

# 尿素分解装置を用いた無触媒脱硝



**株式会社タクマ**

エンジニアリング統轄本部 技術センター 技術開発部  
〒 660-0806 兵庫県尼崎市金楽寺町 2-2-33  
TEL 06-6483-2642  
FAX 06-6483-2775

## 1. はじめに

廃棄物を燃焼する過程で発生する窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出抑制方法の一つとして、炉内に直接還元剤を噴霧する無触媒脱硝法が挙げられる。無触媒脱硝法に用いる還元剤としては、安全でかつ安価という理由から尿素が用いられてきたが、近年は厳しい排出基準を満足するため、反応性に優れたアンモニアを使用するケースが増えている。一方、アンモニアは尿素に比べ高価であり、かつ取扱いに注意を要する物質であるため、還元剤としてアンモニアを用いる場合は、安全性に十分配慮した設備設計が求められる、それに伴い設備費が増加する。

そこで当社は、尿素分解触媒を用いて、尿素から反応性に優れたアンモニアガス(以下：尿素分解ガス)に分解する尿素分解装置を開発した。以下に、装置概要、実機スケールの試験装

置を用いた基本性能確認試験および、実施設のストーカ式焼却炉内に試験装置から発生したアンモニアガスを噴霧した際の脱硝性能試験の結果について紹介する。

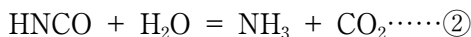
## 2. 尿素分解反応および装置の概要

### (1)尿素分解反応

尿素的分解反応は下記の2式で表される。



尿素            イソシアン酸    アンモニア



イソシアン酸    水    アンモニア    二酸化炭素

①および②式の分解反応が完全に進行すれば、尿素 1mol からアンモニア 2mol が生成し、このアンモニアが NO<sub>x</sub> の分解反応に寄与する。しかし、炉内に直接尿素を噴霧した場合、②式の反応速度が遅く<sup>1)</sup>、炉内で尿素分解反応が十分進行しない。そのため、炉内に直接アンモニアを吹込むよりも脱硝効率が低下すると考えられている。

### (2)装置の概要

図1に装置のフローを示す。輸送ブロワから供給されたキャリア空気はヒータで加熱された後、尿素分解触媒を充填した反応器内に供給される。本装置では、尿素分解触媒を用いて②式の反応を促進することで、反応器内で尿素をアンモニアにほぼ100%分解することができる。また、発生したアンモニアは、輸送ブロワによ

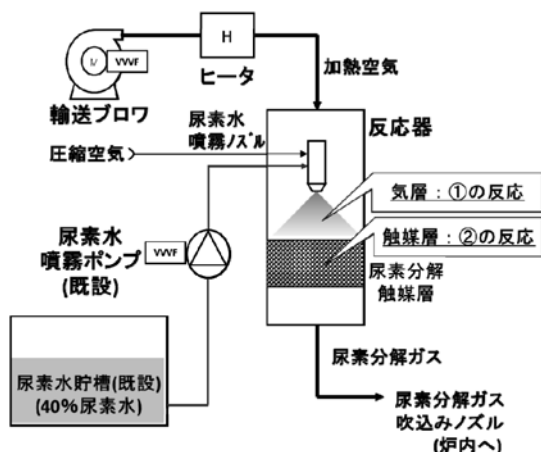


図1 尿素分解装置フロー

りキャリア空気と共に直接炉内へ吹込まれる。

### 3. 基本性能確認試験

#### (1) 尿素分解装置外観

図2に尿素分解装置の外観を示す。装置は焼却能力が100～200t/日規模の都市ごみ焼却炉に対応できる容量で設計した。輸送ブロワ、ヒータ等の補機を含めた装置全体の設置スペースは2m×2m程度と小さく、現状無触媒脱硝法を採用している既設炉への適用も可能である。

