

「たたら製鉄法」の基礎研究と定量実験としての教材化

丸本 浩

本研究では平安時代末期および鎌倉時代のたたら製鉄法の研究・復元を行い、平安・鎌倉時代の名刀の復元を目指してきた、本阿弥流日本刀鑑定士の川相勝氏（岡山県井原市在住）の協力および指導・助言の下で、「たたら製鉄法」の実験を行った。その過程での化学変化や温度の状態、炉の中での様子や原料である砂鉄の重量に対する得られた鋼の重量などの測定を行い、「川相式たたら製鉄法」の評価を行った。実験の結果「川相式たたら製鉄法」の、小規模・短時間・低コストで少量・高品質の鋼を簡単に生産することができる、という優れた点が確認された。

1. はじめに

「たたら製鉄法」とは、日本古来の製鉄法であり、古くは弥生時代から行われていたという調査結果もあるように、農耕機具や武器としての鉄（鋼）の利用は古代より行われていたと考えられる。(1)しかし、当時どのようなたたら炉によって、どのような製鉄法が行われていたかということは詳しくはわかっていない。さらに鉄（鋼）は再利用される場合が多く、また鉄がさびやすいため、古代の鋼の詳しい成分組成や原材料などについてもその詳細は完全に解明されているわけではない。

ところが、日本独自のたたら製鉄法の発展とともに、それぞれの時代ごとに優れた日本刀が作られてきた輝かしい歴史があることも事実である。日本刀の歴史および評価については、平安時代末期および鎌倉時代前期あたりの日本刀を頂点として、時代が下るごとに日本刀の質が低下してくるという奇妙な現象が知られている。(2)この一因としては、日本刀の原料である良質な玉鋼を得ることが出来なくなったのではないかと考えられる。つまり、名刀を作るための良質な玉鋼を得るためのたたら製鉄法の技術が失われてしまったのではないかとと思われるのである。そこで、平安時代末期および鎌倉時代前期あたりの優れた日本刀の復元を目的とするならば、まず、「たたら製鉄法の研究および実践」をめざすことが重要である。

本研究は、古代のたたら製鉄法の復元をめざし、平安時代から鎌倉時代初期のたたら製鉄法によってつくられた鋼によって、平安・鎌倉時代の名刀の復元を目指してきた、本阿弥流日本刀鑑定士の川相勝氏（岡山県井原市在住）の協力および指導・助言の下で、たたら製鉄法の実験を行い、その過程での化学変化や炉の温度の状態、炉の中での化学変化の様子や、原料である砂鉄の重量に対する得られた鋼の重量などの測定を行い、川相式たたら製鉄法の評価および基礎研究を行うことを目的としたものである。

さらに、この基礎研究を土台として、いろいろな目的に応じたたたら吹き方を工夫して改良することや、生徒（小・中・高・大学生）や社会人の方たちと共にたたら製鉄法を実施して生徒や社会人の体験学習としての教材開発や評価をすることなどの展開が期待できる。また、近代の製鉄法との比較やエネルギー教育の格好の教材としても注目に値するものであり、今後、さまざまな応用・発展・展開が期待できる。(3)

2. 「たたら製鉄法」の歴史

日本における鉄の利用の歴史と、重要な史実、および「たたら製鉄法」の歴史を概観すると、次のようになる。(4)

- ① 紀元前2000年～1000年（弥生時代）
 - ・朝鮮から鉄の道具が伝わり使われはじめる
- ② 紀元2000年ころ（弥生時代後期）
 - ・鉄の道具の時代が始まる
 - 紀元2500年ころ
 - ・登呂遺跡（静岡）の時代の人々が、鉄の道具を使って農耕具を作る。
- ③ 4世紀初頭（古墳時代）
 - ・大和地方で大規模な土木工事が行われる。（仁徳天皇陵などの古墳がつくられる）
 - ・北九州、中国地方、大和地方に「野だたら」が広まる。
- ④ 700年（飛鳥時代末期）
 - ・常陸の国（茨城）の鹿島の浜から砂鉄を取り、劍をつくる。
- ⑤ 820年（平安時代初期）
 - ・日本霊異記に、たてぼりで砂鉄をとる様子が記録される。
- ⑥ 10世紀ごろ（平安時代中期）
 - ・すき、くわ、うまぐわ、かまなどの鉄の農具が使用される。

