

報 告

第 3 回日独耐火物部会技術交流会
【会議報告】

森 本 忠 志*

1. はじめに

昭和 62 年 11 月 6 日 (金), 神田学士会館で日独耐火物部会技術交流会が開催された。この会議は ISIJ と VDEh の耐火物部会が 2 年ごとに開催する技術交流会で、今回は 3 回目である。互いに得意とする分野を述べ、他を刺激し、自らを反省する会議である。当日は少人数で、形式ばることなく、和気あいあいの内で親密な討議を重ね、時間に追われながら終了した。以下その概要を記す。

なお当日の出席者および提出資料は文末にまとめて記載した。

2. 第 3 回交流会議

第 2 回会議は 1984 年 10 月に西独の招きに応じ、江本部会長 (当時) と鉄鋼大手 5 社代表が参加し、Düsseldorf で開催された。この経過は既報¹⁾ のとおりである。この時の合意により、今回の会議が開催されたものである。

会議の冒頭、鉄鋼協会を代表して三井常務理事が、「耐火物は鉄鋼を支える重要な要素技術で、ISIJ と VDEh の耐火物部会が 2 年ごとに会合し、情報を交換することは両国にとって意義が深い。」とのご挨拶があり、さらに大橋国際交流委員長からも「単独の部会が公式の国際会議をもっているのは本交流会議だけであり、事情の許す限り継続して両国の鉄鋼業の発展に貢献して欲しい。」とのご挨拶があつた。これに対し、KOLTERMANN 部会長の「過去 2 回の会議はいずれも有意義であつた。今回も数々の問題が討議できると喜んでいる。小グループによる胸襟を開いた討論が重要であり、2 年ごとに交互に開催する方式を継続したい。」とのご挨拶の後、論文発表に入った。

3. Recent Trends in Refractory Technologies in the Japanese Steel Industry (川鉄・千葉, 大石)

我が国の耐火物技術の総論および製鉄所の設備別の耐火物技術の推移と展望が述べられ、鉄鋼製造技術の多様化に対応して耐火物技術がレビューされた。討論では耐火物の損耗を測定するセンサー技術や溶銑予備処理における気体酸素の吹込みが耐火物に与える影響などに深い関心が示された。

4. The German Refractory and Steel Industry, Production and Consumption of Refractories (KOLTERMANN)

西独の鉄鋼用耐火物の総論が述べられた。これらの中から我が国と比べて特徴的な点を二、三取りあげる。

表 1 は西独の鉄鋼用耐火物原単位と不定形比率を我が国との比較で示したものである。西独の原単位は '80 年に比べて 6 年間で約 25% 削減した。我が国は約 18% である。西独はこの削減を不定形耐火物を定形 (不焼成) れんがに変えて実現した。我が国は逆に不定形を多用することで原単位を削減した。この結果、この 6 年間で両者の不定形比率は逆転した。我が国が不定形化は省エネルギー、省力の効果が大きく、さらに継ぎ足し補修の採用により原単位の低減に寄与すると積極的に推進したのに対し、西独では不焼成れんがの多用に向かったためである。我が国はさらに不定形化を拡大しようとしており、西独は今後数年間は不定形比率は上昇しないと見ているから、両者の差はいつそう大きくなる。

なお、両国の原単位比較では、'86 年で西独は我が国の約 1.4 倍であるが、原単価ではあまり差がないと思われる。我が国の耐火物のトン単価は西独に比べ約 1.5 倍程度高い²⁾ と思われるからである。

表 2 は定形耐火物 (れんが) の材質別比較を示す。各項目にかなりの差異があるが、最大の違いはドロマイトの使用比率である。西独ではドロマイトが全体の 1/3 を占めているのに対し、我が国では 3% にも満たない。しかもこの 6 年間で西独が 1.5 倍増加したのに、我が国は減少している。西独が転炉や取鍋にドロマイトを多用しているのに対し、我が国は転炉ではマグネシア・カーボンれんが、取鍋ではジルコンキャストブルを使用したからである。今後の鋼材品質の高級化、操業条件の苛酷化に対応して、両国の変化の方向は興味深い。

表 1 西独と日本の鉄鋼用耐火物原単位と不定形比率

年	西 独				日 本			
	耐火物原単位 (kg/t)			不定形比 b/c (%)	耐火物原単位 (kg/t)			不定形比 b/c (%)
	定 形 (a)	不定形 (b)	合 計 (c)		定 形 (a)	不定形 (b)	合 計 (c)	
1980	12.93	10.57	23.50	44.98	9.53	5.77	15.30	37.71
1986	10.26	7.24	17.50 ※(21.88)	41.37	6.48	6.09	12.57	48.45

