

「NPO ものづくり教育たたら」の活動事例

渡 邊 玄*

1. はじめに

「特定非営利活動法人ものづくり教育たたら(以下NPO たたら)」⁽¹⁾は、永田和宏東京工業大学名誉教授を理事長とした会員約60名程度のNPOである。会員は主に鉄に関わる企業に勤める会社員やそのOBを中心として、近年学校の先生や学生などの会員も増えてきている。NPO たたらは、①たたら製鉄を通して幅広い「理科教育」の支援、②小・中・高校、大学など地域社会で行う「ものづくり」活動の技術指導、③ものづくり教育プログラムの企画・推進を主な目的としており、上記の活動と、それらを指導する指導員の育成を行なっている。

NPOの指導活動の多くは、スーパーサイエンススクールなどの助成金を受けた学校からの依頼で、限られた学生にたたら製鉄の指導を行うことが多い。その際、作った鋳(鋼)を使って何かを作りたいという要望が数多く寄せられていた。「子どもたたら教室」は独立行政法人国立青少年教育振興機構の「子どもゆめ基金」⁽²⁾の「子どもの体験活動助成」を受けて、一般の小学校3年生から高校3年生までの幅広い学年を対象に、製鉄の原料となる砂鉄の採取、木炭づくりによる炭の調達、両者を使ったたたら製鉄、その鉄を使ったペーパーナイフの制作までを行なっている。一連の工程を体験することで、原料・材料と製品との関係に興味が生まれることを期待している。本報告では、「子どもたたら教室」における一連の活動について紹介する。

2. たたら勉強会

子どもたたら教室の第一回目は大学の講義室を借りて講義を行う。まずは永田理事長が鉄についてのお話と、ビデオを使ってたたら製鉄の概論を説明する(図1)。幅広い学年から参加者を募ると言っても実際は小学生4年、5年生が多く、指導要領の定める範囲で説明するのは極めて困難である。学校ではまだ習っていないくても、原子、一酸化炭素、などいく



図1 小型たたら炉で作られた鋳を見せながら、子ども達に説明をする永田NPO理事長(第3回子どもたたら教室より)。

つかの科学用語は聞いたことがあるでしょう、と前置きをして結構踏み込んだ話までしてしまっているが、この点に関してのさらなる改善が必要である。

NPO会員で、元小学校教諭であった福島氏による木炭・炭焼きの講義では実物を使ったクイズや、椅子に座り飽きたであろうタイミングで外に出してクイズを出すなど、子どもの気持ちを知り尽くした見事な講義であった。

鍛冶の講義は刀匠松田周二氏による日本刀のお話で、日本刀の歴史を中心に講義を行った。講義の内容の多くは鍛冶体験の日の内容と重複するので後述したい。

以上の講義を以て砂鉄採取、炭焼き、工場見学、たたら製鉄、鍛冶によるペーパーナイフづくり、報告会までの4カ月にわたる実習を始めることになる。

3. 砂鉄拾い

松田刀匠の協力で、千葉県南端の館山に近い千倉の瀬戸浜海水浴場で砂鉄の採取を行なった。砂鉄のたまる場所は時期により様々だが、砂鉄は白い砂に比べて重いので、白い砂を除けると黒い砂鉄の帯がところどころに見られる。これを袋越しの磁石でさらったり、湿った砂を一度ブルーシートの

* 東京工業大学助教；大学院理工学研究科(〒150-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1-S8-9)
Activity Report of “Non-profitable Organization of Creative Education Using Tatara”; Takashi Watanabe (Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)
Keywords: *Tatara steelmaking, experience-based education, charcoal making, safety education, non-profitable organization*
2014年月日受理[doi:10.2320/materia.54.152]



図2 砂浜で磁石に付いた大量の砂鉄を見せてくれた小学生(第3回子どもたたら教室より).

上に広げて乾燥させ、磁石で回収した(図2)。磁石で回収された砂鉄の中には、砂鉄に挟まれて一緒に回収された砂粒が多く含まれている。その結果、たたら操業の際のノロ(スラグ)の量が増えて歩留まりが悪くなるため、NPOでは手動の磁選機を作成し、より高純度の砂鉄に精製した。千倉海岸の砂鉄は出雲の砂鉄に比べてTiO₂成分が多いのが特徴である。砂鉄の化学組成はFe₃O₄: 74 mass%, TiO₂: 9 mass%, SiO₂: 8 mass%, Al₂O₃: 3 mass%程度になる。この砂鉄を約200 kg調達した。

