス製の刃物の多くは，炭素量 0.3～1%のマルテンサイト系ステンレス鋼で作られている。刃物に使われているステンレス鋼は，ステンレス刃物鋼と呼ばれている。

県央技術支援センターにおいて，企業から持ち込まれたステンレス刃物鋼製の包丁やナイフの折れや欠けの原因を調査する際，金属組織観察や硬さ試験を行うことがある。しかし，刃物は機械部品とは熱処理条件が異なるため，参考となる文献や資料が少ない。このため，試験結果の客観的な評価や企業への結果説明が十分にできないことがある。

本研究では，ステンレス刃物鋼として知られている SUS420J2 と SUS440C について，焼入温度を変えて熱処理を行ったときの金属組織や硬さのデータを蓄積する。これにより，上記の原因調査に迅速に対応できるようにすることを目的とする。

2.　実験条件

試験片には，SUS420J2（寸法：直径 19mm，長さ 20mm）および SUS440C（寸法：角 20mm，厚さ 3mm）を用いた。これらの試験片について，以下の熱処理と評価を行った。

2.1　熱処理条件

・焼入れ…900～1150℃の各温度に 25 分（SUS420J2）または 10 分（440C）保持後に空冷
・焼戻し…180℃に 2 時間保持後に空冷

2.2　評価項目

・硬さ試験…焼入後および焼入焼戻後，試験片表面をサンドペーパで研磨してロックウェルの C スケール硬さを試験
・金属組織観察…焼入焼戻後，表面を鏡面研磨および腐食して金属組織を観察

2.3　試験機器および腐食液

実験に用いた試験機器および腐食液は以下のとおりである。

・電気炉：（株）東洋製作所製 電気マッフル炉 KM-420
・硬度計：（株）ミツトヨ製 ロックウェル硬度計 HR-521
・金属顕微鏡：（株）ニコンインステック製 倒立型金属顕微鏡 TME3000U-NR 型
・腐食液：SUS420J2 は塩酸-ピクリン酸-アルコール溶液（配合：HCl 10ml，ピクリン酸 1g，エチルアルコール 80ml），SUS440C：塩化第二鉄の塩酸溶液(配合:塩化第二鉄 10g，塩酸 30ml，蒸留水 120ml)

3.　実験結果および考察

3.1　焼入前の金属組織

図 1 に，SUS420J2 の焼入前の金属組織を示す。球状炭化物がほぼ一様に分布していることがわかる。基地組織はフェライトと考えられる。

図 2 に，SUS440C の焼入前の金属組織を示す。大きさが数 μm～40μm 程度までの炭化物が見られる。SUS440C のような高炭素量のマ

*　県央技術支援センター

ルテンサイト系ステンレス鋼では，図 2 のように比較的大きな炭化物が見られることがある。基地組織は SUS420J2 と同様にフェライトと考えられる。図 1，図 2 とも場所によって基地組織の色に濃淡が見られるのは，フェライトの結晶方位の違いによるものと考えられる。

3.2　熱処理後の金属組織と硬さ

3.2.1　SUS420J2 の実験結果

試験片を種々の焼入温度で焼入れおよび焼入焼戻ししたロックウェル硬さの試験結果を図 3 に示す。焼入後と焼入焼戻後のいずれについても，焼入温度 1050℃のときに最高硬さになっていることがわかる。

