日本製鉄株式会社 広畑製鉄所を訪問して[†]

林 要* 木谷 友子*

Interview Report on NIPPON STEEL CORPORATION Hirohata Works

by

Kaname HAYASHI* and Tomoko KITANI*

1 概 要

日本製鉄株式会社広畑製鉄所は、鉄鋼の大消費地である関西・瀬戸内圏の中央部、兵庫県姫路市に位置し、1939年に創業、1950年より富士製鉄株式会社（現日本製鉄株式会社）の製鉄所として稼働しています。同社の日本国内の製鉄所としては、釜石、八幡、室蘭に次いで4番目に歴史の深い製鉄所で、2019年7月現在、約5000名の方々が広畑製鉄所で鉄づくりに従事されています。現在は、薄板製造を専門とし、製造された鋼板は、自動車・電機・建材など、国内外の多岐にわたる分野で用いられています。特に、「電磁鋼板」と呼ばれる鋼板は、日本製鉄の中でも八幡製鉄所と広畑製鉄所でしか製造されていない機能材料であり、発電所で用いられる大型の変圧器や、ハイブリッドカーのモーター等の材料として我々の生活を支えています。

広畑製鉄所の最大の特徴は、環境に対する負荷が小さい「資源循環型製鉄所」であることです。通常、鋼の元となる銑鉄は、酸化鉄を主成分とする鉄鉱石を高炉中で還元することで製造されますが、広畑製鉄所では、鉄鉱石の代わりに、スクラップや、製鉄工程で発生するダストを原料として再利用しています。「回転炉床式還元炉（RHF: Rotary Health Furnace）」と呼ばれる独自の設備で、製鉄ダストを造粒・固体還元すると同時に亜鉛などの不純物を分離したのち、この還元鉄をスクラップと共に溶解することで銑鉄を得る、「冷鉄源溶解法」と呼ばれる方法が採用されています。1993年からは、従来の高炉法に代わり、この冷鉄源溶解法によって製銑が行われています。スクラップを原料とする場合、品質低下が避けられないように思われますが、広畑製鉄所ではRHFや冷鉄源溶解法といった独自技術の開発により、ハイグレードな自動車用鋼板や電磁鋼板の製造を可能にしています。また、ダストの他にも、製鋼工程で発生するスラグと呼ばれる副産物を再利用しており、その再資源化率は約99%にものぼります。また、スラブと呼ばれる厚い鉄の板を加熱後、ロールで圧力を加え、薄板にしていく「熱延」という工程では、鉄の温度を下げるために、鉄1トンに対して約50トンもの水が使われますが、蒸発で失われる以外のほぼ全ての水は再利用され、製鉄所内を循環していま

す。さらに、冷鉄源溶解の際には、炉の下部から微粉炭、上部から酸素を吹き込み、これらの燃焼によって発生した熱を利用して原料を溶解するため、炉内にCOガスが発生しますが、このCOガスも、約100%製鉄所内で使用される燃料ガスとして再利用されています。このように、原料に製鉄ダストやスクラップを用いるだけでなく、製鉄所内で使用される水や発生するCOガスを再利用することで、従来よりも環境負荷の小さい製鉄モデルを確立しているのが広畑製鉄所の大きな特徴であると言えます。

また、広畑製鉄所のもう一つの特徴として、「完全連続冷延鋼板製造設備（F.I.P.L.: Fully Integrated Processing Line）」の存在が挙げられます。冷延鋼板とは、先に述べた熱延によって得た熱延鋼板を酸で洗った後、常温でより薄く、均一に圧延したものを意味し、F.I.P.L.は酸洗から冷間圧延、さらに電解洗浄・連続焼鈍・調質圧延という一連の工程を連続して行うことができる世界初のプロセスです。このF.I.P.L.を用いることで、高い生産性を実現しています。このように、上工程において独自の製銑技術を持つだけでなく、熱延以降の下工程にも高い技術力を有するため、広畑製鉄所は、他の製鉄所で製造されたスラブの加工も多く担っています。そのため、2018年の広畑製鉄所の鋼材生産量は22万トン/月を誇り、高炉法を停止した後も、高炉法停止前と同程度の鋼材生産量を維持し続け、関西・瀬戸内圏の鋼材供給拠点として重要な役割を果たし続けています。

2 施設見学

今回の工場見学では、製鋼・熱延過程と、炉材の整備現場を見学させていただきました。

2.1 製鋼・熱延工程

前述の冷鉄源溶解により溶解した溶銑を、溶銑鍋に出銑している様子を、初めに見学させていただきました。溶銑は1500℃ほどの高温であり、水のように粘度の低い液体となっています。そのため、出銑の際には溶銑が火花のような飛沫を上げていました。溶銑鍋の容量は、おおよそ100トンほどで、社員の方によると、日本製鉄株式会社の中では小ぶりの溶銑鍋らしいのですが、その出銑の迫力に圧倒されました。出銑後の溶

