

## 中国における日揮グループの脱硝ビジネス

### The JGC Group's Approach to the DeNOx Business in China

熊谷 司\*1、高橋 公紀\*2、平田 順基\*3

Tsukasa Kumagai\*1, Kiminori Takahashi\*2, Junki Hirata\*3

\*1 営業統括本部中国事業開発室、\*2 エンジニアリング本部 EN テクノロジーセンター、  
\*3 日揮触媒化成（北京）

\*1 China Business Development Office, Global Marketing Division, \*2 EN Technology Center, Engineering Division, \*3 JGC C&C (Beijing)

#### 要旨

当社は 1970 年代初頭に脱硝触媒や反応器の開発を始め、日揮触媒化成は 1976 年に世界に先駆けて脱硝触媒の生産を開始し、ハニカム触媒のトップシェアの地位を築いている。中国での第十二次五ヵ年計画における窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の規制の強化をチャンスと捉え、日揮グループとして中国での脱硝ビジネスを拡大していく。本稿では、中国での脱硝ビジネスへの取り組みについて紹介する。

#### Abstract:

JGC began the development of its DeNOx catalysts and reactors in the early 1970s. JGC C&C was the first in the world to start producing DeNOx catalysts for use with honeycomb-type systems in 1976. With the implementation of more stringent NOx regulations in China in recent years, the JGC group is in a position to expand its DeNOx business in China. In this article, the JGC group's business approach in the area of DeNOx is introduced.

#### 1. はじめに

当社は、1970 年代初頭から脱硝触媒や反応器の開発を始め、これまで 20 基あまりの脱硝装置を納入してきた。一方、日揮触媒化成は、1976 年に世界に先駆けて脱硝触媒の生産を開始した。これまでに欧米、中国でライセンスされ、日揮触媒化成の技術を使用したハニカム脱硝触媒は世界の約 6 割を占めるまでになった。現在、中国において NO<sub>x</sub> 規制の強化が進んでいる。さらに近年、中国では大気中の微小粒子状物質（PM2.5）などを起因とする大気汚染が社会問題となっており、その影響は日本におよんでいる。このような背景から、日揮グループとして中国での脱硝ビジネスを拡大していく。本稿では、日揮グループの中国での脱硝ビジネスへの取り組みについて紹介する。

#### 2. 脱硝触媒

燃焼排ガスには、一酸化窒素（NO）と二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）からなる窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）が

含まれる。NO<sub>x</sub> は光化学スモッグや酸性雨などを引き起こす大気汚染の原因となる物質であるため、大気中への排出規制が強化されている。

大気中への NO<sub>x</sub> 排出量を低減するためには、排ガスに含まれる NO<sub>x</sub> を除去する脱硝装置が必要不可欠となる。火力発電所、ゴミ焼却炉などの大型ボイラーの脱硝装置には、排ガスにアンモニア (NH<sub>3</sub>) を添加し、触媒上で排ガス中の NO<sub>x</sub> を無害な窒素と水に還元するアンモニア選択接触還元法 (SCR: Selective Catalytic Reduction) が用いられる。一方、小型ボイラーなどには、脱硝触媒を使用せずにボイラー部に NH<sub>3</sub> を吹き込み、NO<sub>x</sub> を分解する無触媒脱硝法 (SNCR: Selective Non-Catalytic Reduction) が用いられる。しかしながら、SCR と比べると SNCR の脱硝効率は低いため、高い脱硝効率を要求される場合には SCR が利用される。

脱硝触媒には粒子型、ハニカム型、プレート型などがあり、日揮触媒化成では、脱硝装置をコンパクトにできるハニカム脱硝触媒 (Honeycomb-type DeNO<sub>x</sub> Catalyst) を中心に製造している。Fig.1 にハニカム脱硝装置の概要を示す。大型発電所の脱硝装置では、ハニカム脱硝触媒が 1 万本程度も必要となる。触媒の設置や交換の作業を容易にするため、ハニカム脱硝触媒を 100 本程度のモジュールとしてまとめて、工場から出荷して現場に設置する。