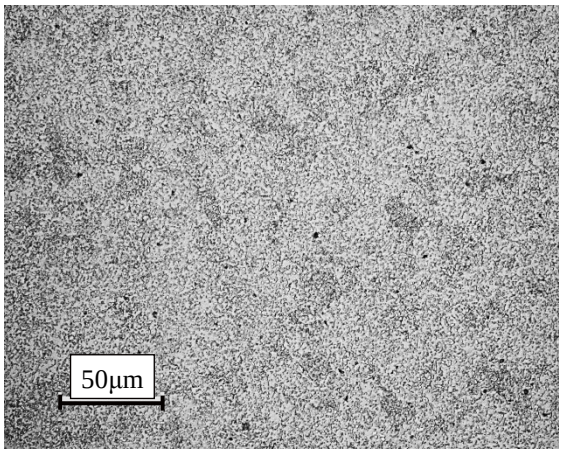

図 1　SUS420J2 の焼入前の金属組織

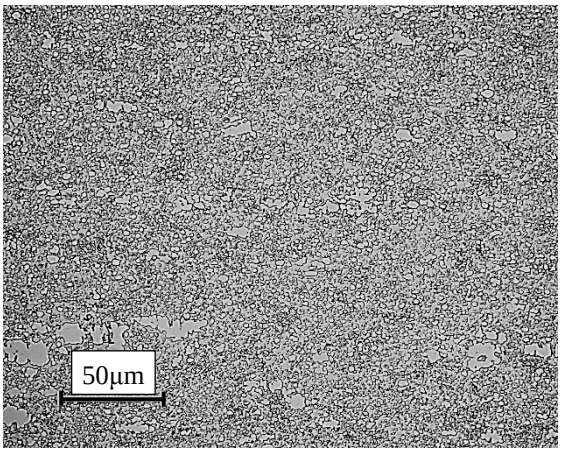

図 2　SUS440C 試験片の焼入前の金属組織

試験片を種々の焼入温度で焼入後に焼戻しした金属組織の観察結果を図 4～図 9 に示す。

まず，焼入温度が 900～1050℃の金属組織（図 4～図 7）について説明する。組織は焼戻しマルテンサイトと細かい球状炭化物となっている。この球状炭化物は図 1 で見られたものと同じものである。焼入温度が高くなるほど，球状炭化物の量が少なくなっているが，その分，マルテンサイト中の炭素量が増えるため，焼入れ硬さが高くなっていく。

次に，焼入温度が 1100～1150℃の金属組織（図 8，図 9）について説明する。粗い焼戻し

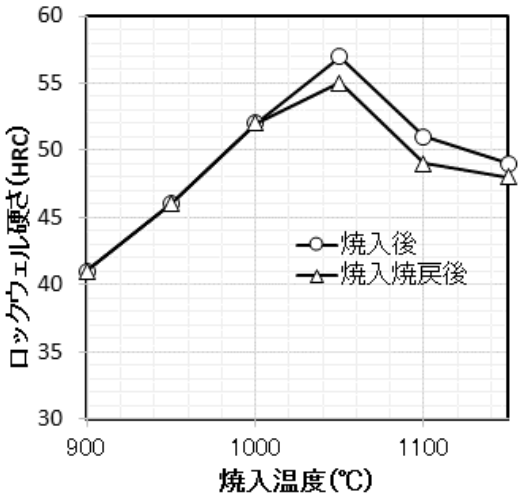

図 3　SUS420J2 の焼入温度に対する硬さ

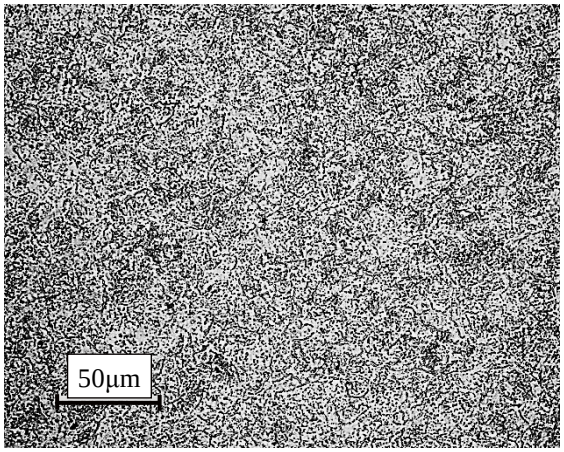

図 4　SUS420J2 の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：900℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

マルテンサイトが見られる。焼入温度が高いため球状炭化物はほとんど見られない。図 3 に示したように，焼入温度が 1050℃を超えると硬さが低下していくが，これは，焼入温度が高くなると，焼入したときにすべてがマルテンサイト組織とはならず，一部が残留オーステナイトという軟らかい組織になるためと考えられる。

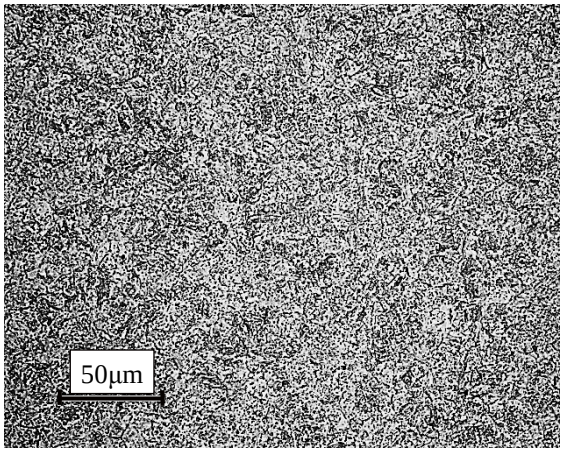

図 5　SUS420J2 の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：950℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

