

# CHUGAI RO PLANT COMMUNICATION MAGAZINE

中外炉プラント通信 Vol.01

## 中外炉の設備診断 —A社殿加熱炉の黒煙対策—

### 1. はじめに

中外炉工業株式会社 プラント事業部では、鉄鋼・非鉄金属用加熱炉やBAL、CGLといった金属プロセス・塗装ラインを中心に設備のエンジニアリングを行っています。

近年は、多くの納入実績により培ってきたノウハウを活かし、自社製・他社製を問わず既存設備の操業改善や高性能化に取り組むとともに、カーボンニュートラル時代に備え、様々な新技術開発にもチャレンジしています。

本稿ではそんな取り組みの中から、当事業部の加熱炉設計部で近年行った設備診断およびそれに基づく操業改善の一例をご紹介します。



Fig.1 設備診断

### 2. 設備診断

今回、設備診断にあたったA社殿の加熱炉では、20年ほど前にバーナをリジェネレーティブ化されて以来、非定期的に黒煙が発生するという問題に悩まされていました。リジェネ化当時、対向するバーナどうしの火炎をぶつけて未燃燃料の燃焼を促進するという対策が講じられていましたが、抜本的な解決に至らないまま長年の課題として取り残されていました。

そこで2017年に黒煙発生の原因究明を目的として弊社にて設備診断を行い、現地調査や操業データの確認を実施。それによりスケール発生量を減らすために燃焼空気比を下げていること、またその一方で侵入空気が多く、炉内酸素濃度は比較的高い状態であることが確認され、この事象が黒煙発生の原因の一つであると考えました。

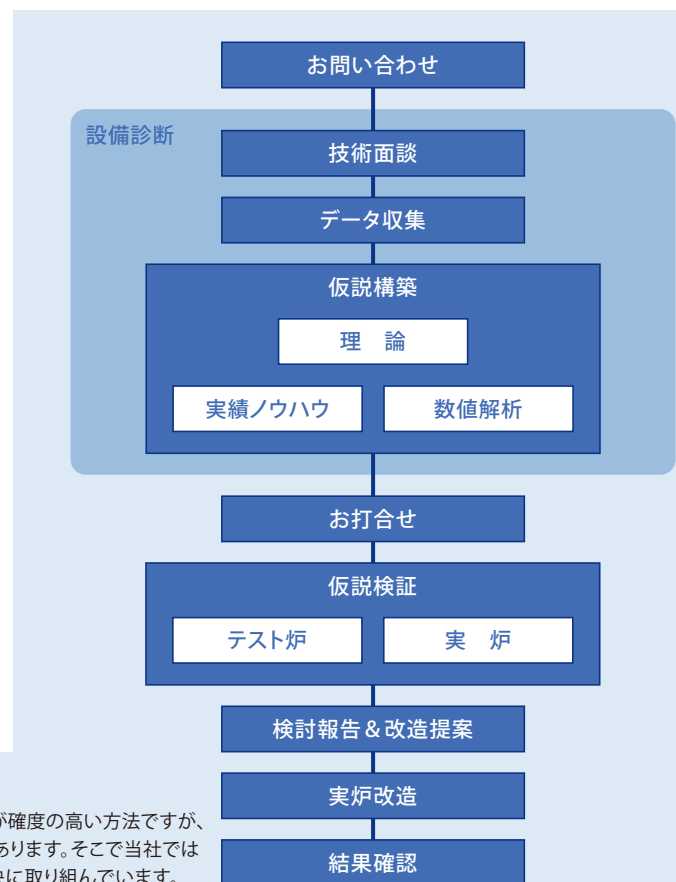


Fig.2 一般的な課題解決フロー

問題解決のためには、その問題が起こっている状態を直接観察し対策を打つことが確度の高い方法ですが、工業炉の場合、問題が発生している部分を目視したり測定することは難しい面があります。そこで当社では理論や実績に基づく知識に加え、数値解析や燃焼テスト設備を駆使して課題解決に取り組んでいます。

### 3. 原因の仮説

侵入空気過多の原因として、移動床と固定床の間にある水封部分の痛みが激しく、十分なシール性が得られていないことが確認できました。

また現地調査データをもとに流体解析を行った結果、炉内幅が比較的狭くガスノズルから投入された燃料ガスが燃焼する前に対向壁に当たっていること、炉内断面積が小さいため排気ガスの流速が大きく、加えて燃料ガス比重が軽いため燃焼前に排ガス流によって流されてしまっていることが推定されました (Fig.4-1)。

