

## 【日本機械工業連合会会長賞】

### 自己排ガス再循環型ラジアントチューブバーナ

J F E スチール株式会社 東京都千代田区

日本ファーンレス株式会社 神奈川県横浜市

#### 1. 機器の概要

今回開発した自己排ガス再循環型ラジアントチューブバーナは、超低 $\text{NO}_x$ バーナに、排ガス顕熱回収用のコンパクトレキュペレータを組合わせた省エネ燃焼装置である(図1)。仕様の一例として、燃料ガスに製鉄所副生ガスであるCガスを用い、燃焼容量 11~12 万 kcal、予熱エア温度  $590^\circ\text{C}$  で排熱回収率 48%の省エネ性能を示す。

フューエルN分を含むCガスを用い、かつラジアントチューブ内の狭小空間 ( $\phi 176\text{mm}$ ) で燃焼させる場

合、従来の燃焼方法では、火炎温度が高くなり $\text{NO}_x$ が高めに推移する。本バーナは、このような低 $\text{NO}_x$ 化が難しい条件において、国内トップレベルの超低 $\text{NO}_x$ 性能と、それにより生まれた $\text{NO}_x$ 余裕代を、予熱空気温度アップに用いて、省エネを図った画期的なラジアントチューブバーナである。新しい発想の自己排ガス再循環流による低 $\text{NO}_x$ 化燃焼技術により、予熱空気温度  $590^\circ\text{C}$  レベル(従来  $320^\circ\text{C}$  レベル)でも、従来同様の $\text{NO}_x$ 値を達成しつつ、排熱回収率 48%(従来 24%)を実現し、従来比で、燃料ガスの省エネ 12%を達成する(図2)。

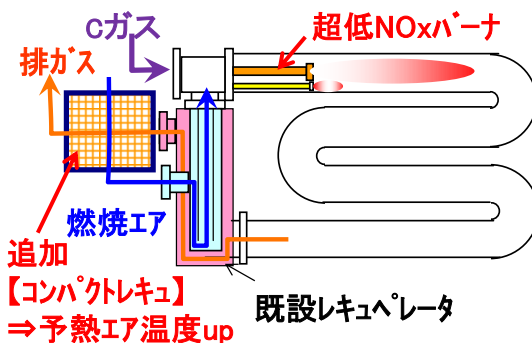


図1 自己排ガス再循環型ラジアントチューブバーナ

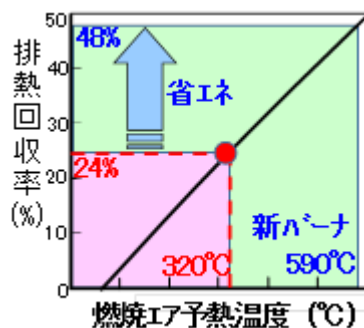


図2 予熱空気温度UPと排熱回収率向上

## 2. 機器の技術的特徴および効果

### 2.1 技術的特徴

用いている低 NO<sub>x</sub> 対策技術として、“2 段燃焼”、および“排ガス再循環燃焼”を採用している。2 段燃焼における低 NO<sub>x</sub> 化のメカニズムは、空気比 1.0 前後のピーク火炎温度域を避けて、未燃領域、過剰エア領域で燃焼させることで火炎温度を低下させ、その結果、発生 NO<sub>x</sub> を低減させる手法である(図 3)。また排ガス再循環は、一度燃焼で発生した排ガスの一部を燃焼エアに混合し、酸素濃度を低下させることで、燃焼時の火炎温度を低減させ、低 NO<sub>x</sub> 化する手法である(図 4、図 5)。

自己排ガス再循環型ラジアントチューブバーナは、ラジアントチューブ内で 2 段燃焼させながら、ラジアントチューブ内での燃焼排ガスの流れを適切にコントロールし、一度燃焼した排ガスが、もう一度流れの上流側に戻る、“自己排ガス再循環流”を形成させている。2 次燃焼エアを偏