実施時に注意すべきことは、炎天下での作業のため熱中症に注意すること、海に入って遊び、事故を起こすことがないように注意することであった。しかしながら、夏の盛りに海水浴客の脇で砂鉄拾いをしているにもかかわらず、海で遊ぶこともせずに砂鉄を黙々と取り続ける姿は意外であり、印象的であった。砂場で磁石に付いてくる少量の砂鉄で遊んだ経験は誰しもあると思うが、これが本当に鉄になると想像することは難しいであろう。

4. 炭 焼 き

群馬県赤城山にある国立青少年交流の家の協力のもと、泊りがけで炭焼き体験を行なった。第1回、第2回では炭焼き名人であり、国際炭焼き協会会長の杉浦銀次先生と正司和久先生の指導、第3回ではNPO会員の福島氏の指導により、ドラム缶窯、穴窯、伏せ焼の3種類の 방법으로炭を焼いた。図3(a)は伏せ焼きと呼ばれる手法の準備の写真で、下に空気の通り道の隙間を作って写真のように木を敷き詰め、上にトタン板を載せて土をかぶせる。ブロックで組まれた焚き口で火を焚くと、熱と煙が木材の隙間を抜けて煙突から出ていく。それによって中に詰めた木材も燃焼を始め、蒸し焼きにされていく。煙突から出る煙は、最初は湿気による白い煙が主であるが、次第に煙の温度が上昇し、煙の色も青白い色に変わってくる。この煙の中には木酢が含まれているため強烈な臭いがするが、この木酢を回収すると虫よけや洗剤など様々な効果があるそうだ。他の炭窯でも同様の手順で木炭を作ることができる。

また、炭窯の変化に注意を払いながら、待ち時間の間は花



図3 (a)伏せ焼き法の基本構造。(b)完成した木炭と一緒に記念撮影(ともに第3回子どもたたら教室より)。

炭の作製に挑戦した。茶筒やお菓子の箱など各自持ち寄った缶の容器に小さな穴をあけ、松ぼっくりなどをいれた後、針金で縛って焚火の中にくべた。白い煙が中から噴き出した後、しばらくして火から取り出すと、原形を留めたまま炭になっている。ちょうど夏休みの終わりの時期でもあり、格好の夏休みの宿題の提出物になる。

伏せ焼き、ドラム缶炭焼き窯は2日目の午後には取り出せるが、炭窯は容量が大きいため燃焼に2日程度かかり、冷却にも時間がかかるため1週間後の取り出しになる(図3(b))。

5. 工 場 見 学

子どもたたら教室で体験するたたら製鉄との比較として、新日鐵住金株式会社君津製鉄所のご協力により製鉄所見学を行なった。午前中は工場紹介のビデオと一般社団法人日本鉄鋼連盟が制作した広報ビデオを視聴し、永田理事長と、企業の方による製鉄所の概要説明などが行なわれた。質問の時間では、子どもならではの質問に交じって、原料を海外から輸入しているんだら、その国で鉄を作ればいいのか、と言った大人顔負けの質問が出ることもある。それに対しては、当然損得を考慮した上で現在の方式を取っているが、工業製品は製造設備だけでできるものではなく、それを運用する技術者の質に大きく左右される。日本人のものづくりに対する姿勢や細やかさがあればこそ、日本で作る価値がある、との回答で締めくくられた。この話を聞いた子どもたちの中から、優れた技術者が生まれることを期待したい。

午後から2台のバスに分乗して工場見学に出発する。第4高炉前に設置されたお立ち台から高炉を臨み、記念撮影(図4)。製鋼工場の転炉、連続鋳造設備、熱間圧延工場を見学した。まだ残暑の厳しい中、水蒸気や鋼板からの輻射などの熱気を浴びながら、映像では感じ取れないスケールの大きさ、迫力を体感できたのではないだろうか。