※ メンバー以外の会社も含めた実績推定値

* 川崎製鉄(株)日本鉄鋼協会共同研究会耐火物部会長

表2 定形耐火物の種類

(%)

年	西 独				日 本				
	粘 土 アルミナ	マグネシア	ドロマイト	そ の 他	粘 土 アルミナ	マグネシア	内 マグネシア カーボン	ドロマイト	そ の 他
1980	48.96	15.70	22.74	12.61	59.19	16.40	3.07	6.17	18.23
1986	32.98	14.44	33.85	18.73	51.76	23.06	10.72	2.56	22.62

討論では、塩基性の不定形化の将来展望に我が国の関心が集まったが、「西独の不定形比率は今後3~4年間で変化はなく、塩基性の不定形耐火物の施工技術はまだ確立していないので、塩基性の不定形施工が近い将来に西独で実施されることはない。」との見解であった。

5. Current Applications of Resin Bonded Refractories in Japan (住金・総研、成田)

MgO-C, Al₂O₃-C れんがや樹脂マッドなど最近の我が国耐火物技術に占める樹脂の位置は上昇の一途である。この状況を概説した。また黒鉛の多用に関連して、酸化防止剤としての金属類添加の効果も述べたが、この分野における両者の現状に差が大きく、討論が十分にかみあわなかつた。西独の関心の高さから今後の重要課題であると彼らが感じている様子がうかがえた。

6. Basic Lining of Casting Ladles (KLAGES)

西独の最も得意とする取鍋の塩基性ライニングについて、主として Thyssen の実情を中心に紹介された。

取鍋の内張りには天然ドロマイトの不焼成れんが(ピッチ結合)が用いられる。通常45 heats程度の寿命で、原単位は4~5 kg/tである。高温出鋼あるいは2次精錬用取鍋には、原料のドロマイトにマグネシアを加える。マグネシアの添加率はドロマイト100に対し、50~100で操業条件に応じて異なる。マグネシア添加により、スポーリングが心配される場合には1~2%のジルコニアを配合して熱衝撃を緩和する。永久張には、従来の粘土質に替えて、フォルステライト(2MgO·SiO₂)がテストされている。これは粘土質と違ってドロマイトと反応せず、高温での耐食性も良好で、コストも安いのである。

施工法はスパイラル法が徐々に増加しつつある。まだ西独で全面採用とはなっていないが、前向きに取り組んでいる。この方法は目地溶損が改善されると述べている。

取鍋の加熱装置として1000°Cに昇温でき、燃焼空気の酸素量が制御できる装置を各製鋼工場が持っている。ピッチ結合のドロマイトレんがを普通の火炎で加熱すると煙が発生するので、加熱初期は酸素を富化した高温炎で急速加熱を行い、タール中のCを炭化させた後、正常炎に戻す。そのためバーナは酸素制御機能を具備する。

レードルカバーは必ず使用しており、取鍋の回転を早くし、取鍋の冷却を防止するのが、塩基性れんがを使用する場合の最重点項目であると強調していた。

我が国でも、ジルコンの値上がりおよび鋼材品質の向上のため、取鍋の塩基性化は重要課題であるが、西欧のごとく安価で良質のドロマイトが産出せず、一般に塩基性耐火物は不定形施工には不向きであることを考えると、問題は相当に複雑である。我が国に適した塩基性化に向けて今後の研究開発が望まれるところである。

7. Progress of the Casting Installation Techniques in Japan (鋼管・福山、小林)

キャストブル耐火物の流し込み施工技術、特に取鍋の施工技術を詳述した。材料ではジルコンと高アルミナについて現状を述べ、塩基性についてはアルミナ・スピネル系キャストブルが試用、検討されていると紹介した。

先方の質問はスピネルに集中し、原料配合に及んだ。合成スピネルを取鍋に使用することは西独ではコスト面から考えられないことであり、今後の両国の技術の方向は注意深く見守る必要があろう。

8. Activities of the VDEh-Refractory Materials Committee, Standard of Refractories for Iron- and Steelmaking in West Gerany (KOLTERMANN)

西独耐火物部会の活動内容が紹介された。現在会員は12社で、Hoesch, Peine-Salzgitter および Thyssen が中心である。1987年は二つの Working group が活動中で、そのテーマは、①取鍋のスパイラル施工、②ファイバーの試験法と施工技術である。

現在、各社が研究中の主なテーマは、①塩基性取鍋施工、②耐火物原料としてのオリピンの活用、③タンディッシュ用耐火物、④流し込み施工、⑤ファイバーの加熱炉への適用、⑥ファイバーの試験法(鉍物組成・ショット含有率)、⑦加熱炉用コーティング材(輻射能の向上)、⑧タール、ピッチ以外のバインダー、⑨混銃車・取鍋用不焼成れんがなどである。