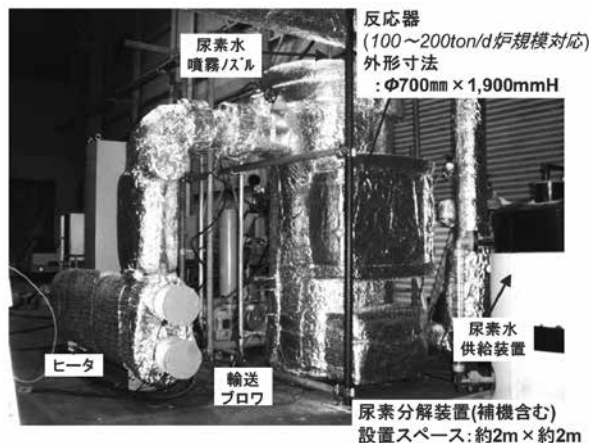


図2 尿素分解装置外観

#### (2) 試験内容および結果

##### ① 触媒表面温度とアンモニア転換率

図3に尿素分解装置運転時の触媒層の表面温度とアンモニア転換率の関係を調査した結果を示す。図中のアンモニア転換率は、供給した尿素がすべてアンモニアに転換した場合のアンモニアガス濃度の理論値と、発生したアンモニアガス濃度（インドフェノール青吸光光度法による）の実測値から算出した。触媒表面温度が210℃～260℃の条件でほぼ100%のアンモニア転換率が得られた。また、180℃まで温度を下げた場合でも95%程度のアンモニア転換率が得られた。

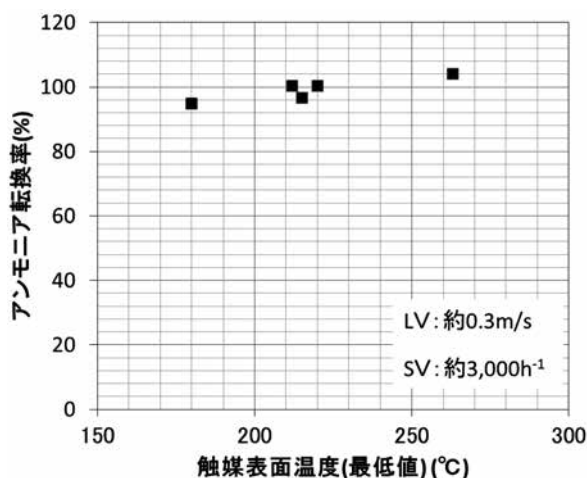


図3 触媒表面温度とアンモニア転換率

また、触媒表面温度の低下に伴い、触媒表面にシアヌル酸(C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>)と推察される白色固形物が析出した。

##### ② 触媒再生試験

試験的に触媒表面温度を低下させ、上記の白色固形物を析出させて強制的に触媒の活性を低下させた後、反応器内部（触媒）を昇温して触媒の再生処理を行った。図4に再生処理前後の尿素分解触媒の写真を示す。再生処理前に触媒層表面に析出した白色固形物が、30分程度の触媒再生運転でほぼ分解除去されていることが確認された。



図4 再生前後の触媒

### 4. 実施設における無触媒脱硝試験

#### (1) 試験実施施設概要

表1 施設概要

施設規模	270t/日×3炉
炉形式	ストーカ式
脱硝用還元剤	40%尿素水溶液
NOx濃度規制値	115ppm(12%O <sub>2</sub> 換算値)

表 1 および図 5 に実証試験を実施した施設の概要と概略フローを示す。ストーカ式焼却炉から発生した NO<sub>x</sub> を含む燃焼排ガスは、ボイラーおよび節炭器で熱回収され、続いて減温塔で減温された後にバグフィルタで有害ガスが除去されてから煙突より大気に放出される。本施設では炉内に直接尿素水を噴霧する無触媒脱硝法が採用されている。

(2)試験内容および結果

試験は約 4 か月間の長期にわたって実施した。まず、既設尿素水噴霧と尿素分解ガス吹込みでの NO<sub>x</sub> 除去性能を比較した。その後、煙突入口 NO<sub>x</sub> 濃度を指標として尿素分解装置の長期安定制御性を確認した。

①既設尿素水噴霧時と尿素分解ガス吹込み時の NO<sub>x</sub> 除去性能の比較

NO<sub>x</sub> 除去性能を評価するため、まず排ガス中の O<sub>2</sub> 濃度や脱硝剤の噴霧点（燃焼室内）温度などから発生 NO<sub>x</sub> 濃度を予測できる演算式（回帰式）を作成した。図 6 に尿素水噴霧を停止した時間帯における発生 NO<sub>x</sub> 濃度の実測値と、演算式から求めた演算値の比較を示す。実測値の変動に対し、演算値もほぼ同じ値で推移していることから、本演算値を発生 NO<sub>x</sub> 濃度として NO<sub>x</sub> 除去性能を評価した。

