



島根大学学術情報リポジトリ

SWAN

Shimane University Web Archives of kNnowledge

Title

日本刀に含まれるマルテンサイトの旧オーステナイト粒径解析
(Analysis of prior austenite grain size and morphology of lath martensite
in old Japanese swords)

Author(s)

ファム ホアン アン, 森戸 茂一, 大庭 卓也, 伊藤 正和

Journal

熱処理 (日本熱処理技術協会会誌) 62, 3

Published

2022

この論文は出版社版ではありません。

引用の際には出版社版をご確認のうえご利用ください。

日本刀に含まれるマルテンサイトの旧オーステナイト粒径解析

(英文) Analysis of prior austenite grain size and morphology of lath martensite in old Japanese swords

フアム ホアン アン*, 森戸 茂一**, 大庭 卓也**, 伊藤 正和***

Anh Hoang PHAM, Shigekazu MORITO, Takuya OHBA and Masakazu ITO

* 島根大学大学院 自然科学研究科 理工学専攻 物理・応用物理学コース (Shimane University, Department of Physics and Material Science)

住所： 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060 (1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane, 690-8504)

連絡方法： Tel 0852-32-6398

Fax 0852-32-6409

e-mail: anhpham@riko.shimane-u.ac.jp

** 島根大学 次世代たたら協創センター (Shimane University, Next Generation Tatara Co-Creation Centre)

*** 元・和鋼博物館 (formerly at Wakou Museum)

Key words: Crystallography, Lath Martensite, Japanese Sword, Electron Backscatter Diffraction Analysis

日本刀は日本特有の刀剣であり、「折れず、曲がらず、よく切れる」と評される事が多い。そのような力学的特徴は刃の硬さが高く中央や棟側では比較的軟らかいという構造が要因となっている。この構造を作り込むために、刀匠は作刀の最終段階で部分焼入処理を施す。日本刀の刃に焼刃土を薄く塗布し冷却速度を上昇させて高い硬さを持つマルテンサイトを生成させる手法は、他の刀剣では見られない特徴的なものである。この焼入処理におけるオーステナイト化処理は焼入後のマルテンサイト組織を決める重要な因子となるが、多くの日本刀は熱履歴が明らかになっていない。現代の作刀技術や口伝および書物から大体の熱処理は分かっているものの、個々の、特に古い時代の日本刀のオーステナイト化温度については未だ分からない点が多い。

一般的な熱処理ではオーステナイト化温度と旧オーステナイト粒径との間に関係があることが知られており、日本刀の組織観察から旧オーステナイト粒径を求め熱処理温度を類推することが出来るように思われる。しかし、日本刀に含まれるラスマルテンサイトは一般的に微細であり、一般的な組織観察手法での旧オーステナイト粒観察は難しい。我々はオーステナイトマルテンサイトの結晶方位関係からオーステナイト粒を解析するシステムを開発しており、日本刀においても旧オーステナイト粒の解析を行っている。本稿では変態前オーステナイト組織解析結果の例と、日本刀の熱処理についての考察を述べる。

本稿で示す試料は「鉄と鋼」に掲載されている高橋らの論文[1]で用いられた試料と同一試料であり、これらの試料の刃先断面に走査型電子顕微鏡法／後方電子散乱図形解析法（SEM/EBSD）でマルテンサイトの結晶方位測定を行い、オーステナイト粒の再構築[2]を行った。4振の試料名は高橋らの論文に合わせて「政光」「忠廣」「國繼」および「忠重」と呼称する。

Fig. 1(a1)から(a4)は紙面垂直方向と平行な結晶方位を右のステレオ三角に示す色で示した図（以降、結晶方位図）である。番号1から4まではそれぞれ「政光」「忠廣」「國繼」「忠重」に対応させている。このマルテンサイトの結晶方位図から各試料の旧オーステナイト粒を認識することが出来るが、具体的に粒界を確定させることは難しい。(b1)から(b4)は、EBSD測定結果を使って再構築したオーステナイトの結晶方位図である。これらの図には各試料のオーステナイト組織の特徴が現れている。政光に含まれる旧オーステナイト粒は粒径 $20\mu\text{m}$ 程度であるのに対し、忠廣や國光では $10\mu\text{m}$ を切る微細な旧オーステナイト粒を持つことが分かる。また、忠重は微細な旧オーステナイ