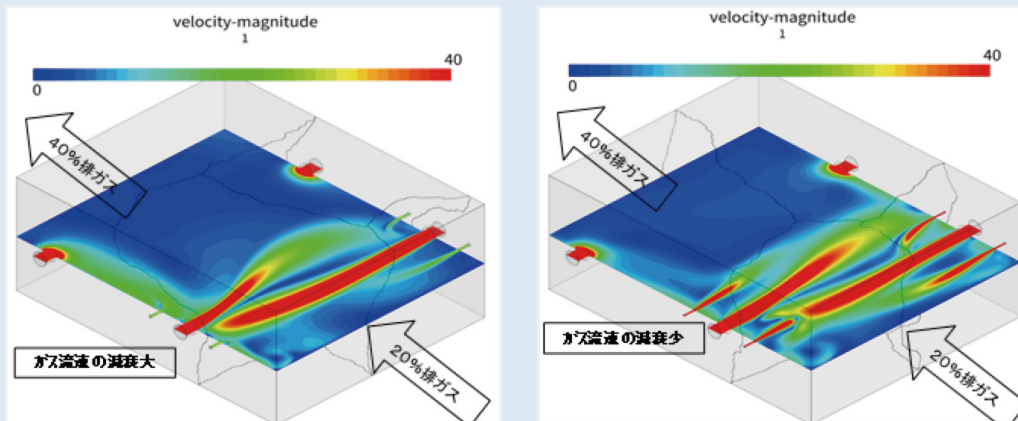


Fig.3 炉内燃焼状況数値解析結果 (一部抜粋)

一般的にリジェネバーナは、サーマルNOxの発生を抑えるため、蓄熱器を通して高温となった燃焼用空気と燃料ガスを別々に炉内へ投入し拡散燃焼させています。そのため、NOxの制約を受けながら火炎長をコントロールすることが難しく、特に火炎長を短くすることが長年の課題でした。しかしながら今回の黒鉛問題を解決するには、火炎を短くし、NOxを抑え、安定燃焼させることが必須課題と考えました。

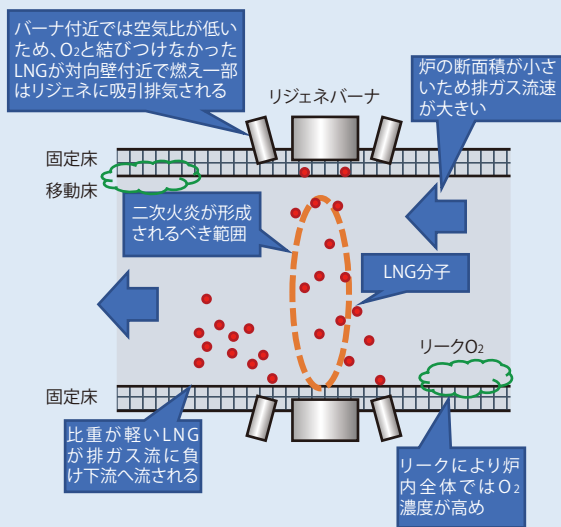


Fig.4-1 黒煙発生メカニズム

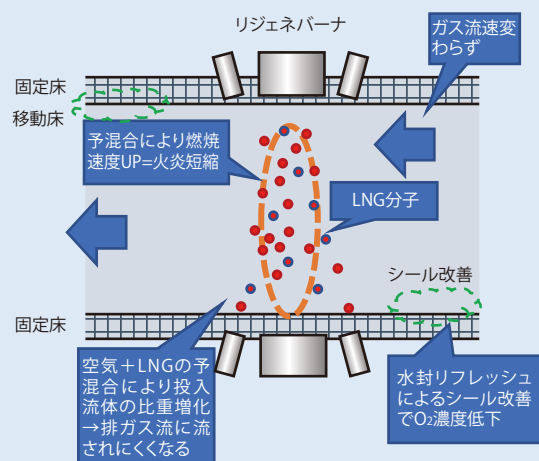


Fig.4-2 黒煙対策の仮説

### 4. 仮説検証と問題の解決

上記の内容から、黒煙対策の第一歩として、老朽化している水封部分のリフレッシュを行うことで設備の健全化を図ることとし、それと並行してリジェネバーナの短炎化の検証を行っていくこととしました。短炎化の方策としては、炉内投入する二次燃料ガスに空気を少量プレミックスさせることで、燃料ガスの燃焼速度を上げ火炎長の調整を行うこととしました (Fig.4-2)。