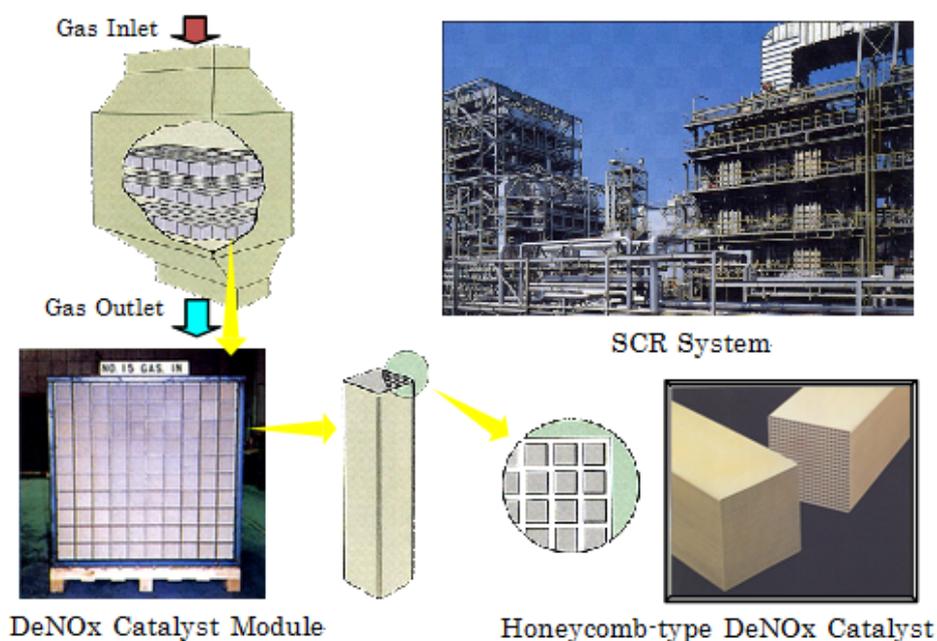
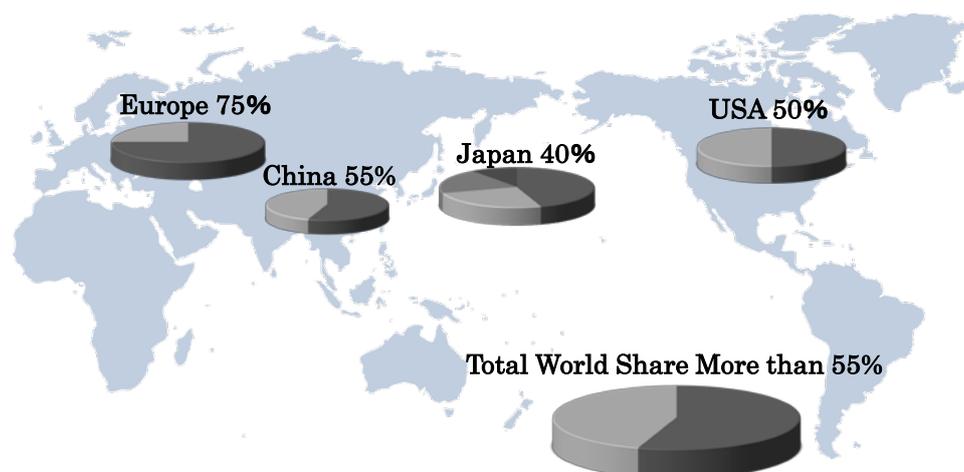


Fig.1 SCR system and honeycomb-type DeNO<sub>x</sub> catalyst.

### 3. 日揮グループの脱硝ビジネスへの取り組み

当社は、1970 年代初頭に粒子型の脱硝触媒とそれを収納する反応器の開発に着手した。国内の製鉄所におけるパイロット試験を経て、技術を蓄積し、1970 年代後半には製鉄所や石油精製プラントに初めて脱硝装置を納入した。その後、石油精製プラント、石油化学プラント、火力発電所などに 20 基余りの脱硝装置を納入してきた。

日揮触媒化成は、1976 年に世界に先駆けて、ハニカム脱硝触媒の製造を開始した。国内外における実績を積み重ねて、信頼性の高い技術を基に、1985 年からは欧州、米国、中国などにハニカム脱硝触媒の製造技術をライセンスしている。Fig.2 に示すように、2012 年時点では世界のハニカム脱硝触媒の 55 %に日揮触媒化成の技術が使用されている。