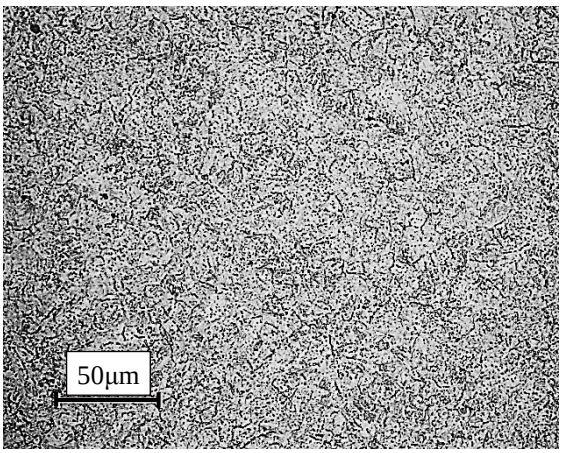

図 6　SUS420J2 の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1000℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

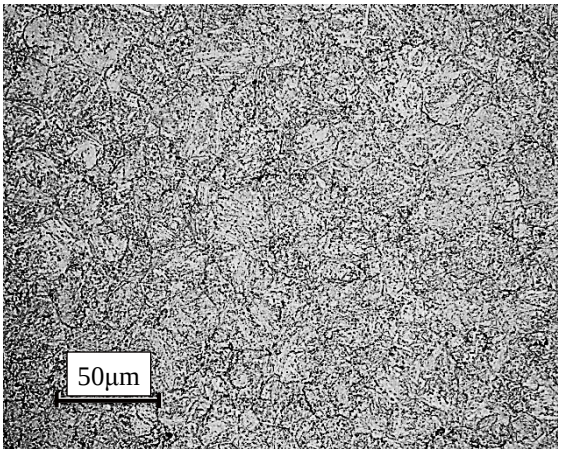

図 7　SUS420J2 の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1050℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

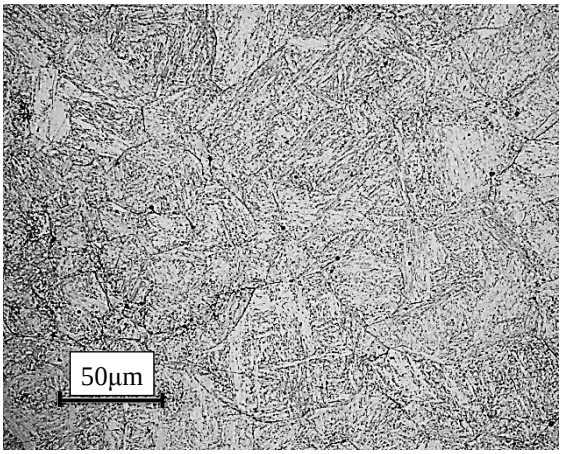

図 8　SUS420J2 の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1100℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

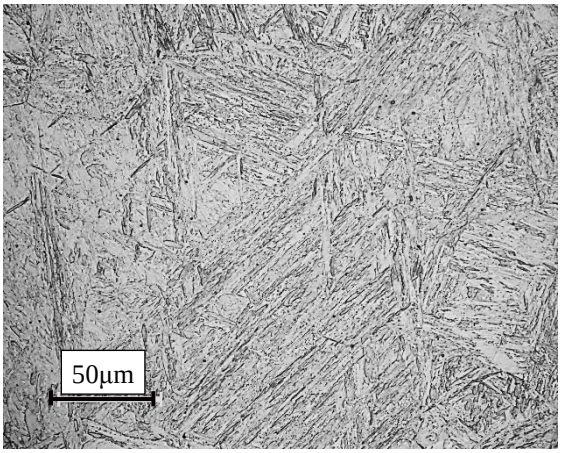

図 9　SUS420J2 の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1150℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

3.2.2　SUS440C の実験結果

試験片を種々の焼入温度で焼入れおよび焼入焼戻ししたロックウェル硬さの試験結果を図 10 に示す。焼入後と焼入焼戻後のいずれについても，焼入温度 1050℃のときに最高硬さになった。焼入温度 1050℃の硬さに比べて，焼入温度 1100℃ではやや低下し，焼入温度 1150℃では大きく低下していることがわかる。

