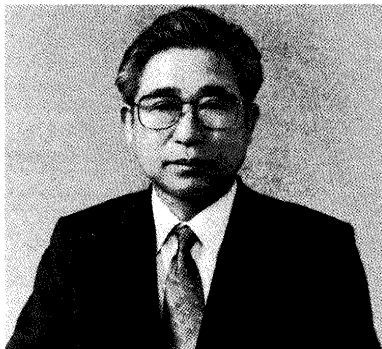


鉄鋼用耐火物の発展

片瀬 伝治*

Denji KATASE

Development of Steel Making Refractories



黒崎窯業株式会社常任顧問

片瀬 伝治

1928年 5月22日生
1952年 東京工業大学無機材料コース卒業
同年 黒崎窯業株入社
1978年 同社取締役
1983年 同社常務取締役
1988年 同社専務取締役
1990年 同社代表取締役専務取締役
1991年 耐火物技術協会会長
現在 黒崎窯業株常任顧問

1 鉄鋼業と耐火物

高熱工業に耐火物は必要不可欠のものであるが、なかでも代表的な高熱装置産業である鉄鋼業と耐火物とは、炉体保護という構造物理的な面と冶金反応という物理化学的な面から、切っても切れない関係にあることは周知の通りである。

さて、図1は平成3年度の我国の耐火物の部門別販売量¹⁾であるが、耐火物全販売量1,778千トンのうち、約70%の1,237千トンが鉄鋼業で消費されている。平成3年度は、粗鋼生産が1億585万トンであるが、これから粗鋼生産に於ける耐火物原単位は11.67kg/S.T (れんが 5.47 不定形 6.20) となっている。ここで、耐火物生産の過去20年間の推移について概要を述べる。

図2に耐火物生産と粗鋼生産の推移¹⁾²⁾を示す。粗鋼生産は1億トン強のレベルを維持してきているが、一方耐火物は昭和45年の370万トンが平成3年では171万トンと1/2以下に減少している。内訳としては、れんがが昭和45年の300万トンから平成3年の90万トンへ1/3以下へと激減し、不定形は僅かながら増加している。これを鉄鋼製造用耐火物に限

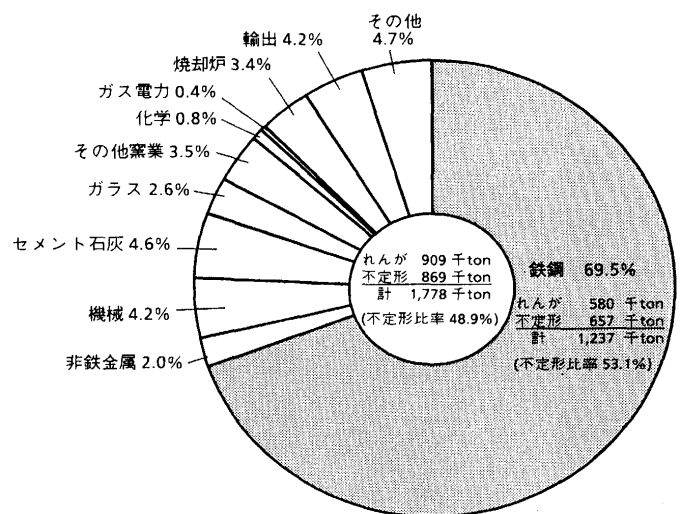


図1 平成3年度耐火物部門別販売割合図

定し、粗鋼生産量で割って表したのが図3鉄鋼向耐火物原単位の推移¹⁾である。

原単位も同様に昭和45年の29.1kg/S.Tから平成3年の11.7kg/S.Tへ減少し、特にれんがは23.5kg/S.T (昭和45年) から5.5kg/S.T (平成3年) へ1/5以下へと非常に大きく減少している。

平成4年10月本会講演大会における浅田賞受賞記念特別講演 平成4年11月2日受付 平成4年12月8日受理 (Received on Nov. 2, 1992; Accepted on Dec. 8, 1992)

* 黒崎窯業株式会社常任顧問(Standing adviser Krosaki Corp., 1-1 Higashihama-cho Nishi-ku Yawata Kitakyushu 806)

Key words: refractories; monolithic refractories; lining repair; flame gunning; continuous casting