- ⑦ 11世紀～12世紀ごろ（平安時代後期）
 - ・西日本を中心に各地で小規模な「たたら製鉄法」が行われて、各地域に特徴的な刀がつくられる。
 - ・「たたら製鉄」のおこなわれた主な地域
美作・備中・備後（岡山県）、伯耆（鳥取県）、出雲（島根県）、播磨（兵庫県）、近江（滋賀県）、常陸（茨城県）、筑前（福岡県）
- ⑧ 1264年（鎌倉時代中期）
 - ・田辺家が菅谷（島根県）で鉄をつくる。
- ⑨ 1543年（室町時代末期）
 - ・鉄砲が伝わる。
- ⑩ 1600年（江戸時代初頭）
 - ・関ヶ原の戦い
 - ・鉄穴流し（かんなながし）によって砂鉄をとる方法が広まる。
- ⑪ 1681年（江戸時代前期）
 - ・「菅谷たたら」（島根県飯石郡吉田村）の本格的な操業が始まる。
- ⑫ 1784年（江戸時代中期）
 - ・下原重仲が「鉄山必用記事」を書く。
- ⑬ 1921年（大正10年）
 - ・近代製鉄におかれて商業的な「たたら製鉄法」による製鉄が終わる。（たたら火が消える。）
- ⑭ 1969年（昭和44年）
 - ・「菅谷たたら」でたたら復元実験が行われる。
- ⑮ 1977年（昭和52年）
 - ・日本美術刀剣保存協会（日刀保）が島根県の奥出雲横田町に「たたら炉」を復活し、日本全国の刀匠に玉鋼の供給を開始する。

以上のように、日本古来のすぐれた「たたら製鉄法」は、江戸時代末期から明治時代に導入された西洋の近代製鉄法におかれて、1921年（大正10年）には操業停止に追い込まれた。これは、「たたら製鉄法」の鋼の生産コストと生産効率が近代的な製鉄法より劣っていたため、経済的なベースとしては太刀打ちできなかったことによるものであり、世の中の産業の近代化の流れから考えると当然の流れであると考えられる。が、その一方で、「日本刀」というたぐいまれな優れた性能と芸術的な価値を有する、いわゆる「名刀」を生産するための良質な「玉鋼」を得る手だてが途絶えたために、現代の刀匠たちの受難の時代が続いている。

1977年（昭和52年）、事態を重く見た日本美術刀剣保存協会（日刀保）が島根県の奥出雲横田町に「日刀保たたら炉」を復活し、日本全国の刀匠に玉鋼の供給を開始し、現在も年間1～2回程度の操業を続けているが、すべての刀匠を満足させるべく最高の品質の玉鋼を

得るには至っていないのが現状である。(6), (7), (8), (9), (10)

3. 「川相式たたら製鉄法」について

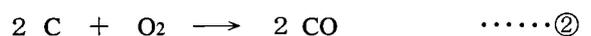
このような背景のなかで、川相勝氏は「鎌倉時代の名刀を復元するための良質の玉鋼をつくる」ことを目標におよそ30年間にわたって研究を積み重ねて、ようやく満足するに足る玉鋼が得られるようになったという。

本実験では、このような「川相式たたら製鉄法」によって、砂鉄から鋼を取りだし、その操作の過程での化学反応を定量的に測定し、原料の砂鉄および得られた鋼の分析を行い、「川相式たたら製鉄法」の科学的な分析を行い、評価するとともに、さらなる効率・性能・操作性の向上を目指すことを目的とするものである。

「川相式たたら製鉄法」は、その目的から、平安時代末から鎌倉時代前期ごろのたたら製鉄法の復元を目標にして開発された方法である。つまり、江戸時代末期に高度に発達した大規模なたたら(5)ではなく、少量の高品質の鋼を、小規模で簡単な操作で生産することを念頭において工夫をかさねたものである。つまり、1回の操業で日本刀1口（ふり）を作ることができる量の玉鋼を得ることが目標である。そのためには、1回の操業で使用する砂鉄は3～4kg、用いる炭（良質の松炭を用いる）の量は10～15kg、操業時間はおよそ1時間半～2時間程度というきわめて効率の良い優れた方法である。まさに「川相式たたら製鉄法」は日本美術刀剣保存協会が復元した大規模なたたら製鉄法に比べて、「ポータブルたたら」とも呼ぶことができる方法であることが最大の特徴である。「小規模・短時間・低コストで少量・高品質の鋼を簡単に生産することができる方法」と要約することができる。

