

進化する新日鉄の設備エンジニアリング(上)

耐火物の乾燥にマイクロ波を利用

30年前、独身寮で電子レンジを用いたアングラ研究から挑戦は始まった

技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター(EPC)

無機材料研究開発部



鉄鋼業にとって、高炉、転炉から圧延、表面処理にいたる各種製鉄プロセスに関する技術は生命線だ。そして、それらの設備群はさまざまな技術革新を通して進化し続けている。競争力維持・強化のためには、「品質対策」「コスト削減」「省エネ・省力」「環境対策」「能力増強」「老朽更新」などを目的とした設備投資が不可欠であり、当社では、設備エンジニアリング力を日々強化している。

この企画では、最先端の製鉄プロセスを支える設備技術集団 技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター(EPC)の最新の取り組み事例を、2回にわたって取り上げる。今回は、省力化とコストダウンを実現した無機材料研究開発部の「マイクロ波による耐火物乾燥技術」、2回目は従来の約120日間から88日間へと大幅な工期短縮を可能とした「高炉改修技術」がテーマだ。これらの事例を通して、常に将来を見つめて進化し続ける新日鉄の設備エンジニアリング力を紹介する。

飛躍的な省エネルギー、原単位向上を実現

新日鉄では、取鍋(溶鋼を受ける容器)や、真空脱ガス設備(RH)に耐火物を内張りしている。これら設備のメンテナンスを省力化、省エネルギー化する目的で、従来のれんがからコンクリート状の耐火物の粉に水を混練し型に流し込む不定形化の開発・適用を進めてきた。

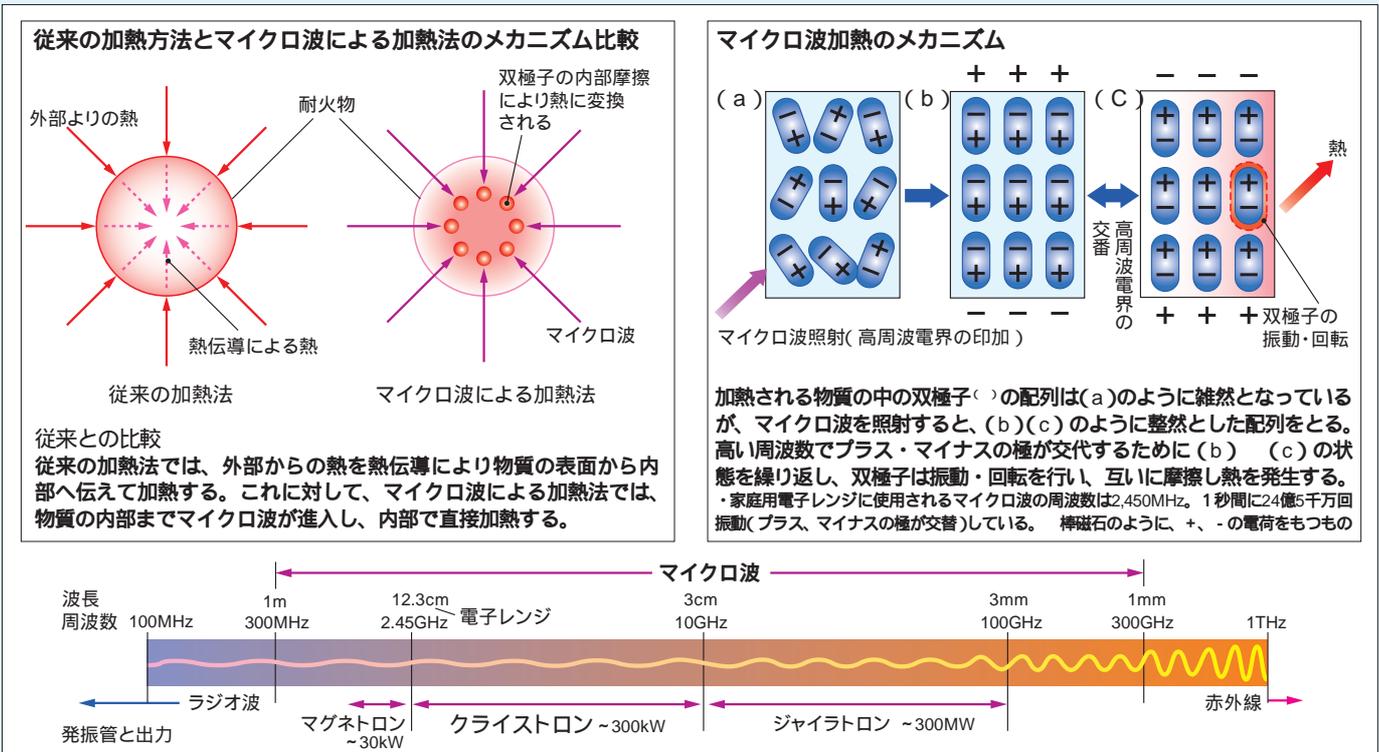
さらに、不定形耐火物を施工の際、十分に乾燥する技術として、世界最大級の大容量マイクロ波装置(出力45~120kW)を導入して、新日鉄技術を加え、さらなる省エネルギー化および乾燥時間の短縮を実現した。これらのマイクロ波乾燥技術は、新日鉄の広畑、名古屋、大分、君津、八幡、室蘭の各製鉄所で実用化されている。