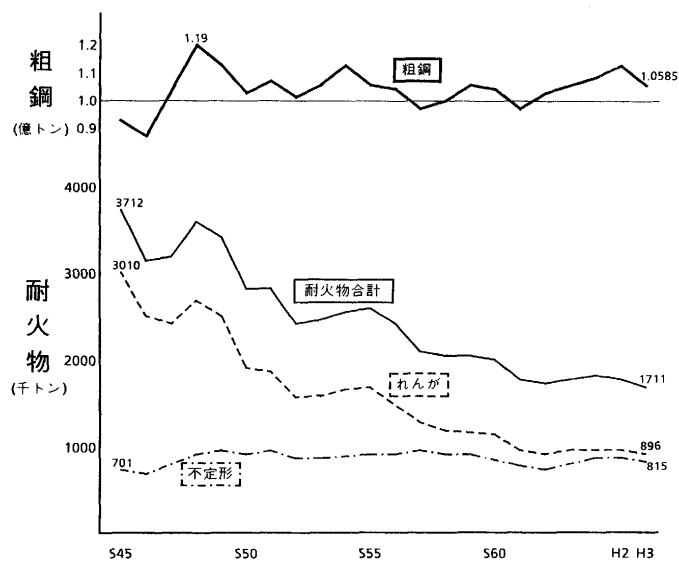


図2 耐火物及び粗鋼生産高推移

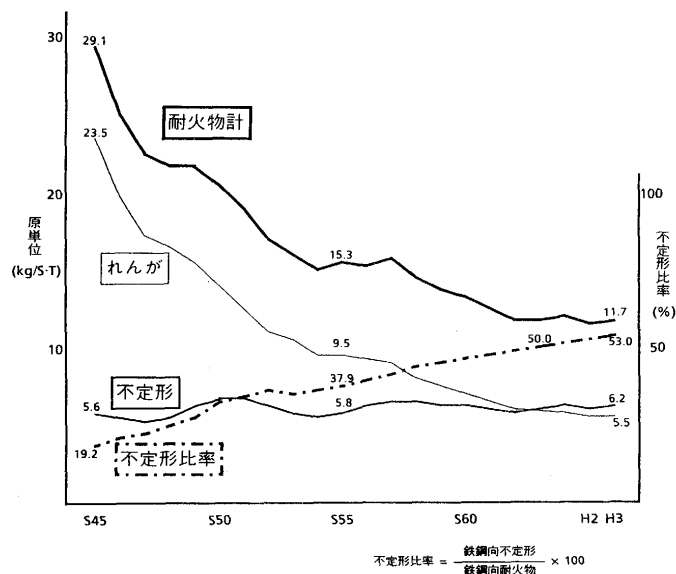


図3 鉄鋼向耐火物原単位の推移

本講演では、この耐火物の量、質の変化の大きな流れと今後について、鉄鋼製造プロセスの変化とこれに呼応した耐火物の発展に関して、以下に少し詳しく述べる。

2 製鉄プロセスの変化と耐火物の対応

鉄鋼用耐火物の発展は、主として製鉄プロセスの変化への対応という形で進んできた。

その中で、耐火物の量、質ともに最も大きな変革をもたらしたものは連続 casting の出現とその普及であろう。

図4に世界主要国の連铸比率の推移³⁾を示すが、我国は諸外国に比べて非常に早いスピードで連铸化が進み、既に昭和58年には90%に達し、平成3年は95%近くになっている。

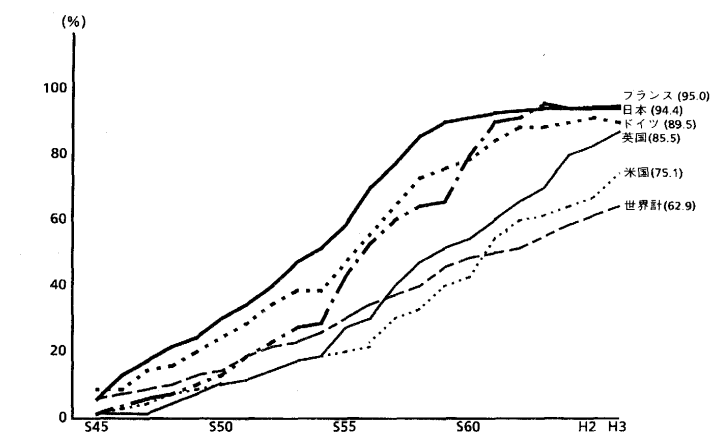


図4 連铸比率の推移

これが耐火物の量の変化にもたらした結果としては、シャモットれんが（湯道、定盤れんが等）の減少としてれんがが全体の減少に大きく影響している。

次にもう少し詳細に、れんがの変遷について述べる。

図5に、塩基性系れんがの推移¹⁾を示すがマグクロれんがとドロマイトれんがの激減が目立つ。マグクロれんがは、平炉の消滅と混鉄炉の減少、電気炉の水冷化とマグネシア-カーボンれんがへの変更、更に脱ガス炉のライフアップ等で急激に減少の一途をたどってきたが、ここ数年二次精錬での脱ガス比率の向上により増加傾向にある。ドロマイトれんがは、上吹転炉時代において当初のタールドロマイトれんがから焼成ドロマイトれんがへの移行と、軽焼ドロマイト投入によるスラグコーティングによって寿命が飛躍的に向上し減少してきた。さらに昭和50年代に入り上底吹転炉の導入とともにドロマイトれんがはマグネシアカーボンれんがに置きかわり、今日に至っている。マグネシアれんが