4. 「たたら製鉄法」の化学反応

たたら製鉄法における化学反応は、高温の炉の中で砂鉄と炭とが空気（酸素）の流れによって生じる反応であるが、十分に温度が高く、なおかつ酸素が十分に供給された場合はおもに酸化反応が主体となるはずである。炭（主成分は炭素）が酸素と化合するときには、次のような反応が考えられる。(11)

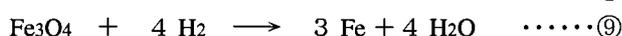
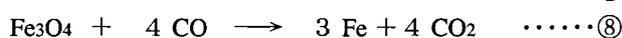
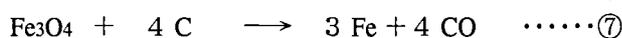
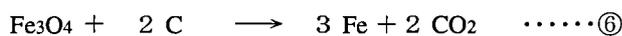


また、空気中の水蒸気が炭と反応する過程も考慮に値する。



ここで、④の反応は近代製鉄の高炉の中で、コークスと高温の水蒸気によって生じる水性ガスの生成反応でもある。たたら炉の中で想定される化学反応のうち、①や③の反応は化学的に安定な二酸化炭素が生成される酸化反応であるが、②や④、⑤の反応のように、条件を整えば一酸化炭素や水素などの還元性を示す気体の生成が期待される。数百℃の温度で、酸素の供給が十分ではなく還元的な雰囲気において、砂鉄を還元することができる。

たたら目的は砂鉄（主成分は四酸化三鉄 Fe_3O_4 ）を炭で還元して鉄（鋼）を得ることであるので、上記の②、④、⑤などの反応から連続的に砂鉄を還元する次のような反応を誘起させる必要がある。



ここで、⑨の水素による還元反応であるが、炉の中の主たる還元反応は⑥～⑧だと考えられるが、⑨の反応が考慮に値すると思われる根拠としては、川相氏の長年の経験によると、たたら製鉄法の操業において最高の気象条件として、雨上がりの翌日の早朝での操業や、晩秋の早朝露で湿った地面での操業など、たたら炉内の化学反応において空気中の湿度、つまり水蒸気の量が無視できないほどの影響を与えていると考えられるからである。

また、ここでは砂鉄の成分を便宜的に Fe_3O_4 と割り切って考えたが、順次還元反応が進行すると考えると、溶鉱炉の中での化学反応と同様に、以下のようなステップが想定されよう。



したがって、たたら製鉄法における主たる還元反応として、上記の一連の反応を実現するように操作方法を工夫することになる。そのためには、炉の大きさや形状・送風方法や砂鉄の投入の仕方など様々な考慮すべき条件があげられる。これらの課題をひとつずつ解決してベストな条件を探し出すことが川相氏の30年間の努力の積み重ねであるといえる。

また、鋼というのは鉄に適量の炭素を含有させた合金であり、炭素の含有量によって鉄の性質は大きく変化するため、刀を作るための良質の鋼を炉の中で作るためには、還元反応を確実にを行うこととともに、炭素の含有量をコントロールする技術も必要である。ちなみに、炭素の含有量が多くなりすぎると、鉄はもろく割れやすくなる。このような鉄を銑（ずく）といい、（いわゆる溶鉱炉から流れ出たときの銑鉄に近い状態の鉄をいう。）、銑を生産するたたら製鉄法を銑押し法（ずくおしほう）という。

本研究で行った方法は、たたら製鉄によって、鋼を直

接生産する操作法で、銑（けら）押し法といい、鋼と不純物（銹滓）がひとかたまりとなった状態で得られる。この固まりを銑（けら）という。もちろん、銑の部位によっては炭素含有量の多い銑に近い部分もあれば、炭素含有量のほどよい良質の鋼の部分もあり、これらの素材を工夫して使いこなすことが優れた刀匠の力量として要求されることのひとつである。したがって、刀匠に優れた良質な玉鋼を提供することができるようなたたらの操業が「たたら士」に要求される所以でもある。