心設置することで、従来バーナでは形成されていなかった特殊な燃焼排ガス流れを実現させた。燃焼筒周りに 1 段目燃焼排ガスの縦方向回転の戻り循環流を形成(図 6)させ、自己排ガス再循環作用により従来を凌駕する低酸素濃度燃焼による低火炎温度化により、世界トップレベルの低 NO<sub>x</sub> 性能(予熱エア温度 320℃換算で

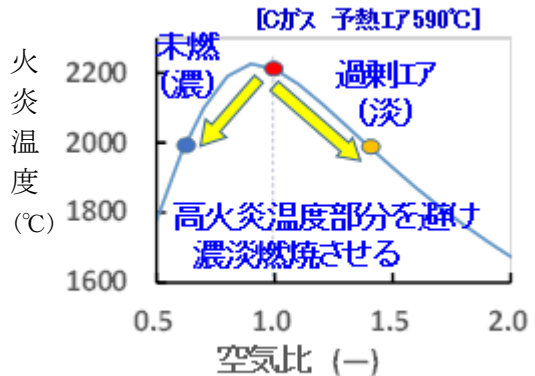


図 3 2 段燃焼による火炎温度低減

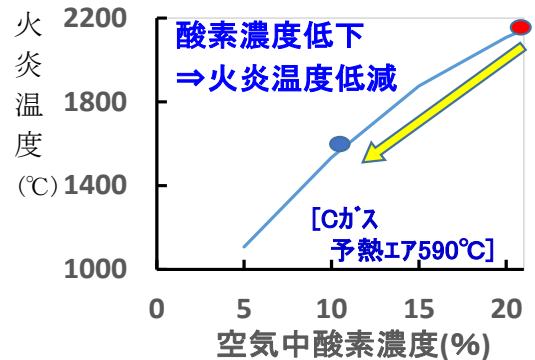


図 4 排ガス再循環による火炎温度低減

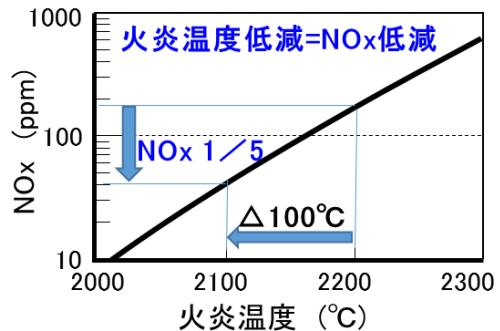


図 5 火炎温度低下による NO<sub>x</sub> 低減

約 90ppm)を実現した。  
 なお、製鉄所副生ガスであるCガスは、燃料中にフューエルN分を含み、断熱火炎温度も 2000℃を超える高温のため、一般的に、NO<sub>x</sub> 値が高めになり、低NO<sub>x</sub> 化が難しいといわれている。そのため、この低NO<sub>x</sub> 燃焼

### ○自己排ガス再循環燃焼バーナ

Nox=90ppm達成

エアノズル配置

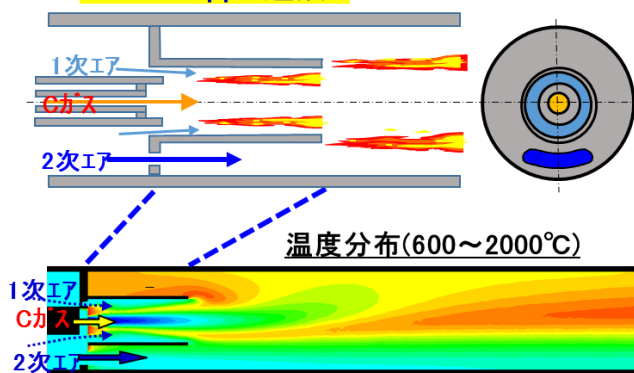


図 6 自己排ガス再循環流による火炎温度低減

技術を、世の中で広く使われている天然ガス燃焼に利用すれば、更なる低NO<sub>x</sub> 化による省エネを、さまざまなラジエントチューブ式燃焼装置で実現できるため、広く世の中に普及させることができる技術である。