一方でプレミックス化することでNOx量が増加傾向となるため、二次燃焼のタイミングを遅らせたり、排ガスを再循環させることによって、プレミックス化で増加するNOx量をコントロールする必要があります。ただ、プレミックス化した際のNOxの増加度合いを見通すことが難しく、最適なプレミックス量や二次燃焼タイミングを検証するためには、操業環境での検証が必要でした。幸い実炉の一部ゾーンを用いて、燃焼テストを実施させていただくことができました。

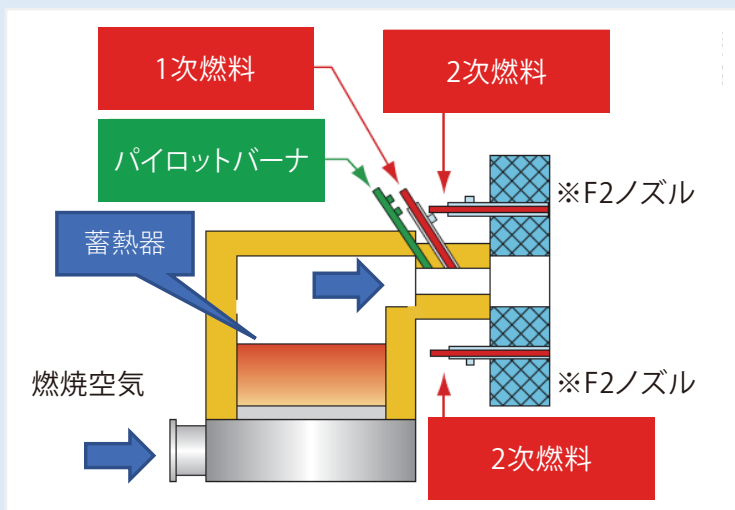


Fig.5-1 バーナー形態図

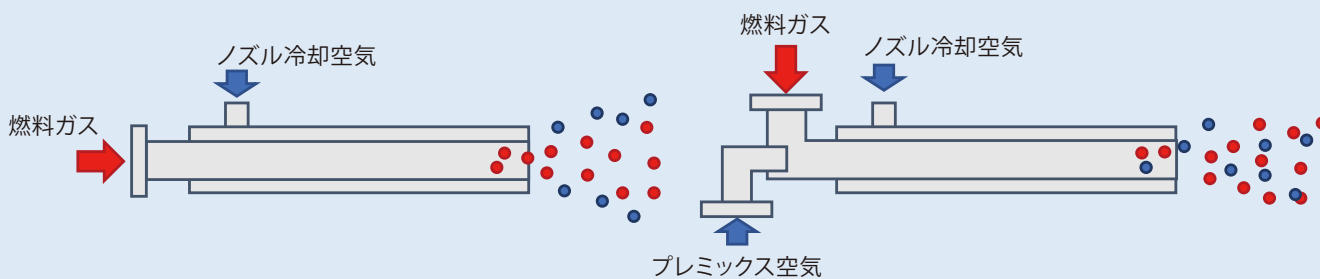


Fig.5-2 一般的なF2ノズル

Fig.5-3 短炎調整用F2ノズル(今回)

空気とガスノズルの迎え角を工夫し二次燃焼のタイミングを調整することで、排ガス再循環を用いずともNOx量を十分に抑え、そのうえで火炎長の短縮に成功しました。

これにより効果的なプレミックス量とガスノズル角の最適値が判明。他ゾーンへの水平展開を行うことで本加熱炉での黒煙発生的大幅抑制に成功しました。

## 5. さいごに

今回の黒煙対策を設備診断から課題解決まで担当しました当社プラント事業部 加熱炉設計部は、1967年に富士製鉄株式会社殿(当時)向け日本初WB(ウォーキングビーム)型駆動方式の熱延3号加熱炉を納入して以来55年間、お客様のニーズに対応した加熱炉設備を設計してまいりました。

今後も皆様のお困りごとを含む各課題解決のために尽力してまいりますので、ぜひお気軽にご相談ください。

次号もご期待ください!

発行:

 中外炉工業株式会社

堺事業所 プラント事業本部 〒592-8331 堺市西区築港新町2丁4番 TEL(072)247-2107(直通)

東京支社 プラント事業本部 〒108-0075 東京都港区港南2丁目5番7号(港南ビル) TEL(03)5783-3378(直通)

名古屋営業所 〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1丁目21番19号(名駅サウスサイドスクエア) TEL(052)561-3561(代表)





### 3. 原因の仮説

侵入空気過多の原因として、移動床と固定床の間にある水封部分の痛みが激しく、十分なシール性が得られていないことが確認できました。

また現地調査データをもとに流体解析を行った結果、炉内幅が比較的狭くガスノズルから投入された燃料ガスが燃焼する前に対向壁に当たっていること、炉内断面積が小さいため排気ガスの流速が大きく、加えて燃料ガス比重が軽いため燃焼前に排ガス流によって流されてしまっていることが推定されました (Fig.4-1)。