我が国の耐火物部会と比べて、次の2点で異なつた活動をしている。

1) 耐火物技術セミナー

VDEhの耐火物部会主催の耐火物技術者のための教育セミナーを二つもつている。

①5日間コース:「鉄鋼用耐火物」をテーマに基礎技術のセミナーで、鉍物学、耐火物原料、製造技術、試験方法、研究方法、耐火物の使用実績などをカリキュラムに組み、15名のエキスパートが講師をしている。

②2日間コース:特定テーマごとに開催される。例えば、New ceramics, 加熱炉用ファイバー、エネルギー

表3 不定形耐火物の特性コード体系

桁	
1	製品の材質銘柄(キャストブル, モルタルなど)
2	出荷状況(dry, wetとか)
3	結合形態(セラミック, 水和, 化学, 有機の結合別)
4	施工方法(コテ塗り, スリンガー, 流し込みなど)
5~6	主成分の鉱物名(00コランダムで始まり, すべての鉱物を2桁で整理)
7~8	主成分の含有量(例えば アルミナ含有量を2桁で整理)
9~10	施工後の嵩比重
11~12	荷重軟化点(1000°Cを00とし, 50°C刻みでコードをもつ)

問題と耐火物, 市場動向などがこれまでテーマになった。

1980年から8年間に, 10回のセミナーが開催された。単なる講義でなく, 討論を中心に進める。セミナーを成功させるために, 1回の受講者は35名に制限している。

2) 規格の制定

DIN, PRE (欧州耐火物協会規格) および ISO が西独の耐火物規格の中心であるが, 各製鉄所ごとに各種の試験法が制定されている。これを統合するため, VDEh では過去20年間に数多くの鉄鋼用耐火物規格を制定した。

例えば, No. 914「溶銑輸送および溶鋼取鍋用低アルミナ粘土質れんが」や No. 915「高炉および熱風炉用粘土質れんが」などである。最近, 「不定形耐火物および半製品のための特性コード体系」を制定した。このシステムは表3に示す12桁のコードで表示されている。

このコードにより, メーカーが異なってもグレードの等しい製品が入手でき, コードに荷重軟化点を加えたことにより, 操業に適した材料が選択でき, その結果コスト削減が達成できたとしている。

9. Application of Ceramic Fiber to Steel Reheating Furnaces (新日鉄・君津, 兼松)

セラミックスファイバー全体の概論に加え, 特に我が国で発達しているムライト質(結晶質)ファイバーとその施工技術を中心に, 加熱炉のライニングの実態を紹介した。海外ではガラス質ファイバーが主流であるため, 経時変化が問題となつている。本報ではその点に留意して両者の比較を詳論した。西独ではファイバー中のショット含有率が問題になつており, かつ正確にその含有率を測る機器がないとのことであつた(我が国でも必要なら顕微鏡で観察するしかない)。

10. Recent Developments in Tap Hole Mix at Japanese Steel Mills (神鋼・加古川, 下村)

高炉出銑孔内でのマッドの熱挙動, 材料特性の変化とマッドの焼結機構, 損傷機構を述べ, 材質の改善経過と現状を紹介した。我が国ではアルミナ質をベースに窒化けい素や炭化けい素を配合して耐食性と焼結性を改善し, さらにカイアナイトを添加して残存膨張率を制御している。これらの結果が長時間出銑を実現したと述べた。

11. Refractories of Continuous Casting Process in Japan (日新・呉, 古家後)

我が国の連続用耐火物の現状が紹介された。その主旨は鋼材品質の向上のために, 非金属介在物の減少や浸漬ノズルの閉塞防止に耐火物技術面からいかに改善したかを述べたものである。しかし, この姿勢は品質偏重・コスト軽視に感じたらしく, 討論では, タンディッシュのライニングにオリピン $2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ を使うとコストも安く, 溶損も安定するが, 日本での経験があるかと聞かれ, 発表者を驚かせた。我が国では連続用耐火物から SiO_2 源を少なくすることに努めており, 両者の着眼点は全く逆である。しかし, 我が国で北海道の日高地方に産出するオリピンの純度が低く, ノルウェーを始め欧州には高品位のオリピンが存在するという違いはあるが, 彼らが天然資源の有効利用に意欲を燃やしている姿勢は参考にしなければならないし, 上記の質問も我が国の耐火物技術の一つの盲点を指摘したものと受けとめるべきであろう。

12. 全般的印象

両国が, その得意とする分野をレポートし, 改善経過と現状を述べた。

高級な品質の耐火物を製造し, それを使用して原単位を削減し, あるいは耐用寿命を伸ばす技術だけで高い耐火物技術とするなら, 我が国の耐火物技術は西独のそれに格段の差をつけて優れている。