ト粒が多く観察されるものの異常粒成長により粗粒が生じ、全体としては混粒となっていることが分かる。

旧オーステナイト粒径や組織はオーステナイト化温度と処理時間に依存し変化する。これは日本刀においても同じである[3]。実際にこの4振の試料がどのようなオーステナイト化処理を施されたか類推するために、固溶炭素量と旧オーステナイト粒径の関係図を作成した。Fig. 2はその関係図であり、参考のためにA3温度以上でオーステナイト化処理を施したFe-C二元系合金ラスマルテンサイトの旧オーステナイト粒径も示している。この関係図を見ると、旧オーステナイト粒が細かい忠廣や國継はFe-0.61mass%Cを800°Cから焼入れた試料よりも旧オーステナイト粒径が細かく、A3温度に近い温度でオーステナイト化処理が施されたことが類推される。忠重も混粒組織ではあったがA3温度に近い温度でオーステナイト化処理が施されたと考えられる。政光はA3温度よりも比較的高温でオーステナイト化処理されたと類推できる。以上の解析から少なくとも3振はA3温度直上でのオーステナイト化処理を狙っていたと考えられる。この事は、当時の刀匠達はオーステナイト粒径に対するオーステナイト化温度依存性について限られた情報から把握していたことを示しており、日本刀の熱処理技術の高さを物語っている。

オーステナイト組織の評価や考察に関しては、介在物の効果やオーステナイト化処理前の加工など考慮しなければならない点が多く残っている。それでも定量的に焼入前組織を評価できるようになったことは大きな前進と考えている。

謝辞

本試料は島根県安来市の和鋼博物館から貸与された。この場を借りてお礼を申し上げる。

参考文献

- [1] 高橋恒夫, 村上雄, 岡田千里, 藤井則久: 鉄と鋼, 71, p. 1818 (1985).
- [2] Pham, A.H., Ohba, T., Morito, S. and Hayashi, T.: Mater. Trans., 54, p. 1396 (2013).
- [3] A.H. Pham, 大庭卓也, 森戸茂一, 林泰輔: まてりあ, 55, p. 584 (2016).

Captions

Fig. 1. (a1-a4) Martensite (α') orientation maps measured near the cutting edge of four old Japanese swords. (b1-b4) Austenite (γ) orientation maps reconstructed from corresponding α' orientation maps. The green, white, and red lines are low-angle, high-angle, and twin boundaries, respectively.

Fig. 2. Relation between the carbon content of the four old sword taken from Ref. [1], and their γ grain size (grey marks). The relation for three Fe–C samples heat-treated at 850 or 800 °C for 600s, was shown for comparison (black dots).

