

鉄鋼用を中心とした耐火物技術の系統化調査

Development of Refractories Technology for Iron and Steel Industry in Japan

平櫛 敬資 Keisuke Hiragushi

■ 要旨

耐火物とは 1500℃以上の高温に耐える工業用材料である。したがって、この温度レベル以上の高温で操業する鉄鋼業にとっては不可欠の材料で高炉、転炉、加熱炉などの炉壁のみならずノズル、バブルなどの溶鋼流量調整にも使用される。この温度近くで操業されるセメント、ガラスなどの高温化学工業、さらには、焼却炉にとっても不可欠な材料であるが鉄鋼用に比べると数分の一の使用量である。これに対して鉄鋼業は耐火物生産量の約 70%を消費する。このように鉄鋼業にとって不可欠な耐火材料技術が幕末から明治初期の我国の産業革命ともいえる時代にどのようにして形成されたか、欧米列強にどのように対応して耐火物産業技術が形成されたのかについて調査した。その結果、反射炉や小型高炉では鉄鋼需要の要求を満たすことができず、鋼材需要の 50%以上は輸入に頼らざるをえなかったことが理解できた。とくに、製鋼および鋼材の国産化については質はともかく量的に需要を満たすことが出来なかった。これを打破したのは明治 34 年（1901）の八幡製鐵所の開設であった。これを契機として鉄鋼産業のみならず耐火物産業も増産に移行した。しかしながら、輸入依存から脱却したのは昭和初期であった。耐火物産業の増産については、八幡炉材工場の活動がわが国耐火物産業の起点となった。八幡炉材工場は製鐵所の必要とする耐火れんがの約 70%を自製、残りを市場から調達した。このことはその後の我国の鉄鋼業並びに耐火物産業にとって貴重なインセンティブとなりその後の両者の相互発展の原動力となった。

我国には粘土・珪石およびドロマイトしか耐火原料は産出しない。鉄鋼プロセスにおいて製鋼・精錬工程は温度が高く、不純物除去のため高塩基度原料が必要である。すなわち、我国には産出しないアルミナ、マグネシア、クロム等の耐火れんがが必要となる。これらの原料の海外調達は我国の場合、中国大陸に依存した。良質の中性および塩基性原料を中国から輸入することによって我国の鉄鋼用耐火れんが産業は大正から昭和前期の発展を遂げることが出来た。戦後は鉄鋼プロセス、特に、製鋼工程における技術革新によって中性および高塩基性原料が必要となり、戦後復興期は米国からの輸入に依存したが、高度発展期には全世界から調達することが出来た。とくにマグネシア原料については戦時中に英国で開発された海水マグネシアの国産化、および炭素系原料の利用拡大が耐火物の開発および国産調達を可能にした。しかしながら、これら高級原料は鉄鋼業における革新鉄鋼プロセス、高温化、高圧化、高速化、に対して、電融化が必要となり、エネルギー資源の乏しい我国にとっては海外 OEM に依存せざるをえず、とくに中国生産に依存、耐火物企業数および従業員数は昭和 45 年（1970）のピーク時の約三分の一に減少した。しかしながら、耐火物の輸出統計に示されているように輸入品に対して輸出品の単価は約 3 倍で我国耐火物産業の高度化が示されている。

鉄鋼プロセスの革新によって鋼中介在元素もシングル ppm オーダーまで低減、高級鋼材の利用によって我国の自動車産業の飛躍が可能となったが、耐火物の変革も国産天然原料からスタートして、現在は中性から塩基性、さらには、炭素系にまで発展してきた。その結果、耐火物使用技術の革新と耐火物製造技術の相乗効果として粗鋼生産に対する耐火物使用量の指標、耐火物原単位は激減、ピーク時の三分の一にまで減少した。このことは前述のように耐火物産業の集約、海外調達などの貢献でもあるが製造および使用の相乗効果によるものであることを主要な鉄鋼プロセスにおける耐火物使用事例によって検証した。