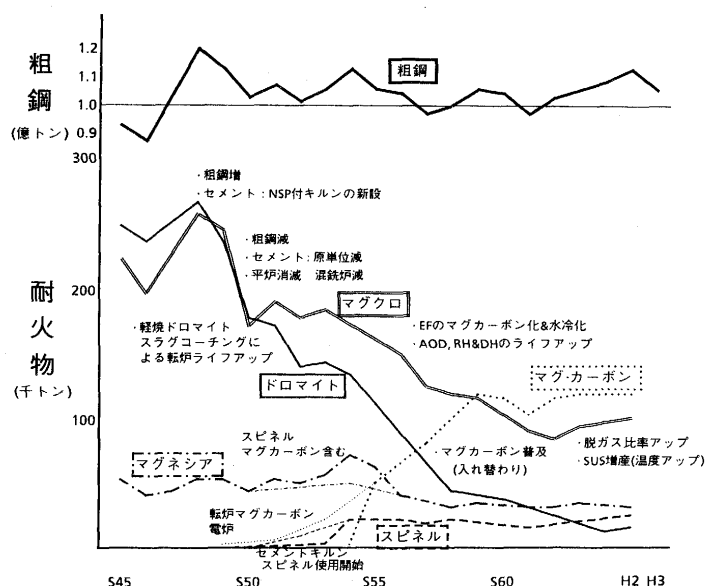


図5 品種別耐火れんが生産高推移（塩基性系）

は、マグネシア-カーボン質、スピネル質等に置きかわり漸減している。

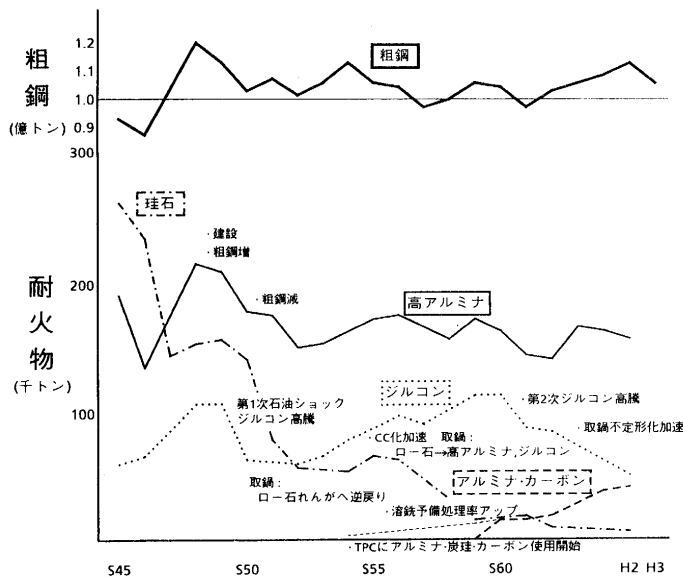


図6 品種別耐火れんが生産高推移
(高アルミナ、ジルコン、珪石、アルミナ-カーボン)

図6は、高アルミナ、ジルコン、珪石れんがの推移¹⁾であるが、高アルミナれんがは汎用性が高いため量の変化は少なく、粗鋼の生産と類似した推移をしている。珪石れんがは、コークス炉、熱風炉の建設が昭和50年代以降ほとんどなくなり、現在ではガラス炉用に僅か生産されているにすぎない。

一方、2000年以降にコークス炉のリプレースが集中すると見られているが、国内での珪石原料、製造設備、製造技術の温存については種々困難な問題があり、諸外国にまでひろげた対応が必要となろう。

ジルコンれんがは、昭和40年代には価格も安く、耐用性も良いため取鍋に広く使用されていたが、昭和48年の第1次オイルショックに伴って高騰した為、一時ろう石れんがに戻る現象が生じた。しかしながら、連铸化によって取鍋の条件が厳しくなると、またジルコンれんがへ移行したが、昭和60年の再度のジルコン高騰と取鍋の不定形化の急速な進展により現在では減少の一途をたどっている。

昭和55年頃より、混鉄車他による溶鉄の予備処理が脱Sのみならず脱Si、脱Pまで行われるようになり、混鉄車が運搬容器から反応容器へと変化してきたが、れんがもそれまでのシャモット、高アルミナれんがでは耐用不十分となり、アルミナ-SiC-Cれんがへと変化してきている。

以上、耐火れんがの変遷の概要を述べてきたが表1にこれらを窯炉別に見た耐火物の対応の状況を示す。

このように鉄鋼用れんがは製鉄、製鋼のプロセスの進化に伴って、大きく変貌を遂げてきたが材質面からこれを要

表1 製鉄プロセスの変化と耐火物

(1)

製鉄プロセスの変化	耐火物の対応
高炉 ○大型化、生産性向上 ○冷却盤→ステーブ方式 ○溶鉄槽の大型化 ○長寿命指向	→ 炉壁 シャモット質→高 Al_2O_3 質→ $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$ 質れんが ・羽口 高アルミナ質→ SiC 質れんが ・ C-SiC 質、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ 質れんがの出現 ・スタンプ材→流し込み材 → 補修システムの開発 補修材料の開発
混鉄車 ○脱珪、脱硫、脱磷	・シャモット質→高 Al_2O_3 質→ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC}$ 質れんが
転炉 ○上吹き→上底吹き ○ステンレス溶製 ○溶融還元	・高純度ドロマイト質→ MgO-C 質れんが MgO-C 質 MgO-CaO-C 質れんが
二次精錬炉 ○DH RH→反応の高速化・高品位化 ○AOD炉 ○LF炉	・ダイレクトボンドマグクロ質→リボンドマグクロ質→ MgO-C 質れんが ・ MgO-C 質、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ 質れんが
取鍋 ○連続鋳造化による溶鋼温度アップ ○溶鋼清浄度の保持 ○築炉工の不足	・ろう石質→ジルコン質→スピネル質流し込み材 (不定形)→ $\text{MgO-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ 質流し込み材(S.L) ・(れんが→不定形化)

(2)