しかし, コストパフォーマンスという面で考えれば, 彼我の関係は逆転するかも知れない。西独は取鍋のスパイラル施工を天然ドロマイトを使って熱心に推進している。我が国が, 各製鋼工場ごとに最適の仕様を設計し, 特別発注して原単位を低減させているのに対し, 西独は限られた種類のれんがで西独全体をカバーしようと考えている。コスト削減という目的は同じでも採択している手段は全く逆である。セミナーの開催も, 不定形のコード化も地味ではあるが着実な活動の一端を示している。

我が国は, その技術力を従来の線上でいつそう発展させながら, 対極としての西独の動きを常に念頭に置き, 彼らの活動の中から我が国が参考にできる要素を検索する努力を怠つてはならない。その意味で西独の耐火物部会は我々の最適のカウンターパートナーである。

先方からは発表3件, 論文提出のみ4件であつたが, 我が国には十分に参考になる課題が提供された。我が国の6件の発表は我が国の現状を総括的にレビューしたもので, 高い水準と広い視野で西独側に十分な満足感を与えた。またこの6件のレポートは, 我が国の耐火物技術を現時点で整理した点で, 我が国の技術者にとつても十分参考になる貴重な資料であるといえる。

13. 今後の予定

会議の終了時次回の予定が討議され, 「1989年10月に西独で第4回の会議を行う。日時, 場所, 議題は西独

から正式の提案を出す。日本は正式な招待状が届いた段階で協会本部に報告し、耐火物部会幹事会で検討する。」との同意が得られた。なお同時期に Aachen の耐火物国際会議も開催されるが、そのテーマを鉄鋼用耐火物に指定してもらう旨連絡がしてある。従つて、我が国の代表は第2回交流会の時と同様に、両会議に出席することになろう。

14. まとめ

第3回を終えて本交流会も軌道に乗つたように思う。少人数であり、1日の日程のため派手さはないが、両国の弱点を補完する内容が討議されている。鉄鋼協会の耐火物部会のメンバー同志の会議であることも意義が大きい。この特徴を活かして、今後の運営に十分に意を配りつつ継続すれば、両国の技術の発展に貢献するところが大きいと確信している。

最後に、今回の会議が関係者の絶大なご協力で、有意義に終了することができたことに感謝して筆をおく。

文 献

- 1) 江本寛治: 鉄と鋼, 71 (1985), p. 917
- 2) 森本忠志: 鉄と鋼, 73 (1987), p. 923

出席者

日本側

三井太侖 (鉄鋼協会), 大橋延夫 (鉄鋼協会国際交流委員長), 森本忠志 (耐火物部会長, 川鉄本社), 杉田清 (新日鉄), 篠原泰明 (新日鉄), 兼松勤治 (新日鉄), 高橋忠明 (鋼管), 小林基伸 (鋼管), 大石 泉 (川鉄), 千野達吉 (川鉄), 広木伸好 (住金), 成田雄司 (住金), 下村興治 (神鋼), 植村健一郎 (神鋼), 古家後啓太 (日新), 野口 計 (日新), 米田慶子 (鉄鋼協会)

西独側

Dr. *Manfred* KOLTERMANN (VDEh 耐火物部会長, Hoesch Stahl AG 耐火物研究室長)

Dr. *Gerhard* KLAGES (Thyssen Stahl AG 耐火物研究室長)

提出資料

日本側

- Recent Trends in Refractory Technologies in the Japanese Steel Industry
- Current Applications of Resin Bonded Refractories in Japan
- Progress of the Casting Installation Techniques in Japan
- Application of Ceramic Fiber to Steel Reheating Furnaces
- Recent Developments in Tap Hole Mix at Japanese Steel Mills
- Refractories of Continuous Casting Process in Japan

西独側

3. Japan-West Germany Technical Exchange Meeting Refractories

- 1 Papers for the meeting at Nov. 6, 1987
 - 1.1 The German Refractory and Steel Industry. Production and consumption of refractories
 - 1.2 Basic lining of casting ladles
 - 1.3 Activities of the VDEh-Refractory Materials Committee. Standard of Refractories for Iron- and Steelmaking in West-Germany
- 2 Refractory Materials of the VDEh-Publications 1975-1987
 - 3 Selection of recent publications
 - 3.1 High Alumina Refractories for Steelmaking in Europe
 - 3.2 Significance of domestic raw materials for steelmaking in the Federal Republic of Germany
 - 3.3 Experience gained in vacuum degassing metallurgy
 - 3.4 Lifetimes of dolomite-lined converters extended following the introduction of the TBM-process.