

# たたら体験を活用した材料分析・評価技術の基礎教育

## Basic Training of Analysis and Evaluation Techniques for Materials through “Tatara” Iron Making Experiment

○森園 靖浩<sup>※1</sup>      小塚 敏之<sup>※1</sup>      安藤 新二<sup>※1</sup>      神澤 龍市<sup>※2</sup>      山室 賢輝<sup>※2</sup>  
Yasuhiro MORIZONO      Toshiyuki KOZUKA      Shinji ANDO      Ryuichi KOUZAWA      Takateru YAMAMURO

キーワード: たたら, 製鉄, 組織, 組成分析

Keywords: Tatara, Iron making, Microstructure, Composition analysis

### 1. はじめに

熊本大学工学部マテリアル工学科では、金属やセラミックスを中心とした材料（マテリアル）工学に関する教育・研究を行っている。そのカリキュラムの特徴は、実験・実習科目が1年次後期から3年次後期にかけて継続的に組み込まれていることである。まず1年次後期には測定技術の基礎などを学ぶ「実践！ものづくり」、2年次前期には「機器製作実習」と「機械製図及びCAD演習」、2年次後期から3年次後期にかけては「マテリアル工学実験（基礎編）・（応用編）・（創造編）」が順次開講され、そして4年次の「卒業研究」へと発展していくことになる。

ところで、微細な結晶の集合体である金属やセラミックスでは、製造工程や組成によって結晶の種類・形状・分布状態が変化するため、材料表面を平滑に研磨してから軽く腐食すると、これらを反映した様々な模様が現れる。この模様は「材料組織」と呼ばれ、多くの場合、材料中に含まれる元素の分布状態と関連したものとなる。この材料組織の観察と組成分析は一つのまとまりとして取り扱うべきものであり、これらと機械的性質の相関を明かにしていくことが、新しい材料の開発へと繋がっていく。したがって、早くから観察手法や測定原理などについて知識を身につけ、機器の操作法を習得することが不可欠である。しかしながら、装置上の制約のため、そのような機会を実験・実習を通して数多くつくりだすことができなかった。

そこで、平成17年度より熊本大学工学部で実施されている「ものづくり創造融合工学教育事業」の「ものづくり教育カリキュラム拡充プロジェクト」による支援を受け、平成18・19年度は材料組織の観察技術に焦点を絞って実験・実習用の光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡（SEM）の整備に取り組んだ。さらに平成20年度にはSEMに取り付けられたエネルギー分散型X線

分析（EDX）装置の点検・改修などを実施し、実験・実習に対応できる環境を整えた（図1）。

このようにハード面が充実したことで、次に学習教材などのソフト面での工夫がより効果的な教育を行っていく上で重要となる。そこで本稿では、「実践！ものづくり」と「マテリアル工学実験」を“たたら”というキーワードで結びつけ、それによって材料分析・評価技術に対する理解力向上を目指した取り組みについて紹介する。

### 2. 実践！ものづくり

1年次後期に開講される本科目は、材料作製を実際に行う「ものづくり実習」と材料の評価法を学ぶ「測定技術実習」の2つから構成されている。前者においては、たたらによる鉄（鋼）作りを毎年実施している。これを通して、たたらの歴史や製鉄原理だけでなく、ものづくりのおもしろさも理解してもらうことを目的としている。

最初にたたらについて講義を受けた後、砂鉄集め、炭切りなどの事前準備に取りかかる。たたらの実施にあたっては、1年生約50名を3班に分け、班ごとに炉を組み立てる。そのときの様子を示した写真が図2である。火入れの後、砂鉄と木炭を交互に炉内に投入し、ノロ（スラグ）出しを経て、ケラ（素鋼塊）を取り出して作業が完了する。これらの作業にはほぼ1日を費やす。ケラの一部は学外にて短刀に加工され、残りはノロやズグ（銑鉄）と一緒に保管される。

### 3. マテリアル工学実験（基礎編）・（応用編）

これらの科目は実験・実習の中核を成すもので、2年次後期に基礎編、3年次前期に応用編が開講される。①技術者・研究者の基本事項、②マテリアル工学に関する基礎事項、③新素材の基礎、を身につけることを目指し、基礎編・応用編を合わせて約26の実験項目を用意している。その中には光学顕微鏡を使った材料組