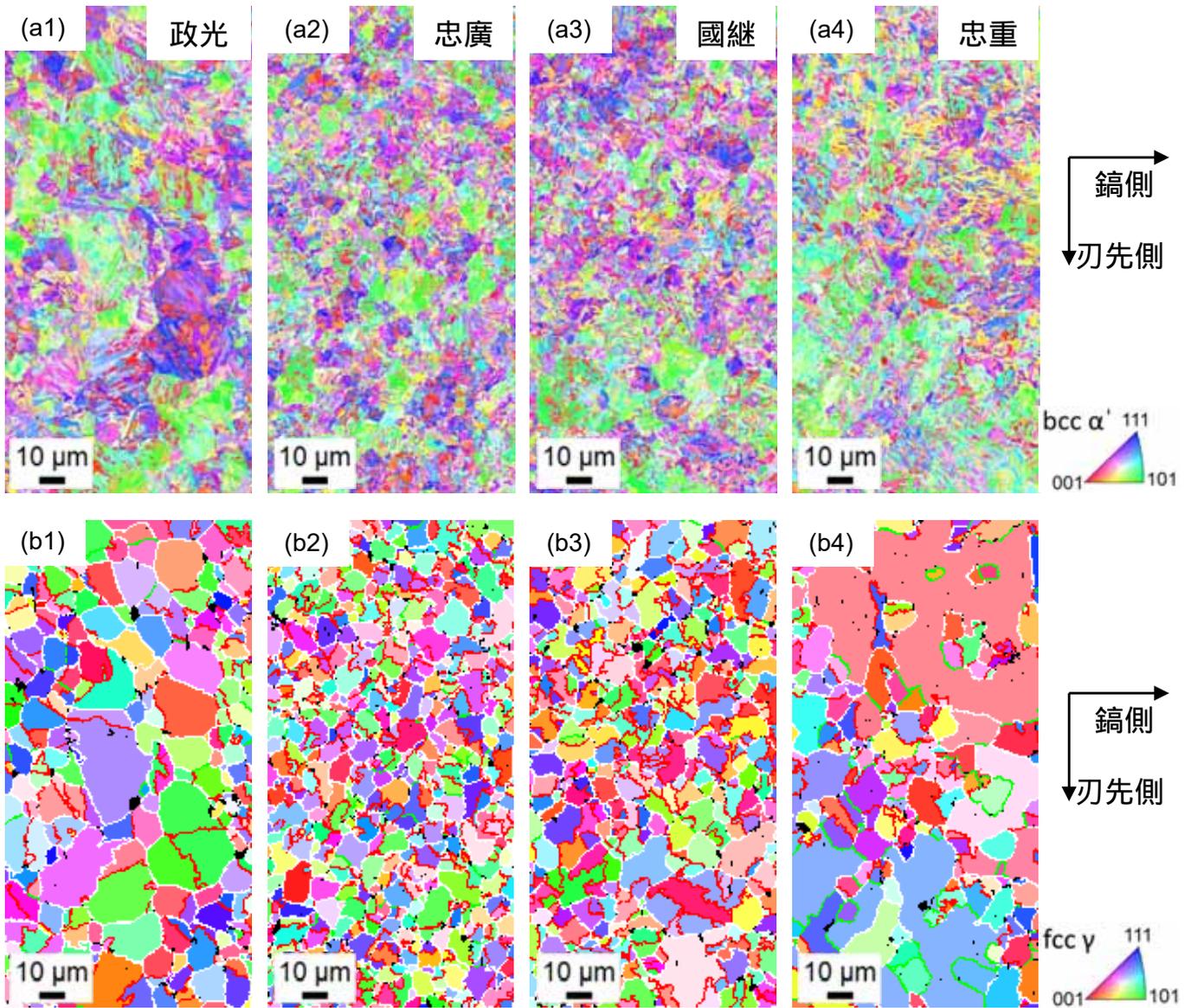


Fig. 1. (a1-a4) Martensite (α') orientation maps measured near the cutting edge of four old Japanese swords. (b1-b4) Austenite (γ) orientation maps reconstructed from corresponding α' orientation maps. The green, white, and red lines are low-angle, high-angle, and twin boundaries, respectively.

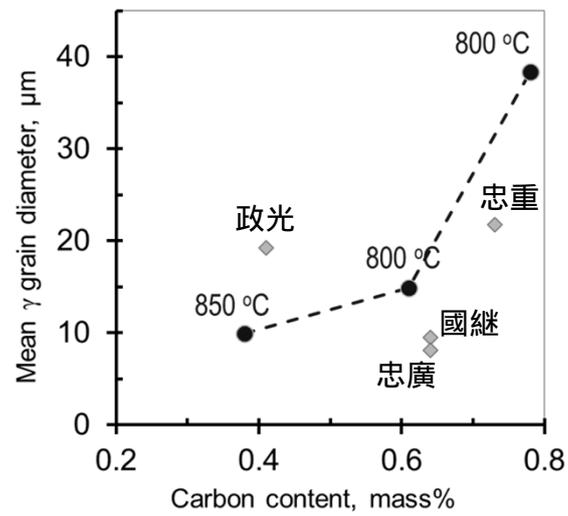


Fig. 2. Relation between the carbon content of the four old sword taken from Ref. [1], and their γ grain size (grey marks). The relation for three Fe–C samples heat-treated at 850 or 800 ° C for 600s, was shown for comparison (black dots).