製鉄プロセスの変化	耐火物の対応
タンディッシュ ○タンディッシュメタラジー ○省力化・ホット回転	○コーティング材 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 質→ MgO 質→ MgO-CaO 質? ○コーティング作業のロボット化 ○コーティング材の剥離性の向上
溶鋼流量コントロール耐火物(SN) ○無公害化 ○高耐用化 ○エアシール性	ビッチ含浸 Al_2O_3 質→ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ 質→ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-C}$ 質プレート→組織のコントロール
溶鋼流量コントロール耐火物(AG) ○溶鋼清浄度の維持(LN) ○ノズル閉塞防止	・ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-C}$ (G)質→ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ (G)質 ・ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-C}$ (G)質→ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-CaO-C}$ 質 ・ガス境膜の形成 ・気密構造耐火物システム
新鋳造プロセス ○水平鋳造(ブレイクリング) ○双ドラム式鋳造	・BN系ノズル ・潤滑性耐摩耗材料
熱間連続操業 ○省エネルギー ○補修の効率化	・熱間補修→熱間補修(溶射補修) 全製鉄プロセスに適用化

約すれば次の2点に尽きると言える。

- ①酸化物骨材の進化：珪酸塩質（シャモット、ろう石、ジルコン）から中性（アルミナ、スピネル）、塩基性質への移行
- ②材質の複合化：黒鉛をはじめとするC質及び非酸化物あ

るいは金属粉末との複合化

耐火れんがは、以上の如く量的には非常に減少してきたが、質的には大きな進化発展を遂げてきたと言える。一方、不定形耐火物は質的に大きな発展があり、さらに窯炉整備に於ける作業環境対策という外的要因も加わり、不定形化率の上昇という事から量的には微増ながら維持されてきた。

次に、不定形耐火物とそれに伴う施工機器の発展について少し詳しく述べる。

3 不定形耐火物の発展

図3に示す如く、昭和45年は原単位29.1kg/S.T、昭和55年は15.3kg/S.T、平成3年は11.7kg/S.Tと耐火物全体は低下する一方であるが不定形に関しては、昭和45年5.6kg/S.T、昭和55年5.8kg/S.T、平成3年6.2kg/S.Tと逆に増加してきている。

これはすなわち全耐火物の内訳で不定形比率が増大してきていることを示し、不定形比率は昭和45年19.2%、昭和55年37.9%、昭和63年には50.0%となり、平成3年は53.0%と逆転している。これは鉄鋼全体での比率であるが、より不定形化の進んでいる高炉メーカーを対象で見れば60%を超えていると思われる。

この不定形比率の増大については、れんがで内張りされた窯炉の吹付等による補修技術の向上によって寿命アップし、その結果れんが原単位の減少と補修材による不定形原単位の増大が影響している。しかしながら、これだけではなく、さらに不定形耐火物の技術革新によりれんがに匹敵する、あるいはそれ以上の耐用性を得ることが可能となったことが、大きなドライビングフォースとなっている。

図7¹⁾は、耐火モルタルを除く不定形耐火物の揺籃期からの品種別生産量の推移を示したものであるが、最近の10年

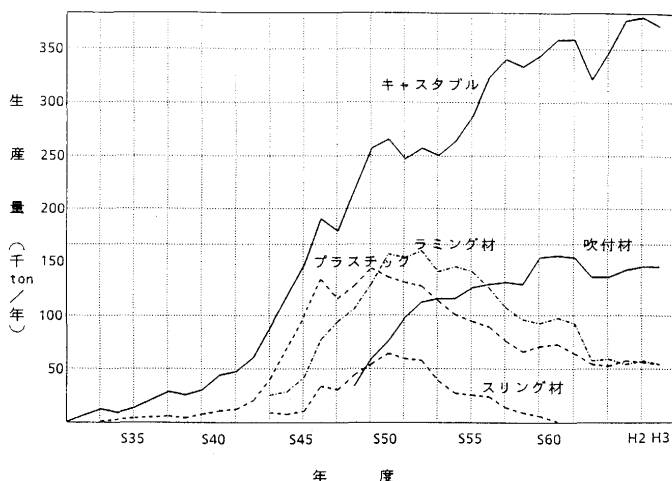


図7 不定形耐火物の品種別生産高の推移

間でプラスチック、ラミング材、スリング材の著しい減少がみられる反面キャストブル、吹付材の増加が顕著に表れている。

吹付材の増加は、補修技術の確立（例えば機械化等）が寄与しているがキャストブルの増加は新規な材料が開発されたことによるところが大きい。

表2に、不定形耐火物の技術的発展の経緯を整理してまとめた。

表2 不定形耐火物の技術的発展と将来方向

	～1975(S50)	1975(S50)～1990(H2)	1990年代
○品質、施工性を左右する要素	セメントボンド ケミカルボンド	粉体-水系のレオロジー特性 応用による凝結結合	極低水分化 非水系溶媒
○用途	雰囲気炉主体	溶湯容器内張りへ使用範囲拡大	精錬炉への適用拡大
○品質レベル(性能)	施工性主体	耐食性主体 高品質、品質安定	高耐食性 品質保証(信頼性向上)
○製造管理	Lot管理	Batch管理	Batch内管理 (完全分散、セグレ防止)
○施工技術と重点指向	キャストブル 吹付 スタンプ	電炉、転炉 プラスチック スリング	取鍋 TD TDコーティング 精錬炉 吹付造壁