5. 「たたら製鉄法」で用いる原料について

「粉鉄七里に炭三里」（こがねしちにすみさんり）とは、たたら製鉄法を行うときの操業場所の選定条件を示した言い伝えである。(4) 粉鉄（こがね）とは砂鉄のことで、一里は約4 kmだから、砂鉄は七里（28km）、炭は四里（12km）ということになる。このことわざの意味は、たたら製鉄法を操業するために必要な原料として、砂鉄を入手するためには七里＝約28kmまで離れていてもよいが、炭を入手する場所までは四里＝12kmまでが限界だ、という意味である。

重い砂鉄よりも、軽いかさの大きい炭の方がむしろ近くから運ぶべきだというのは、きわめて示唆的である。当時の交通事情や運搬手段から考えると十分に納得できる言い伝えである。

(1) 砂鉄について

古来より優れた砂鉄の産地として中国地方の山間部が有名であり、事実、中国山地には多くのたたら炉の操業の跡が見られる。広島県や岡山県の北部および島根県、鳥取県の山間部では玄武岩や花崗岩が風化した地帯であり、良質の砂鉄を産出する地帯である。

大量の砂鉄を生産するためには、鉄穴流し（かんなながし）とよばれる方法が、古来より行われてきた。農閑期を中心にして山肌のまさ土を川幅の狭い水路に土砂として流して比重の大きい砂鉄を沈殿させて、比重の小さい土を下流に流して砂鉄を選別する方法である。このような鉄穴流しが大規模に長期間行われたために、瀬戸内海沿岸や宍道湖・中海あたりの堆積がすすんだものと考えられる。人間の生産活動が自然の地形をも変化させた具体的な例であり、人間と自然との関係を考える上での格好の教材である。

砂鉄には黒い色をした真砂（まさ）砂鉄と赤茶色をした赤目（あこめ）砂鉄があるが、中国地方の瀬戸内海沿岸部では、赤目砂鉄の産出が中心であり、真砂砂鉄は中国山地の山陰地方を中心として得られる。化学的な組成は、四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とする磁鉄鉱が風化されて岩石に含まれているものが真砂砂鉄であり、良質の玉

鋼を得るためには真砂砂鉄の方が望ましい。一方、赤目砂鉄は四酸化三鉄だけでなく酸化鉄(III) Fe_2O_3 が含まれているため赤くなる。この酸化鉄はいをゆるベンガラとして瓦やレンガの生産に利用されてきたという歴史がある。赤目砂鉄を用いたたたらを操業すると、おもに銚が得やすく銚押し法に主として用いられることが多い。

本研究で用いた砂鉄は、良質の真砂砂鉄で、広島県庄原市東城町の帝釈川より得られた川砂鉄である。もちろん、海にも砂鉄が産する場所があるが、海砂鉄は塩分を含むため、炉の中での反応がコントロールしにくく、また、得られた鋼の質も低下するため用いない方が無難である。そこで、本実験では特に川砂鉄に限定して用いることにした。

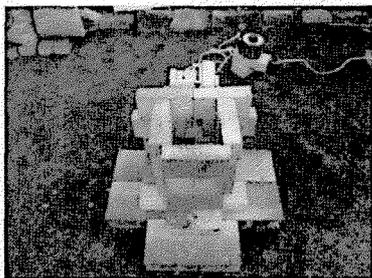
(2) 炭について

炭については、どのような木を用いて焼いた炭でも良さそうなものであるが、本実験で用いた炭は、良質の松炭である。なぜ松炭にこだわるかという点、松炭は軽くて形状の保持性がよく、なおかつ燃焼するとき生じる煙や燃えかすの灰が少ないという利点が挙げられる。

「川相式たたら製鉄法」では、6~7 cm 角に切った良質の松炭を、耐火レンガで囲んだ炉の中で効率よく安定した炎で燃焼しながら操業する点に特徴がある。このときの燃焼する炎の形がきれいな紡錘形を維持することが、理想的な反応を制御するポイントとなる。そのためには、燃料としては良質の松炭にこだわる必要がある。予備運転として炉を暖めるための最初の20~30分は他の炭で行っても良いが、砂鉄を投入する段階では必ず松炭を用いなければならない。