**Fig.2 Market share of JGC C&C's technology as of 2012.**

#### 4. 中国における脱硝ビジネスへの取り組み

日揮グループでは、これまでに築いた技術と実績を生かして、中国での脱硝ビジネスに積極的に取り組んでいる。

##### 4. 1 中国での大気汚染規制

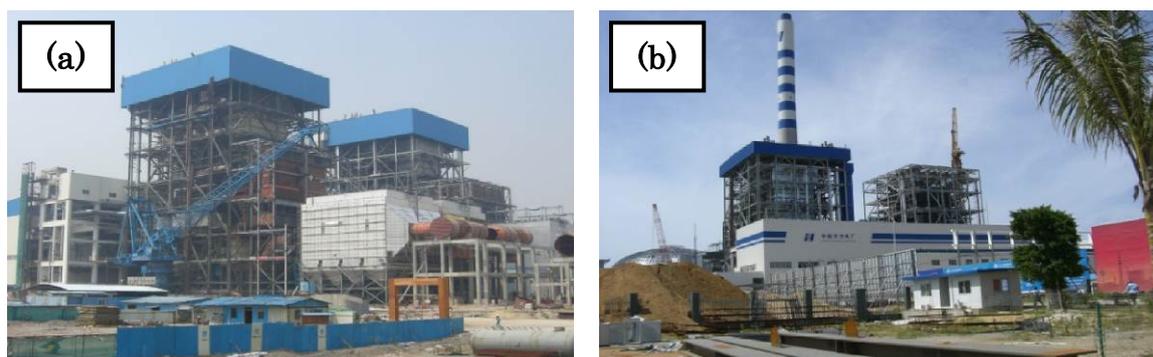
中国における固定発生源の排ガスの環境対策として、2004年施行された硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）の規制により排煙脱硫設備の設置が始まった。2008年～2009年に排煙脱硫設備の設置がピークとなり、現在では火力発電所全体の80%以上が完備している。

一方、NO<sub>x</sub>規制は新設の火力発電所に対して2012年施行され、既設の火力発電所に対しても2014年7月施行の予定である。脱硝装置としては、世界の主流であるSCR脱硝装置の設置が進んでいる。SCR脱硝装置が設置された設備容量は、2011年3月までに91,000 MWにおよぶ（中国環境保護部発表資料）。さらに、2015年までにNO<sub>x</sub>対策が必要となる火力発電所は、新設および既設を合わせると設備容量で817,000 MWも残っている。今後のNO<sub>x</sub>規制対策の動向が注目される。

##### 4. 2 中国でのプロジェクト

最近の火力発電プロジェクトは大規模となり、設備容量が500～600 MWとなっている。日揮グループによる中国での二つの石炭火力発電プロジェクトについて紹介する（Fig.3）。2008年春、広東省にSCR脱硝触媒（設備容量300 MW×1基）を納入した。2012年2月末、本装置は順調に稼働しており、性能保証期間となる4年を過ぎているが、性能を維持しており顧客から高い評価を得ている。さらに、2009年春、海南省にSCR脱硝触媒（設備容量350 MW×2基）を納入した。稼働後ほぼ3年が経過して、本装置内の排ガス偏流により脱硝性能が低下している。現在、中国の設計施工会社にて排ガス偏流対策などの改善を進めている。

日揮触媒化成の脱硝触媒の特徴は、40年にわたって蓄積された技術と実績に基づき製造された触媒の高性能と長寿命にある。排ガス偏流などの装置上の問題が無ければ、保証期間を過ぎても性能が急激に失活することはなく、広東省の脱硝触媒のように性能を維持できる。



**Fig.3 Coal-fired power generation plants in China with JGC C&C's DeNOx system:**  
**(a) Guangzhou Province (Installed capacity 350 MW×1),**  
**(b) Hainan Province (Installed capacity 350 MW×2)**

#### 4. 3 技術課題と対策

中国における脱硝ビジネスの推進に当たっては、次の技術課題に取り組む必要がある。

##### 1) 設置スペースの確保

既設火力発電所に脱硝装置を追加する場合、設置スペースを如何に確保するかという課題がある。限られた空間を有効活用した機器の設置など、個々のケースに対応した設計をしなければならない。