昭和50年（1975）までの不定形はバインダー（結合剤）としてアルミナセメントを多量に使ったセメントボンドキャストブルと水ガラス、リン酸及びリン酸塩を使ったケミカルボンドの材料がほとんどであり、これらは多量のバインダーを使用するため材料の耐熱性、耐食性が低下しその用途はほとんど雰囲気炉に限られていた。

昭和40年代末から昭和50年代の初めにかけて、粉体-水系のレオロジーの研究が進み、多量のバインダーを使用しなくても超微粉の適用と極微量の分散剤、硬化剤の選択やPHのコントロールにより、セメントボンドキャストブル以上の作業性と品質を有する新しい不定形材料が開発された。

この新しい材料の硬化機構を従来のセメントによる水和結合、水ガラス他の無機バインダーによる化学結合に対して、粉体-水系のレオロジー特性応用による凝結結合と称している。

この新しい材料は、ミクロンオーダーのシリカやアルミナの超微粉と分散剤の併用によりセメントボンドキャストブルの約半分の混練水量で、施工に合った作業性が得られる。この凝結結合の材料は、耐熱性、耐食性を低下させるバインダーをほとんど含まないため、耐火骨材の特性がそのまま生きてくるのでれんがに匹敵する品質・性能が得られる。またこの材料の開発により、従来適用が出来なかった取鍋、タンディッシュ等溶湯容器内張材として不定形耐火物が使用可能となり、飛躍的に不定形耐火物の使用範囲が拡大した。

表3に、これら新材料とセメントボンドキャストブルの品質の一例を示す。特に新材料A(低セメントタイプ)は強度が高く(特に熱間強度)、気孔率が低い緻密な組織を持ち、焼成後(受熱後)の収縮もなく優れた容積安定性を有している。従って溶湯のアブレーションやスラグ侵食に強く、さらに構造的にも安定しているので、適切な耐火骨材の選択により各種の製鉄窯炉、具体的には高炉出鉄樋、混鉄車受鉄口、取鍋、脱ガス炉浸漬管、タンディッシュ等の内張り材として、また各種のインジェクションランス等広範囲に使用され不定形化率を急速に向上させたのである。

表3 流し込み(キャストブル)材料の品質比較

項目	凝結結合		水和結合
	新材料A (低セメント)	新材料B (クレイボンド)	通常キャストブル (セメントボンド)
化学成分(%)			
Al ₂ O ₃	56	56	56
SiO ₂	38	38	35
CaO	0.9	0.5	5.8
混練水量(%)	7.5	9.3	13.0
見掛け気孔率(%)			
110°C×24hrs	13.8	18.1	22.1
1500°C×3hrs	16.5	20.0	19.8
圧縮強度(Kg/cm ²)			
110°C×24hrs	380	135	230
1500°C×3hrs	785	320	410
曲げ強度(Kg/cm ²)			
110°C×24hrs	85	15	50
1500°C×3hrs	195	106	130
熱間曲げ強度(Kg/cm ²) at 1400°C	45	24	6
焼成後線変化率(%) 1500°C×3hrs	+0.27	+0.60	-0.45

一方、これらの新しい材料は超微粉の微量添加とその完全分散を条件としているので、材料の製造段階及び施工段階での技術の向上と十分な管理がなされて高い機能を発揮するものである。そのためには、ユーザーサイドと耐火物メーカーサイドとの協力体制が必要不可欠な条件となる。

この点から不定形耐火物施工機器の開発の重要性が唱えられ、また同時に、ユーザーサイドの築炉作業の省力化、軽労化のニーズと相俟って施工機器の開発も急速な発展を遂げた。

次に、不定形耐火物の施工の機械化による自動化、軽労化の発展について述べる。

4 不定形耐火物施工機器の発展

不定形耐火物の施工法と材料の分類を表4に示すが従来はこれらはどの作業も、高温、粉塵、危険等過酷な環境下での人手による重筋作業を余儀無くされ、窯炉整備の中で最も改善の必要な作業であった。

我々は不定形耐火物を供給するメーカーとしてこれらの

表4 不定形耐火物施工法分類

施工法		適用材料
流し込み	ミキサー・シュート	キャストブル
コテ塗り	ミキサー・手作業	コテ塗り材(TDコーティング材) キャストブル(水量調整)
吹付け	吹付け機	吹付け材・キャストブル
投射	投射機	サンドスリンガー材
ラミング	エアランマースタンプ	ラミング材・プラスチック
圧入	圧送機	圧入材(受鉄圧入出鉄口充填材etc)
焼付け	手投入	焼付け材
パッチング	手作業	パッチング材・プラスチック

