

名誉会員からのメッセージ

試験溶鋳炉の操業体験

Operation Experience of Experimental Blast Furnace

東京大学 名誉教授 月橋文孝



1 はじめに

大学での研究では鉄鋼製錬・金属製錬の物理化学、反応の速度論と熱力学の研究に従事してきました。なぜ製錬分野を目指したのかを振り返ってみますと、いろいろな出会いの中で東京大学生産技術研究所の試験溶鋳炉の操業に参加して、自分の手で銑鉄を作った（作る作業に関わった）という若いときに感じた強烈な印象がありました。それが今に至るまでの研究生活のなかで重要な体験になっていたと思います。また、これまでの製銑、製鋼、非鉄製錬反応の物理化学の研究の中で現実的な研究テーマとして扱ったキーワードがスラグです。スラグというものの実物を初めて知ったのは試験溶鋳炉の操業実習でした。それ以来、スラグというものは研究の中心にいつも存在するものとなりました。

大学の研究室で溶鋳炉を持っていたということは日本鉄鋼協会の会員でも多くの方はご存じないと思いますし、私が最期の頃の何回かの操業に参加したのも学部学生・大学院学生のときでしたのですでに40年以上経過し、実際に学生として操業に参加された経験のある方も60代となっています。試験溶鋳炉がだんだんと忘れ去られるのも残念に思い、今回、投稿の機会を与えていただいたので、強烈な感動のあった試験溶鋳炉操業の体験をご紹介します、皆様に知っていただければ幸いです。

2 東京大学生産技術研究所の試験溶鋳炉

東京大学生産技術研究所鉄鋼研究室に試験溶鋳炉（西千葉キャンパス、千葉県千葉市）がありました。試験溶鋳炉では1955年（昭和30年）に湯溜まり吹精による溶銑中クロムの酸化除去（ラテライト鋳の活用）の研究を当初の目的として創設され、1981年（昭和56年）まで試験目的を変えながら29回の操業が行われました。私は大学学部三年生の1975年の

26次操業から何回か参加し、当時は館充先生が主宰されていたらしやいました。

溶鋳炉設備は時代とともに改造・増強がなされてきており、一例として26次操業の溶鋳炉の断面図を図1¹⁾示します。炉体は、ベリ一部で炉内径665mm、高さ約4mで、羽口を3本、出銑口、出滓口を備えていました。周辺設備としてペブル式熱風炉、原料装入設備を備えていた本格的な高炉設備で、試験溶鋳炉の特徴として、試料の採取、測温用のゾンデを挿入する孔を多数備えていました。一回の操業は2~4週間、24時間の連続操業で行われ、銑鉄生産量は、初期の操業の頃には約1t/dayであったので「1t試験溶鋳炉」と呼ばれていましたが、私が参加した頃の後期の操業では実際には約4t/dayと