6. 「たたら炉」の構造について

右の図1に、川相式たたら炉を組み立てた様子を示した。生産する鋼の量や目的によっては炉の大きさや形状も異なるが、図1の炉ではごく標準的な炉の様子を示した。炉の底



には、コンクリート製のブロックを5枚、水平に並べておく。その上に、耐火レンガを並べて炉の底面を造り、レンガで3段の高さになるように壁をつくり、四方を囲むように積み重ねる。このときできるだけ隙間ができないように注意するが、必要に応じてレンガの隙間を粘土でふさぐ。

組立てた炉の内寸は、縦 230mm、横 280mm、高さ 340mm で、この大きさの空間で松炭を燃焼させる。

このとき、炉の一方の壁に、内径6~8 cm くらいの粘土製の羽口(はぐち、風を送るための送風口)を2段目の位置に取り付ける。このとき羽口は水平よりも少しだけ傾けて取り付けるようにする。羽口と耐火レンガとの隙間は粘土でしっかりとふさぎ、羽口が動かないように固定する。

羽口の位置にブローア(送風機:プレート型電動送風機・淀川電機製作所、型式TK-2)を設置して、交流100Vの電源にトランスを接続してブローアの風量を調整できるようにする。炉の底には、鉬がこびりつかないようにするために土を炉の角に置き、操業が終わった後に炉から鉬を取り出しやすくする。なお、炉の底には使い古した小さな炭を敷き詰めておくと、炉の底に形成された鉬の形をきれいな楕円形の円盤状にすることができる。

7. 「たたら炉」の操業方法について

準備が整ったら、炉に炭を入れ点火しブローアの風量を調整して炉を十分に暖める。この操作は約30分間続ける。

炉の炎が安定して炎の形が紡錘形になるように風量や炭の置き方を調整する。

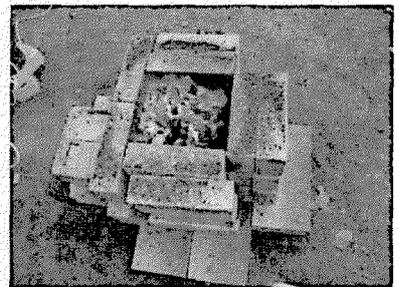


図2 たたら炉の操業中の様子

いよいよ砂鉄を炉投入する段階になるが、砂鉄はそのまま炉の中に入れると、炭の間をバラバラと落下してしまうため、還元される砂鉄の歩留まりが非常に悪くなる。そこで、砂鉄と粉末状の炭を小麦粉(または片栗粉)と少量の水で練って直径6~7 cm の砂鉄団子を作り、炉の中の還元帯(炉の中で主に還元反応が進行すると思われる部分)に置き団子が徐々に炉の中へ沈んでいくようにコントロールしながら炭や砂鉄団子を置く。

砂鉄団子は、一個の重量が40~50 g程度であり、3 kg の砂鉄を用いた場合は約80~100個あまりの団子を作ることになる。川相式たたら製鉄法の最大の特徴および優れた点は、この砂鉄団子の活用法を編み出したことであり、この操作法によって他のたたら製鉄法に比べて格段に優れた収率と品質を得ることができる。

約40分~1時間くらいかけて団子をすべて炉の中に入れ終わると、仕上げとして炉の中の鉬を1つにまとめるための仕上げ吹きを行う。

以上の操作が終わると送風をやめて、炉を解体して鉬を取りだし、次の行程に移るが、今回は研究のために炉を自然放冷して、鉬の形の観察を行い、不純物(鉍滓)

をていねいに取り除き、鋼の重量を計測した。

また、操業中には炉のいろいろな部分の温度を計測して、酸化・還元反応の進行を推定するための基礎的なデータをとった。炉の中の温度は、デジタル温度計(SK-1110, ケニス社)および、K熱電対センサ(LK-12001)を使って計測した。ただし、高温温度計の測定限界が1300℃までなので、炉の中心の羽口のすぐそばの部分では1300℃を越えてしまったために、最高温度は推定することしかできなかった。しかし、砂鉄が還元されている部分(還元帯)の反応温度は表面では約400℃～500℃程度であり、炉の内部でも約600℃程度であることがわかった。このことから、還元帯での反応温度はあまり高温ではないが、空気の対流の状態や還元性の雰囲気を形成するための条件を、炉の中で整えることが重要であることがわかった。