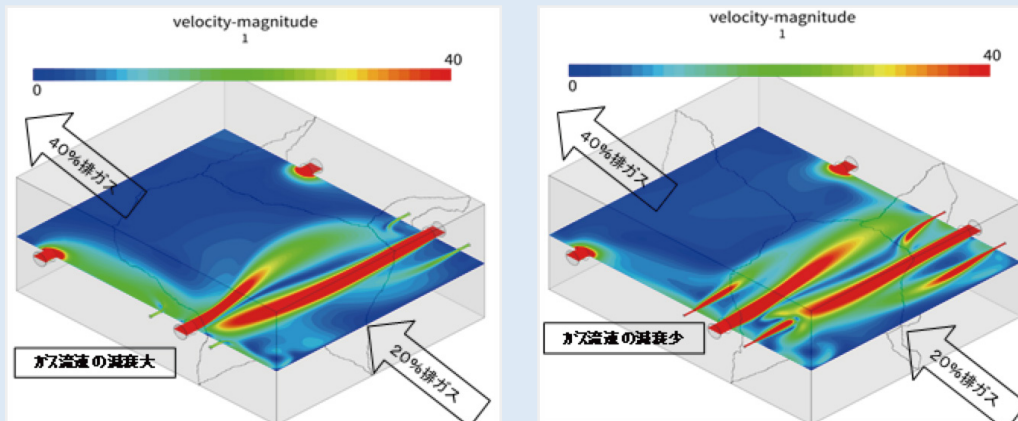


Fig.3 炉内燃焼状況数値解析結果 (一部抜粋)

一般的にリジェネバーナは、サーマルNOxの発生を抑えるため、蓄熱器を通して高温となった燃焼用空気と燃料ガスを別々に炉内へ投入し拡散燃焼させています。そのため、NOxの制約を受けながら火炎長をコントロールすることが難しく、特に火炎長を短くすることが長年の課題でした。しかしながら今回の黒鉛問題を解決するには、火炎を短くし、NOxを抑え、安定燃焼させることが必須課題と考えました。

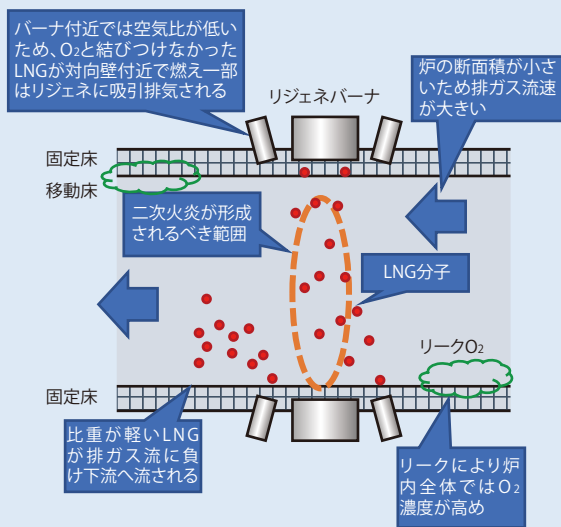


Fig.4-1 黒煙発生メカニズム

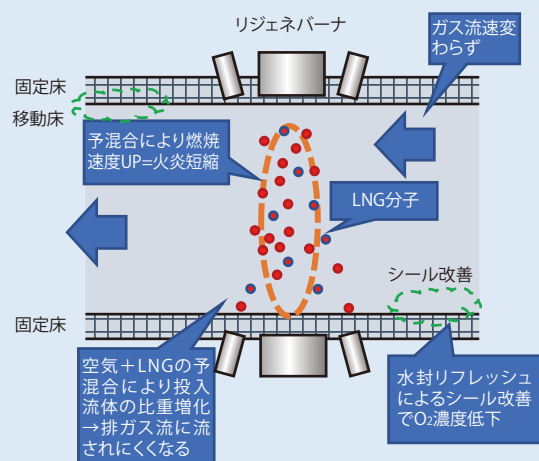


Fig.4-2 黒煙対策の仮説

### 4. 仮説検証と問題の解決

上記の内容から、黒煙対策の第一歩として、老朽化している水封部分のリフレッシュを行うことで設備の健全化を図ることとし、それと並行してリジェネバーナの短炎化の検証を行っていくこととしました。短炎化の方策としては、炉内投入する二次燃料ガスに空気を少量プレミックスさせることで、燃料ガスの燃焼速度を上げ火炎長の調整を行うこととしました (Fig.4-2)。