作業を軽く、また環境の良いものにするために、材料の特性を活かす施工の機械化を目指して、機器の開発に精力的に取り組んできた。

図8はこれまでに開発された不定形耐火物施工機器の一覧である。

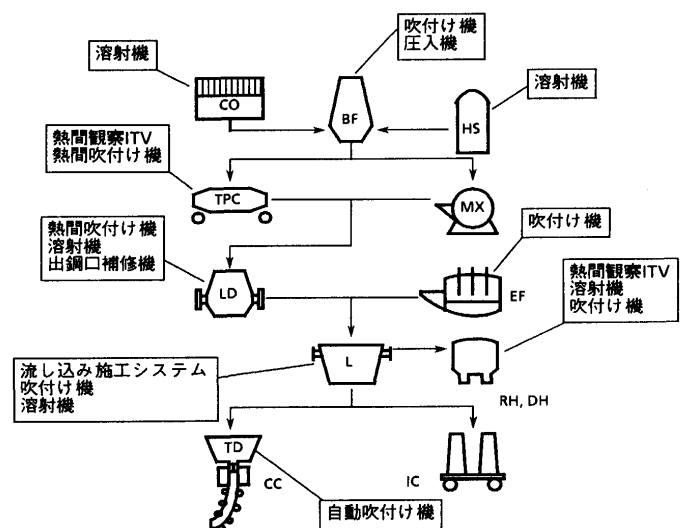


図8 製鉄窯炉に於ける不定形耐火物施工機器

不定形耐火物の施工機器は大きく分けて

- ①補修用機器 と
- ②築炉用(ライニング施工用)機器 に分類される。

さらに、熱間補修については短時間に適確に補修の必要な場所を見つけ、最も効果的な処置を行うのが重要であるため、熱間で炉内を観察する必要があるが、このために熱間炉内観察装置を開発している。

補修機としては、吹付け機(ガニングマシン)が最も一般的で、熱間、常温とも古くから使われてきたが、中でも転炉の熱間吹付け補修作業は高温、重筋作業の代表的なものであり、この作業を何とか軽労化できるように昭和48年に自走式の転炉熱間吹付け補修機を開発し、レバー操作のみで作業ができるようになった。

またノズルを伸縮、旋回、傾動可能として大型転炉でも必要となる補修が可能となり寿命向上に大きく貢献しており、現在では各国の転炉で使用されている。

熱間吹付け補修では、この他にRH・DH等脱ガス炉のシュノーケルの内面、外周の吹付け補修をリモコン操作でできる機械を開発した。これには先に述べた熱間炉内観察装置をセットに組み込んで作業の精度の向上と効率化を図っている。タンディッシュの内張には主として整備作業の点かられんがの表面にシリカ質の断熱ボードを張って使用されていたが、鋼の品質の点からマグネシア質のボードに変わった。しかしながら多連鑄化が進むにつれて、ボードでは耐用性の点で不十分となり、昭和40年代後半よりマグネシア質のコーティング材（コテ塗り材）に移行してきた。このタンディッシュコーティング材のコテ塗り作業は、まだ残熱のあるタンディッシュの中での作業であるため、高温、多湿の非常に厳しいものである。そのうえタンディッシュの大型化によって深くなり作業時間も長くなるという、さらなる作業条件の悪化からこの作業の機械化が強く要望されてきた。

しかしながら、コテ塗りの機械化は難しく実現していない。変わる方法として、昭和50年代前半より自動吹付け機の開発に着手したが、従来の吹付けノズルではノズルと吹付け面の距離が取れず（1m位が必要）、短尺で材料と水のミキシング効率が一桁高いノズルの開発が必要となってきた。

我々は、数10本のノズルの試作と実物大のタンディッシュモデルを製作して実験を重ね、3年間の期間を費やして、200～300mmの距離で、付着率、施工体の品質、吹付け面の性状ともに満足できるノズルを開発した。写真1にそのノズルを使った吹付状況を示す。

このタンディッシュコーティング材自動吹付け機の完成により過酷な熱間コテ塗り作業からの解放、さらにコテ塗りではできなかった300～400℃での高温施工も可能となり、タンディッシュ整備作業の時間短縮に大きく寄与しており、コテ塗りに比べて60%の省力化を果たしている。また、均一厚みの施工体が得られ、コーティング材の使用量を20%以上削減した例もある。

次に溶湯容器の不定形化の進展の中で、内張のれんがに代わる不定形耐火物の施工について取鍋を例にとって述べる。製鋼用取鍋の不定形化の施工方法としては、スリンガー方式、自動スタンプ方式、振動鑄込成形方式、流し込み方式がある^{4)～6)}。