6. たたら操業

千倉海岸で採取した砂鉄と、赤城山で作った木炭を使って製鉄に挑戦した。図5に示すような簡易たたら炉を用いて操業を行なった。この簡易たたら炉は耐火レンガと軽量ブロッ



図4 君津製鉄所第4高炉前にて、スラグ運搬車の通過に歓声を上げる(第3回子どもたたら教室より)。

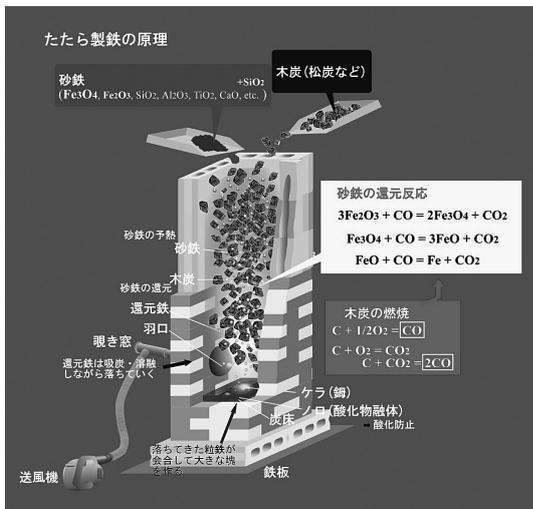


図5 簡易たたら炉の概略図。

クでできているため、炉体に粘土を用いた本格的なたたら炉とは異なるが、築炉が1時間程度でできること。また、炉壁が耐火レンガなのでノロ(スラグ)の浸食を受けにくく、ノロの組成は砂鉄の成分に依存するため、操業が簡単である。場所を選ばず初心者にも気軽に製鉄を楽しんでもらい、鉄に対する興味を深めてもらうという点を重視してこの方法を採用している。このたたら炉では、砂鉄20~30kgと木炭70kg程度から約6時間で4~6kg程度の鋼を得ることができる。

簡易型たたら製鉄に必要なほとんどの道具はホームセンターで手に入れることができるが、たたら操業を想定されたものではないため、作業中の安全管理は全て自分で行う必要がある。特に注意したのは炭を切る鉋の取り扱いと、火傷、一酸化炭素中毒である。4基の小型たたら炉を組もうとすると木炭は300kg近く必要になり、大量の木炭を鉋で切る必要がある。炭切りの作業中、同じ作業を苦も無く黙々と続けられる子どもと、途中で飽きて鉋を必要以上に大振りに炭を切り始める子どもの2種類の子どもの間に分けられる。後者は特に怪我の原因となったり、周りに迷惑をかけるので、直ちにその行為が危険であることを説明し、気分転換に他の仕事を与えてやる必要がある。

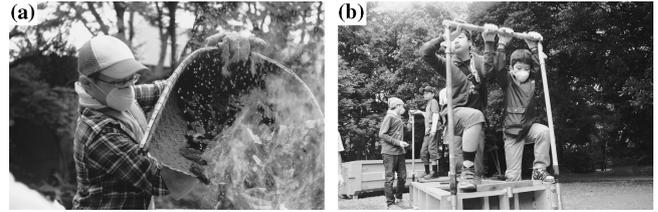


図6 (a)木炭投入の様子。防護対策を十分にしたらうえて、大抵の作業は子どもにやらせよう。(b)踏み鞆による送風の様子。4基あるたたら炉のうち1基は送風も人力で行なった(いずれも第2回子どもたたら教室より)。

また、操業中には焼けたレンガや炉内を突いた鉄棒、流れ出たノロなど、高温のものが多く作業場に存在する。赤熱したのものに関してはその熱気から子どもでも危険を察知することはできるが、ある程度温度が下がって500℃以下になると見た目では室温のものほとんど区別がつかない。そのため、作業前に念入りに説明と注意をする。また、温度が上がってきた際に手を近づけさせて熱気を感じさせたり、ものが光る温度は危険であることを実例を示しながら危険性の説明を繰り返す必要がある。また、炉の周辺は木炭の燃焼により一酸化炭素ガスの濃度が高くなっている。しかしながら、一酸化炭素は無色無臭であるため、子どもはその状況に気づくことができない。そのため、操業責任者にCOガスセンサーを持たせるほか、風向きに注意しながら子どもがどこにどまっていなかったか注意する必要がある(図6(a))。

上記のような注意すべき点について、事前にリスクアセスメント等を構築した結果、幸いにして今まで大きな事故もなく操業を行うことができている。このような体験授業では、危険を隠すのではなく、リスクを明示してどのようにすれば回避できるのかを教えることで、子ども相手であっても実習内容の範囲を広げることができるように思える。

4基あるたたら炉のうち、1基の送風は図6(b)のような踏み鞆を用いて行なった。親子で二人並んで鞆を踏みながら記念写真を撮ったり、操業が安定して単調作業の繰り返しになった間の時間を過ごすにはちょうど良い。また、ノロ出しでは、オレンジ色に焼けたノロが溶岩のように炉内から出てくるが、その中に還元された小さな鉄の粒が含まれている事があるため、子どもたちは粒鉄探しをしている。

鋼出しのため炉を崩していく際は、子どもたちに赤熱したレンガを運んでもらう。鋼出しは危険なため指導員が行うが、周囲ではデジタルカメラ、スマートフォン、携帯ゲーム機など思い思いのカメラを構える。鋼を水につけた際の音と水蒸気に歓声を上げるとともにものすごい勢いでシャッターが切られていく。最後に、炉内の燃え残りの木炭と炉の余熱で焼き芋を作り、みんなで食べて終了した。