##### 2) 圧力損失の増加

既設火力発電所に脱硝装置を追加することによって、設備全体の圧力損失は増加する。圧力損失が大きい場合、排ガスブロアを追加設置する必要が生じる。圧力損失の見積りは、脱硝装置を設計するうえで必要不可欠な情報である。

##### 3) 排ガス偏流対策

脱硝装置のダクト内を流れる排ガスが偏流すると、脱硝装置内の圧力損失が増加する。さらに、排ガスとアンモニアガスが十分に混合しない場合は、脱硝性能は低下する。また、排ガスの偏流によって局所的に流速が増加する場合、排ガスに含まれる硬いアッシュによって設備や触媒が摩耗する。

##### 4) アッシュ対策

中国の火力発電は石炭焚きが主流であり、中国の石炭はわが国が使用している石炭に比べると、灰分が多く質が悪い。そのために、脱硝装置内を流れる灰（アッシュ）への対策が必要となる。

石炭火力の排ガスには、**Fig.4(a)**に示すような 20  $\mu\text{m}$  程度の微小なフライアッシュが含まれる。フライアッシュが触媒に付着すれば、触媒の性能は著しく低下する。まれに、**Fig.4(b)**に示すようなポップコーンアッシュと呼ばれる 5 mm 程度の大きな粒子が含まれることがある。ハニカム触媒の細孔径より大きなポップコーンアッシュは触媒層を閉塞させ、脱硝装置の圧力損失は増加する。また、非常に硬いアッシュが触媒を摩耗すれば、脱硝性能は低下する。さらに、アッシュによってダクト部材などの摩耗が進めば、脱硝装置が崩壊することもある。

その対策として、スートブロアの設置による付着したフライアッシュの除去、アッシュ

ホッパーやバッフル板の設置によるポップコーンアッシュの除去、摩耗量の推算などが必要不可欠である。

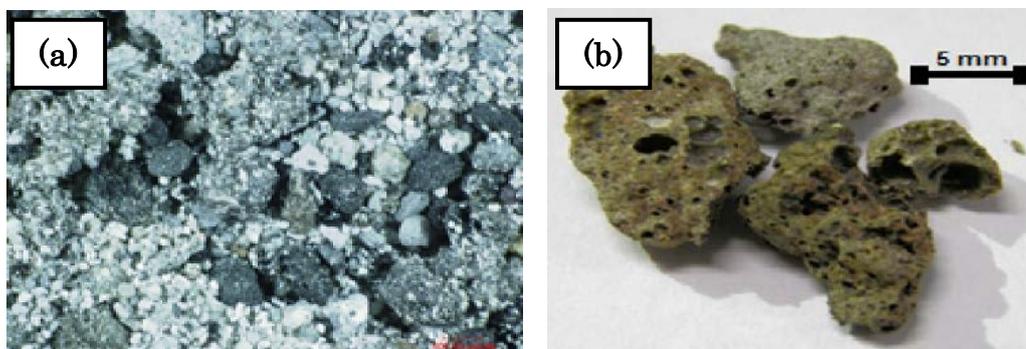


Fig.4 Photographs of ash contained in exhaust gas: (a) fly ash, (b) popcorn ash.

#### 5) アンモニアガスの混合

脱硝触媒の上流にて排ガスにアンモニアガスを添加する。排ガスとアンモニアガスが十分に混合しない場合は、良好な反応が得られず脱硝性能は低下する。そのため、排ガスとアンモニアガスの混合状況を把握し、アンモニアガスのフィードノズルの設置場所や構造などを適切に設計する必要がある。

#### 6) 酸性硫酸の析出防止対策

脱硝装置の下流に設置される空気予熱器では、排ガス温度が低下することによって未反応アンモニアガス ( $\text{NH}_3$ ) と無水硫酸ガス ( $\text{SO}_3$ ) が反応し、酸性硫酸 ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) が析出する。析出した酸性硫酸によって、空気予熱器が閉塞する懸念がある。酸性硫酸の析出防止のために、未反応アンモニア濃度を適切に管理し、運転時に酸性硫酸が析出した場合の対策を講じなければならない。

上記のような課題に対策を講じることによって、トラブルを未然に防止して、脱硝装置を連続運転できれば、維持管理コストを削減することができる。

### 5. エンジニアリング技術を支える設計ツール

中国での技術課題は多い。前節 4. 3 の 2)~5)の技術課題を解決するために、数値流体力学 (CFD: Computational Fluid Dynamics) を設計ツール<sup>1),2)</sup>として有効活用している。