図 7 に尿素分解装置運転時の尿素分解ガス（尿素分解により発生したアンモニア）の当量比と NO<sub>x</sub> 除去率との関係を示す。また、既設尿素水噴霧時（ブランク）のデータも併示する。なお、図中の温度は還元剤の噴霧点温度を示している。尿素分解ガス吹込み時は、噴霧点温度が 850～900℃ の範囲で高い NO<sub>x</sub> 除去率が得られた。また、既設尿素水噴霧時と比較すると、いずれの温度域においても高い NO<sub>x</sub> 除去性能が得られた。必要 NO<sub>x</sub> 除去率 30%、同じ噴霧点温度（850～900℃）の条件で比較すると、既設尿素水噴霧時に対し尿素分解ガス吹込み時の方が尿素水使用量を 50% 以上削減できた。同様

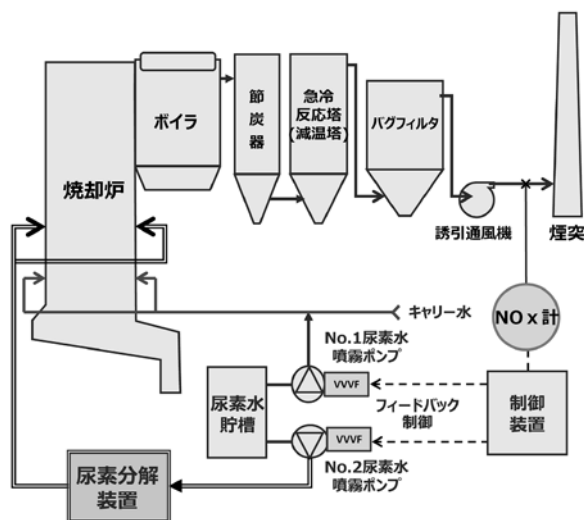


図 5 試験実施施設フロー

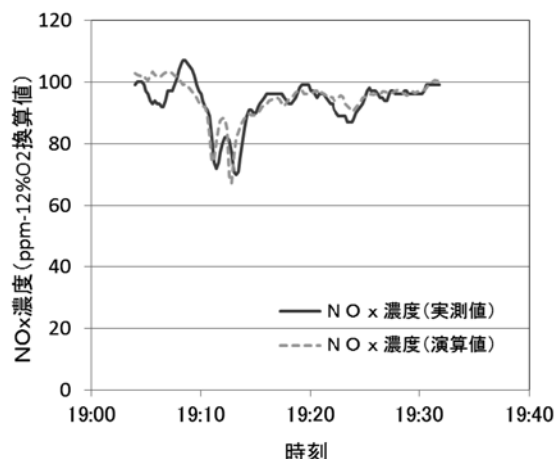


図 6 発生 NO<sub>x</sub> 濃度値比較

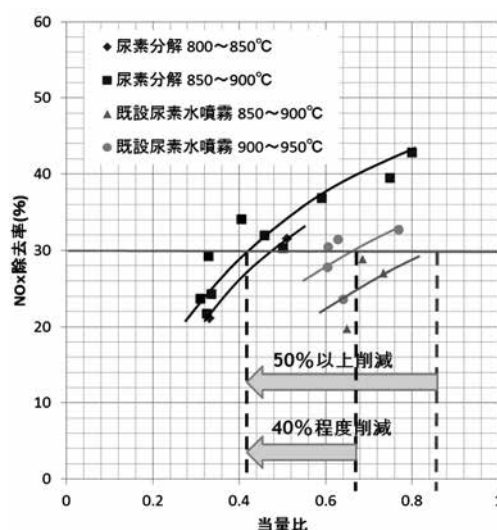


図 7 NO<sub>x</sub> 除去性能比較

に既設尿素水噴霧の反応効率が高い噴霧点温度(900~950℃)と比較しても40%程度削減できることがわかる。

## ②連続運転試験

図8に尿素分解ガス吹込み時の発生NO<sub>x</sub>濃度(演算値)、煙突入口NO<sub>x</sub>濃度、噴霧点温度および尿素水供給量のトレンドデータを示す。実施設の煙突入口NO<sub>x</sub>濃度の規制値は115ppm以下であるが、本試験では煙突入口NO<sub>x</sub>濃度が80ppmとなるよう尿素水供給量を制御した。尿素分解ガスの噴霧点温度が850~950℃程度の条件下で長期間連続運転した結果、煙突入口NO<sub>x</sub>濃度の1時間移動平均値はほぼ80ppm前後で推移しており、安定した制御運転ができることを確認した。