[†] 原稿受理 令和元年9月19日 Received Sep. 19, 2019 ©2019 The Society of Materials Science, Japan

* 学生会員 京都工芸繊維大学物質工学部門 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町 Dept. of Chem. & Mater. Tech., Kyoto Inst. of Tech., Sakyo-ku, Kyoto, 606-8585

銑鍋は、クレーンによって引き上げられ、次の工程に移されました。このクレーン操作は、各クレーンに1人ついているオペレーターにより行われています。

溶銑に含まれる不純物を取り除くために、脱炭処理などの精錬工程が行われ、溶鋼が精製されます。広畑製鉄所では、精錬工程として脱炭処理に加えて、RH (Ruhrstahl- Hausen) 真空脱ガス法という工程が取り入れられていました。RH真空脱ガス法とは、二つの浸漬管をもつ真空容器を溶鋼に浸漬させ、真空容器内に溶鋼を循環させることで、溶鋼中に溶存している水素や酸素などのガスを取り除くという工程です。高温真空という非常に負荷のかかる条件のため、使用される耐火物は厳格に選定されており、頻繁に炉材の点検、補修が行われているそうです。これらの処理により精錬された溶鋼は、不純物を取り除かれたため、溶銑と比べ粘度が高くなっていたことを目視で確認することができました。溶鋼は、連続铸造により、スラブへと加工されます。原料の溶融からスラブの成形までは一つの工場棟で行われており、各工程が連続して行われてゆく様子を見学することができました。

つづいて、別の工場棟に移動し、熱延工程を見学しました。熱延工程のラインは約400 mと非常に長く、先ほどとは異なり、この工場棟では熱延工程のみが行われていました。熱延ラインの全工程を案内していただき、分厚い直方体だったスラブが、薄く引き伸ばされロール状に巻き取られ、製品となるまでの工程を見学することができました(図1)。一つ驚かされたことは、全長400 mという長いラインであるのに、運転操作に関わる人が数名しかいなかったことです。社員の方の説明によると、オペレーター室にいるらしく、自動化、遠隔操作化を進めることで、ライン近くで作業する人員の削減、安全性の向上につなげているそうです。

ここまでの熱間処理工程は鉄鋼業の上工程といわれています。今回の工場見学では、上工程のほぼすべての工程を見学することができました。

2.2 炉材整備

製鋼の上工程はすべて熱間工程であるため、溶銑、

溶鋼との接触部分だけでなく、高温に曝される多くの部分で炉材として耐火物が用いられています。炉材技術の発達により、炉材の補修にかかるコストの削減が可能になるのみでなく、鋼材生産量の向上に直結する場合もあるそうです。今回は、筆者らが耐火物の研究を行っているということもあり、炉材整備の現場を見学させていただきました。

炉材は使われる部分に応じて、そこに適した材料が選ばれており、非常に多種多様な種類の炉材が使用されています。初めに溶銑鍋の施工現場を見学しました。溶銑鍋の内壁部分には定型耐火物であるレンガが用いられており、現場作業の方が手作業でレンガを積み重ね、施工する様子を見学しました。レンガは熱衝撃などによる剥落などを避けるために、適した積み方が決められており、その誤差は数mm以内に収まるように作られているそうです。また不定形耐火物の施工現場では、水と原料粉末を混練させる時に用いるミキサーや、キャスティングの際に用いる金型など、普段は見ることのない機材を見せていただきました。これらの機材に関しても、能率を向上させるための開発が日々行われており、至るところに企業独自の知識が詰まっていると感じました。炉材技術では実際に起きた問題に対する解決法としての技術開発が求められることが多いそうです。広畑製鉄所では前述のように、比較的小さな溶銑鍋などが用いられているため、ほかの製鉄所では起きないようなメカニズムで炉材が使えなくなるケースがあるそうです。そのため、広畑製鉄所独自の炉材技術開発が行われることもしばしばあると説明していただきました。また炉材整備の見学と、炉材技術室で働く方々との対話を通して、耐火物に関する知識を深めることができたのみでなく、製鉄所において炉材技術が担う役割の大きさと、問題解決に迅速に取り組む開発の姿勢を学ばせていただきました。

末筆ですが、今回の製鉄所見学に際し、終始丁寧に案内してくださいました日本製鉄株式会社広畑製鉄所の中村壽志様、神子貴信様ならびに技術者の皆様に厚く御礼申し上げます。

図1. 熱延工程でスラブが延ばされていく様子
(日本製鉄株式会社広畑製鉄所 HPより引用)

図2. 今回の訪問でお世話になった製鋼部の方々と写真