2023 年度　ものづくり基礎技術セミナー･市民公開講座報告書

2023 年度「ものづくり基礎技術セミナー・市民公開講座」は 2023 年 10 月 11 日 17 時半から 19 時半にかけて北見工業大学多目的講義室を会場で開催された。内容は「日本刀の科学～科学的合理性と機能美」、「日本刀の製作技術に見る「ものづくり」」で 50 名の参加者で盛会であった。

「講師紹介」

室蘭工業大学名誉教授。1968 年、室蘭工業大学工学部機械工学科卒。1970 年、室蘭工業大学大学院機械工学専攻修了。1980 年、工学博士(北海道大学)。1987～2011 年、室蘭工業大学工学部教授。衝撃工学、材料力学等の教育･研究に従事。2013～2017 年、スーパー連携大学院特任教授。著書「基礎から学ぶ材料力学」、「日本刀の科学」等。

会場案内前での講師の
室蘭工大名誉教授
臺丸谷政志先生

講　演　内　容：

日本刀は平安の昔から現在まで一千余年の永い伝統をもつ、我が国特有の刀剣です。鎬造り（しのぎづくり）の湾刀に代表されるように，その機能美は刀剣としての機能を極限まで追求した極致であり、高い技術に基づく最も優れた美術工芸品の一つに昇華されています。明治９年の廃刀令で，愛刀家を別にすれば、日本刀は一般には遠い存在になっていますが，古来の名刀を擬人化したゲーム「刀剣乱舞／オンライン」が発端となって，最近は刀剣男士，刀剣女子の言葉も聞かれます。本講座では美術工芸品としての日本刀および伝統的製作技術や現代科学の視点から日本刀について解説します。

総合司会　北見工大教授　林田　和宏　氏
日本機械学会北海道支部･前支部長

はじめに

北見工大教授　林田　和宏　日本機械学会北海道支部・前支部長の総合司会により開会の挨拶がなされた。

ついで

開催の趣旨説明を北見工業技術センター技術支援課　大友 秀之　課長が行った。

引き続き、日本機械学会と日本機械学会北海道支部シニア会の活動内容・経過の紹介を北見工大名誉教授　小林　道明・日本機械学会北海道支部シニア会副会長が行った。

北見工大名誉教授　小林　道明　氏
日本機械学会北海道支部シニア会副会長

講　師　紹　介

北見工業大学名誉教授・元学長　常本　秀幸・北海道支部シニア会運営委員が講師紹介を行った。

北見工大名誉教授・元学長　常本　秀幸　氏
日本機械学会北海道支部シニア会運営委員

『講　演　概　要』

1. 日本刀とは？：歴史と文化
   日本刀は玉鋼および伝統的な鍛治・鍛錬法によって作られた刀剣類の総称で太刀、脇差、短刀、剣、長巻、薙刀、槍、鉾などです。

2. タタラ製鉄と玉鋼：山砂鉄、和鉄（鋼）
   日本刀は日本古来のたたら製鉄法によって作られる和鋼（和鉄）を素材としており、玉鋼の生産のため山砂鉄を原料としている。

講演中の室蘭工大名誉教授　臺丸谷　政志　氏
日本機械学会北海道支部シニア会運営委員

3. 作刀の伝承技術：折り返し鍛錬、造り込み

作刀工程は刀匠（刀工、刀鍛治）により水減し・小割り、積み重ね・積み沸かし、折り返し鍛錬（皮鉄造り・心鉄造り）、造り込み・茎付け、素延べ、鋒の打ち出し、火造り、セン仕上げ、土置き・焼き入れ、合い取り、鍛治研ぎ、茎仕立て・銘切りがなされその後研師、白銀師、鞘師、塗師、鐔師、柄巻師などの専門職人によって日本刀は完成します。

4. 焼き入れ：反り、刃文、強化機構：　強靭な日本刀、折れず曲がらずよく切れる？

日本刀の焼き入れは火造りされた刀身に、焼刃土が塗られて焼き入れが施される。この時、日本刀の大きな特徴である反りと刃文が同時に生じます。玉鋼は冷却する速度によって異なる綱組織になり、焼刃土が薄く塗られた刃先の部分は急冷されて柔らかいオーステナイトが非常に硬いマルテンサイトに変態します。一方、焼刃土が厚く塗られた棟側は徐玲されてオーステナイトがパーライトとフェライトの延性や靭性の大きい集合組織に変態します。したがって、刃の部分は硬くてよく切れ、しかし刀身全体としては柔軟性がある折れにくい強靭な日本刀になります。また、その変態に際して刃側のマルテンサイト変態に伴う体積膨張で日本刀の反りが発生し、刃側には圧縮の残留応力が生じて日本刀の強度強化に貢献しています。焼き入れで生じたマルテンサイトは不安定で非常に硬く脆いので再加熱して粘さを回復させる合い取りと云われる焼き戻しが行われます。なお、刃先に焼刃土を薄く塗るのは刃先の高温面で水蒸気の核沸騰を生じさせ焼刃土を塗らない場合の膜沸騰に比べ冷却速度が増すからです。