スリンガー方式は昭和43年に導入されたが、その施工方式から材料設計に限界があり、施工体の品質も低く昭和50年にピーク、昭和60年には廃止されている。

自動スタンプ方式は、施工時に中子（型枠）を必要としないユニークな方式であるが、これも材料設計に限度があ

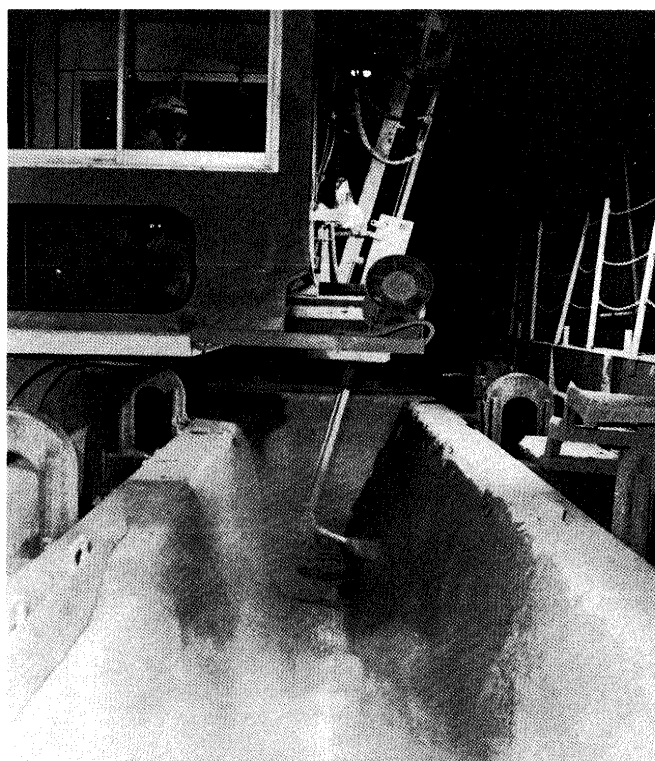


写真1 タンディッシュ吹付状況

る。

振動鑄込成形は、昭和50年代に開発され施工体の品質は高いが、設備の価格とコントロールの点で普及していない。ただこれらの方法は、材料がウエットタイプで施工現場での混練作業が不要という特徴がある。

流し込み方式は、昭和49年頃より実炉テストが進められ昭和55年頃迄には施工技術としては確立された。

現場での材料混練用のミキサーを必要とするが、設備費も比較的安く、設備の保安全管理も簡単なため容易に採用することができる。

特に、新しいキャストブル材料が開発され、材料設計の自由度も高いので不定形取鍋の主流となっている。

また、省力化のためのシステム化も容易なため昭和60年以降急速に進展してきた。写真2に取鍋流し込み装置の一例を示す。

取鍋の整備（築炉）作業におけるれんが鍋と側壁部のみの不定形鍋の作業工数を比較すると、約40%の省力化効果が出ており、全不定形鍋になると約70%の省力化にはなるものと思われる。

写真3は、溶射補修装置であるが、近年溶射による窯炉の熱間補修が注目され、コークス炉、脱ガス炉、転炉、取鍋等に適用され、その威力を発揮しつつある。

本来、窯炉の熱間補修に水を使った不定形耐火物を使用するのは、母材の耐火物に苛酷なスポーリングテストを行うようなもので、又補修材そのものも急激な脱水により緻密な組織の施工体を得るのは不可能に近いということから

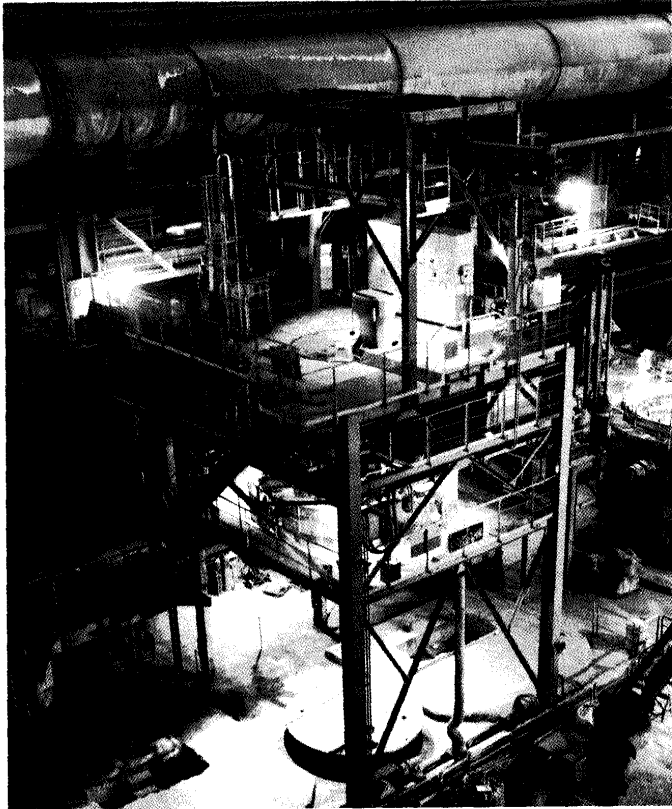


写真2 取鍋流し込み装置

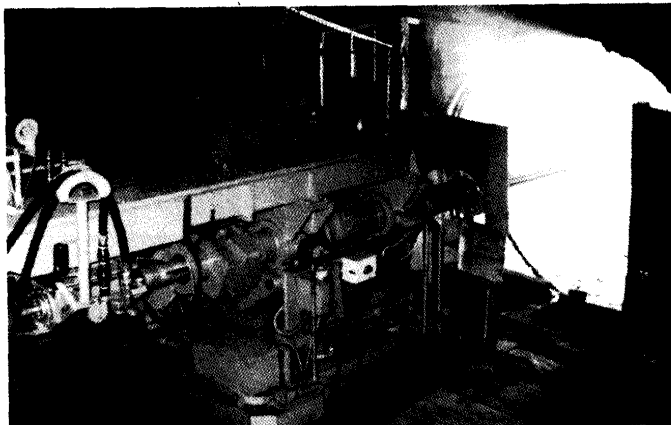


写真3 溶射補修装置

決して理想的な補修方法とは言えない。

この点から見れば、溶射による補修は理にかなった技術として今後の発展が期待されるものである。

以上、述べてきたような耐火物の開発、不定形化、窯炉整備作業の機械化により、図9に示すように、ある製鉄所では、この10年間で耐火物原単価33%以上、整備労務費で37%の低下が達成された事例もある⁷⁾。