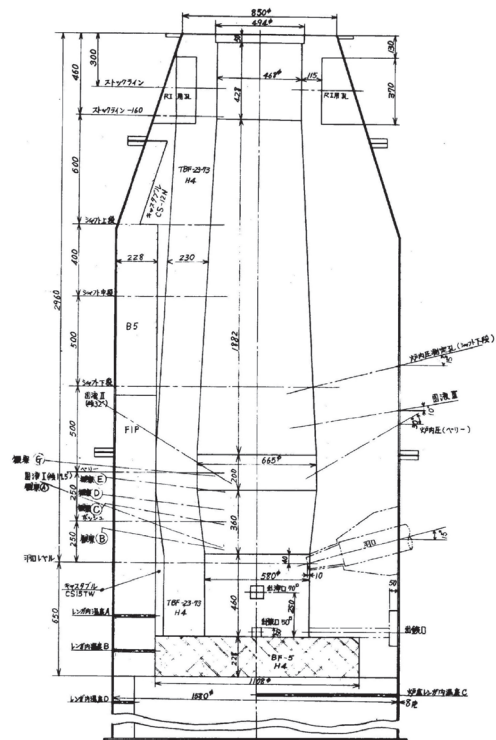


図1 東京大学生産技術研究所第26次試験溶鋳炉



写真1 第29次操業参加者集合写真

表1 試験溶鋳炉操業目的

操業次	年	月	試験目的
1	1955	3-4	安定操業条件確立
2	1955	8	安定操業条件確立
3	1956	8	安定操業条件確立
4	1957	3-4	脱クロム
5	1957	8	脱クロム
6	1958	3-4	三池炭コークス、石灰石羽口吹込
7	1958	8-9	高アルミナ鋳石、含チタン焼結鋳、石灰石吹込
8	1959	3-4	三池炭コークス、含チタン焼結鋳
9	1959	8-9	都市ガス、天然ガス吹込
10	1960	3-4	都市ガス、天然ガス吹込
11	1961	3-4	天然ガス吹込、高圧操業
12	1962	3-4	粉コークス、粉炭吹込、高圧操業
13	1962	8	粉炭吹込、高圧操業
14	1963	3	高圧操業、高温送風、酸素富化送風
15	1963	8	粉炭吹込
16	1964	3-4	送風限界
17	1966	7-8	送風限界
18	1967	7-8	送風限界
19	1968	7-8	送風限界
20	1969	7-8	送風限界
21	1971	3-4	天然ガス吹込
22	1971	7-8	石油コークス
23	1972	7-8	天然ガス吹込
24	1973	7-8	熱レベル
25	1974	7-8	熱レベル
26	1975	8	劣質コークス
27	1977	7-8	コールドボンドベレット
28	1979	7-8	成型コークス
29	1981	7-8	ピッチコークス、SiO ₂ 源

なっていました。(一日に8回出銑、一回に0.5t)

各回の操業試験の研究目的は、表1²⁾に示すように、初期の未利用資源、国内資源の利用から、粉炭吹込、複合送風、送風

限界、コークス比の限界、各種コークス、コールドボンドベレットへと時代の要請に従って変化し、燃料、操業方法などに関わる重要な各種試験が行われてきました。試験溶鋳炉は大規模な試験装置であり、日本鉄鋼協会、製鉄会社各社と共同して、新たな原料、燃料の性状試験、操業方法など通常でない操業条件下での試験を行い、どのような現象が生じるのかを検証、解析することにより、通常の大学研究室規模では得られないような製鉄分野での貴重な研究成果を多数得てきました。

操業は24時間連続操業で行われるので、全国の大学の主に冶金学科、金属工学科、材料工学科等の大学院生、学生が操業の作業員として操業実習を兼ねて参加し、延べ859名²⁾の大学院生、学生が参加しました。操業に参加された方々には、その後の鉄鋼分野で活躍されている方々が多数おられます。学生の教育の点からも試験溶鋳炉での操業実習の果たした役割は非常に重要であったと思います。(写真1：29次操業(最後の操業)の参加者集合写真)

私のときは15日間、約10人の三班に分かれ3直3交代で、出銑、出滓作業、原料計量、銑鉄、スラグの化学分析などを担当していました。3直3交代ですので、作業時間のシフトのときには16時間の連勤作業をしていました。まだ三年生でしたから、鉄鋼製錬などの鉄鋼製造について講義で勉強する前の段階でこのような作業に従事し、鉄鋼の作り方を体験として知ることができたのは貴重でしたし、操業で体験したこと

の感動が将来の専門分野を決める動機となっています。操業での学生の作業員の役割は上記の各種作業でしたが、その中で、出銑、出滓作業では自分で炉体に孔を開けて、真っ赤になっている大量の溶銑(1回の出銑で約0.5t)、スラグを

流し出して、鑄鉄機で固めるというダイナミックな作業を初めて経験したときは感動しました。私が初めて参加した26次操業では劣質コークスを用いた操業試験をしており、出滓口から真っ赤なコークス粒が吹出すという尋常でない挙動を体験したことも今でも忘れることはできません。