**Fig.5** に CFD により得られる技術情報の一例を示す。**Fig.5(a)**に示す排ガスの流速ベクトルから、エロージョン発生の有無と発生場所を推定し、エロージョン対策を検討できる。また、**Fig.5(b)**に示すアッシュの軌跡から、アッシュ飛散状況の把握やホッパーでのアッシュ捕捉率を知ることができる。さらに、CFD は多種の設計条件における圧力損失、ガスとアッシュの流動を可視化できる。

顧客へのプロモーション時にも顧客が装置内の流動の様子を把握できるため、CFD はその威力を発揮する。このようなことから、CFD は優れたツールと言える。

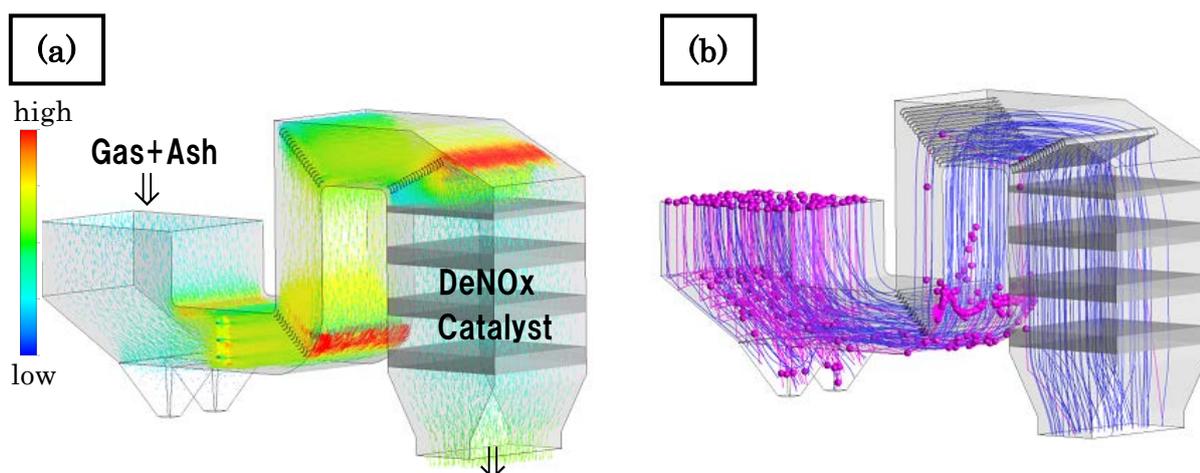


Fig.5 Examples of CFD results: (a) velocity vector of exhaust, (b) trajectory of ash.

## 6. おわりに

中国での脱硝ビジネスを拡大していくためには、触媒単体の供給に加えて、より一層高い付加価値の提供が必要となる。日揮触媒化成は、要求される脱硝性能に応じて最適な触媒を供給できる高い技術を保有し、脱硝触媒のパイオニアとして数多くの実績を持つ。当社は、CFDなどの設計ツールを有効活用し、数多くのプラントのEPC（Engineering, Procurement and Construction）で培ったエンジニアリング技術を持つ。日揮グループとして、高性能の脱硝触媒技術と信頼性の高いエンジニアリング技術を組み合わせて、脱硝装置を顧客に提供する。さらに、脱硝装置のライフサイクル全体にわたるサービスにより、競争力のある脱硝ビジネスを展開する。

現在は火力発電所のみがNOx規制対象となっているが、今後はセメント工場、製鉄所などの大規模なNOx排出源に対しても規制が拡大されるであろう。石炭火力が主流を占めるインドでもNOx規制の強化が検討されている。このような動向をチャンスと捉え、日揮グループとして中国、インドでの環境対策ビジネスを拡大して、環境改善に貢献していく。

## 参考資料

- 1) 高橋, 渡邊, CFDを活用した攪拌装置の設計, 日揮技術ジャーナル Vol.1 No.10 (2011).
- 2) 高橋, オイル&ガスプラントの安全を守るガス爆発シミュレーション技術, 日揮技術ジャーナル Vol.2 No.3 (2011).