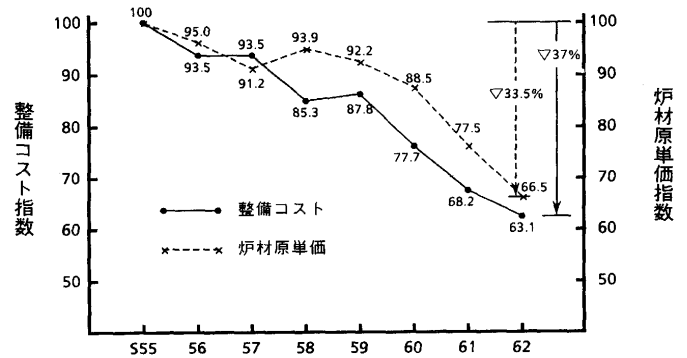


図9 窯炉整備における整備コストと炉材コストの推移例

5 鉄鋼用耐火物の今後

これから、21世紀にかけて鉄鋼用耐火物にどのような対応が要求されるか、表5に、鉄鋼用耐火物の今後についてその要点をまとめてみた。これまで鉄鋼用耐火物は鉄鋼製造プロセスの変化に対応して発展をしてきたが、これからも最も大きく影響を受けるのは製鉄プロセスの変化であろうと思われる。製鉄プロセスの変化には表5の1項にかかげたような項目が予想されるが、夫々耐火物にとっての使用条件は厳しくなる傾向にあると思われる。

表5 鉄鋼用耐火物の今後

1. 鉄鋼製造プロセス変化への対応	
☐	熔融還元炉
☐	高速脱C・脱ガス
☐	ニアネットシェイプ連铸 …… FC技術導入
☐	鋼の清浄度アップ …… 成分制限 ex. S P O N H C
2. 社会情勢の変化への対応	
☐	労働問題……省力化 3K排除 (人手不足) ↓ 不定形化 → 精錬炉内張りへ 機械化 → 自動築炉機, 施工機, 解体機 ……炉寿命延長 → 溶射補修, 高級耐火物
☐	環境問題……省エネルギー CO ₂ 抑制 (公害・環境保護) ↓ ……省資源 → リサイクル化 ……公害(クロム他) ↓ 脱クロム化、リサイクル化

これに対する技術的ブレークスルーには、耐火物の基礎

的研究の見直しも必要であろうと思われる。特に、酸化物、非酸化物、金属、ファイバー等が複合化された材料の高温物性の究明により新しい耐火物が生まれることを期待している。

また、ファインセラミックスと耐火物の間の領域を埋める技術開発から新しい耐火材料の出現も期待される。

一方、製鉄プロセスの変化のみでなく今後は社会情勢の変化も大きな影響を与えることが予想される。

ひとつは、人手不足に見られる労働環境の変化であるが既に近年築炉工の不足が現実の問題として早急な対応を迫られている。

これに対して、窯炉築造、整備作業の省力化、3K対策が急務となっているなかで、耐火物に対しては一層の不定形化が進むものと思われる。

ただし、不定形耐火物の施工現場の環境改善のため、無発塵、ミキサーレス、型枠レス等の材料・施工技術の開発が不可欠となってくると思われる。

表2で不定形耐火物の技術的发展と将来方向をかかげたが、これまで溶湯容器までの不定形化が進展したがこれからは精錬窯炉内張りの不定形化を進めるための材料開発が必要である。精錬炉に使用される不定形耐火物は、より一層の信頼性が要求され材料を製造する過程及び施工時点での品質保証が十分に確立される必要がある。一例として、大型プレキャストブロックの適用によるカセット化等が進む事も考えられる。

また、窯炉の超長寿命化によるメンテ作業の減少から省

力化を図る方向も考えられ、超高級耐火物と溶射（補修）技術とのドッキング等今後拡大してゆくと思われる。

他のひとつは、公害、環境保護を含めた環境問題がある。CO₂ガス抑制のための省エネルギーは、不定形化、不焼成化を促進することになるが、多エネルギー消費型の高級人工原料の使用にも制約が出る可能性がないとは言えない。この点は、先に述べた超高級耐火物の使用とは相反することとなる。

資源の有効活用、廃棄物対策から耐火物のリサイクルも真剣に取り組む必要があると思われる。

これまで、耐火物はほとんどのことが鉄鋼業界と耐火物業界の間で処理、解決され、ともに発展をしてきたがこれからは社会情勢の外的要因も複雑に絡みあった中で活路を見出し、発展していかなければならない。そのためには、ユーザーとメーカーの尚一層の協調体制が必要不可欠である。

我々耐火物業に従事する者として、より一層鉄鋼業のニーズに合った耐火物の開発、改良を心掛けてゆきたいと思っている。

参考文献

- 1) 耐火物協会会報（耐火物協会）、(1992)、505号
- 2) 鉄鋼界報（日本鉄鋼連盟）、(1992)、No.1572 p.8
- 3) 鉄鋼界報（日本鉄鋼連盟）、(1992)、No.1567 p.4
- 4) 西田慎治、南皮安利：金属、47（1977）7、p.23
- 5) 山広実留、萩原武、今井広之：耐火物、33（1981）、p.319
- 6) 田中英雄、永楽益夫、古海宏一：耐火物、30（1978）、p.223
- 7) 倉田浩輔、松井泰次郎、楠澄生：耐火物、41（1989）、p.671