8. 実験結果および考察

たたら製鉄法の実験は2回実施した。第1回目の実験は、当校の教職員および関係者により、厳密に定量実験を行うことを目標として実施した。主たるたたら操作は川相勝氏が行い、炭や砂鉄の投入作業については参加者で手分けして操業した。詳細は以下に示す。

第1回目の実験結果

実施日：2008年11月15日(土)
実施時間：9:00～15:00(12:30～13:20 昼食休憩)
実施場所：広島大学附属福山中・高等学校内の空き地
(広島県福山市春日町5丁目14-1)
参加人数：12名
天候：晴れ
気温：9℃
湿度：60%
砂鉄の使用量：3000g(3kg)
(広島県庄原市東城町産の真砂砂鉄)
炉の運転時間：約2時間(10:40～12:30)
炉の点火時刻：10:40
炉の温度：最高温度1300℃以上～1500℃程度(推定)
(炉の中心 羽口から10cmあたり)
表面温度：800℃～1100℃(酸化帯)
400℃～600℃(還元帯)
内部温度：900℃～1300℃以上(酸化帯)
600～800℃(還元帯)
砂鉄団子投入開始時刻：11:00
砂鉄団子投入終了時刻：12:00
投入した砂鉄団子の数：75個

砂鉄団子の質量：平均で約45～50g

送風停止時刻：12:28

使用した松炭の質量：約16kg

鉞の形状：円盤状

直径：180～210mm

厚み：70～80mm

鉞の重量：1390g

(1.39kg)

得られた鋼の重量：950g

(0.95kg)

収率：53%(*)

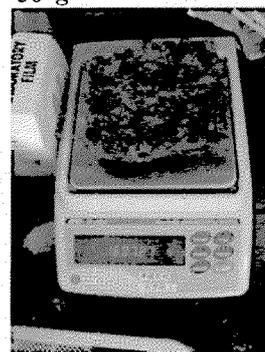


図3 鉞の計量

(*) 砂鉄中の鉄の含有量を60%とすると、砂鉄3kg中の鉄の質量は、 $3000 \times 0.6 = 1800$ g よって収率 $= 950 \div 1800 \times 100 = 52.8$ (%)

以上のような結果が得られた。得られた鋼の質量は理論値の53%という高い値であり、約2時間という短い時間にもかかわらず、3kgの砂鉄から1kgの鋼を取り出すことができるということは驚異的なことである。今後還元帯の環境をさらに整える吹き方や、砂鉄団子の成分の調整などによって、さらに収率を高めることが可能である。また、今回得られた鋼は、やや炭素量の含有率が高めになったが、これは砂鉄団子に含まれる炭の割合を調整することで解決することができる。鋼の品質にこだわるといことは、今後の重要な視点である。

第2回目の実験は、当校の中学生とともに実施した。たたら製鉄法を生徒の体験学習の教材として開発するための実践的な取り組みとなった。今回も川相勝氏が全体的な操業を行い、炭や砂鉄の投入作業は、参加した生徒が一人ずつ全員が体験した。なお、今回参加した生徒達は事前指導として、たたらに関する説明と酸化還元反応についての講義(50分間)を聴いた後に実施した。詳細は以下に示す。

第2回目の実験結果

実施日：2008年11月22日(土)
実施時間：9:00～15:00(12:30～13:20 昼食休憩)
実施場所：広島大学附属福山中・高等学校内の空き地
(広島県福山市春日町5丁目14-1)
参加人数：中学生38名、教師7名
天候：晴れ
気温：5℃
湿度：55%
砂鉄の使用量：3000g(3kg)
(広島県庄原市東城町産の真砂砂鉄)
炉の運転時間：約3時間(9:25～12:20)
炉の点火時刻：9:25
砂鉄団子投入開始時刻：10:00
砂鉄団子投入終了時刻：11:43

温度計測：生徒の安全に配慮して実施していない。

投入した砂鉄団子の数：80個

砂鉄団子の質量：平均で約45～50g

送風停止時刻：12:00

使用した松炭の質量：約24kg

鋸の形状：やや厚みのある円盤状

(直径：160～190mm, 厚み90～100mm)

鋸の重量：1040g (1.04kg)

得られた鋼の重量：850g (0.85kg)