<sup>※1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科マテリアル工学専攻

<sup>※2</sup> 熊本大学工学部技術部

織のスケッチや SEM-EDX による金属材料の観察・組成分析も含まれる。特に後者の SEM-EDX 装置を使った項目では、電子顕微鏡の構造などについて説明を受けた後、実際に 2 次電子像・反射電子像・特性 X 線像の撮影にチャレンジして操作法を学ぶ。このような取り組みは材料組織の理解ならびに好奇心を高めることに大変効果があり、また装置に対する正しい知識がマシントラブルの回避にも役立つものと期待している。

#### 4. マテリアル工学実験（創造編）

3 年次後期に開講される本科目では、個人またはグループ単位で実際に研究に取り組み、その内容をまとめてポスター形式で発表することが中心となる。これは、4 年次での卒業研究に対する意識を高める上でも重要なプロセスである。この機会を利用して、基礎編・応用編で身につけた実験技術をたたら実習で得られたケラなどの調査に適用することを試みた。

平成 19 年度では、受講した 3 年生が 1 年生の時に得たケラを使って、(1) その中に含まれる炭素量や冷却速度の推定、(2) 市販の鋼材との比較を行った。酸化鉄である砂鉄は高温下で木炭によって還元され、さらに脱炭されてケラとなる。この中の炭素量は 0.36% と推定され、市販の鋼材と全く遜色ないものであることを確認した。

しかしながら、この 1, 2 年に実施したたたらでは、なかなか思うようにケラが採れなかった。これは 1 年生に成功体験（ケラはハンマーでたたいても壊れない！）を味わってもらいたいと考える教職員側にとっては悩ましいところであった。このような状況を鑑み、平成 20 年度では最近のズクやノロを調査して、たたら実施に向けた改善策を提案することを目的とした。具体的な内容は、①3 年前に得られたケラの炭素量に関する再調査、②昨年得られたズグとノロの組織観察および組成分析である。

①については、炭素量 0.54% という値が得られた。平成 19 年度の調査よりも高い値となったが、これは試料を採取した場所の影響であり、砂鉄から炭素量の低い鋼が得られたことは確かである。また②においては、ズグ（分析の結果、実際に得られたものはノロに近いもので、ズグに相当するものはほとんどなかった）やノロの中には図 3 に矢印で示すような還元された鉄の小さな塊が散在していたが、その量はわずかであった。結果として、最近のたたらにおいては熔融された砂鉄はほとんど還元されずに、そのまま炉床に溜まり凝固したようである。これは、たたらにおける炉内温度が不適切であったことが一因と考えられた。

これらの成果を本科目の最後に行われるポスター発表会で報告した。また、その後の 1 年生のたたら実習

の際には炉内温度を実測し、良質なケラを得ることに成功した。

#### 5. おわりに

たたらによる鉄作りは学生にとって大変印象深い体験であり、学年進行と共に深まる材料工学の知識を活かせる、最も身近な教材である。

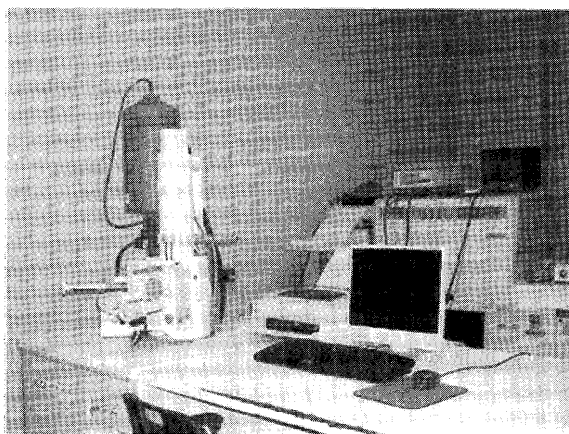


図 1 実験・実習用に整備した SEM-EDX 装置



図 2 たたら実習の様子

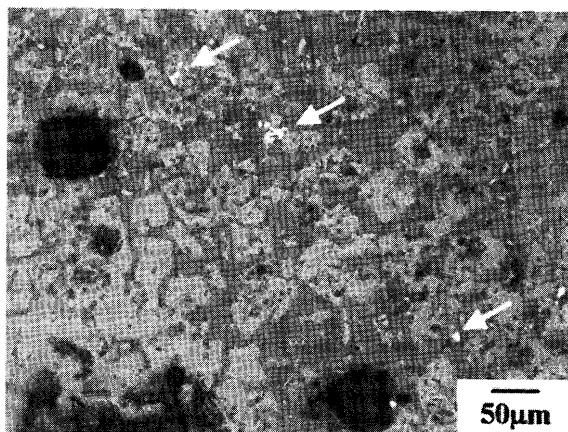


図 3 ノロの光学顕微鏡写真