５.刀身彫刻と樋

刀身彫刻はただ一つの装飾的な要素だが美観だけではなくその多くには製作者や所持者の宗教観が表されている。また鎬地に比較的深い溝を彫り込んだ樋が設けられこともある。樋は刀身彫刻の一種ではあるが刀の軽量化のためと云われており、一つのモデルを設定して試算してみた。樋を設けることで曲げ強度は約 4.6%程度減少するものの重量は約 15%軽減されており、明らかに軽量化の工夫である。

6.激しい打ち合いにおいても、何故、刀身と鞘柄は竹目釘一本で留められ得るのか？

初めに、日本刀モデルの衝撃実験と数値シミュレーションを行い、日本刀の打ち込み時に受ける衝撃力と衝撃持続時間および刀身各部位における衝撃応答を調べた。実験結果と有限要素法（FEM 解析コード LS-DYNA）を用い

た数値シミュレーションの結果はよく一致したが、目釘穴位置の変位変動は必ずしも最小にならず、竹目釘一本で留められ得るとの結論には至らなかった。次に、真剣太刀を用いて同様な検討を行ったが、刀身のみによる検証では目釘穴近傍の衝撃応答は日本刀モデルの場合とほぼ同じで問題の解決とはならなかった。日本刀を実用に供するときは、鍔や柄などを外装する必要があるため、この拵の姿で同様な実験検証を行った。このとき衝撃による変位変動は目釘穴部位に置いて最小となり、刀身と柄は竹目釘一本で留められ得るとの結論を得た。なお太刀や打刀の目釘穴の位置を刀匠は＜掟＞として伝承している。

7. 日本刀の物打ちとは何処か、切先三寸？

日本刀の鋒（切先）は刀身の先端部分にある横手筋より先の部分を指し、切先三寸とは截断に最も有効な「物打ち部を打ち込む」ところとされている。しかし、物打ちがどこを指すかは必ずしも明確ではなく、広辞苑などではその位置は横手筋から下部に三寸としており、また横手筋から五～六寸などの説がある。定寸（二尺三寸）の太刀を用いた本研究の衝撃実験と数値シミュレーションにおいては、峰の先端から 20～21cm のところで変位変動幅が最小なっておりこの位置が物打ちと同定することができる。供試太刀は一寸ほどの猪首切先であるので横手筋から五寸六分～六寸の部位が物打ちの中心であると同定される。なお、太刀や打刀の物打ちの部位は、野球のバットに見立てればその芯に相当するといえる。

セミナー会場における参加者

質疑応答

講演後に以下の活発な質疑応答があった。

質　問　　焼き入れの反りが生じるまでのプロセスは非常に興味深く、この過程をもう少し詳しく説明してください。

＜回　答＞

焼き入れによる反りが生じるまでの変形プロセスは次の通りです。

まず、焼き入れによって刃先から急激な冷却が始まり刃先側のみが熱収縮して逆反りが生じ同時に刃先は大きな引張応力を受ける。このとき多くの部分はオーステナイトのままである。この後、棟側はオーステナイトのままだが、刃先側ではマルテンサイト変態が生じ体積膨張のため逆反りが緩和される。

次で、棟側のオーステナイトがパーライト＋フェライトに変態する。この変態も体積膨張を伴うため再び逆反りが生じる。この後、棟側の冷却も進み熱収縮して、最終的にはマルテンサイト変態の体積膨張がパーライト変態のそれに比べて大きいため、日本刀に反りが生じる。

刀匠からすれば、日本刀の反り・姿形が重要。しかし時には焼き入れが原因で焼き割れが生じ、この刃切れが起きれば刀剣としての価値は無くなり、それまでの努力が水泡に帰すことになります。講演では、反りは玉鋼の相変態と力学的バランスであることをお話しました

閉会挨拶：

　　最後に閉会あいさつを北見工大教授　林田　和宏氏が行いものづくり基礎技術セミナー・市民公開講座を終了した。

〈文責:小 林〉