次に，試験片を種々の焼入温度で焼入後に焼戻しした金属組織の観察結果を図 11～図 16 に示す。図 4～図 9 に示した SUS420J2 の結果と同様に，焼入温度が高いほど炭化物の量が少なくなっていることがわかる。

ここで，焼入温度が高いほど，加熱した時にオーステナイト中に炭素が多く取り込まれる（固溶という）。しかし，焼入温度が高すぎると，オーステナイト中の炭素量が多過ぎて，マルテンサイト変態が始まる温度（Ms 点という）が常温以下となってしまう。この結果，焼きが入りにくくなり，残留オーステナイトという組織が多く見られるようになる。図 16 に示した焼入温度 1150℃の組織は他の焼入温度の組織とは異なって見えるが，これは，残留オーステナイトが多く存在しているためと考えられる。

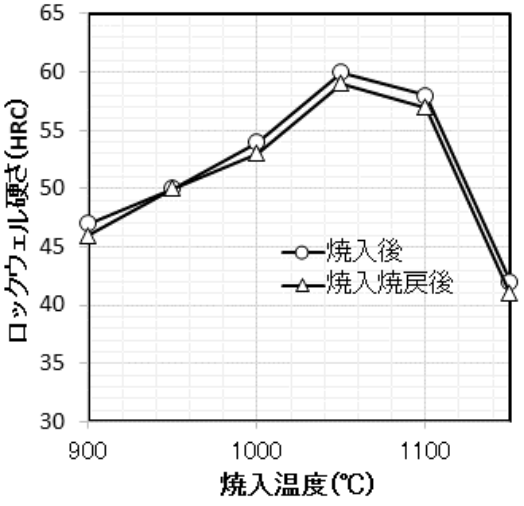

図 10　SUS440C の焼入温度に対する硬さ

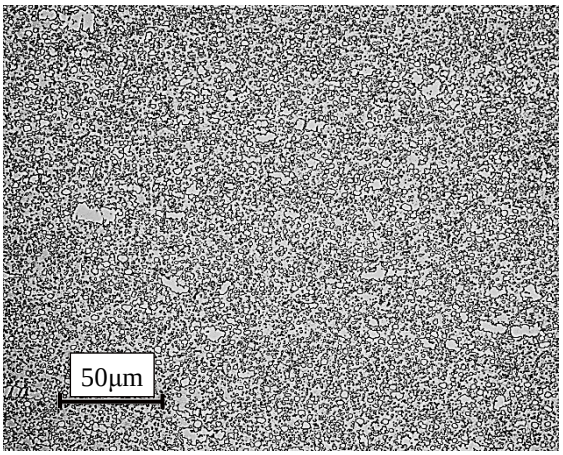

図 11　SUS440C の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：900℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

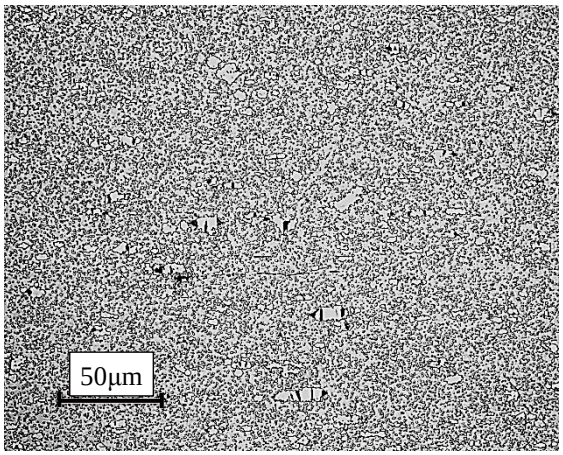

図 12　SUS440C の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：950℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

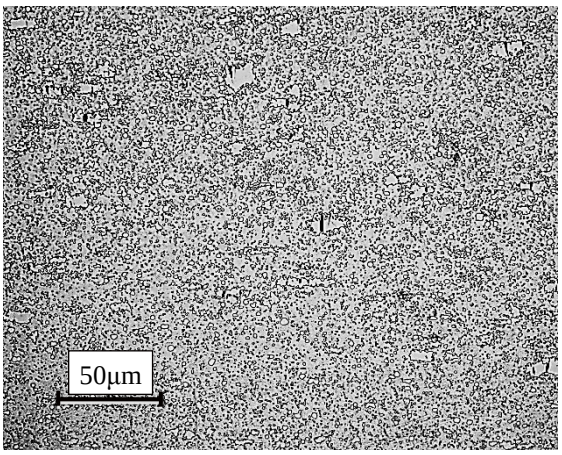

図 13　SUS440C の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1000℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