一方でプレミックス化することでNOx量が増加傾向となるため、二次燃焼のタイミングを遅らせたり、排ガスを再循環させることによって、プレミックス化で増加するNOx量をコントロールする必要があります。ただ、プレミックス化した際のNOxの増加度合いを見通すことが難しく、最適なプレミックス量や二次燃焼タイミングを検証するためには、操業環境での検証が必要でした。幸い実炉の一部ゾーンを用いて、燃焼テストを実施させていただくことができました。

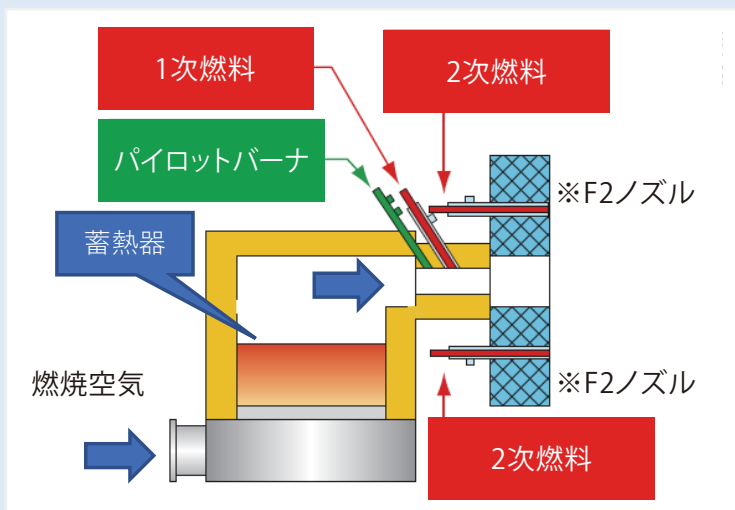


Fig.5-1 バーナー形態図

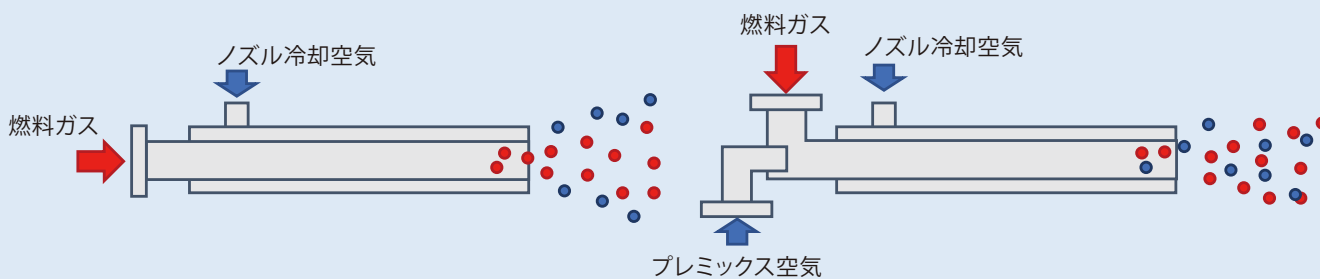


Fig.5-2 一般的なF2ノズル

Fig.5-3 短炎調整用F2ノズル(今回)

空気とガスノズルの迎え角を工夫し二次燃焼のタイミングを調整することで、排ガス再循環を用いずともNOx量を十分に抑え、そのうえで火炎長の短縮に成功しました。

これにより効果的なプレミックス量とガスノズル角の最適値が判明。他ゾーンへの水平展開を行うことで本加熱炉での黒煙発生的大幅抑制に成功しました。

## 5. さいごに

今回の黒煙対策を設備診断から課題解決まで担当しました当社プラント事業部 加熱炉設計部は、1967年に富士製鉄株式会社殿(当時)向け日本初WB(ウォーキングビーム)型駆動方式の熱延3号加熱炉を納入して以来55年間、お客様のニーズに対応した加熱炉設備を設計してまいりました。

今後も皆様のお困りごとを含む各課題解決のために尽力してまいりますので、ぜひお気軽にご相談ください。

次号もご期待ください!

発行:

**中外炉工業株式会社**

堺事業所 プラント事業本部 〒592-8331 堺市西区築港新町2丁4番 TEL(072)247-2107(直通)

東京支社 プラント事業本部 〒108-0075 東京都港区港南2丁目5番7号(港南ビル) TEL(03)5783-3378(直通)

名古屋営業所 〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1丁目21番19号(名駅サウスサイドスクエア) TEL(052)561-3561(代表)