収率：43%

第1回目の実験に比べると、収率の低下や使用した松炭の量の増加などが見られるが、これは、生徒が一人ずつ炭や砂鉄を入れたりするために時間が必要以上に経過してしまい、収率の低下に至ったものと考えられる。たたらに関する解説等も交えながらの操業となるため、鋼の質や収量の増加を両立することは大変難しいと言わざるを得ない。ここは「教育的効果をねらう」という点にねらいを絞り込んで実施すべきであろう。

9. まとめ

今回の一連の実験の実施を通じて、「たたら製鉄法」という日本独自の製鉄法の優れた点と、「たたら」というものの魅力を今更ながら再認識することができた。

実験を通じて、「川相式たたら製鉄法」は収量が安定しており、短時間に、しかも確実に高品質の鋼を得ることができる、大変優れた方法だということが、様々なデータにより裏付けることができた。

また、第2回目の生徒を交えての取り組みでは、生徒達は初めて見る「たたら」に強く引きつけられている様子で、「砂鉄から本当に鋼ができるという驚き」や「鉄は大規模な工場で作るものという認識が覆されたことへの新鮮な感動」などが見られ、今更ながら教材としての「たたら」の魅力を強く感じた。生徒達の書いた感想の中には、「この鋼はこの後どうなるんだろう？」という点に興味を持った文章が多く見られた。そこで、今回の実験で得られた鋼は、刀匠：竹下國光氏（岡山県岡山市在住）に依頼して、その次の工程の加工をお願いすることになっている。今後、小刀やペーパーナイフなどの工具にすることができれば、今回の実験の意義もさらに深まることと考えている。このように、今回の取り組みの延長線上には、刀匠による刀の製作についての研究協力や生徒参加の体験学習としての鍛冶体験学習の実施など、いろいろな展開が可能である。今後、実現可能なものから順次取り組みを進めていきたい。

「川相式たたら製鉄法」は、私達の身近な素材である「鉄」や「鋼」に興味を持ち、なおかつ、化学反応としての興味・感心を高め、また、原料の松炭の燃焼によるエネルギーを利用するという点など、自然科学に関する教材の宝庫である。さらに、鋼を加工する過程においては、伝統工芸としての鍛冶の体験や美術工芸品としての日本刀の魅力など、多岐にわたる関連分野の広がりを持っている。

今回の実験を実施するにあたり、「鉄とたたら・刀」に関係する多くの方々の指導・助言をいただいた。

たたら実験の演示や実演を指導・助言していただいた川相勝氏をはじめとして、日本の製鉄の歴史や私達の生活と鉄との関わりなど、「鉄や鋼」に関する資料や歴史的な解説などで優れた展示をしている和鋼博物館（館長：八十政雄氏、学芸員：高岩俊文氏）との連携や、日本刀に関する優れた研究や意欲的な展示を実施している佐野美術館（館長：渡邊妙子氏）、「川相式たたら」によって作られた鋼を用いて優れた作品を製作している刀匠の竹下國光氏などの諸氏の協力・連携などによって、今回の取り組みが充実したものになった。ここであらためて諸氏に感謝したい。今回の実験を基点として、今後、さらなる広がりや深まりをもつことができるものと期待している。

付記

本研究は平成20年度科学研究補助金（奨励研究）、（課題番号：20915004）の援助によって実施したものである。

参考文献

- 1) 佐々木稔, 鉄の時代史, 雄山閣
- 2) 鈴木卓夫, 作刀の伝統技法, 理工学舎
- 3) 菅野照造・鉄と生活研究会, トコトンやさしい鉄の本, 日刊工業新聞社
- 4) 大竹三郎, 鉄をつくる一出雲のたたら, 大日本図書
- 5) 俵 国一, (復刻・解説版) 古来の砂鉄製錬法—たたら吹製鉄法, 慶友社
- 6) 天田昭次, 鉄と日本刀, 慶友社
- 7) 河内國平, 真鍋昌生, 刀匠が教える日本刀の魅力 (改訂版), 里文出版
- 8) 永山光幹, 日本刀を研ぐ 研師の技・眼・心 [新装版], 雄山閣
- 9) 田中 天, 鉄の文化史, 海鳥社
- 10) 渡邊妙子, 日本刀は素敵, 静岡新聞社
- 11) 井上勝也, 鉄は活きた元素, 研成社