7. 鍛冶体験

鍛冶体験では、たたら製鉄で作製した鋼を事前に折り返し

鍛錬により4回折り返した板を鍛錬により伸ばし、ペーパーナイフの形状にした(図7)。耐火れんが20個程度で組まれた簡易鍛冶炉に木炭を燃やし、鉄片をオレンジ色になるまで加熱し、金床の上に載せて金槌で叩く。温度が上がった状態の鉄ほど叩くと柔らかく変形していくことを確認し、「鉄は熱いうちに打て」という言葉の意味を実感する。鍛冶職人は金槌で叩くエネルギーを効果的に与えることで鉄片の冷却を抑え、鍛錬する時間を長く取ることができるが、もちろんそのようにうまくいくことはなく、鉄片はみるみる冷えて色を失っていく。冷めた状態で叩きすぎると鍛接面が剥がれてくるので、なかなか思い通りに進まない。職人が鮮やかにこなして見せる作業が日頃の訓練の賜物であることを実感しつつ、なんとか自分の思う形に成形していく。親が鉄で鉄片を押さえ、子どもが金槌で叩くという親子の共同作業もあちこちで見られて大変ほほえましい。

鍛錬によっておおよその形を作った後は、ベルトサンダーで余計な部分を削り落として最終的な形を作り込んでいく。鍛錬の際に金槌の面で叩かず、ヘリで叩いて深く入ってしまった凹みもひとつの作品の個性として趣が出てくる。成形後は油分を藁灰でよく落とし、加熱し直した後でんぷら油の中に入れて黒さびの被膜をつけて完成である。自分たちが作った鉄が自分の作品として手元に残るため、このイベントの出席率は非常に高い。

また、作業の合間に松田刀匠が鍛錬の実演と刀の観賞の方



図7 鍛錬によるペーパーナイフづくり。熱した鉄片を叩いて伸ばし、ナイフの形に成型する(第3回子どもたたら教室より)。



図8 松田刀匠に日本刀の観賞の手ほどきを受ける様子(第3回子どもたたら教室より)。

法の実演を行った。鍛錬する鉄の塊を鍛冶炉にくべて1300℃近くに加熱されるまで時間がかかるため、松田刀匠による日本刀に関する解説や、刀鍛冶の修業などのお話をいただいた。それぞれの内容が非常に興味深いものであったが、そのうちのいくつかを簡単に紹介したい。

- 日本刀は武器であるけれども武器として使われた時代はほとんどない。そして美術品でもある。日本の歴史は鉄の歴史でもある。日本刀を勉強すると日本の歴史もわかる。名刀は大事にされてきたから使われずに保存されて今まで受け継がれてきた。名刀を作らないと自分の作品は残らない。
- 刀鍛冶はもうからない。けれども、誰もできないことにチャレンジしているという意味での面白さは非常に大きい。
- 最近のスポーツ選手で名を成した人のほとんどは小さい子供のころから始めている。職人の世界も同じ、14~15歳のころから職人の世界に入った方が断然伸びる。
- 刀鍛冶の修業では、師匠は最善のものを作るためにわずかな干渉も排除したい。そのため、弟子を仕事場に近づけることすら避ける。弟子は、向こう鎚を打つときのみ仕事場に近づくことを許される。技を盗むと言っても、その機会すら限られる。難しい世界だ。

特に印象深かった内容は、どの分野にせよ道を究めるには若いうちからの専門教育が重要であり、子どもの才能・可能性を見出してやれるのは両親・保護者であるべきである、とのことであった。これらの話の多くは子どもに向けてよりも、その保護者に向けての発言であったように思える。

日本刀の観賞では、小さな子が持つには刀は重いので、恐る恐る刀を持って鑑賞し、そのまま返す子どもが多かった(図8)。筆者が大学の授業で同様に学生に日本刀を持たせると、どの学生も緊張と気持ちの昂ぶりが混じったような表情になる。今回の結果をみると、大学生と小学生の反応の差は対照的であり、予想を裏切るものであった。

こうして、夕方前までに一人一本思い思いのペーパーナイフを完成させ、密度の濃い一日が終わることになる。

8. 最終報告会

最終報告会では、これまでのイベントの総まとめとして数枚の模造紙にポスターを作製し、お互いに発表するというものである(図9)。各自が思い思いに印象に残ったことをクレヨンやペンを駆使して絵を描いていく。低学年は絵日記風に、一方高学年は図解のようなイラストを描き、変化に富んでいて面白い。特に小さな子どもが絵を描く場合、興味の対象がわかりやすい。工場見学では、高炉の絵が象徴的に描かれており、なかには紙を切り貼りして立体的に高炉を作った子どもおり、発想の柔軟さに改めて感心させられた。

9. まとめ

以上、原料の調達から材料の作製、最終製品までの一連の工程を体験するという「子どもたたら教室」の活動をまとめ