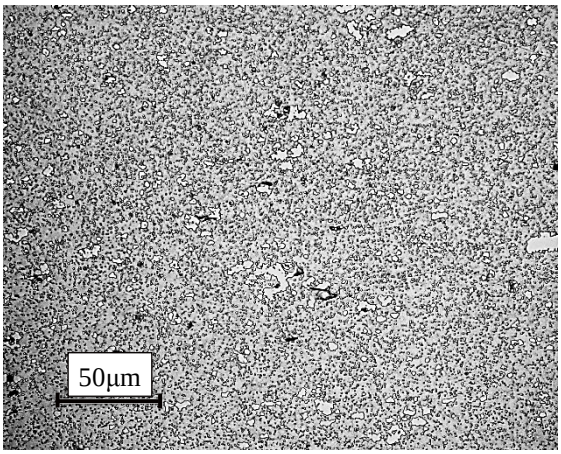

図 14　SUS440C の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1050℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

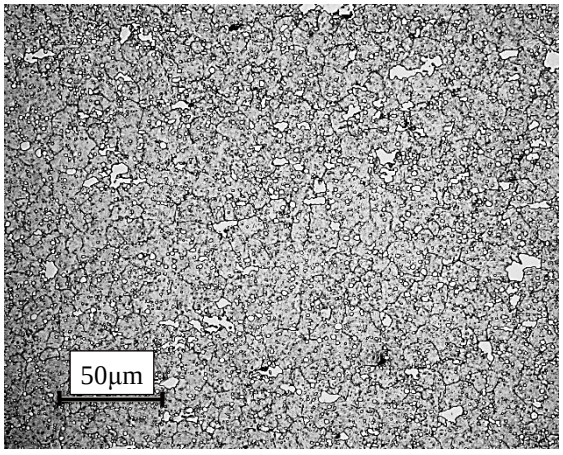

図 15　SUS440C の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1100℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

金属組織写真において，炭化物の一部が黒くなっているが，これは試料調整（研磨や腐食）の際に脱落した部分と考えられる。

なお，本報告書の実験結果 [1),2)] および他の刃物鋼の実験結果 [3),4)] について当研究所のホームページに掲載している。

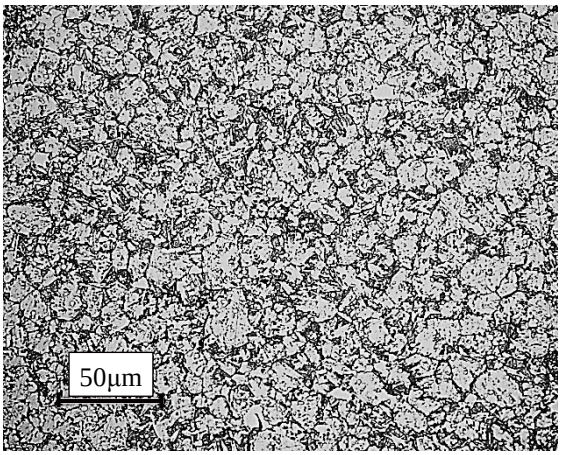

図 16　SUS440C の焼入焼戻後の金属組織
焼入れ：1150℃に 25 分保持後，空冷
焼戻し：180℃に 2 時間保持後，空冷

4. 結　　言

（1）実験を行った範囲において，焼入温度 1050℃のときに最高硬さが得られることを確認した。

（2）焼入温度が高くなるにしたがい、基地組織中の炭化物の減少や、金属組織の粗大化などが見られることを確認した。

参考文献

1）www.iri.pref.niigata.jp/26new20.html
SUS420J2 の硬さと金属組織

2）www.iri.pref.niigata.jp/26new22.html
SUS440C の硬さと金属組織

3）www.iri.pref.niigata.jp/26new05.html
刃物鋼（白紙 2 号）の硬さと金属組織

4）www.iri.pref.niigata.jp/26new39.html
刃物鋼（青紙 2 号）の硬さと金属組織

いずれも新潟県工業技術総合研究所ホームページに掲載，2015 年 3 月 12 日