また、発生NO<sub>x</sub>濃度の変動により急激に反応器への尿素水供給量が増加すると、触媒表面温度が一時的に低下し、それにより白色固形物(シアヌル酸)が触媒表面に析出して徐々に触媒の活性が低下する。そのため、活性低下を検知した場合には、反応器への尿素水の供給(アンモニアへの分解)を継続しながら、同時に触媒再生(触媒表面がシアヌル酸の分解温度以上となるようにキャリア空気をヒータにより加熱)も行う自動制御を本装置に組み込んでいる。図8の連続運転中にも自動再生が行われているが、煙突入口NO<sub>x</sub>濃度のトレンドからわ

かるように、尿素水の分解と触媒の再生を同時に行っても安定して脱硝できている。

## 5. おわりに

- 1) 尿素からアンモニアへ100%転換できる尿素分解装置を開発した。
- 2) 実施設での吹込み試験において、必要NO<sub>x</sub>除去率30%および同じ燃焼室ガス温度(850~900℃)の条件で比較すると、従来の尿素水噴霧に比べ尿素水使用量を50%以上削減できることを確認した。また、同様に既設尿素水噴霧の反応効率が高い燃焼室ガス温度(900~950℃)で比較しても40%程度削減できた。
- 3) 長期間安定して煙突入口NO<sub>x</sub>濃度を制御できた。
- 4) 尿素水の分解と触媒の再生を同時に行うシステムを開発し、触媒再生中も安定して脱硝できることを確認した。

本システムは、平成32年稼働予定の商用施設向けに現在設計中であり、今後も導入拡大に取り組んでいく所存である。

### 【参考文献】

- 1) Sung Dae Yim et al. (2004): Decomposition of Urea into NH<sub>3</sub> for the SCR Process, Ind. Eng. Chem. Res., Vol.43 No.16, p.4856-4863

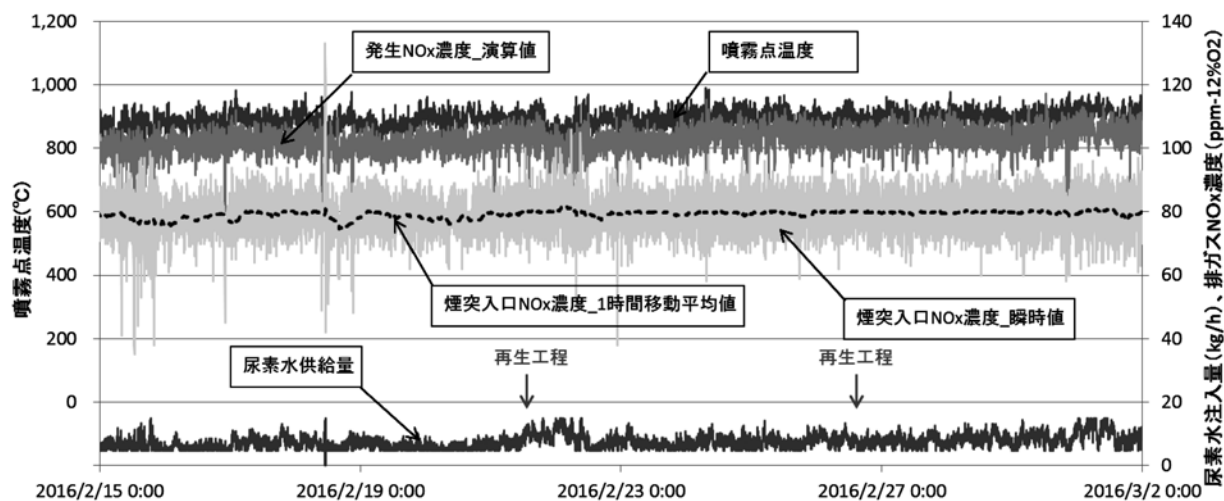


図8 尿素分解装置長期運転時のトレンドデータ(SV=80ppm)