■ Summary

Refractories is a material which can be used at the temperature above 1500°C. On that account, iron and steel industries which operate their furnaces and kilns at more than this temperature regards refractories is an indispensable material and they can use this material for high temperature purposes of furnace linings, for example, blast furnace, converter, reheating furnace, etc., together with those purposes as flow valves and controllers for molten iron and steel. Refractories is also consumed in such high temperature chemical industries as cement and glass, but their amounts of refractories consumption are about several tenths of the amount which iron and steel industry consumes. On the other hand, iron and steel industry consumes some 70 per cent of the total production of refractories in our country. In this report, study has been made on how the refractories industry of our country was formed at the beginning period of Meiji Era to cope with the Western powers. In spite of their efforts, they could not satisfy the demand from iron and steel sectors only with those reverberatory furnaces and smaller blast furnaces, therefore, more than 50 % of the demand for steel products from the expanding industries had to be imported from abroad. This difficulty was overcome by the inauguration of Yawata Iron and Steel Works in 1901. The iron and steel works of Yawata could obtain the refractories products necessary for their iron and steel works from their own refractories manufacturing plant by the amount of 75 % and the rest was purchased from the market. This purchasing policy of the steel plant of Yawata encouraged the refractories industry of Japan and paved the way to the mutual progress of steel and refractories industry in Japan.

As for the raw materials of refractories in Japan, the natural resources of clay, quartz, and dolomite are only produced from the view point of refractories. As far as the steel production concerned, these resources of Japan cannot satisfy the severe condition of refining conditions of steelmaking plants from the viewpoint of durability. In the steelmaking plant, they need a higher quality of raw materials such as alumina, magnesia, chromia, etc., which cannot be produced in Japan. On that account Japan had to depend on the natural resources abroad, and she obtained these raw materials from the mainland of China. As the result of importing these refractory raw materials of higher quality raw materials of neutral and basic quality from the mainland China, our steel industry could make a progress from the era of Taisho and Showa.

In the post war period, due to the technical innovation, especially, in the sector of steelmaking, the natural resources of neutral and basic quality had become necessary, and were imported from USA in the period of reconstructing stage after the war, but in the developing period of '70s, could import from all the world. As far as magnesia resources concerned, the sea - water magnesia could be produced as a result of developing the study of extracting magnesia from sea water. The process had to be developed in order to compensate the shortage of the natural resources of magnesia with the artificially manufactured raw material. However, a further innovated process of magnesia and other high quality raw resources became necessary, and a process of preparation of electro-melting process had been developed. The energy for this process of melting these materials of high quality is high, on that account, Japan whose energy cost is high, had to depend on OEM purchasing policy from abroad, especially from China. As the result of the dependency on abroad, the number of personnel decreased to about one third compared with the personnel in 1970, the highest in the number of personnel and corporations. However, as far as the statistics is concerned, the unit price of the exporting refractories is higher by three times compared with the import. This is a typical indication of the quality of our products in comparison of the overseas.

As the result of technical innovation in the process of iron and steel, the impurity in the steel products, for high quality steel of automobile, has been decreased down to the single ppm, less than 10 ppm, in the amount of impurity. This is an epoch making landmark in iron and steel technology. As far as refractories technology is concerned, this is considered a result of technological tendency from acid refractories to basic one, via the neutral refractories of high alumina and carbon. From the view point of oxygen stability, the basic and carbon refractories are considered superior and the refractories industry of Japan has contributed to the steelmaking industry in the field of minimizing technology of impurity contamination in steel.

■ Profile

平櫛 敬資 *Keisuke Hiragushi*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター特任調査員

昭和30年	九州工業大学工業化学科卒業
昭和30年4月	八幡製鐵株式会社(現・新日本製鐵株式会社)入社 化工部炉材課および技術研究所にて鉄鋼用耐火物の研究を担当
昭和59年7月	黒崎窯業株式会社にて技術研究部門を担当
平成元年7月	黒崎炉材株式会社入社 耐火物製造経営を担当
平成4年4月	岡山セラミックス技術振興財団にて研究開発を担当
平成12年3月	岡山セラミックス技術振興財団退職(現在に至る)

■ Contents

1. はじめに	3
2. 我国における耐火物産業の歩み	5
3. 耐火物製造の歩み	19
4. 鉄鋼製造プロセスの変化と耐火物改良の歩み	43
5. まとめ	72
謝辞	73
登録候補一覧	73
年表	74
鉄鋼用を中心とした耐火物技術の系統化	77