## 2.2 効果

### 省エネ性能

一例として、NO<sub>x</sub> 値上限が 160ppm の炉に適用する場合、低 NO<sub>x</sub> 化により生まれた予熱エア温度上昇代を省エネに活用できる(図 7)。排熱回収装置として既存のレキュペレータに加えて、コンパクトレキュペレータと組み合わせることで(図 8)、予熱エア温度を、従来の 300℃レベルから、600℃レベルに増加し、従来比省エネ約 12%を達成した(図 9)。

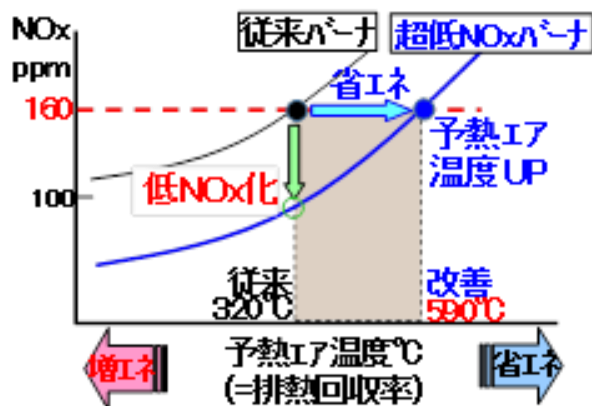


図 7 低NO<sub>x</sub> 化に省エネの説明

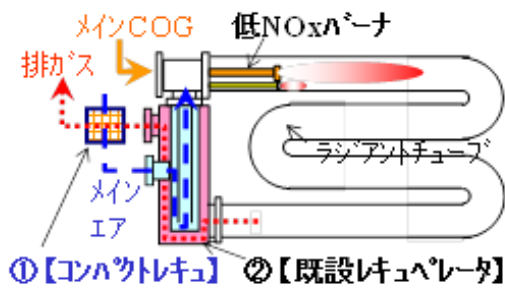


図8 レキュペレータ配置

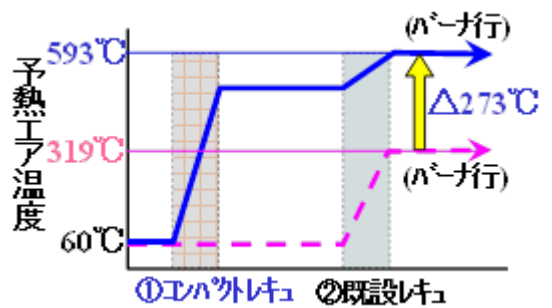


図9 レキュペレータによる予熱エア温度推移

### 経済性

環境調和型高効率ラジアントチューブバーナを、既存のラジアントチューブバーナを有する燃焼設備に改造導入する場合、ケーシングを除くバーナ本体と外部に設置するコンパクトレキュペレータおよびそれらを繋ぐ配管類を設置するだけで、性能を向上させることができるため、改造費用が安価となる。その結果、導入する際の投資回収年が、一式取替えに比べ安価に済み、経済性にも優れており、その汎用性から、世の中に広く普及することが期待できる。

### 3. 用途

自己排ガス再循環型ラジアントチューブバーナは、JFEスチールの連続焼鈍炉(2ライン)に導入済みである。今後は、JFEスチール社内の焼鈍炉へ適用を拡大するとともに、国内製鉄会社への水平展開を進めていく。また、環境保全意識の高まりから、低No<sub>x</sub>燃焼のニーズが世界的に高まると予測されることから、今回共同開発を行った日本ファーンズ(株)の販売チャンネルを通じて、全世界の焼鈍炉に拡販・普及を推進していきたい(表1)。

表1 自己排ガス再循環型ラジアントチューブバーナ拡販・展開による省エネルギー

	省エネルギー [GJ/年]	原油換算 [kL/年]	CO2削減量 [t-CO <sub>2</sub> /年]
JFEスチール導入済(2焼鈍炉)	278	7.1	18.6
JFEスチール社内(7焼鈍炉)展開	973	24.9	65.2
日本国内展開	2751	70.4	184.4
全世界展開	42748	1094.0	2866.3