原理的には、各家庭にある1kW規模の電子レンジと同じ

で、アプリーケーターと称する専用容器内に取鍋やRH設備をセットして、マイクロ波を照射しながら同時に熱風を提供する。この新技術により、従来の熱風乾燥に比べて取鍋の乾燥に必要なエネルギーは約4分の1に低減し、作業時間は約3分の2に短縮された。複雑な形状のRH設備でも作業時間は2分の1となった。

アングラ研究で作った試作品

1970年代はじめ、広畑製鉄所の吾妻寮には、寮生が食事を温めるために当時はまだ珍しかった電子レンジが導入されていた。食堂の利用者がいなくなった深夜、毎晩のように、こっそりとこの電子レンジを使う若手技術者の姿があった。広畑炉材開発室に配属された新入社員西谷輝之だった。この当時、新しい不定形耐火物の開発をテーマとして



いた西谷は、従来の熱風に代わる乾燥方法としてマイクロ波を利用することを思いついた。そして、試作品を恐る恐る上司の室長に提案した。

この提案は、理論的に正しく、技術的に価値のあるものであった。環境・プロセス研究開発センター（EPC）無機材料研究開発部主幹研究員の平初雄に聞いた。

「家庭のコンロと電子レンジの違いでわかるように、耐火物の場合も昇温の際の熱の伝わり方が異なります。熱風乾燥の場合は均一ではなく、表面から加熱乾燥していき、内部には水分が残っていきます。水蒸気は150 で5気圧、180 で10気圧になると言われています。残った水分の水蒸気爆発が恐いため、熱風乾燥前提の不定形耐火物では、中に有機繊維を混練し、細かい気孔があくように工夫されています。この有機繊維は約80 で溶け出し、気孔を作り、中の水分を放出するのに役立ちますが、これにより、気孔率が約3%高くなり、耐火物の強度は2割程低くなります。マイクロ波を利用すると、孔が無くても内部も均一に加熱されていきますので、いきなり150 まで昇温したとしても、水蒸気爆発の心配がありません。したがって、強く、耐食性の良い耐火物が可能となりました。マイクロ波の適用により、炉材原単位は20%程度も向上しました」

新日鉄のエンジニアリング力で実現

では、なぜ、開発に30年の年月を要したのか。通常、家庭用の電子レンジはほんの20～30cm四方の小さな空間だが、均一に加熱するのは難しく、ターンテーブルの回転や、スターラー（羽根）によるマイクロ波の拡散などさまざまな工夫がされている。ちなみに最近、コンビニエンスストアで弁当を温める時に使う電子レンジにはターンテーブルが無い物がある。あれは、上下からマイクロ波を均一に照射するよう工夫した特別仕様の電子レンジだ。製鉄現場で使用する取鍋やRH設備は直径4～5mもあり、しかも形状は複雑だ。研究室レベルの成果をスケールアップするエンジニアリング技術が問われていた。

実際には、発生機から出たマイクロ波を反射板やスターラー（羽根）で拡散する。

特に、均一照射を最終的に調整するためにスターラーを用いているが、問題となるのがスターラーの形状だ。実際には、照射空間に水を入れた100個以上のピーカーを置き、これらが均一な受熱をするか、という地道な確認をした。均一に照射されないときには、さらにスターラーの形状変更を行い、マッチングさせた。もう一つの課題がパワー。通常、マイクロ波をパワーとして利用するケースは、1kWレベルの家庭用電子レンジなどに限られ、一般的にはレーザーや通信などの用途向けに発達してきている。取鍋やRH設備の耐火物の乾燥には家庭用電子レンジの50～100倍のパワーを要する。通常マイクロ波は、永久磁石（家庭用）や電磁石（工業用）を用いた「マグネトロン」で発生させる。しかし、開口面積が狭いと多数の「マグネトロン」を配置することができず、一台で大きなパワーを要する場合は、電子銃加速方式の「クライストロン」が用いられる。大きな出力を取り出せるのが特徴である。

マイクロ波発生機は芝浦メカトロニクスや米国CPI社から購入している。特に八幡製鉄所に設置されたマイクロ波発生機では米国CPI社製の工業加熱用としては世界最大の120kW機を導入した。これでマイクロ波の工業的利用の技術が完全に確立した。

クライストロン：浜辺で「波が砕ける」という意味のギリシア語 klyzo を語源とする。

大きな可能性を秘める 大容量マイクロ波利用技術

30年かかった不定形耐火物乾燥へのマイクロ波利用は、今後大きな可能性を秘めている。

EPC中心に進められてきたこの開発において、マイクロ波乾燥に適した耐火物開発の面で協力してきたのが黒崎播磨㈱である。今後は新日鉄グループとして開発した大容量マイクロ波照射技術を耐火物乾燥技術として営業展開すると同時に、製鉄所以外のさまざまなプロセスに応用することを検討している。

環境・プロセス研究開発センター（EPC）
無機材料研究開発部 主幹研究員 平初雄

