

中性子・ミュオンを用いた日本刀の金属学的研究

鬼柳 善明[†] (名古屋大学 y-kiyanagi@frontier.hokudai.ac.jp)

日本刀は刀身の美しさ、波紋の美しさなどとともに、強靱性や切れ味などの特性が高く評価されている。しかし、その製法については、いまだにわかっていないことが残っている。歴史的には、直刀と言われる**上古刀**から進歩して、10世紀頃、すなわち平安中期から、**古刀**という反りが入った日本刀が作られるようになった。**太刀**と言われる馬上での戦いを目的としたものから、室町時代後期には**刀(打刀)**と言われる徒歩での戦いに主力をおいたものになっている。古刀の時代を経て江戸期を通して**新刀**から**新々刀**、明治の**廃刀令以降の現代刀**と受け継がれている。

日本刀は場所により、また、時代によりその製法にも違いがあると考えられている。例えば、古刀の時代には、大和(奈良県)、山城(京都府)、備前(岡山県)、相州(神奈川県)、美濃(岐阜県)に五箇伝と言われる流派があった。しかし、製法が口伝であったため詳細がわかっていない点が多くある。その作刀方法や金属としての特徴を明らかにするためには結晶構造、結晶配向、結晶子サイズ、介在物などの結晶組織構造情報が有用と考えられる。また、鉄の硬さに影響する炭素濃度も重要な情報である。

これらの情報を得るために、従来は刀を破断して、断面観察が行われてきた。しかし、この方法では、重要な文化財である刀自体が失われてしまうため、広く系統的に刀剣の研究を進めることは困難である。そのため、非破壊測定が必須と考えられてきたが、X線回折では透過力が弱い内部を調べることができなかった。このように非破壊測定が必要となる測定対象(文化財

や機械部品など)には透過力が高い中性子回折を使った研究が世界的に行われている。

我々は中性子のエネルギー依存透過スペクトルに結晶組織構造が反映されることを利用して、透過イメージを取得すると同時に結晶組織構造測定を可能にする手法を開発してきた。加速器パルス中性子源を用いて、**飛行時間法**と2次元検出器を組み合わせ、比較的広い空間領域にわたって1度に結晶組織情報を得ることができる。また、炭素濃度は、最近開発されたミュオン寿命測定法を用いることによって、異なった侵入深さにおける濃度を測定できる可能性がでてきた。

これらの測定法を用いて室町期の日本刀を調べた。透過画像からは、**上身(かみ)**の一部に粗粒が存在し、均一でないことがわかった。また、結晶子サイズは**棟(むね)**側で大きく、刃側で小さくなる傾向がみられた。また、結晶配向は**刃区(はまち)**より先では切っ先に向けては棟側で強くなっていた。これらの特性には、鉄の鍛錬の仕方や熱処理の影響が考えられる。**茎(なかご)**の部分は、上身とは異なった傾向が見られた。また、刃側については、焼入が入っていることが確認されるとともにほかの日本刀と同等の鉄の硬さになっていることがわかった。炭素濃度は表面付近や内部でも小さな値であった。これらの結果から、この日本刀は炭素濃度が低い鉄でできていて、刃側は焼入ができる炭素濃度の高い鉄が用いられている可能性があることがわかった。これらの情報から、刀の良し悪し、また、他の地域・時代のものとの比較から、それぞれの特徴や共通性について調べていきたいと考えている。

用語解説

日本刀の時代区分：

上古刀：平安中期(900年頃)より以前(直刀の時代)/古刀：平安中期～1595年(文禄4年)/新刀：1596年(慶長元年)～1780年(安永9年)/新々刀：1781年(天明元年)～1876年(明治9年)/現代刀：1876年(明治9年)～

太刀と刀(打刀)：

刃長が2尺(約60cm)以上で、太刀緒を用いて腰から吊すものを太刀、太刀とは「銘」を切る位置が違って、刃を上に向けてつけるものを刀(打刀)という。しかし、例外も数多く存在する。この他に、これより短い脇差し、約30cm以下の短刀がある。

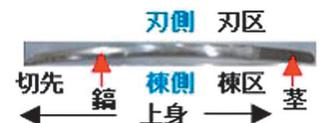
飛行時間法：

中性子のエネルギーを中性子の飛行時間で決める方法である。中性子発生がパルスの場合、中性子の発生時間を起点として、検出器で検出されるまでの時間を t とすると、以下の式で中性子エネルギー E が求まる。ここで、 L は中性子発生点から検出器までの距離、 m は中性子質量である。

$$E = m(L/t)^2/2$$

日本刀の各部の名称：

切先：刀身の先端部分/茎(なかご)：柄に覆われる部分/棟(むね)：刃の反対側の部分/鑓(しのぎ)：刃と棟の間にある高くなったところ/刃区(はまち)：茎と刃の境/棟区(むねまち)：茎と棟の境/上身(かみ)：区から先端までの部分



[†] 現在、北海道大学名誉教授