また、試験溶鋳炉での26次操業として特筆しておくことは、ファイバースコープによる炉内の直接観察でしょう。試験溶鋳炉で開発したファイバースコープを羽口、ボッシュ、ベリー部から炉内に挿入して、レースウェイ内部やその周辺でのコークスの旋回運動状況、コークスの劣化挙動、融着帯域での液滴の滴下、融着帯の崩落状況を直接観察して、これらの観察結果はビデオや高速撮影で記録されています。溶鋳炉の融着帯を直接に観察し、その滴下挙動を直接初めて見たという大変貴重な結果であったわけで、ファイバースコープ法の開発と炉内高温域での反応挙動の観察は、製鉄プロセスの進展につながる試験溶鋳炉における有意義な研究成果です。

鉄鋼研究室の研究者の方々がこれらの実験観察を行っておられ、学生であった私はそれを炉前作業の合間に眺めていただけで、その時にはその観察画像の重要性を認識しておらず、その後、鉄鋳石の軟化・溶融の研究を始めて、ようやくファイバースコープによる炉内直接観察の重要な意義を認識した次第です。学部学生であったとはいえ、もう少しよく勉強して操業に臨んでいれば観察結果の意味が理解できたはずで、その場で感動を共有できなかったことは今でも残念に思っています。

このような試験溶鋳炉の操業に学生として参加して、多数の皆さんの協力によるもの作り、日常作業の繰り返しによるものの生産の重要性の体験など、もの作りにおけるいろいろな感動を与えていただいたことは貴重なことでした。

大学の講義の一環の学生実験では、決められた時間内でわかっている結果が出るという実験が多く、実験を行ったときになにが起こるかわからないこと、それにどのように対応していくのかを操業実習において若いときの体験として知り教えていただいたことは、その後の研究活動への貴重な財産になったと思っています。

手元に1kgほどの小さな銑鉄の塊があります。最後の操業のときに鑄鉄機の中に残っていた最期の銑鉄を記念に持ってきたものですが、もの作りの大切さを教えてくれた試験高炉の大事な思い出の品であり、40年たった今も眺めています。

生産技術研究所千葉実験所は、東京大学柏キャンパス（千葉県柏市柏の葉）に移転し、最期の操業の後しばらく残っていた試験溶鋳炉はなくなってしまいましたが、炉底の煉瓦は生産技術研究所に試験溶鋳炉があった記念として柏キャンパスの生産技術研究所の入り口で保管・公開されています。また、29次までの長年にわたる操業の貴重な操業報告書、研究資料、記録映像、実験試料などは、館先生の後を引き継がれた前田正史先生（東京大学名誉教授、現京都先端科学大学学長）のご尽力により、生産技術研究所の歴史資料室で大切に保管されています。

3 おわりに

これまでに、いろいろなことを経験して感動し、また多くの方と出会うことでいろいろと教えていただき助けていただきました。これらのことは私自身にとって貴重な財産となっており、自分の専門分野でやってこられたのも、お世話になった皆様のおかげであり感謝しています。そのような中で、若いときに経験し心の中に残る純粋に感動したことは忘れることはできず、その後の進むべき道に大きく影響を与えてきたと思います。今回ご紹介した試験溶鋳炉における操業体験において、私にとっては流れてくる銑鉄を自分自身の手で取り扱ったという体験に大いに感動して、製錬分野に足を踏み入れるきっかけとなりました。何が起るかわからないという実習体験は、現在、学生が参加する会社でのインターンシップとは異なっていると思いますし、素晴らしい経験でありました。

若手技術者・研究者の方々は、自身でいろいろと興味を持つことで心に残ることを体験して将来の糧とされ、自分自身の考えを大切にして将来の道を切り開いて、今後ますます発展されることを期待しています。

参考文献

- 1) 試験溶鋳炉第26次操業報告書, 1975年8月1日～8月15日, 東京大学生産技術研究所鉄鋼研究室.
- 2) 館充: 試験高炉の四半世紀, 日本鉄鋼協会共同研究会第60回製鉄部会資料, 昭和57年5月.

(2024年2月27日受付)